Politecnico di Torino
Interfacoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrane in
Architettura per il Progetto Sostenibile

Innevamento programmato green

Scenari e prospettive per un gestione più sostenibile della risorsa acqua

Relatore: Manuela Rebaudengo
Correlatore: Jean-Marc Tulliani

Candidata: Cecilia Bertinetti

Indice

0 INTRODUZIONE 9

1 TURISMO INVERNALE 13

1.1 Clima e turismo 15
1.2 Cambiamenti climatici 23
Temperature
Precipitazioni piovose
Precipitazioni nevose
1.3 Disponibilità della risorsa idrica 43
Ciclo dell'acqua
1.4 Effetti ambientali 55
Rimodellamento versante
Disboscamenti
Inerbimenti
Degradazione per pascolamento

2 COS'È LA NEVE 67

2.1 Le nubi 69
2.2 Formazione e accrescimento 73
2.3 Tipi di precipitazioni nevose 77
2.4 Caratteristiche della neve al suolo 79
Metamorfismi della neve asciutta
Metamorfismi della neve umida
2.5 Classificazione dei cristalli 85

3 INNEVAMENTO PROGRAMMATO 91

3.1 Storia 93
3.2 Impianto di innevamento 101
Sistemi di stoccaggio dell'acqua
Stazione di pompaggio
Torri di raffreddamento
Stazione di compressione
Innevatori
Posizionamento
3.3 Investimenti pubblici 133

4 ALAGNA VALSESIA 139

4.1 Il comprensorio MonterosaSki 147
4.2 Sistema di innevamento del comprensorio 169
4.3 Proposta di recupero delle acque meteoriche 179
Obbiettivo dello studio
Il recupero delle acque meteoriche in Piemonte
Soluzioni tecniche per il recupero delle acque meteoriche e/o la loro regimazione
4.4 Analisi delle precipitazioni locali 191
4.5 Permeabilità del suolo 199

4.6 Calcolo superfici delle piste 203
4.7 Calcolo delle precipitazioni medie 207
4.8 Recupero e stoccaggio delle acque 209
4.9 Sistema di recupero 211
4.10 Valutazione dei costi di realizzazione dell'opera 215
Proposta di realizzazione

5 *CARBON FOOTPRINT* E *WATER FOOTPRINT* 231

5.1 Il GHG Protocol e la norma ISO 14064:2006 233
5.2 Procedura di calcolo della Carbon Footprint 239
5.3 Calcolo della Carbon Footprint per la produzione di neve programmata 245
5.4 Water Footprint sul processo di produzione di neve programmata 251
1_Setting goal and scope
2_Water Footprint accounting
3_Water footprint sustainability assessment
4_Water footprint response formulation

CONCLUSIONI 263
RINGRAZIAMENTI 265
BIBLIOGRAFIA 267
ALLEGATI 273

“The scientific evidence is clear: the climate is changing and will continue to change, affecting societies mainly through water. Climate change will affect the availability, quality and quantity of water for basic human needs, threatening the effective enjoyment of the human rights to water and sanitation for potentially billions of people.”

World Water Development Report 2020 –
Water and Climate Change

0 Introduzione

Il tema delle risorse idriche riguarda tutta la popolazione mondiale in particolare l'acqua dolce superficiale è un bene che va salvaguardato in modo attento, in quanto rispetto a tutta l'acqua presente sul nostro pianeta in varie forme (mari, oceani, ghiacciai polari, …) è pari a circa lo 0,008%.
Il tema della gestione sostenibile dell'acqua è un tema centrale all'interno del dibattito mondiale, in quanto l'acqua, pur essendo una risorsa rinnovabile, è disponibile in quantità limitata e i cambiamenti climatici stanno determinato una parziale alterazione del suo ciclo naturale. Lo scambio continuo tra atmosfera, suolo, acque di superficie, acque profonde ed esseri viventi, è diventato sempre più intenso a causa dell'incremento dei fenomeni di evaporazione e di precipitazioni violente. I cambiamenti climatici sono solo una delle componenti a cui si deve la crescente riduzione della disponibilità di acqua; le altre cause dipendono dall'aumento della domanda, legata a fattori quali la crescita demografica, l'espansione urbana, lo sviluppo

economico, l'incremento del fabbisogno di energia. La crisi idrica riguarda molti Paesi in via di sviluppo, ma potrebbe colpire direttamente o indirettamente anche i Paesi più industrializzati entro breve.
A livello mondiale questo problema è stato affrontato e sono state date indicazioni per il raggiungimento di obbiettivi che permettano una pianificazione ragionata al fine di rendere questa risorsa disponibile per tutti utilizzando in modo sostenibile. Nello specifico, con l'Agenda 2030 sono stati fissati gli obbiettivi di sviluppo sostenibile (SDG, Sustainable Development Goals) alcuni di questi obbiettivi sono specifici per una gestione sostenibile delle risorse idriche. Tra gli obbiettivi degli SDG ve ne sono alcuni che sono strettamente legati alla gestione delle acque e alla salvaguardia degli ecostistemi e dei bacini idrologici. La proposta di recupero delle acque illustrata rientra all'interno di alcuni di questi obbiettivi sia da un punto di vista di utilizzo strategico della risorsa che in termini di sostegno economico per attuare politiche di salvaguardia da parte degli Stati.

Nei comprensori sciistici, l'utilizzo di parte di questa preziosa risorsa è destinato ad essere impiegato per la produzione di neve programmata. Questo uso, pur essendo dedicato apparentemente ad un'attività considerata di svago, rientra a pieno titolo in un circuito più ampio legato all'economia delle zone montane. Le attività turistiche generate dalla pratica dello sci sono un vettore trainante del sistema economico montano, ad essa sono collegate tutte le altre attività (alberghi, ristoranti, bar, negozi,....) che permettono a queste aree di mantenere viva un'economia la cui ricaduta viene in parte destinata ad una più attenta salvaguardia del territorio.
La realizzazione di nuovi comprensori sciistici, o l'ampliamento di quelli già esistenti, produce comunque un impatto a livello ambientale sull'ecosistema montano. Questo impatto deve essere minimizzato in fase di realizzazione e successivamente di gestione, applicando tecniche ed accorgimenti tali da permetterne un suo inserimento all'interno dell'habitat naturale.

A livello locale è possibile attuare delle azioni, sul ciclo idrologico, che consentono di ridurne l'impatto in termini di consumo della risorsa. L'oggetto della tesi, in linea con l'applicazione di alcuni degli obbiettivi degli SDG, è incentrato sulla possibilità di utilizzare acqua derivante dal recupero delle precipitazioni meteorologiche per la produzione di neve programmata. Per stimare la quantità di acqua potenzialmente recuperabile sono state considerate sia le condizioni meteo-climatiche di questi ultimi anni, sia la geo-morfologia del sito (struttura del terreno, pendenza e ampiezza delle piste da sci, …). Inoltre, non va dimenticato che, a causa dell'aumento di temperatura conseguente ai cambiamenti climatici, le precipitazioni nevose risultano essere sempre più rare e con una quota neve inesorabilmente spostata verso altitudini più elevate. Questa situazione fa sì che sui comprensori a situati a bassa quota (al di sotto dei 1500-2000 m s.l.m.) non vi sia più uno strato di neve naturale sufficiente a fare da substrato per le successive campagne di innevamento programmato.
Queste valutazioni hanno permesso di progettare degli interventi sul sito, nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, attraverso la realizzazione di una opportuna rete di canalizzazioni, atte principalmente a collettare le acque di ruscellamento da eventi meteorologici indirizzandole a siti di stoccaggio dedicati (già presenti nel comprensorio) fino al momento del loro utilizzo. Il collettamento delle acque meteo ha anche una valenza di regimazione delle piogge violente limitando i danni da erosione superficiali.
Per il sito di Alagna, la proposta di progetto già in fase di realizzazione, di un bacino di stoccaggio da 31.000 m^3 che sarà operativo per la prossima stagione invernale, è l'applicazione delle politiche di stoccaggio delle acque che i comprensori sciistici stanno sposando al fine di consentire una parziale autonomia dal prelievo della risorsa idrica nei periodi di necessità che coincidono con i periodi di magra della fonte di approvvigionamento (principalmente torrenti, sorgenti, …).

1 Turismo invernale

In base all'Osservatorio del turismo montano risultano oltre 4 milioni gli sportivi italiani che praticano sport sulla neve generando un sistema economico che vale circa l'11% del PIL turistico con un fatturato che supera gli 11 miliardi di euro previsto in crescita.[1] È quindi molto importante che questa tipologia di turismo venga supportata da investimenti che permettano una sostenibilità ambientale atta a salvaguardare in modo attento gli ambienti naturali che sono coinvolti.

Lo sviluppo turistico montano pone però dei problemi legati ad una corretta gestione non solo per i turisti e gli operatori turistici, ma anche per gli abitanti delle zone montane. Questa tipologia di turismo ha permesso nei decenni scorsi di "arricchire" le aree alpine a vocazione turistica.

Si stima che il turismo alpino occupi una percentuale di forza lavoro dal 10% al 15%, con forti oscillazioni in base alle regioni e alle stagioni.
Per lo sviluppo futuro, in particolare, del turismo invernale sarà necessario porre particolare attenzione alle condizioni sociali ed ecologiche e dalle risorse, anche considerando le variabili introdotte dal cambiamento climatico in atto.[2]

[1] Skipass Panorama Turismo - osservatorio del turismo montano promosso da ModenaFiere, 2018

[2] https://www.cipra.org/it/dossiers/turismo-invernale-nelle-alpi

1.1 Clima e turismo

È un fatto ormai accertato che i fattori climatici quali temperatura, umidità, tipologia delle precipitazioni e la loro frequenza contribuiscono, a volte in modo decisivo, a determinare l'attrattiva turistico/ricreativa delle diverse destinazioni. I cambiamenti climatici possono quindi impattare in modo rilevante sull'attività del comparto turistico sia invernale che estivo, del nostro Paese. L'offerta turistica deve comunque tenere conto, indipendentemente dalla stagione, anche della domanda da parte del mercato, sia in termini di attrattiva che di bilancio economico.

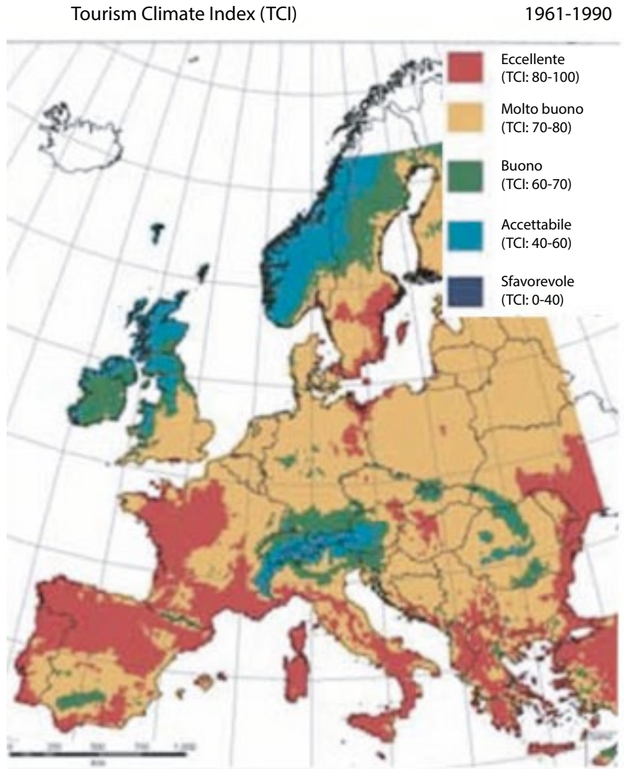
È stato valutato che il flusso migratorio estivo di turisti provenienti dal Nord Europa e diretto alle coste del Mediterraneo risulta essere, nel suo complesso, il maggiore flusso turistico mondiale.

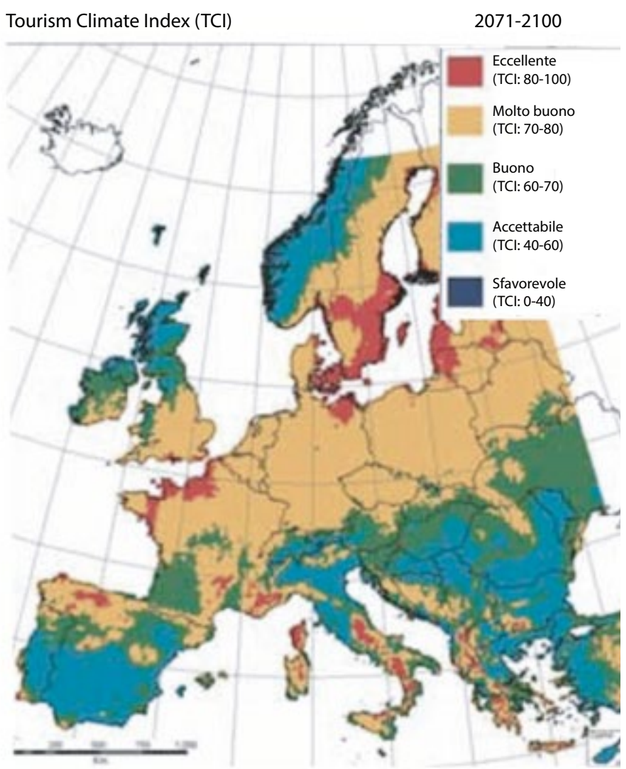
Il flusso turistico coinvolge circa 100 milioni di turisti all'anno per una spesa complessiva di circa 100 miliardi di euro annui.[1]

Risulta evidente che ogni modifica su questo flusso esercita una pressione notevole sull'ambiente e sulle attività connesse al turismo. La variazione negativa del flusso turistico legata ai cambiamenti climatici, può essere rappresentata da una diminuzione di pressione in alcune zone, definendo un impatto a livello socio-economico legato alla dismissione di attività ed infrastrutture. Ad esempio, l'aumento della temperatura media della stagione estiva, a parità di ogni altra condizione, potrebbe ridurre l'attrattività delle città d'arte, che risultano essere "troppo calde" per le attività legate al turismo. Un incremento positivo di flusso turistico, su zone dimensionate per il flusso turistico "standard", generano maggiori pressioni sull'ambiente che sono legate alla necessità di predisporre nuove strutture ricettive, oltreché gestire/limitare i flussi turistici (come nel caso di Venezia, delle Cinque Terre ma, anche per mete come il Monte Bianco). Questa modulazione turistica stagionale è causa di un incremento dei consumi delle risorse (acqua, energia, …) e quindi esercita un'elevata pressione sull'ambiente e sulle attività umane connesse al turismo.

Da un punto di vista economico sarà quindi possibile che in alcune zone si abbiano impatti negativi a causa della diminuzione dei flussi turistici, mentre in altre l'impatto potrà essere positivo in termini di presenze ma a scapito dell'ambiente.

1 AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino 2007, p.114





◀
Immagine 1:
Condizioni climatiche per il turismo estivo nel periodo 1961-1990 (a sinistra) e nel periodo 2071-2100 (a destra), rappresentate mediante l'indice TCI (Tourism Climate Index)
Fonte: Il cambiamento climatico in Piemonte

Come riportato nel documento edito da Arpa Piemonte *"Si ipotizza uno spostamento verso Nord del turismo estivo nei prossimi 70 anni ed un miglioramento delle condizioni climatiche delle stagioni intermedie, quali l'autunno e la primavera. L'impatto del cambiamento dei flussi turistici varierà molto a seconda delle capacità di adattamento del "turista", degli aspetti socio-economici legati all'industria del turismo nonché alla sua capacità di delineare una strategia di lungo periodo, inusuale per questo settore in cui le decisioni sono prese su tempi brevi. Gli impatti saranno maggiori se la strategia di adattamento sarà limitata a quella della modifica della destinazione"*[2].

Al contrario l'aumento delle temperature nelle stagioni invernarli, con relativo innalzamento del Lan (linea di affidabilità neve, che indica l'altitudine oltre la quale il manto nevoso è sufficiente a garantire una "sciabilità" stagionale), porterebbe all'esclusione di molte località sciistiche collocate ad altitudini inferiori alla Lan.

Va da sé che l'apporto della neve naturale, attualmente, non è

2 AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino 2007, p.114

sufficiente a garantire una totale copertura nevosa per tutta la stagione sciistica (periodo compreso tra novembre-dicembre fino a marzo-aprile), ed è quindi necessario sopperire a questa carenza utilizzando impianti di innevamento programmato. L'uso di impianti di innevamento programmato richiede però la disponibilità di importanti quantità di acqua e di energia.

La produzione di neve programmata, su base stagionale, rappresenta una parte consistente delle necessità di richiesta di acqua a livello locale, sebbene scarsamente significativa in termini di bilancio idrico a livello regionale.

Al di là del comparto turistico nel suo complesso, il segmento legato al turismo tipicamente invernale ne sarà interessato in modo particolare, infatti, secondo l'Ocse (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico), nel caso di una variazione moderata di temperatura anche solo di 1°C, e relativo innalzamento della linea di affidabilità neve a 1.650 s.l.m., tutte le stazioni sciistiche del Friuli Venezia Giulia si troverebbero al di sotto della Lan; mentre di quelle site in Lombardia, in Trentino e in Piemonte, sarebbero al di sotto del Lan, rispettivamente il 33%, 32% e il 26%. Con un aumento di 4°C e Lan a 2.100 m, le stazioni sciistiche di tutto l'arco alpino, situate al di sopra della Lan, si ridurrebbero a solo il 18% di quelle attualmente operative.[3]

Anche per quanto riguarda il turismo estivo si stanno sviluppando attività legate all'acqua quali pesca, nuoto, navigazione, ecc.. Lo sviluppo di tale tipo di turismo potrebbe generare conflitti legati all'utilizzo della risorsa in abito locale. Ad esempio nel caso della gestione di laghi e bacini artificiali. Infatti, le attività turistiche che utilizzano laghi, bacini artificiali e corsi d'acqua, hanno la necissità che venga mantenuto un livello di acqua il più possibile costante; per quanto riguarda le attività legate alla produzione di energia, attività agricole e riempimento dei bacini per l'innevamento, è invece necessario ottenere la massimizzazione dell'accumulo di acqua nonchè la possibilità di rilasciarla in caso di necessità. Tale conflitto è destinato ad aggravarsi in futuro, quando i cambiamenti climatici causeranno una maggiore variabilità per l'approvvigionamento idrico naturale.[4]

Gli effetti climatici non riguardano solo l'aumento delle temperature e la scarsità di precipitazioni, riguardano anche fenomeni di erosione dovuti alle mareggiate e all'innalzamento del livello del mare.

Ad oggi, l'80% delle spiagge italiane presenta fenomeni erosivi.

Come indicato nella relazione sullo stato della Green Economy[5], il cambiamento climatico intensifica sia i fenomeni di erosione delle coste che quelli di innalzamento del livello del mare. Se tali fenomeni non verranno adeguatamente contrastati, incrementando le attuali misure di protezione costiera, si potrà avere una perdita consistente di attività e di infrastrutture ricreative e ricettive.

3 AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, Ottobre 2019, p.36

4 Antonio MASARUTTO, *Acqua e cambiamenti climatici, relazione specifica della CIPRA*, CIPRA International, Udine, Marzo 2011, p.14

5 AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, Ottobre 2019, p.36

L'intensificarsi degli eventi climatici estremi dovuti al cambiamento climatico incrementa anche il rischio da dissesto idrogeologico che può provocare problemi e danni sia alle infrastrutture turistiche, esercizi ricreativi, attrazioni storico-artistiche, nonché alle infrastrutture quali le vie di comunicazione (strade, ferrovie, viadotti, …). Tali problemi sono legati sia all'accelerazione della loro scomparsa/deperimento che alla difficoltà di accesso a tali infrastrutture.

Tale situazione di rischio è valida anche nel caso di particolari ambienti naturali o ecosistemi a valenza turistica che possono essere minacciati dai cambiamenti climatici.

Il Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici propone alcune stime delle possibili variazioni dei flussi turistici basati sulla semplice variazione delle condizioni di comfort termico associato alle temperature future, prendendo a riferimento la media degli scenari A1, A2, B1 e B2 dell'IPCC[6] che verranno illustrati nel focus in seguito.

In tale piano viene rappresentata la proiezione della potenziale variazione climatica al 2050, sia per i flussi turistici internazionali che totali, riferiti alle diverse aree turistiche italiane, come riportato in figura. Si può notare che gli arrivi internazionali sono previsti in massiccia riduzione (dal 20% al 30%); considerando i flussi turistici totali (internazionali + domestici), la perdita sulla maggior parte del territorio italiano risulta essere più contenuta, ma comunque rilevante.

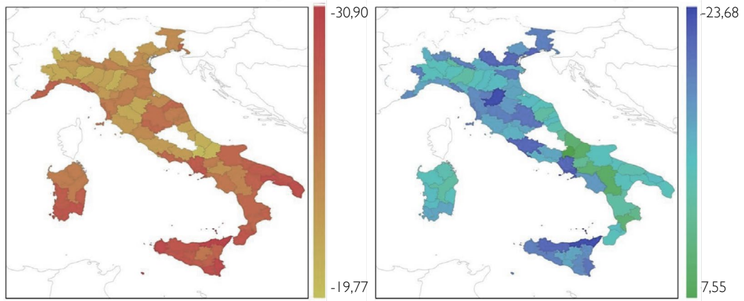


Immagine 2:
Proiezioni delle variazione dei flussi turistici internazionali (sx) e totali (dx) nelle province costiere italiane in presenza di cambiamenti climatici al 2050.
Fonte: Relazione sullo stato della Green Economy-2019

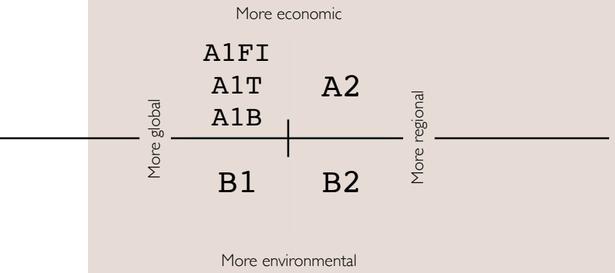
6 AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, Ottobre 2019, p.36

SCENARI FUTURI DI EMISSIONI E CONCENTRAZIONI GAS SERRA

L'*Intergovernemental Panel on Climate*, IPCC, nel 2000 ha pubblicato un rapporto il *The Special Report on Emissions Scenarios* (SRES), al cui interno vengono descritti gli scenari di emissione dei gas serra nel periodo compreso tra il 2000 e il 2100 utilizzati per eseguire delle proiezioni di possibili cambiamenti climatici futuri.

I 40 possibili diversi scenari, ognuno dei quali fa ipotesi diverse sulle prospettive future per l'inquinamento dai gas serra, l'uso del suolo e altre forze motrici, nonché ipotesi sul futuro sviluppo tecnologico e sul futuro sviluppo economico; sono raggruppati in quattro diverse famiglie di sviluppo economico (indicati con A1, A2. B1, B2 per convenzione), mentre per la famiglia di scenari A1 vengono distinti ulteriori tre gruppi che descrivono delle possibili direzioni alternative nei cambiamenti tecnologici del sistema energetico: fossile intensivo (A1FI), risorse di energia non fossile (A1T) o un bilancio di tutte le risorse (A1B). Per un totale di sei diversi modelli.

Nello specifico:



A1_La famiglia di scenari A1 descrive un mondo futuro caratterizzato da una crescita economica molto rapida, con la popolazione globale che raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, e con una rapida introduzione di tecnologie nuove e più efficienti. I temi dominanti sono le convergenze regionali, il *capacity building* e l'aumento delle interazioni culturali e sociali, con una sostanziale diminuzione delle differenze regionali di reddito pro-capite. La famiglia di scenari A1 si sviluppa in tre gruppi che descrivono direzioni alternative dei cambiamenti tecnologici del sistema energetico. I tre gruppi si distinguono dalla loro enfasi tecnologica in: fossile intensivo (A1FI), fonti di energia non fossile (A1T) o un bilancio fra tutte le fonti (A1B) (dove per bilancio si intende una non eccessiva dipendenza da nessun tipo particolare di fonte energetica, presumendo che si possa applicare a tutte le risorse energetiche e alle tecnologie finali tassi di miglioramento simili).

A2_La famiglia di scenari A2 descrive un mondo molto eterogeneo. Il tema dominante è l'auto-sufficienza e la preservazione delle identità locali. La natalità fra le regioni converge molto lentamente, con un conseguente continuo aumento della popolazione. Lo sviluppo economico è essenzialmente orientato su base regionale e la crescita economica pro-capite e i cambiamenti tecnologici sono molto frammentati e più lenti rispetto alle altre trame.

B1_La famiglia di scenari B1 descrive un mondo convergente con la stessa popolazione globale che, come per la trama A1, raggiungerà un massimo a metà secolo per poi declinare, ma con un rapido cambio delle strutture economiche verso un'economia dell'informazione e dei servizi, con una riduzione dello sfruttamento dei materiali e l'introduzione di tecnologie più sostenibili e che sfruttano le risorse in modo efficiente. Viene data molta importanza alle soluzioni globali per l'economia, alla sostenibilità sociale ed ambientale, includendo un miglioramento dell'equità, ma senza ulteriori iniziative climatiche.

B2_La famiglia di scenari B2 descrive un mondo in cui l'attenzione è rivolta alle soluzioni locali per la sostenibilità economica, sociale ed ambientale. È un mondo in cui la popolazione globale cresce continuamente, ad un tasso minore della famiglia A2, con livelli intermedi di sviluppo economico e cambiamenti tecnologici meno rapidi e più diversificati rispetto alle trame B1 e A1. Mentre anche lo scenario è orientato verso la protezione ambientale e l'equità sociale, è focalizzata su livelli locali e regionali.[7]

[7] IPCC, *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK 2007

FOTOGRAFIA DI GEORGE STEINMETZ, NAT GEO IMAGE COLLECTION

1.2

Cambiamenti climatici

L'aumento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera ha determinato una serie di variazioni climatiche; alcune di queste riguardano l'innalzamento del livello mare, i cambiamenti regionali nelle precipitazioni, gli eventi meteorologici estremi più frequenti (ad esempio ondate di calore e uragani), e l'espansione dei deserti.

Dall'inizio del secolo scorso la temperatura globale è aumentata di circa 1 °C. Questi aumenti della temperatura non si sono verificati in modo uniforme ma in generale le temperature terrestri sono aumentate circa il doppio rispetto alle temperature oceaniche. In particolare, nelle regioni artiche, dove si verificano gli incrementi maggiori delle temperature, sono la causa del continuo ritiro dei ghiacciai, del permafrost e del ghiaccio marino.

Come sappiamo le cause di questi cambiamenti climatici sono molteplici ma sono riconducibili alle emissioni di gas serra come, l'anidride carbonica, il metano, il diossido di azoto e altri gas.

Tra questi il contributo maggiore ai cambiamenti climatici, è dato proprio dalla CO_2,, l'anidride carbonica è cresciuta in modo lineare negli ultimi sessant'anni, superando in questi ultimi anni le 400 parti per milione (ppm), livello più alto degli ultimi centinaia di migliaia di anni o forse più.[1]

Ogni anno in atmosfera vengono emesse circa 40 miliardi di tonnellate di CO_2, con un incremento annuo di circa il 2%.[2]

Si è reso necessario attuare misure di contenimento al fine di evitare aumenti incontrollati della temperatura mondiale che avrebbero conseguenze catastrofiche. È fondamentale che i paesi industrializzati, con maggiori emissioni per abitante, come l'Europa, gli Stati Uniti e la Cina, adottino soluzioni come l'efficientemento energetico, la rinuncia al carbone e la promozione di elettricità verde, per invertire il trend.

La Cina è diventata il primo paese emettitore al mondo.[3]

È importante ricordare però, che il surriscaldamento del pianeta dipende non soltanto dalle emissioni del presente, ma anche da quelle passate e dipenderà anche da quelle future. Le emissioni dovranno diminuire per i prossimi 30 – 50 anni per riuscire a raggiungere la neutralità carbonica[4], attraverso la decarbonizzazione dei settori dell'industria, dei trasporti e del settore residenziale.

L'Europa grazie alle politiche di decarbonizzazione ha già iniziato a ridurre leggermente le proprie emissioni.

Nonostante tutte le buone pratiche che potranno essere adottate in futuro, il clima cambierà, con aumenti previsti di circa 2-3°C in Europa. Ovviamente l'aumento non sarà omogeneo ma, ci saranno zone, come il bacino del Mediterraneo, che saranno particolarmente a rischio a causa degli aumenti significativi di eventi siccitosi. Con un aumento di 1,5°C della temperatura globale, e nel caso peggiore con un aumento di 2°C, è possibile che si verifichi un deficit di precipitazioni nel bacino mediterraneo, amplificato da un forte surriscaldamento a livello regionale.[5]

Nel 2050, in città come Torino e Milano, la temperatura massima potrebbe aumentare di 8°C.[6]

▶ **Immagine 3:**
Confronto tra i possibili rischi tra l'aumento delle temperature entro 1,5 °C e i 2 °C
Fonte: WWF

1 AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, Ottobre 2019, p. 15

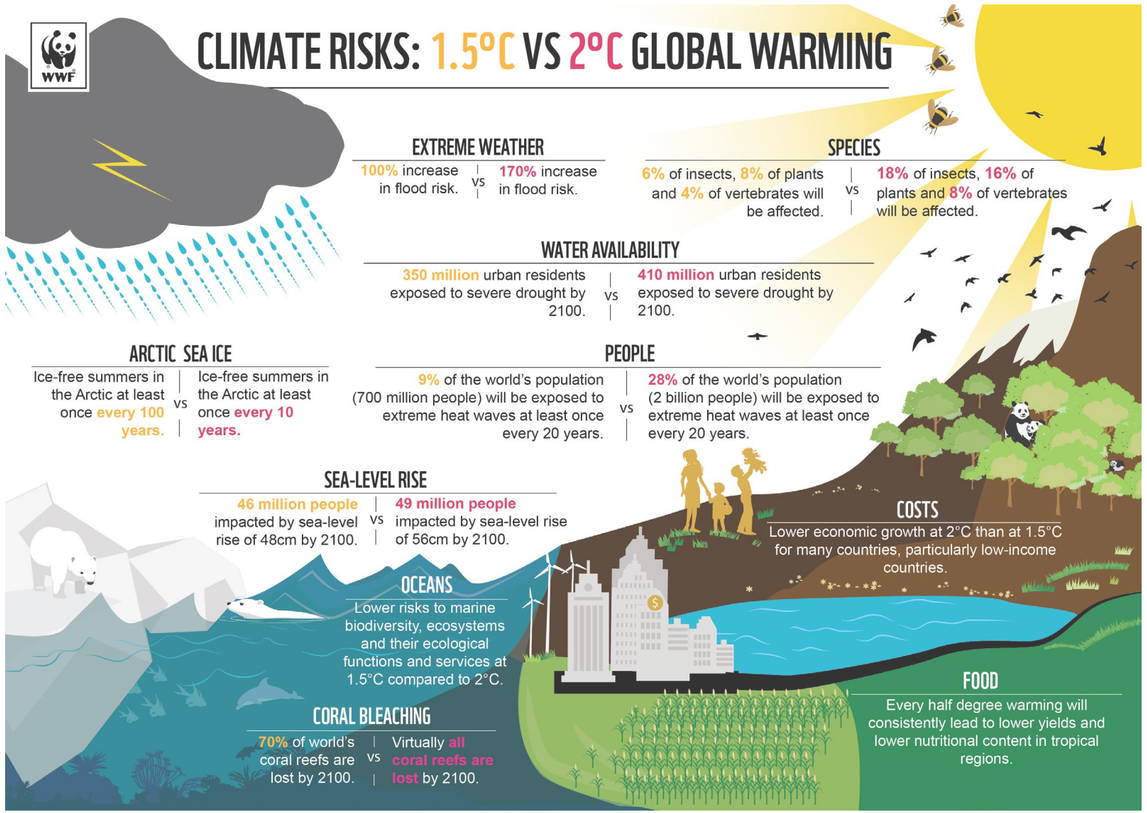
2 *Ibidem* p.15

3 *Ibidem* p.16

4 Le emissioni zero (o neutralità carbonica) consistono nel raggiungimento di un equilibrio tra le emissioni e l'assorbimento di carbonio. Quando si rimuove anidride carbonica dall'atmosfera si parla di sequestro o immobilizzazione del carbonio. Per raggiungere tale obiettivo, l'emissione dei gas serra dovrà essere controbilanciata dall'assorbimento delle emissioni di carbonio. Def. Neutralità carbonica, Parlamento Europeo https://www.europarl.europa.eu

5 AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, Ottobre 2019, p. 16

6 Jean-Francois BASTIN et. al., *Understanding climate change from a global analysis of city analogues*, PlosOne., Luglio 2019 https://journals.plos.org/



In seguito alle linee guida redatte dalla Conferenza di Parigi del 2015, dove si era posto come obbiettivo prioritario il contenimento della temperatura al di sotto dei 2°C (puntando a mantenere un incremento di temperatura non superiore ai 1,5°C), attraverso la riduzione delle emissioni di gas serra nonchè la definizione di un supporto finanziario per la mitigazione e l'applicazione del meccanismo di *loss and damage*. A seguito della Conferenza di Parigi si tenne successivamente a Katowice, in Polonia, nel 2018 la COP24, ove in fase di negoziazione si è definito il cosiddetto PAWP (*Paris Agreement Work Programme*) con la relativa adozione di un regolamento attuativo, il *Rulebook,* dell'Accordo di Parigi. In questo regolamento vengono definite le informazioni necessarie per la revisione dei Contributi determinati a livello nazionale (NDC), l'insieme delle regole condivise per la trasparenza delle azioni e del supporto così come ribadito successivamente nel COP25 nel 2019.
Il cuore di questoregolamento, che permetterà all'Accordo di Parigi una piena implementazione, è fondato sui principi di Trasparenza, Accuratezza, Completezza, Coerenza e Compatibilità (TACCC) che sono riassumibili nei seguenti punti:

- Inventari nazionali delle emissioni di gas serra, è lo strumento fondamentale per il monitoraggio delle emissioni di tutti i Paesi e la verifica degli impegni di riduzione delle emissioni determinati nell'Accordo di Parigi, garantendo l'ottemperanza di alcune caratteristiche tecniche che ne garantiscano la trasmissione, almeno, su base biennale da parte da tutti gli Stati membri;
- Monitoraggio dell'implementazione e del raggiungimento degli NDC, da effettuarsi attraverso indicatori quantitativi e/o qualitativi (come ad esempio le emissioni e gli assorbimenti di gas serra, la percentuale di riduzione dell'intensità carbonica, indicatori qualitativi per una specifica politica o misura di mitigazione, *co-benefits* di azioni di adattamento, percentuale di uso di energia rinnovabile, ettari di riforestazione, ecc.)
- Revisione tecnica dei report trasmessi da parte di esperti: finalizzata alla valutazione dell'effettiva attuazione degli impegni intrapresi.[7]

7 *Conferenza sui Cambiamenti Climatici COP25 - CMP15 - CMA2,* Ispra, Madrid, dicembre 2019 https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2019/12/conferenza-sui-cambiamenti-climatici-cop25-cmp15-cma2

Infatti, in base all'ultimo report speciale dell'IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, è stata evidenziata la necessità di mantenere il riscaldamento globale entro 1,5°C. In termini di impatti climatici, l'aumento della temperatura globale di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali porterebbe a conseguenze devastanti, tra cui: innalzamento del livello del mare, la desertificazione di molti territori, la perdita di habitat e specie naturali e la diminuzione delle calotte glaciali. Tutte queste conseguenze, oltre ad avere gravissime ripercussioni sull'ambiente che porterebbero alla perdita del patrimonio naturale, ricadono anche in modo gravoso sulla salute delle

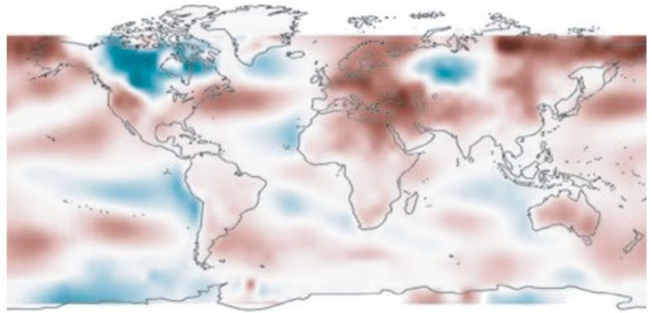


Immagine 4:
Variazioni di temperatura nel 2018 rispetto alla media del periodo 1981-2010
Fonte: Relazione sullo stato della Green Economy

persone, sui mezzi di sussistenza, sulla sicurezza umana e sulla crescita economica.

Queste ipotesi sono confermate dagli studi effettuati da circa 2500 esperti dell'IPCC, sull'analisi dei trend riguardanti:

L'aumento della temperatura media a livello globale: la temperatura media superficiale dell'aria è in aumento con un trend lineare di 0,74 ± 0,18 °C dal 1906. Inoltre, va sottolineato che la velocità del riscaldamento globale negli ultimi 100 anni, è circa raddoppiata negli ultimi 50 anni (fino al 2005). Dagli studi condotti, le regioni a latitudini maggiori dell'emisfero boreale sono maggiormente soggette a tali incrementi termici. Anche per gli oceani il contenuto di calore è aumentato negli ultimi 50 anni, ma le terre emerse si sono riscaldate più velocemente rispetto agli oceani, con un incremento di circa 0,25°C per decade, dal 1979, soprattutto nelle stagioni invernali e primaverili dell'emisfero boreale.

Il ritiro dei ghiacciai continentali e polari: i cambiamenti nella criosfera includono il forte ritiro, dal'2,7 ± al 0,6% per decade, del ghiaccio marino Artico, il continuo ritiro dei ghiacciai montani, la riduzione della copertura nevosa e del terreno ghiacciato stagionale e l'incremento della temperatura del permafrost. Le temperature medie dell'Artico negli ultimi 100 anni sono raddoppiate rispetto alla temperatura media globale. L'area massima coperta da ghiaccio stagionale dal 1900 al 2005, è diminuita di circa il 7% nell'emisfero nord.

L'aumento del livello dei mari: le ultime stime effettuate vedono un aumento del livello dei mari compreso tra i 18 e i 58 cm. L'aumento del livello dei mari, a scala globale, è salito di 1,8 mm/anno dal 1961.[8]

[8] AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino 2007, pp.35-36

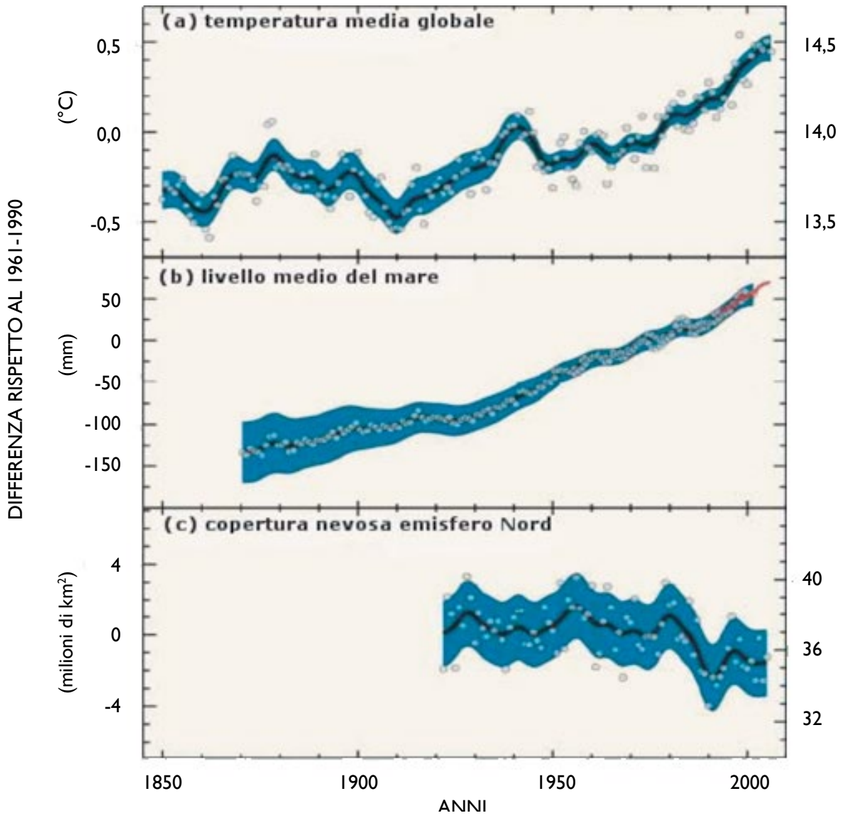


Immagine 5:
Andamento di alcuni parametri fisici in confronto con la media del periodo di riferimento (1961-1990).
Fonte: IPCC 2007

Nel corso di questo secolo, si prevede che l'impatto dei cambiamenti climatici sull'idrologia alpina sarà importante. è stimata una diminuzione delle precipitazioni variabile tra l'1 e l'11%, mentre si prevede un incremento dei periodi siccitosi estivi (considerati come almeno 5 giorni consecutivi senza precipitazioni) che dovrebbero aumentare del 36%, con valori superiori nelle Alpi settentrionali che al momento sono meno interessate dal fenomeno. Per quanto riguarda le precipitazioni nevose, si prevede che subiranno una drastica diminuzione stimata nell'ordine del 40% per i versanti settentrionali fino ad arrivare al 70% per quelli meridionali.[9] I risultati delle previsioni di Beniston[10] sulle variazioni nella distribuzione delle precipitazioni sono riportati nella figura seguente.

Nelle pagine seguenti verranno illustrate le variazioni metereologiche, riguardanti temperatura e precipitazioni, che hanno caratterizzato il Piemonte sul lungo periodo, dal 1971 al 1990. Tali dati saranno confrontati con quelli di un periodo temporale più prossimo (2000-2019).

[9] Antonio MASARUTTO, *Acqua e cambiamenti climatici, relazione specifica della CIPRA*, CIPRA International, Udine, Marzo 2011, p.10

[10] Martin BENISTON, *Climatic change in the Alps*, Workshop: Adaptation to the Impacts of Climate Change in the European Alps in Wengen, Svizzera, ottobre 2006

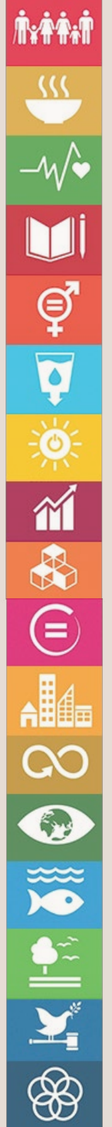
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Con l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, gli Stati membri delle Nazioni Unite, riunite nel 2015 a New York, adottarono un modello condiviso.
Al centro di questo piano d'azione si trovano 17 obbiettivi di sviluppo sostenibile (SDG, Sustainable Development Goals), rivolti a tutti i paesi, sia già "sviluppati" che in via di sviluppo, in modo da creare una partnership globale. L'appello che si fa agli Stati è quello di porre fine alla povertà, a lottare contro l'ineguaglianza e per lo sviluppo sociale ed economico. Nel piano vengono posti altri obbiettivi da raggiungere entro l'anno 2030 per uno sviluppo sostenibile che riguardano i cambiamenti climatici e la costruzione di società pacifiche.

Gli SDG hanno validità universale, vale a dire che tutti i Paesi devono fornire un contributo per raggiungere gli obiettivi in base alle loro capacità.[11]

[11] https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-sdgs/

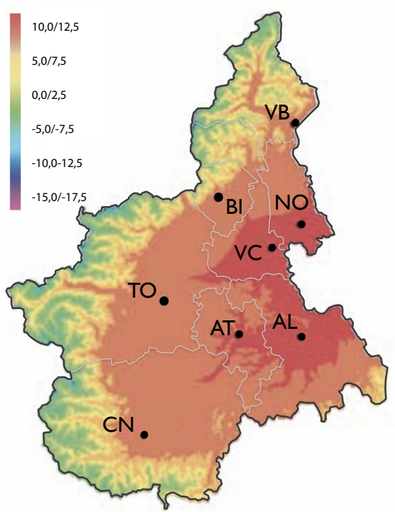
1. Porre fine a ogni forma di povertà nel mondo.
2. Porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile.
3. Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età.
4. Fornire un'educazione di qualità, equa ed inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti.
5. Raggiungere l'uguaglianza di genere ed emancipare tutte le donne e le ragazze.
6. Garantire a tutti la possibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igenico-sanitarie.
7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni.
8. Promuovere una crescita economica, duratura, inclusiva e sostenibile, la piena produttiva occupazione e un lavoro dignitoso per tutti.
9. Infrastrutture resistenti, industralizzazione sostenibile e innovazione.
10. Ridurre le disuguaglianze.
11. Rendere le città e gli insediamenti unami inclusive, sicuri, duratri e sostenibili.
12. Garantire modelli sostenibili di produzione e consumo.
13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere i cambiamenti climatici.
14. Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per lo sviluppo sostenibile.
15. Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre.
16. Pace, giustizia e istituzioni forti.
17. Rafforzare i mezzi di attuazione degli obbiettivi e rinnovare il partenariatomondiale per lo sviluppo sostenibile.



Temperature

La regione Piemonte è situata alla testata della Pianura Padana ed è limitata su tre lati da catene montuose, che ne occupano circa il 49% del territorio e che comprendono le vette più elevate del continente europeo. Questa sua conformazione geografica ne definisce e regola la peculiarità climatica, zona di scontro delle masse d'aria continentali provenienti dalla Piana del Po, dell'umidità proveniente dal Mediterraneo e delle correnti atlantiche nord-occidentali che interagiscono con i rilievi innescando frequenti circolazioni locali e favorendo la presenza di microclimi.
La presenza di queste aree montuose è fondamentale per la caratterizzazione climatica dell'area piemontese.

Immagine 6:
Distribuzione delle temperature medie annue (mm), periodo di riferimento 1961-1990
Fonte: Il cambiamento climatico in Piemonte



Dall'analisi della termometria emerge che l'intervallo entro il quale sono comprese le temperature medie annue riferite al l'ultimo trentennio, va dai 13,2°C di Novara, che risulta essere la città più "calda"; a valori medi di temperatura negativi rilevati a quote superiori ai 2000 metri.
La temperatura media annua decresce regolarmente con la quota, salvo che in alcune situazioni nelle quali si osservano scarti dovuti a condizioni locali. È il caso per esempio della situazione urbana di Torino, dove si ha una temperatura media annua lievemente superiore a quella che si registra, a parità di quota, in aree rurali, o delle situazioni di alcuni fondivalle, dove si osservano temperature medie annue lievemente inferiori rispetto ad altre località poste alle stesse quote.

Il mese più freddo, a tutte le quote, è gennaio quando il fenomeno di inversione termica è particolarmente evidente.

In generale l'escursione termica annua risulta elevata in tutta la regione a causa della lontananza dal mare che potrebbe mitigare le variazioni di temperatura. Da questo ne deriva che il clima del Piemonte si avvicina ad un regime più prettamente continentale. [12]

Nell'ultimo decennio, dal 2010 al 2019, sono presenti tutti e cinque gli anni più caldi dell'intera serie storica, inoltre è stato registrato che l'andamento delle temperature medie annue è normalmente superiore di circa 1,3°C rispetto alla climatologia del periodo di riferimento dal 1971 al 2000. [13] Gli anni più caldi sono quindi i seguenti:
1_2015 temperatura media 11,00°C
2_2018 temperatura media 10,69°C
3_2011 temperatura media 10,64°C
4_2017 temperatura media 10,60°C
5_2019 temperatura media 10,57°C

L'anno storicamente più caldo dal 1958 è stato il 2015, con un'anomalia termica di circa 1,9°C rispetto alla media.

Questo risulta essere in linea con l'andamento delle temperature registrate a livello globale che evidenziano un aumento costante delle temperature medie negli ultimi 50 anni.
Nella tabella che segue si può notare l'aumento progressivo delle temperature medie sulla regione decennio per decennio dagli anni '60.

Decennio	Temperatura media (°C)
2010-2019	10,3
2000-2009	9,9
1990-1999	9,4
1980-1989	9,0
1970-1979	8,7
1960-1969	8,7

Generalmente il mese di luglio risulta essere quello più caldo.

[12] AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino 2007, pp.59-60

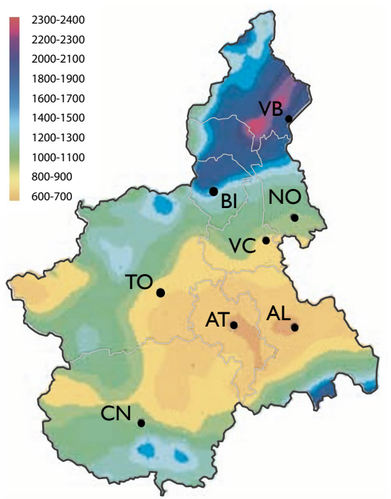
[13] *Il clima in Piemonte, Stagione 2019*, Arpa Piemonte, 2020, p.3 https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/rapporti-di-analisi/annuale.html

Precipitazioni piovose

La distribuzione media annuale delle precipitazioni in Piemonte, ovvero quella osservata nel trentennio 1961-1990, si presenta con un andamento bimodale, con due massimi, uno primaverile ed uno autunnale, e due minimi, uno invernale ed uno estivo.
Dai dati pluviometrici annuali della regione Piemonte, in base alla collocazione del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere quattro tipi di regime pluviometrico; di questi, tre sono di tipo continentale (minimo principale in inverno), mentre il quarto è di tipo mediterraneo (minimo principale in estate):
_prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera e secondario in autunno,
_subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno e secondario in primavera,
_subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno e secondario in estate,
_sublitoraneo: minimo principale in estate e con un massimo principale in autunno e uno secondario in primavera[14]

Il regime pluviometrico più frequente è il regime prealpino e riguarda il 58% della regione.

Immagine 7:
Distribuzione delle precipitazioni medie annue (mm), periodo di riferimento 1961-1990
Fonte: Il cambiamento climatico in Piemonte



14 AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino 2007, p.58

Come si può notare dalla distribuzione spaziale delle precipitazioni, i massimi assoluti di pioggia medi del trentennio si verificano in corrispondenza dell'interfaccia con la zona pianeggiante con i valori più elevati nella zona nord della regione. A differenza, i valori minimi di precipitazione sono collocati nelle aree di pianura, lungo il fianco settentrionale dei rilievi appenninici.

Analizzando invece l'ultimo quinquennio di rilevamento delle precipitazioni, dal 2014 al 2018, disponibile sul sito dell'Arpa, sono state fatte alcune considerazioni sulla piovosità media regionale.
In generale, le precipitazioni medie riferite al quinquennio sono caratterizzate da un surplus pluviometrico rilevante rispetto al valore storico di riferimento (1961-1990).

Nel 2014 sono caduti circa 1500 mm di precipitazioni, pari al 55% in più rispetto alla media.[15]

Solo nel 2017, vi è stato un deficit pluviometrico abbastanza rilevante, circa il 26% in meno rispetto alla media di riferimento, con soli 724 mm di pioggia. In questa particolare occasione i bacini a sud del Po hanno manifestato una notevole siccità nel periodo estivo, la situazione è poi peggiorata in tutta la regione con l'arrivo dell'autunno.[16]

Il 2017 è risultato il 4° anno più secco degli ultimi 60 anni.

È raro trovare situazioni in cui le precipitazioni sono omogenee nell'arco dei 12 mesi, spesso si alternano periodi piovosi a periodi di siccità. In alcuni casi, come per l'anno 2015, che è stato caratterizzato da una media mensile abbastanza piovosa, con un aumento delle precipitazioni tra agosto e ottobre per poi concludere l'anno con la quasi assenza di precipitazioni.
Nel quinquennio analizzato il mese di novembre risulta essere sempre il più piovoso; un altro dato comune è la maggior quantità di precipitazioni nel settore nord-occidentale della regione.[17]

15 www.arpa.piemonte.it
16 *Ibidem*
17 www.arpa.piemonte.it

INDICE METEOROLOGICO DI SICCITÀ

L'indice di Precipitazione Standardizzata, SPI, esprime in maniera compatta l'anomalia di precipitazione della media, normalizzata rispetto alla deviazione standard. Permette di valutare i differenti impatti del deficit di precipitazione sulle riserve idriche. L'indice SPI è stato quantificato su diverse scale temporali, dai 3 ai 12 mesi, a seconda dell'impatto che si hanno sui vari tipi di risorse. I valori calcolati a 3 mesi rappresentano deficit idrici con impatto su attività agricole di tipo stagionale, quelli a 6 mesi riflettono l'andamento del livello dei serbatoi d'acqua naturali ed artificiali mentre i valori dell'indice a 12 mesi consentono una valutazione della risorsa idrica su scala annuale.[18]

Valori positivi dell'indice si riferiscono ad una situazione di piovosità con entità maggiore della media climatologica di riferimento (1961-1990), mentre valori negativi si riferiscono ai casi più siccitosi. [19]

18 https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/siccitas/

19 www.arpa.piemonte.it

Precipitazioni nevose

Per una buona, ed economicamente vantaggiosa, stagione turistica invernale, le precipitazioni nevose risultano essere di fondamentale importanza. Il periodo ottimale per l'inizio delle nevicate tardo autunnali (tra novembre e dicembre) e l'abbondanza di un innevamento naturale sono la base per la stagione sciistica. La presenza di precipitazioni nevose è anche importante per riuscire a calibrare le campagne di innevamento programmato, che sono spesso necessarie come integrazione.
Dai rendiconti nivometrici dell'Arpa Piemonte, delle ultime stagioni (dalla stagione 2014/2015 all'ultima 2018/2019), sono state caratterizzate da un innevamento generalmente sotto la media[20] e con un'alternanza di periodi molto nevosi, spesso in autunno, e periodi secchi. Nonostante siano stagioni relativamente scarse di precipitazioni è possibile che ci siano singoli episodi con copiose nevicate.

Il mese di marzo 2019 risulta essere tra i più asciutti degli ultimi 60 anni.

In alcune stagioni invece, in particolare nelle stagioni 2014/2015 e 2017/2018, il totale di neve fresca è risultato essere generalmente sopra la media. In generale, le aree più nevose si trovano nei settori occidentali di confine.[21]

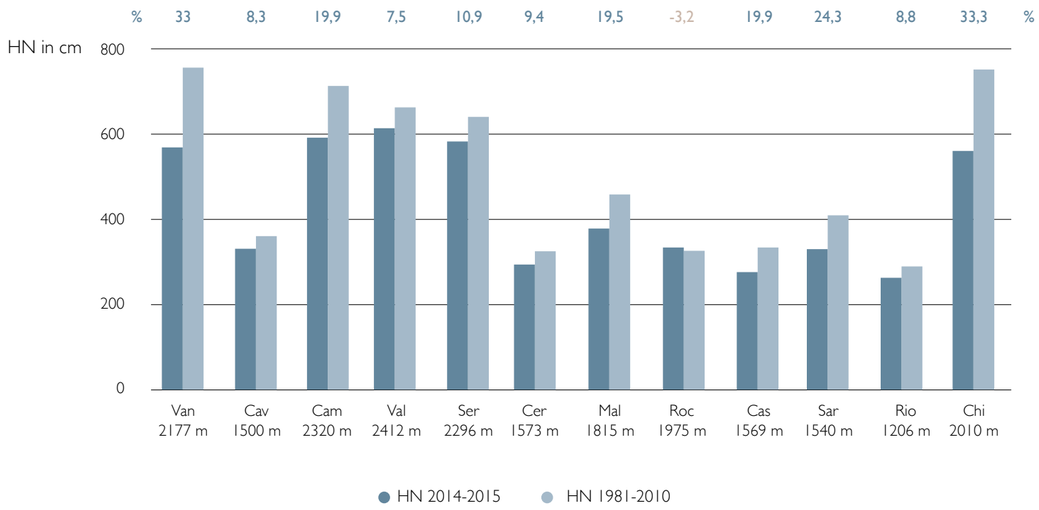
La stagione 2017/2018 è tra le più nevose degli ultimi 30 anni.

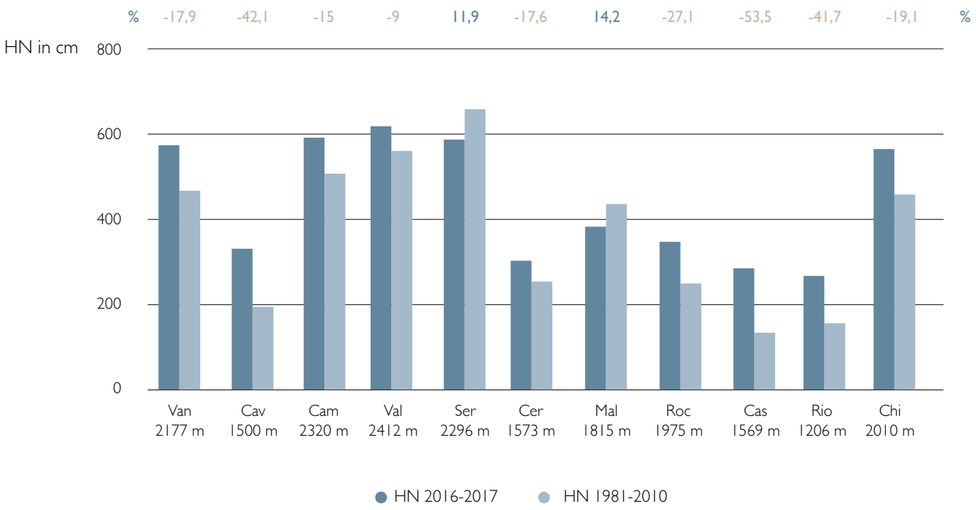
Di seguito viene proposto il confronto tra due grafici relativi a due stagioni differenti, la prima del 2014/2015 che come detto prima, è stata caratterizzata da un innevamento sopra la media; mentre la seconda, rappresenta dalla stagione 2016/2017 dove si ha avuto un inverno scarsamente innevato rispetto alla media. In questi grafici vengono analizzati i valori rilevati nel periodo temporale compreso tra novembre e maggio, delle stazioni meteo distribuite lungo tutto l'arco alpino piemontese.

Grafico 1:
Neve fresca cumulata da novembre a maggio nella stagione 2014-2015 a confronto con la media trentennale 1981-2010
Grafico 2:
Neve fresca cumulata da novembre a maggio nella stagione 2016-2017 a confronto con la media trentennale 1981-2010)
Fonte:Arpa Piemonte

20 Come media del periodo si intende il trentennio 1981-2010

21 www.arpa.piemonte.it


%
33
8,3
19,9
7,5
10,9
9,4
19,5
-3,2
19,9
24,3
8,8
33,3
%
HN in cm
800
600
400
200
0
Van 2177 m
Cav 1500 m
Cam 2320 m
Val 2412 m
Ser 2296 m
Cer 1573 m
Mal 1815 m
Roc 1975 m
Cas 1569 m
Sar 1540 m
Rio 1206 m
Chi 2010 m
HN 2014-2015
HN 1981-2010


%
-17,9
-42,1
-15
-9
11,9
-17,6
14,2
-27,1
-53,5
-41,7
-19,1
%
HN in cm
800
600
400
200
0
Van 2177 m
Cav 1500 m
Cam 2320 m
Val 2412 m
Ser 2296 m
Cer 1573 m
Mal 1815 m
Roc 1975 m
Cas 1569 m
Rio 1206 m
Chi 2010 m
HN 2016-2017
HN 1981-2010

Nei grafici prcedenti, per il raffronto, viene usato il parametro relativo alla neve fresca cumulata (HN media) che viene calcolato come la differenza dei valori di neve al suolo (HS) tra giorni consecutivi, tale calcolo è effettuato in modo da avere un raffronto univoco e confrontabile tra le diverse stazioni nonchè con i dati presenti in letteratura.[22]

[22] Va precisato che i valori di neve fresca calcolati in questo modo sottostimano mediamente tra il 20% e il 40% l'altezza della precipitazione nevosa. Questa sottostima è dovuta principalmente ai fenomeni di assestamento della neve fresca, alla compattazione del manto nevoso e all'azione eolica che varia in funzione di fattori quali per esempio la densità della neve fresca, la compattazione del manto nevoso preesistente e la durata della precipitazione.
Rendiconto Nivometrico in Piemonte, Stagione 2014/2015, Arpa Piemonte, Settembre 2015 p.2

SEASON SHIFT

La teoria del Season Shift, sostiene che a causa dei cambiamenti climatici, gli inizi delle stagioni sono slittati di alcuni giorni.

Secondo il Met Office, che è il Servizio Meteorologico Inglese, tra i più importanti al mondo, e altri studi condotti dall'EPA statunitense, gli inizi delle stagioni sono slittati di alcuni giorni. Sembra che alle nostre latitudini l'autunno e l'inverno arrivino tra una settimana e 10 giorni dopo rispetto al periodo meteorologico classico (ossia inizio settembre e inizio dicembre). Allo stesso modo risulterebbe che la primavera arrivi una settimana prima rispetto all'inizio di marzo. Tuttavia, questi dati sono ancora in fase di validazione per cui non hanno un valore assoluto.
In base alle valutazioni eseguite dalla regione Valle d'Aosta,[23] è stato evidenziato che anche a livello locale è stato rilevato un andamento simile a quello che il Met Office ha previsto su scala mondiale e cioè uno spostamento tendenziale delle date di inizio del freddo. È evidente che un ritardo nella comparsa delle precipitazioni nevose o comunque delle condizioni adatte alla produzione di neve programmata può rendere molto problematico l'avvio della stagione sciistica o perlomeno riduce ulteriormente il periodo a disposizione per la preparazione delle piste.

[23] Franco TORRETTA, *Ambiente e innevamento programmato*, Environnement Ambiente e Territorio in Valle d'Aosta https://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/environnement.aspx?pkArt=352

iStock

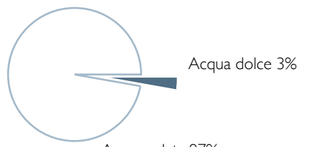
1.3

Disponibilità della risorsa idrica

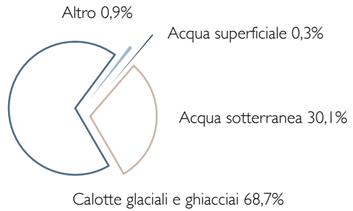
L'acqua presente sul globo esiste naturalmente in diverse forme e in diversi ambiti: nell'aria, sulla superficie, nel sottosuolo e negli oceani. Anche se la superficie terrestre è coperta per il 71% di acqua, questa è costituita per il 97% da acqua salata, presente nei mari e negli oceani e solo per il 3% da acqua dolce. Di questa piccola percentuale, il 68,7% è contenuta nei ghiacciai e nelle nevi perenni, il 30,1% nel sottosuolo e solo lo 0,3% è localizzata in superficie. A sua volta l'acqua di superficie è distribuita per l'87% nei laghi, il 2% nei fiumi, mentre il restante 11% si trova negli stagni/acqua di transizione. La quota parte di acqua dolce rimanente, pari allo 0,9% si trova sotto altre forme (aereiforme) come umidità atmosferica.[1]

1 *Il ciclo naturale dell'acqua*, USGS https://www.usgs.gov/

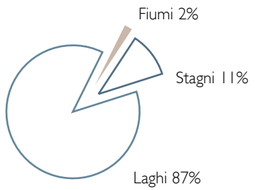
Acqua terrestre



Acqua dolce



Acqua dolce superficiale (liquida)



Al quantitativo già di per sé irrisorio della risorsa idrica dolce, si deve aggiungere una distribuzione ineguale sulla superficie terrestre. La distribuzione di questa risorsa infatti varia molto da regione a regione e può variare notevolmente all'interno dei continenti. La maggior parte dell'acqua è concentrata in alcuni bacini in Siberia, nella regione dei grandi laghi in Nord America, nei laghi Tanganika, Vittoria e Malawi in Africa, mentre il 27% della risorsa è attribuibile ai cinque più grandi sistemi fluviali: il Rio delle Amazzoni, il Gange con il Bramaputra, il Congo, lo Yangtze e l'Orinoco (UNESCO, 2006).

Le Alpi vengono definite come il "serbatoio di acqua dell'Europa".[2]

Alla irregolare distribuzione geografica si aggiunge la discontinuità nella disponibilità di acqua durante le diverse stagioni nonchè tra i vari anni; ad esempio nelle regioni a clima temperato, durante l'estate la disponibilità idrica raggiunge livelli minimi, inoltre, si possono verificare anni mediamente ricchi di precipitazioni oppure anni decisamente più secchi.

Se l'andamento degli attuali trend mantiene questa linea, si prevede che nel 2025 1,8 miliardi di persone vivranno in nazioni o regioni che presenteranno scarsità idrica e che due terzi della popolazione mondiale sarà soggetta a scarsità idrica.[3]

2 Antonio MASARUTTO, *Acqua e cambiamenti climatici, relazione specifica della CIPRA*, CIPRA International, Udine, Marzo 2011, p.7

3 UNEP, *Corporate Water Accounting*, UNEP (United Nation Enviroment Programme), 2009

Risulta evidente che la principale fonte di vita dell'umanità si sta trasformando in una risorsa strategica vitale che va quindi assolutamente gestita in maniera sostenibile.
A questa già grave situazione si aggiunge il cambiamento climatico in atto che genera effetti drastici nella distribuzione delle acque a livello globale causando una diminuzione delle precipitazioni, lo scioglimento dei ghiacciai, l'innalzamento del livello dei mari, oltre all'incremento di eventi meteorici estremi che provocano un aumento di dissesti idrogeologici e delle inondazioni.

Nelle Alpi le temperature stanno crescendo a una velocità doppia rispetto alla media globale.[4]

I cambiamenti climatici riducono fortemente anche la disponibilità di acqua nelle Alpi, la riduzione delle precipitazioni, la cui conseguenza si evidenzia in lunghi periodi siccitosi in estate e nevicate di minore intensità in inverno. D'altra parte però è prevedibile che ci sarà un aumento della richiesta di questa risorsa accentuando i conflitti tra i vari utilizzatori.
Ad esempio, a causa della scarsità di precipitazioni nevose i comprensori sciistici sono costretti a dover ricorrere all'utilizzo dell'innevamento programmato, sia inteso come nuove installazioni che come maggior periodo di utilizzo, questo a discapito del consumo consistente di acqua e di energia. È quindi necessaria una strategia per l'uso sostenibile della risorsa. Inoltre, nelle regioni alpine l'aumento della richiesta di acqua sarà sempre più influenzata dall'incremento dello sviluppo territoriale legato al turismo.

4 https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/nevediversa2019_dossier.pdf

Le acque delle regioni alpine hanno generalmente un livello qualitativo molto superiore rispetto a quelle delle zone in pianura; in queste ultime aree è possibile che la qualità delle acque sia influenzata negativamente a causa della presenta di scarichi di insediamenti produttivi, soprattutto in condizioni di scarsità delle portate naturali dei corsi d'acqua. Le normative comunitarie hanno dato le indicazioni necessarie al fine di ottenere sostanziali miglioramenti nel settore del trattamento delle acque di scarico.

Il 10% dei corsi d'acqua alpini può essere considerato ecologicamente intatto, cioè privo di inquinamento, non eccessivamente sfruttato né compromesso per quanto riguarda le portate.[5]

5 Antonio MASARUTTO, *Acqua e cambiamenti climatici, relazione specifica della CIPRA*, CIPRA International, Udine, marzo 2011

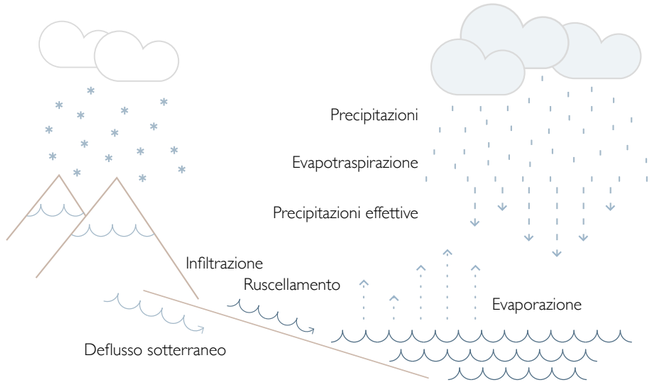
Ciclo dell'acqua

Le radiazioni solari sono in grado di attivare il ciclo dell'acqua che è alla base della formazione delle nubi e delle precipitazioni. Durante l'anno la quantità di acqua evaporata da oceani e terre emerse, eguaglia quella delle precipitazioni.

Globalmente il ciclo dell'acqua coinvolge in un anno 496.000 km³ di acqua.[6]

Il ciclo dell'acqua, noto anche come ciclo idrologico, descrive l'esistenza ed il movimento dell'acqua sulla, nella e al di sopra della Terra. L'acqua si può dire che sia sempre in movimento e cambia il suo stato fisico continuamente, da liquido a vapore a ghiaccio (solido). Durante i passaggi di stato (evaporazione – condensazione – fusione – solidificazione – sublimazione) che avvengono nell'ambito del ciclo dell'acqua, si verificano importanti scambi di calore latente. Durante l'evaporazione e la fusione, il calore latente viene assorbito, per poi essere rilasciato durante la condensazione e la solidificazione in atmosfera.

Il ciclo dell'acqua e gli scambi di energia termica in atmosfera sono strettamente correlati.[7]



6 Luca MERCALLI, Daniele CAT BERRO, Valentina ACCORDON, Gennaro DI NAPOLI, *Cambiamenti climatici sulla montagna piemontese*, Società meteorologica subalpina, Bussoleno, 2008, p. 6

7 *Ibidem* nota [6], pp.5-6

Il ciclo dell'acqua non ha un vero e proprio punto di partenza ma, come detto precedentemente, è il calore del sole, che fornisce l'energia necessaria ad innescarlo.

Sotto l'azione della radiazione solare, l'acqua presente nel terreno, sulla vegetazione e negli specchi d'acqua, è in grado di evaporare, per poi essere trasportata sotto forma di vapore acqueo fino agli strati alti dell'atmosfera dove condensa sotto forma di nubi. Il vapore acqueo presente nelle nubi, in particolari condizioni di temperatura e pressione, tende quindi a condensare precipitando nuovamente al suolo sotto forma di piccole goccioline d'acqua o cristalli di ghiaccio/neve.

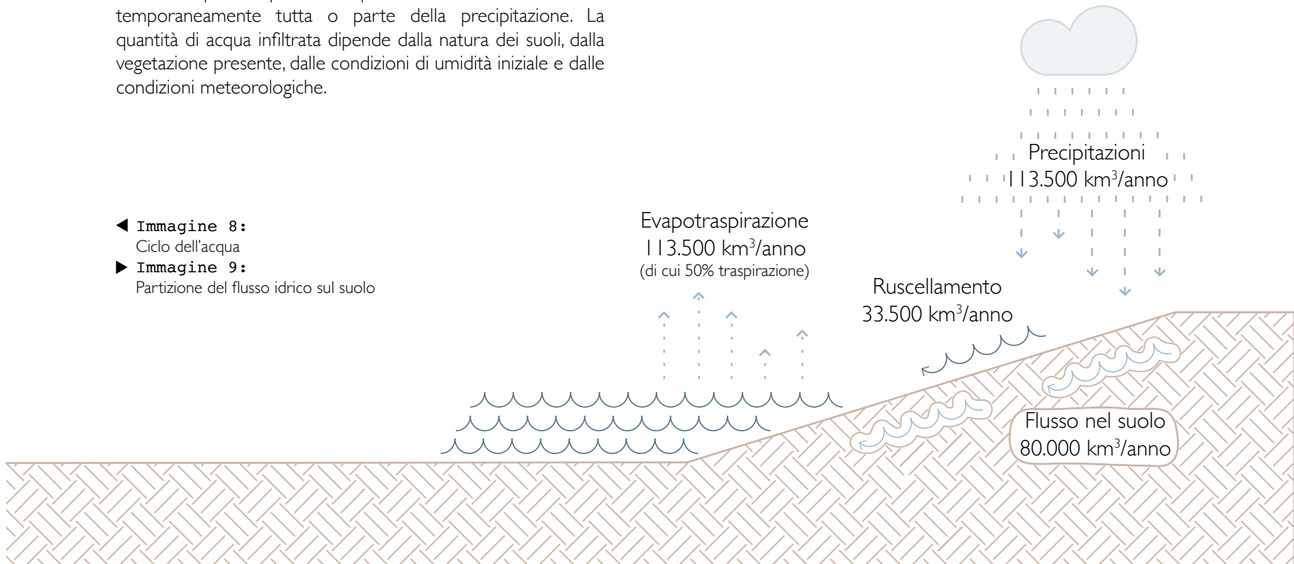
Se la precipitazione è solida tenderà ad accumularsi sulla superficie del suolo fintanto che le condizioni di temperatura e radiazione solare non ne provochino la fusione o la sublimazione. Se invece la precipitazione è liquida si innesca un fenomeno più complesso che permette ai suoli di trattenere temporaneamente tutta o parte della precipitazione. La quantità di acqua infiltrata dipende dalla natura dei suoli, dalla vegetazione presente, dalle condizioni di umidità iniziale e dalle condizioni meteorologiche.

L'acqua infiltrata al suolo, verrà in parte richiamata dalle radici delle piante e rilasciata in atmosfera sotto forma di traspirazione, e in parte drenata verso valle dagli strati più superficiali del terreno, ove vi sia un adeguato gradiente topografico, ed in parte andrà a ricaricare le falde sottostanti.

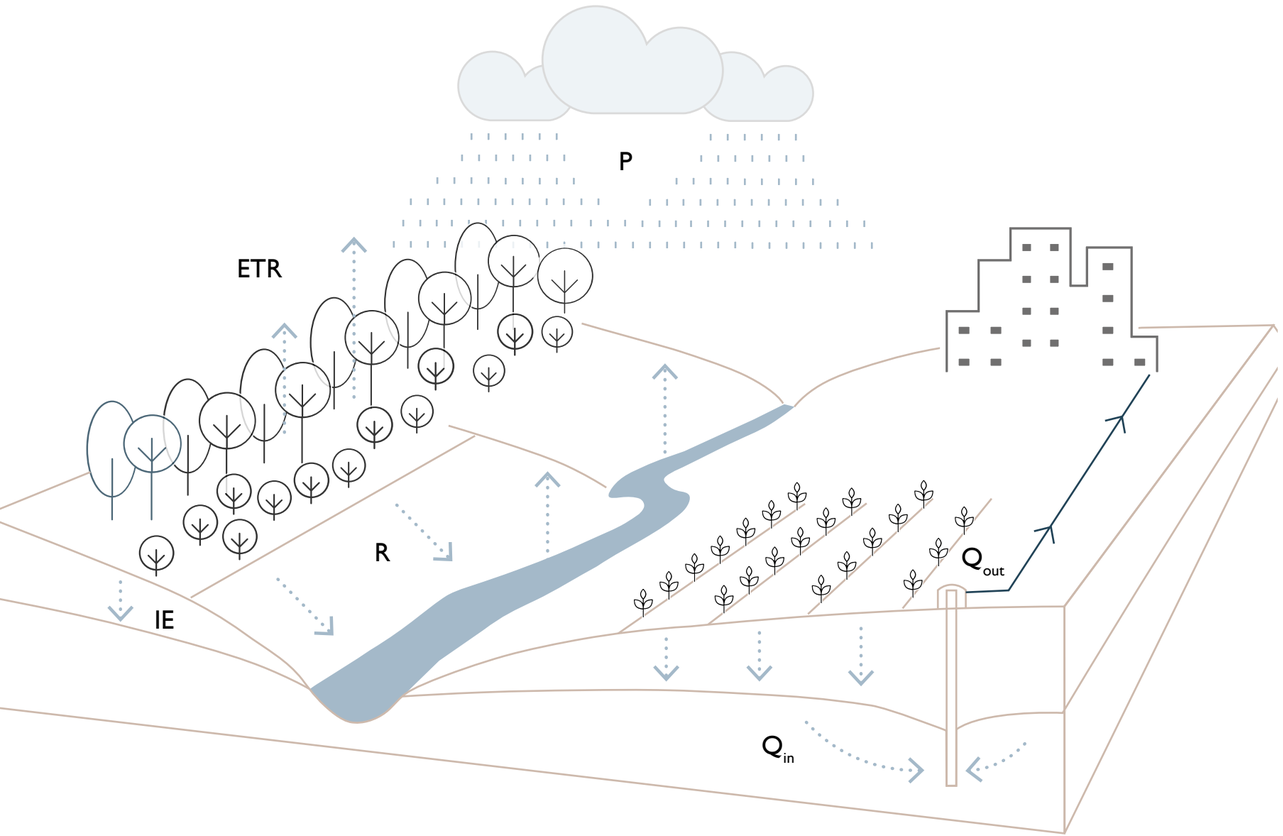
La componente della precipitazione non infiltrata (ruscellamento), dopo aver riempito le buche e gli avvallamenti superficiali tenderà a scorrere lungo le superfici e i piani inclinati fino a raggiungere un reticolo di rivoli e canaletti inizialmente effimeri ed intermittenti che si raccolgono via via in canali di dimensione sempre maggiore. L'insieme di tutti questi canali viene chiamato rete drenante.

La rete drenante convoglia quindi le acque in canali, torrenti, fiumi sempre più grandi fino a finire nuovamente a valle verso i mari e gli oceani a chiusura del ciclo.

◀ **Immagine 8:**
Ciclo dell'acqua
▶ **Immagine 9:**
Partizione del flusso idrico sul suolo



▼
Immagine 10:
Le componenti del bacino idrologico



Il ciclo idrologico a scala globale costituisce un sistema chiuso in termini di bilancio idrologico

I sistemi idrologici sono dominii di spazio entro i quali è possibile suddividere il ciclo globale dell'acqua. Si possono distinguere in bacini idrologici e bacini idrogeologici.
Bacino idrologico: circoscritto da linee di spartiacque, delimitanti il bacino di raccolta di un corso d'acqua e dei suoi affluenti (in superficie coincide con il bacino idrografico)
Bacino idrogeologico: è la frazione di bacino idrologico posta nel sottosuolo (i suoi limiti possono non coincidere con quelli del bacino idrografico)
Il bacino idrologico di una determinata area si può esprimere in base alla seguente relazione[8]:

$$P - ETR = R + IE + Q_{in} + Q_{out}$$

Dove:
P = precipitazioni
ETR = evapo-traspirazione reale
R =ruscellamento
IE = infiltrazione efficace
Q_{in} = apporti esterni
Q_{out} = prelievi verso l'esterno

[8] *Ciclo idrologico e bilancio*, Appunti del Corso di Meccanica dei Fluidi nel Sottosuolo, Università della Sapienza, Roma http://c42.fotoportal4.it/archivio/pagine_allegati/1080/Approfondimento___Ciclo_idrologico_e_bilancio__Universita_degli_Studi_di_Roma_La_Sapienza_.pdf

EVAPOTRASPIRAZIONEZIONE (ET)
L'evapotraspirazione è il risultato di due fenomeni: l'evaporazione, che è un fenomeno fisico e la traspirazione, che è un fenomeno biologico. Il fenomeno dell'evaporazione avviene nell'atmosfera già durante le precipitazioni stesse, sulla superficie degli specchi d'acqua e anche sul suolo. La traspirazione invece, è dovuta alla copertura vegetale.
Si distingue l'evapotraspirazione (ET) in potenziale o ETP, o reale o ETR.
L'ETP si stima sulla base di modelli che considerano alcune variabili climatiche quali, la temperatura, il vento, l'umidità relativa, la radiazione solare e altre variabili quali la copertura del suolo (presenza o meno di vegetazione).
L'ETR viene calcolata moltiplicando l'ETP per un coefficiente k legato alla tipologia di coltura vegetale presente sul suolo ed è quindi indice del quantitativo di acqua persa per unità di tempo per evaporazione e traspirazione da una coltura vegetale nelle condizioni reali.[9]

PRECIPITAZIONI (P)
Le precipitazioni sono le principali componenti degli apporti idrici. Vengono determinate dai dati rilevati dalle stazioni metereologiche e vengono attribuiti ad un'area di influenza della stazione meteo.
Si distinguono in apporti di precipitazioni piovose e precipitazioni nevose, ad esse viene associato il rilevamento della temperatura. Il rilevamento della temperatura permette di determinare e di distinguere le precipitazioni nevose da quelle piovose, in assenza di altre osservazioni o idonee strumentazioni come il

[9] *Ciclo idrologico e bilancio*, Corso di Meccanica dei Fluidi nel Sottosuolo, Università della Sapienza, Roma http://c42.fotoportal4.it/

nivometro.
Le Pe (precipitazioni efficaci) sono la quota parte delle precipitazioni che raggiungono il suolo e che costituiscono il volume di acqua disponibile che penetra all'interno del suolo stesso. Non tutta l'acqua è in grado di penetrare a causa delle caratteristiche petrofisiche e tessiturali dei suoli. Queste caratteristiche definiscono il potere ripartitore del terreno che consente di suddividere in due componenti l'acqua precipitata, l'infiltrazione (I) e il ruscellamento (R).

$$Pe = I + R$$

INFILTRAZIONE (I)
Con il termine infiltrazione viene indicato il processo di trasferimento dell'acqua attraverso la superficie del suolo. Questo fenomeno è influenzato da molti fattori, tra cui le proprietà fisiche del suolo, e sue condizioni di umidità all'inizio dell'evento di precipitazione e l'andamento temporale dell'evento meteorico.
Per valutare le infiltrazioni vengono impiegati dei coefficienti di infiltrazione potenziale (c.i.p.) diversi in base ai complessi idrogeologici (calcari, sabbie, arenarie, argillosi).[10]

$$c.i.p. = (Ip/Pe)100$$

Dove Ip rappresenta la quota di infiltrazioni potenziali e Pe la quota di precipitazioni efficaci.

Complessi idrogeologici	c.i.p. % D_p	Complessi idrogeologici	c.i.p. % D_p
calcari	90 ÷ 100	lave	90 ÷ 100
calcari dolomitici	70 ÷ 90	depositi pirolcastici	50 70
dolomie	50 ÷ 70	piroclastiti e lave	70 ÷ 90
carcari marnosi	30 ÷ 50	rocce intrusive	15 ÷ 35
detriti grossolani	80 ÷ 90	rocce metamorfiche	5 ÷ 20
depositi alluvionali	80 ÷ 100	sabbie	80 ÷ 90
depositi argillo-marnoso-arenacei	5 ÷ 25	sabbie argillose	30 ÷ 50

[10] Ciclo idrologico e bilancio, Corso di Meccanica dei Fluidi nel Sottosuolo, Università della Sapienza, Roma
http://c42.fotoportal4.it/archivio/pagine_allegati/1080/Approfondimento___Ciclo_idrologico_e_bilancio__Universita_degli_Studi_di_Roma_La_Sapienza_.pdf

IL PROCESSO DI INFILTRAZIONE DELLA PIOGGIA

Nel caso di un suolo avente un contenuto idrico iniziale costante con la profondità ed un apporto meteorico di intensità costante "i", tale da dare luogo alla presenza di uno strato sottile di acqua libera sulla superficie del suolo (condizione di *ponding* superficiale), fin dall'inizio dell'evento, l'acqua penetra nel suolo con una velocità di infiltrazione "V", pari alla capacità di infiltrazione "f", che diminuisce nel tempo. Inizialmente questa capacità di infiltrazione diminuirà velocemente per poi diminuire lentamente fino ad assumere asintoticamente un valore stazionario (conducibilità idraulica del suolo saturo "K_{sat}").

Nel caso in cui l'intensità della pioggia fosse maggiore della conducibilità idraulica del suolo il fenomeno di infiltrazione, ha la seguente evoluzione: inizialmente l'infiltrazione avviene in condizioni di insaturazione, con una velocità di infiltrazione costante pari all'intensità della pioggia ma inferiore alla capacità di infiltrazione. Il contenuto idrico nello strato superficiale aumenta nel tempo fino al raggiungimento in un certo istante (tempo di *ponding*) delle condizioni di saturazione dello strato superficiale. Questo significa che la velocità di infiltrazione diminuirà in modo graduale fino all'assumere un valore costante, dopo il raggiungimento del tempo di p*onding*.

È possibile che si verifichi il fenomeno del ruscellamento, quando l'eccesso di pioggia in un preciso istante è pari alla differenza fra l'intensità della precipitazione e la velocità di infiltrazione.
Tale differenza cresce al perdurare della pioggia fino a diventare pressoché costante, nel momento il cui la velocità di infiltrazione tende ad assumere il valore di K_{sat}, conducibilità idraulica del suolo saturo.

Al crescere dell'intensità della pioggia, il tempo di *ponding* diminuisce gradualmente.

Per contro, se l'intensità delle precipitazioni risulta essere inferiore alla conducibilità idraulica K_{sat}, non si avrà la formazione di acqua libera sulla superficie del suolo e quindi non si verificherà il deflusso superficiale, e tutto il volume d'acqua della precipitazione verrà assorbito dal suolo.
Al termine dell'evento piovoso, l'acqua all'interno del terreno continuerà a muoversi tendendo nel tempo a spostarsi dalle zone più superficiali (con un contenuto idrico maggiore), verso gli strati profondi (contenuto idrico minore).
Il contenuto idrico tenderà a riequilibrarsi lungo il profilo verticale del suolo.[11]

[11] *L'idrologia del suolo*, Appunti del Corso di Idraulica ed Idrologia Forestale, Prof. Santo Marcello ZIMBONE, Facoltà di Agraria, Università degli Studi Mediteranea di Reggio Calbaria, A.a. 2008-2009
https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/598_2009_174_5679.pdf

RUSCELLAMENTO(R)
Il ruscellamento viene considerato come il movimento dell'acqua sulla superficie o negli strati sottosuperficiali del terreno. Esso determina il trasporto di sostanze disciolte nell'acqua o di particelle solide nel suolo, creando fenomeni di erosione. Il ruscellamento può essere calcolato come il coefficiente di deflusso moltiplicato per le precipitazioni efficaci.
Esistono diverse tipologie di deflusso idrico superficiale:

- Per eccesso di infiltrazione: situazione in cui la lama d'acqua che ruscella è proporzionale alla differenza tra intensità di precipitazione e velocità di infiltrazione,

  `È prevalente negli ammassi rocciosi con scarsa o assente copertura vegetale.`

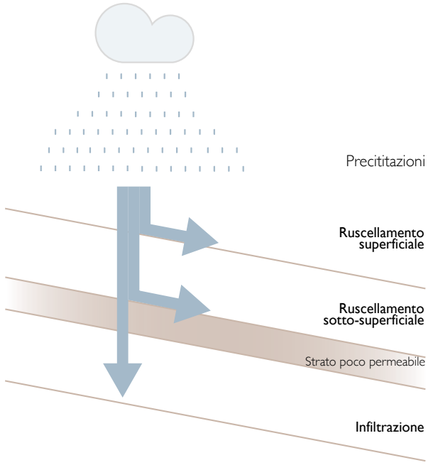
- Per eccesso di saturazione: quando un terreno giunge a saturazione non consente ulteriori perdite per infiltrazioni e la precipitazione efficace si trasforma in ruscellamento.

- Per deflusso sotto-superficiale: caratteristico di suoli porosi su substrati impermeabili, caratterizza le coltri detritiche di alterazione superficiale dei versanti.

Esistono poi altre forme di ruscellamento, quali il flusso di ruscellamento concentrato, che si ha quando l'acqua si accumula e si concentra in flussi chiaramente visibili. Esso è facilmente identificabile, in quanto lascia spesso segni sulla superficie del terreno, essendo in genere associato all'erosione.[12]

[12] Ciclo idrologico e bilancio, Corso di Meccanica dei Fluidi nel Sotto-suolo, Università della Sapienza, Roma
http://c42.fotoportal4.it

Immagine 11:
Ripartizione del processo di ruscellamento



FATTORI DETERMINANTI PER IL RUSCELLAMENTO

- Caratteristiche del suolo, le proprietà del suolo come la permeabilità del terreno e l'erodibilità dei suoli, influenzano l'infiltrazione dell'acqua e l'adsorbimento. L'infiltrazione dell'acqua nel suolo, se è elevata, è in grado di ridurre o eliminare il rischio di ruscellamento superficiale.

- Distribuzione delle piogge (frequenza, intensità), il ruscellamento è in genere associato a piogge di elevata intensità che esercitano un'azione meccanica maggiore, o comunque piogge con intensità superiori alla velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno. Tuttavia, anche le piogge di bassa intensità, ma di lunga durata, possono dare origine a fenomeni di ruscellamento per saturazione.

- Pendenza e forma del versante, i versanti caratterizzati da pendii ripidi e lunghi sono maggiormente soggetti a fenomeni di ruscellamento ed erosione in quanto aumenta la velocità dello scorrimento e quindi l'azione erosiva.

- Copertura vegetale del suolo, i suoli coperti da vegetazione presentano un basso rischio di ruscellamento poichè la vegetazione è in grado di attutire l'azione battente della pioggia rallentando lo scorrimento superficiale. Terreni privi di vegetazione non proteggono in modo adeguato dal ruscellamento in quanto lasciano il suolo molto esposto agli eventi atmosferici.

DEFLUSSO SOTTERRANEO E SUPERFICIALE
Per deflusso sotterraneo si intende la portata delle acque sotterranee che defluiscono attraverso le formazioni permeabili. Il deflusso sotterraneo (Q_w) si compone dalla somma derivante dalla quantità di acqua infiltrata (IE) e dagli apporti esterni (Q_{in}) come illustrati al punto successivo.
Il deflusso superficiale (Q_s) è da intendere come la portata che defluisce attraverso i corsi d'acqua superficiali. Si compone dalla somma derivante dalla quota di ruscellamento (R) e degli apporti esterni (Q_{in}).

APPORTI ESTERNI (Q_{in}) E PRELIEVI (Q_{out})
Gli apporti esterni costituiscono gli ingressi d'acqua che possono essere presenti alla frontiera del bacino. Possono derivare sia da acque superficiali che da acque sotterranee. Per prelievi, invece, si intendono principalmente le portate emunte dalle stazioni di pompaggio che prelevano acqua dall'acquifero.[13]

[13] Ciclo idrologico e bilancio, Corso di Meccanica dei Fluidi nel Sottosuolo, Università della Sapienza, Roma
http://c42.fotoportal4.it/f

Fotografia di SEACoop

1.4

Effetti ambientali

La realizzazione di un comprensorio sciistico, o un suo ampliamento, comporta inevitabilmente il rimodellamento dei versanti con relativi disboscamenti e successivi inerbimenti da effettuare nelle aree di sterro e/o riporto. Queste attività causano un'alterazione dell'habitat di alta quota.
Inoltre, durante il periodo estivo, in alcuni casi le piste da sci possono essere utilizzare come aree di pascolo con la conseguente degradazione del pendio. In altri casi, dove gli impianti di risalita sono fruibili nel periodo estivo, oltre alla presenza di sentieri che attraversano i pendii, oltre alle passeggiate pedestri è possibile praticare numerose discipline come mountain bike, downhill, free ride e cross country[1].

Alcune stime suggeriscono che lo sviluppo totale delle piste sulle Alpi italiane supera i 4.000km.

Gli impatti ambientali considerati, in tale studio, sono quelli legati esclusivamente alla realizzazione e al mantenimento delle piste da sci.

[1] Il Bike Park di Bardonecchia è un'area di 400 km di sentieri, https://www.bardonecchia.it/sport/bike-bardonecchia/

Rimodellamento versante

Per la realizzazione di una pista da sci è importante ridurre al minimo le modifiche sul versante, il progettista dovrebbe cercare di far aderire il più possibile il tracciato alla conformazione naturale del pendio. Purtroppo, questa possibilità non è sempre praticabile, nasce così l'esigenza di eseguire alcuni interventi di rimodellamento dei versanti (spianamenti, livellamento dei tracciati e eliminazione di elementi del suolo).

Gli interventi meccanici di rimodellamento, nel corso dei quali si procede con il livellamento del terreno attraverso azioni di asportazione, spianamento, eliminazione delle gobbe o copertura del suolo, vengono denominati spianamenti. In queste tipologie di intervento vengono inevitabilmente utilizzate macchine da cantiere (scavatrici meccaniche, bulldozer, …) sia per la tipologia di attività da svolgere che per la possibilità di intervenire su vaste aree.

Questi lavori avvengono spesso in prossimità degli impianti di trasporto a fune anche per ampliare gli spazi di arresto e di attesa per l'imbarco.

Le attività di eliminazione delle singole gobbe o il minamento di massi o lastroni di roccia è detta «eliminazione di elementi del suolo». Anche gli interventi su piccola superficie (riempimenti e scavi), sempre che avvengano con macchine da cantiere o con l'impiego di esplosivi, sono una fonte impattante che genera danni indiretti, specialmente se effettuati sopra il limite della foresta. Vegetazione e suolo sono spesso rimaneggiati fino al raggiungimento della parte rocciosa del sottosuolo (per es. quando si fanno esplodere massi rocciosi).

Le attività di rimodellamento devono comunque assicurare una stabilità meccanica, sia strutturale che superficiale. L'obiettivo ultimo è ricercare un equilibrio tra forme dei versanti, paesaggio e i processi geomorfologici in atto.

Il modellamento delle superfici di un'area di versante deve sottendere a diversi vincoli fondamentali:

- vincoli meccanici, l'area oggetto di rimodellamento deve essere stabile da un punto di vista statico: sia per quanto riguarda la stabilità "generale" (substrato minerale) che la stabilità "superficiale", che coinvolge lo strato di terreno di riporto dove verrà effettuato l'inerbimento. La stabilità superficiale, a differenza della stabilità generale (che deve essere sempre verificata), può presentarsi, in alcuni casi: totalmente, parzialmente o non verificata. Quest'ultimo caso è collegato alla presenza di versanti molto ripidi dove non sono possibili interventi di ripristino della vegetazione.

- vincolo ecologico, compatibilmente con le esigenze legate alla pratica dello sci, il rimodellamento del versante deve risultare caratterizzato dalla massima variabilità morfologica possibile, creando condizioni locali omogenee tra loro e in rapporto con le aree circostanti.

- vincolo paesaggistico, qualsiasi progetto deve essere sottoposto ad una preventiva valutazione paesaggista. I rimodellamenti eseguiti devono coordinarsi o contrapporsi al paesaggio circostante. Il progetto deve quindi interpretare le complesse relazioni storiche e biologiche che sono tipiche di quel sito;

- vincolo idraulico, gli interventi di risistemazione di versante devono essere in grado di favorire una corretta regimazione idraulica prevedendo la disposizione di una rete di scolo delle acque tale da minimizzare i possibili fenomeni di erosione associati, dovuti a fenomeni di ruscellamento.[2]

Da non sottovalutare la necessità di garantire al sito una buona accessibilità e condizioni ottimali di sicurezza nel breve e lungo periodo.

Gli interventi necessari per la progettazione e realizzazione delle forme artificiali del tracciato coinvolgono diversi aspetti, quali:

- Progettazione geomeccanica dei profili artificiali

Il problema della valutazione della stabilità dei profili rimodellati è fortemente dipendente dai materiali coinvolti e dalle caratteristiche dei terreni del sito. In generale, nel caso in cui il profilo di rimodellamento interessi terreni naturali, essi vengono distinti in terreni a prevalente frazione sabbioso-ghiaiosa (terre granulari) o a prevalente frazione limoso-argillosa (terre fini). Vi sono anche numerosi casi in cui il substrato naturale è costituito da un profilo in roccia.

- Progettazione ecologico paesaggistica

  Sono considerate in questo ambito due componenti:

  - Variabilità morfologica ed ecologica, le geo-forme sono il risultato di una intensa attività naturale che riguarda tutti i processi di continuo adattamento che avvengono sul sito, ed è per questo che i rimodellamenti assumono funzioni ecologiche molto importanti.
    Generalmente la nuova morfologia deve favorire la massima diversificazione possibile degli ambiti in quanto deve ricreare delle condizioni locali omogenee, nelle quali saranno ricostruite delle unità di paesaggio distinte e coordinate con il reticolo ambientale circostante. La variabilità morfologica deve essere considerata in base a diverse scale di riferimento: essendo legata all'area circostante (funzione strutturale o di ampio respiro), al sito (funzione locale delle zone del sito che devono essere ecologicamente interconnesse tra loro) e al versante (funzione puntuale coinvolgendo la singola unità di paesaggio); il progetto proposto deve confrontarsi con tutte e tre le scale di riferimento.[3]

  - Relazioni con il paesaggio circostante, intese come le interrelazioni storiche tra uomo e risorse naturali. In base ad un'analisi volta all'individuazione dell'unità di paesaggio di appartenenza è necessario che sia definito il bacino visivo di riferimento, l'individuazione dei punti di vista chiave, delle emergenze, delle criticità nonché devono essere effettuate ricerche bibliografiche ed iconografiche. L'intervento analizzato in scala locale deve quindi trovare dei riscontri sia all'interno di un'analisi territoriale del bacino sia di tipo analitico più ampio.[4]

2 Matteo BERTI, Carlo ELMI, Enrico MUZZI, Alessandro SIMONI, *Interventi sulla morfologia*, in *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia Romagna*, Manuale teorico-pratico, Muzzi E. & Rossi G., Regione Emilia-Romagna, 2003, p.107

3 *Ibidem*, p. 141

4 *Ibidem*, p. 141

- Progettazione idraulica

Il rimodellamento morfologico del suolo ha un ruolo importante anche per la gestione dell'acqua e nel controllo dei suoi effetti, sia per quanto concerne l'ambito ecologico (disponibilità idrica) che tecnico (erosione superficiale). La progettazione della rete idraulica del sito è strettamente legata alla ricostruzione topografica.[5]
Particolare attenzione va posta in caso di presenza di corsi d'acqua naturali che devono essere tutelati mettendo in atto qualunque azione atta a limitare gli interventi diretti, che potrebbero causare una modifica al loro percorso naturale. Sarà quindi necessario ripristinare il corso d'acqua al suo stato d'origine mantenendo o potenziando i parametri idraulici (sezioni) e considerando gli eventi critici idraulici (tempo di ritorno di piena di almeno 100 anni).
Nel caso di interventi di rimodellamento che coinvolgano i corsi d'acqua, dovrà essere applicato un approccio di tipo geomorfologico che richiami i caratteri originari del corso d'acqua (ampiezza, profondità, sinuosità), tenendo in considerazione che eventuali caratteristiche ricostruite saranno comunque diverse da quelle originarie. Successivamente si assisterà ad una prima fase di aggiustamento fino al raggiungimento di un nuovo equilibrio.
Viceversa, ci sono situazioni in cui l'acqua di deflusso genera problematiche diverse, come fenomeni franosi, erosivi, zone umide (esempio le torbiere presenti nel comprensorio di Alagna Valsesia). In questi casi il rimodellamento deve favorire un rapido e sicuro allontanamento dell'acqua in eccesso cercando di limitare l'infiltrazione e le zone di accumulo, ma cercando di mantenere le caratteristiche ecologiche. Nel caso di pendii ripidi sarà favorito naturalmente il deflusso superficiale a scapito dell'infiltrazione, viceversa in condizioni di limitata pendenza la quantità di acqua infiltrata sarà maggiore, con la possibilità di accumulo dell'acqua.

In tutte le situazioni il modellamento dovrà sempre minimizzare il rischio di erosione.

Oltre alla regimazione idraulica superficiale, un altro elemento fondamentale per il mantenimento della stabilità è rappresentato dalla presenza di sorgenti. La loro azione si manifesta direttamente, con pressioni idrostatiche, idrodinamiche, saturazioni e, indirettamente, con alterazioni delle rocce e lisciviazioni.

- Accessibilità

In fase di realizzazione di interventi di cantiere all'interno di un comprensorio sciistico è spesso necessario predisporre piste di accesso che permettano di raggiungere anche le aree soggette ad intervento. Da un punto di vista operativo l'accessibilità al sito è fondamentale sia nel breve periodo (durante l'esecuzione dei lavori, per la manutenzione, per il recupero delle fallanze e per la sorveglianza); sia nel lungo periodo, per consentire le attività legate alla gestione ordinaria dell'area, al suo controllo e per gli interventi straordinari.
La viabilità deve essere progettata di pari passo con la sistemazione morfologica, idraulica e paesaggistica, limitando allo stretto necessario le piste di accesso, raccordandole con i versanti e rendendole, nel contempo, il meno visibile possibile, grazie anche ad un uso accorto della vegetazione. [6]

- Sicurezza

La progettazione morfologica deve massimizzare il grado di sicurezza dell'area di intervento. Gran parte dei rischi, quali cedimenti, caduta massi, smottamenti possono essere ridotti direttamente in fase di progettazione generale, in modo tale da rendere le forme ricostruite le più stabili possibili e limitando al massimo le pendenze di abbandono finali.

5 Ibidem, p. 143

6 Ibidem, pp.146-147

Disboscamenti

Sulle Alpi, intorno ai 2.000m s.l.m. si estende la quota di limite del bosco (fascia di tensione del bosco), ove il bosco fitto lascia spazio a rari abeti, larici e cembri.

Durante l'azione di disboscamento si intacca pesantemente il ruolo svolto dal bosco all'interno dell'interazione suolo-vegetazione che coinvolge il ciclo dell'acqua. Le attività di disboscamento possono quindi essere causa di disordine idrogeologico in quanto riducono il fattore di interazione suolo-vegetazione esercitato dal bosco.
Infatti, la copertura vegetale esercita un'azione fondamentale per la protezione e la tutela sia del suolo che del sottosuolo, evitando la comparsa di fenomeni erosivi, di dissesto geologico-idraulico, di difesa dalle valanghe e dal vento. Un bosco o una foresta, funzionalmente ed ecologicamente integri, garantiscono il massimo grado di efficienza sulla regimazione delle acque assicurando un'azione antierosiva del pendio in antitesi con la capacità antierosiva di un terreno nudo e lavorato secondo le linee di massima pendenza.[7]

L'azione compiuta dal bosco a contenimento dell'erosione dipende dagli stessi fattori che ostacolano il deflusso superficiale e favoriscono l'infiltrazione, ovvero l'azione frenante della vegetazione (sia di tipo arboreo, arbustivo, erbaceo), la presenza di copertura morta o lettiera (sostanza organica, come rami e foglie, caduta al suolo e non ancora decomposta), conferendo conseguentemente una buona struttura ed un'elevata permeabilità del suolo.

7 AA.VV, *Degradazione per errata gestione del bosco*, in *Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti*, APAT, Roma 2006, p. 125 https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3462-manuale-2006-39.pdf

Inerbimenti

Una delle attività da considerare in fase di ripristino ambientale, per il mantenimento delle caratteristiche del territorio e del paesaggio, è rappresentata dall'inerbimento delle piste da sci. Il ripristino ambientale nel territorio montano e soprattutto in quello alpino, a quote superiori ai 2.000 m s.l.m., richiede un'attenzione particolare e deve essere attentamente programmato a causa delle peculiari condizioni ambientali.
Le attività di inerbimento richiedono l'utilizzo di tecniche e materiali che siano idonei alla funzione; l'inerbimento, oltre ad essere una funzione importante per l'inserimento paesaggistico, è un'attività che permette di ridurre i fenomeni di erosione, limitando il deflusso superficiale violento.
Generalmente a quote superiori a quelle del limite del bosco è molto importante l'adozione di tecniche di semina adeguate in quanto vi sono due fattori ambientali limitanti:

- fattori climatici: la temperatura media, che decresce di circa 0,6°C ogni 100 m di quota. Al di sopra del limite del bosco le gelate e le nevicate possono verificarsi durante l'intera stagione vegetativa, anche nei mesi di luglio e agosto. Questa condizione può costituire un fattore di stress letale per la maggior parte delle specie non adatte a questi climi.[8] Inoltre, all'aumentare della quota aumentano la velocità del vento e la frequenza degli episodi di precipitazioni intense. Alle basse temperature, l'attività microbica risulta rallentata, la mineralizzazione della biomassa è ostacolata, così che alcuni nutrienti non sono più a disposizione delle piante. La stagione vegetativa si accorcia all'aumentare della quota (indicativamente di 1-2 settimane ogni 100 m), riducendo il tempo a disposizione delle piante per portare a termine il ciclo vegetativo. Questo fenomeno può diventare un fattore limitante per le specie che si riproducono di preferenza per seme: infatti a 2000 m s.l.m. il periodo di sviluppo vegetativo è poco più di tre mesi e andamenti climatici anomali possono diminuirne la durata impedendo alle specie di portare a termine il proprio ciclo riproduttivo.[9]

- fattori edafici: sono i fattori che influiscono sulla distribuzione della flora in rapporto alla struttura chimica e fisica del terreno. In un ambiente già fortemente condizionato da fattori ecologici e fisici estremi, la realizzazione di questo tipo di opere, comporta un'ulteriore forte alterazione soprattutto a carico delle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo. In generale si osservano una diminuzione della potenza del terreno e quindi del volume utile per lo sviluppo degli apparati radicali, una forte riduzione della capacità di ritenzione idrica (volume ridotto dei pori) con conseguente forte deflusso superficiale di acqua, una riduzione del contenuto in sostanza organica nonchè una riduzione della percentuale di terra fine.[10]

Durante le varie fasi di realizzazione si osserva spesso la rimozione dell'orizzonte superficiale del suolo con conseguente perdita di elementi nutritivi, componenti organiche, semi dormienti autoctoni e microrganismi importanti per la vita delle

8 AA.VV., Manuale di Ingegneria Naturalistica - Sistemazione dei versanti, Regione Lazio - Emilmarc, Roma 2006, pp. 511-518

9 AA.VV., *Inerbimenti tecnici ad Alta quota*, Quaderni della ricerca, N° 134, Regione Lombardia, Settembre 2011, p. 9

10 AA.VV., *Inerbimenti tecnici ad Alta quota*, Quaderni della ricerca, N° 134, Regione Lombardia, Settembre 2011, p. 9

piante. Si viene quindi a creare una situazione in cui permane suolo sterile, ricco in scheletro e povero in frazioni fini, senza componente organica e microbiologica.
In condizioni naturali questa situazione favorisce l'avvento di vegetazioni pioniere che si insediano stabilmente finché, anche a distanza di anni, si assiste alla formazione di orizzonti organici capaci di sostenere le vegetazioni originarie.
In alcuni casi i lavori possono prevedere anche il riporto di terreno alloctono, sebbene questo materiale possa apparentemente favorire il ripristino vegetazionale, la presenza di terreno alloctono può in realtà rallentare o compromettere l'insediamento delle specie locali, se le sue caratteristiche differiscono da quelle dei suoli autoctoni circostanti. Anche il mantenimento e l'uso delle piste da sci possono introdurre nuovi fattori che condizionano la riuscita degli interventi di ripristino in quota. Ad esempio, la formazione di strati ghiacciati che si verifica verso la fine della stagione sciistica, può provocare ripetuti fenomeni di gelo e disgelo del terreno e indurre l'inizio precoce dell'attività vegetativa. A ciò si aggiungono fenomeni di danneggiamento meccanico della vegetazione, tali danni sono provocati in genere dalle lamine degli sci e sono tipici di aree in cui gli sciatori si arrestano di frequente, oppure dai cingoli delle macchine operatrici per la preparazione del manto nevoso, operazione ormai divenuta quotidiana.[11]
Tutti i fattori sopra descritti devono essere tenuti in debito conto nella progettazione degli interventi di ripristino ambientale, soprattutto in relazione alla scelta delle tecniche e dei materiali previsti per l'inerbimento.

In questi ultimi anni sono stati messi a punto miscugli di semenze specifiche costituite da specie locali. La situazione ottimale prevederebbe l'utilizzo di speci provenienti direttamente dalle zone dei cantieri. Questo accorgimento risulta indispensabile per ottenere un rinverdimento effettuato con le sole specie autoctone senza l'alterazione della flora locale.

[11] AA.VV., Manuale di Ingegneria Naturalistica - Sistemazione dei versanti, Regione Lazio - Emilmarc, Roma 2006, pp. 511-518

TECNICHE DI INERBIMENTO

Le semenze più adatte per l'inerbimento duraturo ad alta quota devono quindi essere predisposte utilizzando tecniche diverse:

- semente autoctona prodotta a partire da semi raccolti in natura e coltivati a bassa quota; la coltivazione a bassa quota consente di ottenere maggiori produzioni e un miglioramento qualitativo del seme in termini di peso di mille semi e di capacità germinativa;
- fiorume proveniente da prati alpini di aree limitrofe;
- piantine prodotte a partire da semente propria del sito;
- piantine prodotte per moltiplicazione vegetativa di erbe alpine della stessa area.

In sostanza le specie più indicate sono quindi le autoctone che crescono bene nelle condizioni climatiche ed edafiche delle aree di intervento, preparando il terreno alle successioni naturali e mantenendo la struttura genetica originaria negli inerbimenti artificiali.

Il raggiungimento del risultato dipende anche da altri fattori, quali l'epoca della semina e l'adeguata preparazione del terreno. La semina dovrebbe essere effettuata preferibilmente dopo lo scioglimento della neve entro l'inizio dell'estate (metà luglio), in modo da garantire alle piantine il raggiungimento di uno stadio di sviluppo che consenta loro di superare la stagione invernale. In alternativa, si può effettuare una "semina dormiente" in autunno (dall'inizio - metà di ottobre), così che la germinazione dei semi avvenga allo scioglimento del manto nevoso nella primavera successiva.[12] Questa tecnica comporta rischi di attecchimento più elevati all'aumentare della quota di semina.

I terreni di alta quota sono ricchi di scheletro, trattengono poco l'acqua e sono poveri di elementi nutritivi. La loro preparazione necessita quindi dell'utilizzo di materiali a base di cellulosa e lignina per trattenere l'acqua e la somministrazione di concimi a lento rilascio per permettere l'insediamento del cotico.[13]

[12] AA.VV., Manuale di Ingegneria Naturalistica - Sistemazione dei versanti, Regione Lazio - Emilmarc, Roma 2006, pp. 511-518

[13] AA.VV., *Inerbimenti tecnici ad Alta quota*, Quaderni della ricerca, N° 134, Regione Lombardia, Settembre 2011, p. 11

Degradazione per pascolamento

Le aree montane vengono anche utilizzate come aree destinate al pascolo, tale attività può condurre al problema del sovrappascolo, cioè un eccessivo numero di animali per unità di superficie. Un carico di bestiame superiore alle capacità all'area di pascolo può determinare molteplici alterazioni, al sistema suolo-vegetazione. Tali alterazioni sono legate all'eccessivo calpestamento del suolo, che comporta una sua compattazione alterandone le normali caratteristiche strutturali e di porosità. Questo fenomeno provoca una riduzione delle capacità di infiltrazione delle acque con conseguente aumento dei fenomeni di ruscellamento. Il sovrappascolo può anche provocare un eccessivo consumo di vegetazione, con il rischio del degrado del manto erboso fino alla sua totale scomparsa.

Il pascolamento non dovrebbe essere praticato nei periodi in cui il suolo è in condizioni di elevata umidità, in quanto più sensibile agli effetti di riduzione della porosità.

Il sovrappascolo causa inevitabilmente il cambiamento del profilo del suolo, lo strato più superficiale viene maggiormente degradato nonché arricchito di letame, questo determina modifiche nella composizione e nella struttura del suolo.

Ovviamente tutte le possibili conseguenze dovute all'attività del pascolamento possono verificarsi in modo maggiore o minore, a seconda delle modalità di utilizzo delle aree di pascolo.

Foto di Roberta Chiabaudo

2

Cos'è la neve

Viene definita come "*precipitazione atmosferica costituita da minuti cristalli di ghiaccio dalla struttura esagonale più o meno ramificata, spesso aggregati fra loro in fiocchi le cui dimensioni possono raggiungere qualche centimetro*"[1]. È un fenomeno atmosferico che affascina tutti, indistintamente.
Ma come si forma la neve? Non è altro che acqua allo stato solido, è generata con lo stesso procedimento che permette la formazione della pioggia. La maggior parte delle volte la stessa pioggia originariamente era nata come neve. La neve, come la pioggia, sono frutto di una trasformazione dell'umidità contenuta nelle nubi.
I cristalli di neve, formatisi a temperature inferiori allo zero risultano avere un'ampia varietà di forme a seconda delle diverse combinazioni di temperatura e umidità (vapore acqueo presente nell'aria) presenti all'interno delle nubi che sono le effettive zone di formazione delle precipitazioni. La tipologia delle precipitazione dipende dai diversi strati delle nubi che vengono attraversati in fase di caduta verso il suolo.
Una volta raggiunto il suolo i cristalli di neve si accatastano uno sull'altro formando strati uniformi o, in presenza di vento, in modo disomogeneo, con accumuli sottovento.[2]
Come verrà approfondito in seguito, i cristalli sono elementi complessi e multiformi soggetti a continue trasformazioni dovute al loro stato fisico spesso prossimo al punto di fusione. La loro formazione e il loro accrescimento (in parte) avviene all'interno delle nubi, è quindi opportuno, spendere alcune parole sulla formazione delle nubi e sulle tipologie di precipitazioni.

1 http://www.treccani.it/vocabolario/neve/

2 Alice FERRARI, *Le proprietà fisiche del manto nevoso: rilievo ed elaborazione di dati penetrometrici*, rel. Paolo SCOTTON, Tesi di laurea magistrale in geologia e geologia tecnica, Dipartimento di Geoscienze, Università degli studi di Padova, A.a. 2014-2015

Foto di Davide Rosa Sentinella

2.1 Le nubi

Le nubi, comunemente intese come le masse visibili sopra la superficie terreste, a seconda della quota, sono composte da microscopiche particelle di acqua condensata attorno ad un nucleo di polveri (da 0,2 a 10 micron) e/o cristalli di ghiaccio in sospensione nell'atmosfera. Tali particelle rimangono all'interno del corso nuvoloso in seguito a condizioni di galleggiamento oppure in seguito a correnti ascensionali. Le micro-polveri presenti in atmosfera, che prendono il nome di pulviscolo atmosferico (particelle saline, derivanti dall'evaporazione dei mari, particelle di origine vulcanica, pollini e residui industriali), fungono da nuclei di condensazione.[1]
Tutte le nubi si formano tramite il processo di condensazione del vapore acqueo, ma vengono distinte in base alla loro quota, ci sono le nubi propriamente dette che si trovano a quote

[1] AA.VV., La neve, AINEVA, Trento 2012

superiori a 1000 metri dal suolo, al di sotto di tale quota si trovano le nebbie; la loro dissoluzione avviene grazie al processo di evaporazione.
Quando, in un dato volume, il vapore acqueo all'interno della nube supera una certa quantità, raggiungendo la pressione di vapore saturo[2], esso condensa formando piccole goccioline d'acqua che rimangono sospese nell'aria. Questo processo necessita della presenza dei nuclei di condensazione, che abbiamo visto precedentemente. Un diametro maggiore dei nuclei (>0,1 micron) facilita il processo di condensazione. Il pulviscolo atmosferico è colui che innesca il processo di condensazione che poi procede in modo autonomo; si arriverà ad un punto tale che il volume del pulviscolo sarà trascurabile rispetto al volume totale della goccia.[3]
All'interno della nuvola le condizioni non sono stabili ma fino a quando le correnti d'aria interne e le correnti al di sotto di essa riescono a mantenere in sospensione le goccioline, esse continueranno a ingrandirsi. I continui saliscendi delle gocce, dovuti a correnti presenti nelle nubi, fanno sì che le goccioline ricadano verso il basso con una velocità impercettibile per poi ritornare verso l'alto. Questo fenomeno porta ad un ulteriore incremento delle dimensioni delle goccioline; quando le goccioline d'acqua e/o i cristalli di ghiaccio raggiungono notevoli dimensioni (circa 200 micron), le correnti ascensionali non riescono più a sostenere il loro peso e quindi esse ricadono verso il suolo sotto forma di pioggia, neve oppure grandine.[4]

Il fenomeno delle precipitazioni non è a tutt'oggi molto chiaro ma sono due le teorie più accreditate: formazione per processo di coalescenza e processo di Bergeron-Findelsem.

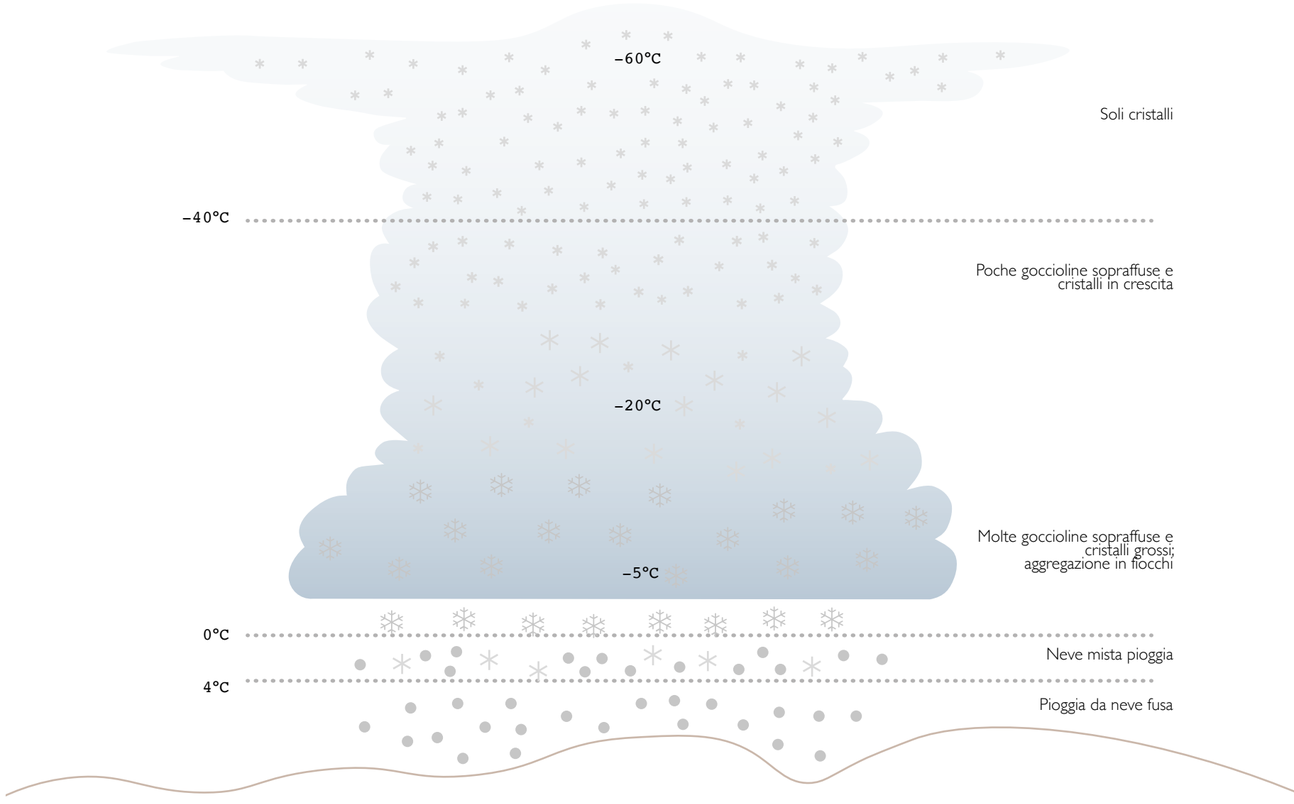
- Il processo di coalescenza, molto comune nelle zone tropicali, è un processo molto lento. Questa teoria spiega la formazione delle gocce di pioggia dovuta ad una prima fase di aumento della condensazione del vapore attorno alle goccioline presenti nella nube. A questo fenomeno è affiancato il processo di collisione tra le goccioline d'acqua di dimensioni maggiori con quelle di dimensioni più ridotte che vengono così inglobate (processo di coalescenza). Questo processo si verifica nelle nubi cumuliformi sui mari tropicali dove le goccioline d'acqua sono generalmente di dimensioni maggiori. Nel continente europeo le precipitazioni dovute a questo processo sono poco rilevanti ma si possono sviluppare sotto forma di pioviggine da strati molto più bassi o in condizioni di nebbia.

- Il processo Bergeron-Findelsem, teoria sviluppata negli anni '30, è considerato il responsabile per tutte le precipitazioni che avvengono alle nostre latitudini. Questa

2 Pressione di vapore saturo (e*) massima quantità di vapore acqueo in un dato volume, viene espresso in g/m^3. Le molecole del vapore acqueo si comportano come un dipolo elettrico e per mantenere le condizioni di gas necessitano di una certa libertà di movimento. Immettendo il vapore acqueo in un determinato volume d'aria, mantenendo la temperatura costante ma aumentando la densità, la distanza tra le molecole verrà ridotta. Quando i dipoli elettrici sono talmente vicini da non poter più vincere la forza di attrazione, questa si rivela fatale e parte delle molecole del vapore si legano nella tipica struttura dell'acqua.

3 Giovanni KAPPENBERGER, Jochen KERKMANN, *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Zanichelli, Bologna 2002, pp.45-46

4 Giovanni KAPPENBERGER, Jochen KERKMANN, *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Zanichelli, Bologna 2002, pp.45-46



teoria prevede che vi sia interazione tra i cristalli di ghiaccio e le goccioline d'acqua presenti nella nube; da questa interazione i cristalli crescono a spese di quest'ultime. Le precipitazioni si verificano solo in presenza di nubi fredde, ovvero stratiformi o cumuliformi che raggiungono quote elevate con temperature molto basse (fino a -60°C nella sommità della nube), a tali temperature vi è la formazione di un numero sufficiente di cristalli di ghiaccio. Questi cristalli si aggregano in fiocchi di neve e a seconda della temperatura al di sotto della nube, possono cadere al suolo sotto forma di neve, con temperature inferiori a 0°C, oppure si possono fondere in gocce di pioggia.[5]

Come abbiamo visto nel processo Bergeron-Findelsem a temperature particolarmente basse le particelle d'acqua si trasformano in minuscoli cristalli di ghiaccio. La presenza dei cristalli di ghiaccio nella parte superiori della nube è fondamentale per la formazione delle precipitazioni. In una nube mista, in cui vi è compresenza di goccioline d'acqua e di cristalli di ghiaccio, quando si raggiunge il valore massimo di concentrazione di vapore acqueo (saturazione dell'aria), la quantità in sovrasaturazione viene condensata in forma liquida. Quando l'umidità relativa della nube è superiore al 100%, i cristalli di ghiaccio crescono molto più rapidamente rispetto alle goccioline d'acqua. Nel caso in cui l'umidità è al di sotto del 100%, i cristalli di ghiaccio crescono a spese delle goccioline d'acqua.[6]

5 Giovanni KAPPENBERGER, Jochen KERKMANN, *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Zanichelli, Bologna 2002

▲

Immagine 1:
Genesi delle precipitazioni nelle "nubi fredde". I cristalli di ghiaccio ingrossano per impatti con goccioline sopraffuse e si aggregano in fiocchi di neve che, a seconda delle condizioni di temperatura fra nube e suolo, possono cadere al suolo o come neve o possono fondere in gocce di pioggia.

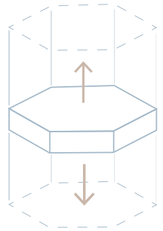
2.2 Formazione e accrescimento

Quando in una nube mista viene raggiunta una temperatura inferiore a 0°C, per il processo di congelamento dovrebbero formarsi i cristalli di ghiaccio, ma in realtà le goccioline d'acqua (in condizione di sovrasaturazione) riescono a rimanere allo stato liquido anche a temperature notevolmente inferiori. Se le goccioline d'acqua presenti nella nube non fossero in presenza di alcuna particella di pulviscolo atmosferico, per raggiungere la temperatura di congelamento spontaneo dovrebbero arrivare fino a -40°C, ma dato che generalmente vi sono particelle di pulviscolo, che fungono da nuclei di congelamento, essa può gelare a temperature più alte.
Sul cristallo già formato, le cui dimensioni sono di qualche centinaio di micron, l'accrescimento è dovuto alla collisione con le particelle di vapore. Oltre a questo tipo di accrescimento, ve n'è un altro conseguente all'attraversamento dei vari strati della nube, in quanto sono presenti condizioni differenti di umidità e temperatura.

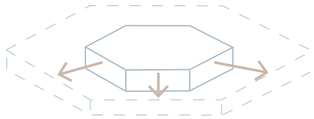
La forma base del cristallo di ghiaccio è quella esagonale e l'accrescimento si sviluppa nelle tre direzioni spaziali, non in modo omogeneo, ottenendo forme finali molto diverse e complesse. La direzione prevalente per l'accrescimento è legata alla temperatura dell'aria: in condizioni di temperature regolari da -6/-10°C si ha una crescita delle superfici, dai -10/-12°C, una crescita sui lati e a temperature al di sotto dei -12/-18°C si ha una crescita degli angoli.[1]
L'accrescimento può essere provocato dall'aggregazione con altri cristalli o dall'ingrossamento per coalescenza con gocce d'acqua che congelano immediatamente (fenomeno di brinamento). L'accrescimento del fiocco di neve può avvenire anche grazie a urti con altre gocce d'acqua durante la caduta verso il suolo, se la temperatura rimane al di sotto dello zero termico. Se invece durante la discesa le condizioni termiche sono maggiori di 0°C, il cristallo raggiungerà il suolo in forma liquida (pioggia).

Immagine 2:
Schema accrescimento cristallo in funzione della temperatura

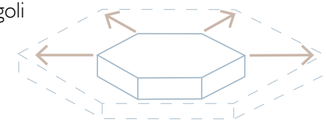
da -6° a -10°C
Crescita delle superfici



da -10° a -12°C
Crescita sui lati



da -12° a -18°C
Crescita sugli angoli



[1] AA.VV., *La neve*, AINEVA, Trento 2012, p.9

IL LIMITE DELLA NEVICATA

La quota al di sopra della quale più del 90% della precipitazione cade sotto forma di neve viene chiamata "limite della nevicata", essa dipende in primis dalla quota dello zero termico, ma anche da altri fattori come ad esempio l'intensità e la durata della precipitazione, la forma della valle e la presenza di condizioni di inversiona termica.
Durante le precipitazioni forti e persistenti tale limite si abbassa gradualmente per arrivare anche molto al di sotto della quota dello zero termico. Infatti, a causa della fusione dei fiocchi di neve che sottrae energia all'aria, a cominciare dallo strato al di sotto della quota dello zero termico, per proseguire verso gli strati più bassi, si avrà quindi una progressiva diminuzione della temperatura. A seguito di tale fenomeno, la zona dove fonde la neve ed il limite della nevicata si spostano sempre più verso quote inferiori.
In linea di massima si può definire che il limite della nevicata si colloca a 200-300 m al di sotto della quota dello zero termico, se la precipitazione è debole, a 500 m se è moderata, a più di 1000 m se è molto forte. Ovviamente la quota del limite è sempre legata alla conformazione valliva. Se l'intensità della precipitazione varia, analogamente il limite della nevicata tende ad alzarsi ed abbassarsi parallelamente.[2]

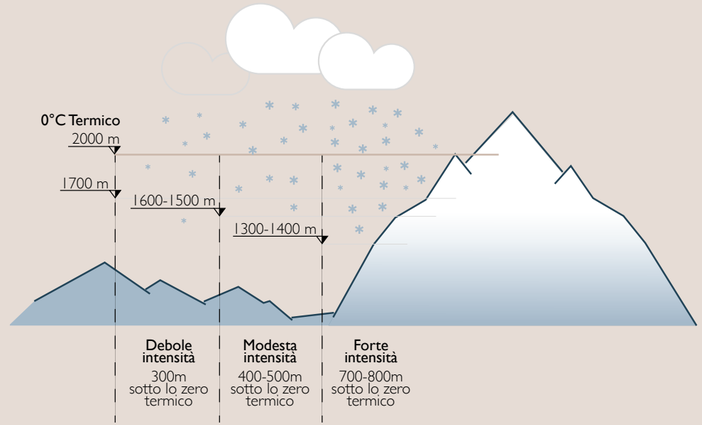


Immagine 3:
Limite della nevicata in rapporto alla quota dello zero termico e all'intensità del fenomeno nevoso.
Fonte: Cemer

[2] G. KAPPENBERGER, J. KERKMANN, *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Zanichelli, Bologna 2002, pp.59-60

2.3 Tipi di precipitazioni nevose

(Caratteristiche della neve in fase di caduta al suolo)

Quando i fiocchi di neve, ingrossati all'interno della nube, sono troppo pesanti per essere trascinati dalle correnti ascensionali, cadono verso il suolo. Lungo il tragitto iniziano a subire le prime trasformazioni dovute alla temperatura e al vento. In assenza di vento e con una temperatura costante intorno allo zero o massimo a 1-2°C, durante il tragitto, è possibile che il fiocco di neve raggiunga il suolo intatto senza subire alcuna trasformazione. Come vedremo in seguito le caratteristiche metereologiche che il fiocco di neve incontra lungo il suo percorso di caduta determinano le sue caratteristiche al suolo.
In caso di temperature basse, inferiori a -5°C, costante dalla nube fino al suolo, i cristalli cadono isolatamente o aggrovigliati in fiocchi leggeri (da 50 a 100 kg/m^3) la neve risulta essere "secca" in quanto contenente molta aria al suo interno.

Con temperature più miti, prossime allo zero, si hanno fiocchi più grossi e pesanti; questi cristalli leggermente umidificati hanno la tendenza a raggrupparsi tra di loro attraverso le ramificazioni. A queste temperature, la neve arriverà al suolo densa e umida (da 100 a 200 kg/m^3).[1]
Molto spesso, durante la caduta dalla nube al suolo, esso viene raggiunto sottoforma di pioggia poiché i cristalli fondono negli ultimi tratti dell'atmosfera dove spesso troviamo la temperatura sopra lo zero.

L'effetto del vento aumenta gli urti tra i cristalli durante la loro caduta provocando la distruzione della loro fragile struttura. Tra tutte le forme dei cristalli, le "stelle di neve" sono quelle più "maltrattate". A causa dell'azione del vento, al suolo si osserveranno cristalli frammentati, a volte ridotti allo stato di piccoli granuli compattati gli uni agli altri (la densità della neve ventata varia da 150 a 300 kg/m^3).

Come abbiamo visto l'accrescimento del germe di ghiaccio, che darà vita al cristallo di neve, è un fenomeno diverso per ogni cristallo. Infatti, pur partendo dalla matrice esagonale (struttura cristallina del ghiaccio comune) che risulta essere uguale per tutti i cristalli, la successiva formazione dei bracci del cristallo di neve si sviluppa in modo indipendente ed è legata alle condizioni ambientali (tra cui temperatura, pressione e umidità) che sono molto variabili.

L'ambiente di formazione in prossimità di ogni singolo fiocco è relativamente omogeneo ed è per questo che i bracci riescono a svilupparsi in modo simmetrico, in quanto rispondono in maniera similare per quello stesso ambiente. Su scala dimensionale maggiore, le differenze dell'ambiente sono più marcate, e questo porta alle inevitabili disuguaglianze tra le forme dei cristalli di neve.
Le probabilità di trovare due fiocchi di neve identici, che si sono formati nelle medesime condizioni ambientali, è tendente all'impossibile. Anche se, la Società Meteorologica Americana ha riportato che, Nancy Knight del Centro Nazionale per la Ricerca Atmosferica, il 1 Novembre 1986 ha trovato due cristalli identici. I cristalli non erano "fiocchi" dendritici nel senso comune del termine ma piuttosto semplici piastre esagonali prismatiche.[2]

1 AA.VV., *La neve*, AINEVA, 2012

2 Quanti tipi di neve esistono?, gennaio 2010, http://www.portalesila.it

2.4 Caratteristiche della neve al suolo

Una volta terminata la caduta al suolo, la neve lo ricopre con una coltre più o meno spessa.
Durante una passeggiata invernale, la neve, a seconda della sua consistenza e a parità di spessore, può scricchiolare sotto i piedi conservando una traccia molto netta delle scarpe, oppure sparire immediatamente lasciando intravedere il suolo oppure ancora incollarsi alle suole.
I cristalli depositati al suolo formano degli strati, durante le varie nevicate invernali, che si accumulano e formano il manto nevoso. Ogni strato di neve subisce una propria evoluzione legata sia alle condizioni di caduta che alle condizioni meteorologiche che sono presenti al suolo dopo il suo accumulo; quindi gli strati si differenziano per diverse caratteristiche quali: microstruttura e densità, questi parametri che definiscono la tipologia di neve. Altre caratteristiche sono la durezza della neve, il contenuto d'acqua liquida, la temperatura della neve o le impurità, tutti questi parametri descrivono e caratterizzano lo stato di un determinato strato di neve.

Arrivato al suolo, dopo i cambiamenti avvenuti durante la caduta, il cristallo di neve (che ormai si chiama grano) subirà ulteriori trasformazioni. Queste trasformazioni prendono il nome di metamorfismi[1]. Proseguiranno fino alla fusione primaverile a meno che non diventino nevi perenni nel caso di grani caduti ad altitudini elevate (ghiacciai).
Come abbiamo visto, a seconda della temperatura e dell'umidità è possibile avere neve più o meno densa (neve asciutta o umida), in base a queste diverse caratteristiche i processi di metamorfosi saranno differenti.
Che si tratti di neve asciutta o umida, al suolo è possibile trovare tutte e tre le fasi dell'acqua:
- solida, come conformazione cristallina;
- liquida, come il velo presento intorno ai cristalli
- aeriforme, come miscela di vapore e aria.
Ovviamente cambieranno le proporzioni dei singoli stati.

Nel caso di neve secca il 90% è costituito da aria

Per la classificazione[2] dei grani di neve, la struttura di ghiaccio sinterizzata della neve viene solitamente disaggregata in singole particelle e ne vengono registrate sia la forma dei grani che la loro dimensione a discapito della caratterizzazione della microstruttura in sé, che potrebbe dare importanti informazioni sui legami tra i grani (interconnessioni).

Metamorfismi della neve asciutta

Per neve asciutta si intende una neve che, al suo interno, non contiene acqua allo stato liquido ma unicamente ghiaccio e aria. Solitamente la sua temperatura è al di sotto dello zero anche se a volte è prossima ad esso, questo tipo di neve può subire tre diversi tipi di trasformazione.

- Distruttiva

In presenza di una debole variazione di temperatura del manto nevoso, con l'assestarsi degli strati di neve, lo spessore del manto si riduce a seguito dell'avvicinamento dei cristalli. I grani, soggetti alle variazioni di temperatura (riscaldamento e raffreddamento dovuto all'inversione termica durante la giornata), si arrotondano. Le parti sporgenti si smussano diventando vapore che sublima nelle parti concave, si ottengono grani arrotondati di diametro intorno a 0,5 mm che si saldano tra di loro attraverso la formazione di ponti di ghiaccio.
Il metamorfismo in questo caso provoca un assestamento e la coesione del manto che si stabilizza. Nelle piste da sci questo tipo di neve, dopo passaggio dei gatti battipista, è caratterizzato da una neve molto compatta.

- Costruttivo sfaccettati

Si osserva su cristalli di neve recente o su grani arrotondati (generati da un processo distruttivo), dove si ha una differenza di temperatura nel manto medio. A causa della temperatura superficiale più fredda rispetto alla temperatura degli strati più in profondità, i grani della parte inferiore del manto, sublimano in modo diretto (passaggio da solido a gassoso) e il vapore prodotto, salendo verso l'alto, rigela alla base dei grani che si trovano nella parte alta del manto, che sono più freddi. Si assiste al passaggio di stato della sublimazione inversa. Questa trasformazione darà origine a grani "angolosi" con facce piane, definiti grani a facce piane o sfaccettati, diametro da 0,5 ad alcuni mm.
La trasformazione di tipo costruttivo non è irreversibile, infatti se la differenza di temperatura ritorna debole, i grani a facce piane si trasformano in grani arrotondati garantendo stabilità al manto nevoso.
Questo particolare tipo di neve risulta essere instabile, poiché i grani hanno perso la loro coesione. Su pista questa neve è di tipo freddo e leggero.

- Costruttivo a calice

In questo caso si assiste ad una variazione di temperatura elevata che perdura nel tempo. È una successiva metamorfosi dei grani a facce piane, visti al punto precedente, che continuano a trasformarsi con il medesimo meccanismo: sublimazione diretta dei grani più caldi (zona inferiore del manto nevoso) sublimazione inversa sui grani freddi (zona superiore del manto) I grani quindi, si trasformano in piramidi stirate con diametro di parecchi mm, vengono chiamati cristalli a calice (in quanto sono concavi) o brina di profondità.
In questa tipologia di grani non si ha coesione tra di essi e, a causa della loro struttura, possono dare origine a potenziale instabilità del manto nevoso (si comportano come una pila di biglie). Lo strato di neve successivo che si depositerà sui cristalli a calice ha un ancoraggio precario, distaccandosi potrebbe provocare una valanga.

Su piste molto frequentate o battute regolarmente queste strutture cristalline non possono formarsi.

Metamorfismi della neve umida

La neve umida è una caratteristica tipica della neve primaverile, al mattino si presenta gelata per poi ammorbidirsi durante la giornata grazie all'innalzarsi delle temperature, a fine giornata invece si presenta bagnata, molle e pesante in tutto il suo spessore.

- Da fusione

A differenza della neve asciutta, quella umida contiene acqua allo stato liquido al suo interno. La sua temperatura è tendenzialmente intorno allo 0 e si presenta in tutte e tre le fasi dell'acqua (ghiaccio, vapore e acqua). L'acqua contenuta nella neve proveniente sia dal riscaldamento diretto del sole che dall'apporto dovuto alle piogge, è il principale agente di trasformazione. Grazie alla presenza dell'acqua i grani della neve umida sono in grado di aderire gli uni agli altri, come succede con due superfici lisce bagnate messe a contatto.
Durante il metamorfismo diurno le parti convesse fondono per prime, ricongelandosi successivamente nelle parti concave.

[1] Le trasformazioni che la neve subisce nel periodo che va dalla deposizione alla fusione o al passaggio al ghiaccio di ghiacciaio. Le condizioni meteorologiche e le sollecitazioni meccaniche o gravitazionali sono i fattori esterni primari che influiscono sul metamorfismo della neve. Il metamorfismo della neve asciutta è regolato sia dalla crescita di equilibrio che dalla crescita cinetica. In presenza di acqua liquida la trasformazione della neve è controllata dal metamorfismo della neve bagnata. Def. "metamorfismo della neve", IHP, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*, UNESCO, Parigi 2009

[2] International Hydrological Programme (IHP), *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo* (*The International Classification for Seasonal Snow on the Ground*), UNESCO, Parigi 2009

Questa particolare tipologia di neve si presenta con dei grani rotondi, con diametro superiore a 1 mm.
Nel caso in cui la neve umida raggiunga il punto di saturazione d'acqua, essa potrebbe perdere la sua coesione e si comporterebbe come un liquido denso. Questo fenomeno genera le valanghe primaverili.
Nella notte invece, il manto nevoso, a contatto con l'aria fredda si raffredda, cosicché l'acqua presente gela creando dei ponti di ghiaccio che rendono i grani saldi tra di loro. Infatti, durante la notte il manto nevoso si presenta molto duro e stabile.
Il metamorfismo da fusione, caratteristico della neve umida, è la causa della totale scomparsa del manto nevoso, mettendo fine al "ciclo vitale" del cristallo di neve, che una volta toccato il suolo diventa grano per poi trasformarsi in acqua.

FATTORI DI INFLUENZA DEL METAMORFISMO

I fattori che possono influenzare il metamorfismo possono essere:

- Forma: a seconda che si tratti di cristalli di neve dendritici o di neve pallottolare, la forma influenza molto la resistenza nel subire trasformazione. Nel primo caso si avranno trasformazioni veloci in quanto la superficie specifica del cristallo è alta (foto sx) mentre nel secondo caso si ha una struttura relativamente stabile per cui la trasformazione è più lenta (foto dx)

- Sovraccarichi: sia naturali che artificiali, come ad esempio la caduta di neve fresca, la rottura di cornicioni di neve nel primo caso, mentre nel caso di sovraccarichi artificiali l'azione viene causata dal passaggio dei gatti battipista o dagli sciatori.

- Temperatura: al variare della temperatura con valori intorno a 0°C, la conformazione dei grani cambia rapidamente. In prossimità di 0°C l'arrotondamento dei grani avviene molto rapidamente.

- Vento: abbiamo visto che l'azione del vento può interagire sia durante la discesa al suolo del fiocco, che una volta depositato. L'azione meccanica delle turbolenze provoca la sublimazione di una parte dei cristalli e la collisione tra di essi Le sollecitazioni meccaniche che agiscono sulle parti più fragili dei cristalli (dendriti) che non resistono ad esse e si spezzano. Maggiore sarà la forza del vento e maggiore è il numero di collisioni tra cristalli, riducendoli in finissime particelle di ghiaccio.

Fotografie di Alexey Kljatov

Fotografie di Alexey Kljatov

2.5 Classificazione dei cristalli

Il sistema di classificazione dei cristalli di neve più avanzato è quello adottato dall'IACS[1], *International Association of Cryospheric Sciences*, che considera la morfologia dei grani di neve dopo che essi sono depositati al suolo. Questa classificazione prevede nove classi morfologiche, più un ulteriore classe relativa ai depositi in superficie e croste, che è stata ridistribuita sulle altre classi. Tale classificazione è stata poi ulteriorrmente suddivisa in sottoclassi. Alcune di queste classi, come i grani arrotondati, i grani sfaccettati, la brina superficiale, le abbiamo già trovate nel capitolo precedente che illustra i metamorfismi della neve.

[1] IACS, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*, pp.13 e 23
https://docplayer.it/16193720-Classificazione-internazionale-della-neve-stagionale-al-suolo-a-cura-del-gruppo-di-lavoro-per-la-classificazione-della-neve-icsi-uccs-iacs.html

Descrizione	Simbolo	Codice
Particelle di precipitazione	+	PP
Neve artificiale	◎	MM
Particelle di precipitazione decomposte e frmmentate	/	DF
Grani arrotondati	●	RG
Cristalli sfaccettati	□	CF
Brina di profondità	∧	GH
Brina di superficie	∨	SH
Forme fuse	○	MF
Formazionidi ghiaccio	■	IF

La neve naturale è riconducibile alla classe "particelle di precipitazione" in cui vengono riportati cinque tipi di cristalli di neve facilmente identificabili e un gruppo di cristalli irregolari. Inoltre, in questo sottogruppo, sono presenti altre due classi che sono la grandine e le sferette di ghiaccio (vedi allegato A).

Nella classificazione dei cristalli di neve occorre prestare estrema attenzione al momento esatto dell'individuazione della forma predominante dei cristalli presi in esame.
La dimensione dei cristalli di neve viene stabilita sul campo mediante la misurazione del diametro maggiore (estensione) del cristallo medio.[2]

[2] Luisa CUNICO, *Sistemi di innevamento artificiale: progettazione e parametri di funzionamento*, Diploma universitario in Metodologie fisiche, Facoltà di scienze, Università di Trento, A.a 1998/1999, p.30

Le principali forme dei grani di neve nonché le più riconoscibili sono:

- Neve pallottolare, è la forma di neve conosciuta da tutti ed è costituita da cristalli di neve tondeggianti che si sono formati all'interno di masse nuvolose turbolente. La loro forma è dovuta a fenomeni di brinata avvenuti a contatto con goccioline di acqua soprafusa.

  Se il fenomeno dura molto, il cristallo assume l'aspetto di un fiore di mimosa color bianco. Questa neve pallottolare può costituire un piano di slittamento che è all'origine delle valanghe.

- Sferette di ghiaccio, nascono come precipitazione piovosa che, poco prima di arrivare al suolo, attraversano una massa d'aria al di sotto dello zero termico e si congelano trasformandosi appunto in sferette di ghiaccio trasparenti.

  Può essere assimilata come grandine di piccole dimensioni, diametro < a 5mm.

- Grandine, è una precipitazione tipicamente estiva che si sviluppa all'interno dei cumuli-nembi (nubi di tempesta) al cui interno sono presenti forti correnti ascensionali. Queste correnti trasportano le goccioline d'acqua verso l'alto dove si trasformano in ghiaccio ed entrano in contatto con altre gocce ghiacciate, accrescendosi.
  Quando la corrente non sarà più in grado di sostenere il chicco di grandine, esso cadrà al suolo.

  Il diametro di un chicco di grandine può raggiungere i 5 cm

- Brina superficiale, a differenza degli altri cristalli che si formano nell'atmosfera, la brina si forma al suolo durante le notti fredde e in assenza di vento. Il vapore acqueo contenuto nell'aria sublima, la cristalizzazione avviene sottoforma di aghi o di foglie, a contatto con lo strato superficiale della neve che è più fredda dell'aria circostante. Al sole, la brina scintilla.

PRECIPITAZIONI PARTICOLARI

Con questo termine si intendono tutte le precipitazioni, sia di carattere piovoso che nevoso, colorate ovvero che assumono colorazioni particolari dovute alla presenza di sostanze anomale. Questi fenomeni si verificano perché le precipitazioni sono determinate dalle condizioni di temperatura e umidità, dai venti e dalle correnti presenti durante l'evento piovoso o la nevicata.[3]
Le più diffuse sono quelle contenenti sabbia (solitamente di origine sahariana) e polveri.
Questo particolare fenomeno non è per nulla raro ma, essendo di brevissima durata e con minimi quantitativi di polveri coinvolte, spesso passa del tutto inosservato.

Ogni anno in Italia arrivano dalle 100 alle 200 tonnellate di polvere e sabbia fine con diametro inferiore a 0,02 mm proveniente dal deserto del Sahara, che vengono trasportate dal vento, e di conseguenza immessi in atmosfera.[4]

Nel 1990 le sabbie hanno raggiunto la Svezia e si sono mescolate con la neve.

In caso ci fossero dei limi rossi nella nube si potrebbe assistere ad una pioggia rossastra (pioggia di sangue) o giallastra (pioggia di zolfo). Le cosiddette piogge di sangue sono frequenti nelle savane tropicali ma sono fenomeni che si sono verificati anche in Sicilia e a Malta e risultano essere molto frequenti negli Stati Uniti.
Se invece, il materiale in sospensione è dovuto a polveri finissime derivanti da eruzioni vulcaniche si hanno le piogge di cenere (o vulcaniche).
I fenomeni di precipitazioni colorate a carattere nevoso sono più rari rispetto agli eventi caratterizzati da piogge colorate.

Nel 2002 a Passo Pordoi (BL) si è verificata una nevicata colorata dovuta alla presenza di sabbia proveniente dall'Algeria.

3 Scuola Silvio SAGLIO, *Conoscere la neve*, CAI SEM, corso di scialpinismo base, 2019 http://www.caisem.org/public/Didattica/SCIALPINISMO/neve-valanghe1.pdf

4 Veronica BONATI, *Le piogge colorate, precipitazioni colorate*, ARPAL (Agenzia Regionale per l'Ambiente Liguria) e CMIRL (Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguira), Ottobre 2004 https://www.arpal.liguria.it/contenuti_statici//pubblicazioni/articoli_schede/200410_meteo_Precipitazioni-colorate_DIVULGATIVO.pdf

Le precipitazioni nevose colorate non sono però da confondere con la presenza di alghe (della famiglia delle *Chlamydomonadaceae* o secondo alcuni delle *Hematococcus Nivalis*) che conferiscono un caratteristico colore rosso al manto nevoso che potrebbe sembrare un deposito di polvere. Lo sviluppo di questi organismi unicellulari, che si riproducono sulla superficie del manto, è favorito dall'esposizione dei raggi UV tipica delle altitudini elevate, sopra di 2000 m.

Secondo uno studio pubblicato su Nature Communications[5], gli organismi unicellulari che tingono i ghiacci di rosso sarebbero responsabili, nelle stagioni più calde, di una riduzione del 13% dell'albedo, ossia la capacità delle superfici ricoperte da nevi e ghiacci di riflettere la luce solare.[6]

5 AA.VV., *The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers*, Nature communications, 2016 http://www.nature.com/ncomms/2016/160622/ncomms11968/full/ncomms11968.html

6 *Ibidem*

Landia V3 - TechnoAlpin 2010

3

Innevamento programmato

Le attività turistiche legate allo sci alpino richiedono sempre più l'utilizzo di innevamento programmato in quanto è sempre maggiore la scarsità di neve naturale. Le tecnologie necessarie per la produzione di neve programmata sono in continua evoluzione in quanto si cerca di migliorare la qualità della neve e, nel contempo, ridurre, per quanto possibile, l'utilizzo di risorse naturali (acqua ed energia elettrica).

3.1

Storia

Non è possibile risalire ad un'autentica cronologia della storia dell'evoluzione degli innevatori, poiché risulta molto difficile stabilire quale macchina o quale pratica sia stata effettivamente la "prima" nel suo genere. L'intento è quello di descrivere in linea di massima lo sviluppo degli innevatori.

1903
Osborne Reynolds (1842-1912) mette a punto un apparato per la produzione di grandine artificiale.

1937
Primo tentativo di imitare la neve naturale quando a New York si tenne una gara dimostrativa di sci su ghiaccio tritato.

Attorno al 1940
Scoperta casuale del principio di base dell'innevamento programmato in un laboratorio a basse temperature in Canada dove, guidati dal Dott. Ray Ringer, i ricercatori stavano studiando gli effetti del rime ice[1] su un motore a reazione. L'esperimento consisteva nel spruzzare dell'acqua nell'aria in una galleria del vento, appena prima dell'aspirazione del motore, cercando di riprodurre le condizioni naturali.

1950
In Connecticut, Stati Uniti, Wayne Pierce[2] insieme ai suoi collaboratori Art Hunt e Dave Richey realizzarono e brevettarono il primo sistema ad alta pressione in grado di produrre neve. Ricalcando i concetti che tuttora caratterizzano i più moderni impianti di innevamento.

1 *Rime ice*, ghiaccio granuloso con struttura opaca e porosa. Si forma per il congelamento di piccole gocce d'acqua, nelle nubi e nella pioviggine in un intervallo di temperatura compreso tra -10°C e -20°C. Isabella RIVA, *Meteorologia Aeronautica Parte III*, ENAV S.p.A.

2 Wayne Pierce insieme ai suoi partner Art Hunt e Dave Richey fondarono la Tey Manufactring Company di Milford, Connecticut. Nel 1947 proposero sul mercato un nuovo design per lo sci che non ebbe gran successo a causa di un inverno scarsamente nevoso. Così Pierce cercò una soluzione per poter sciare nonostante l'assenza della neve naturale. Mary BELLIS, *Who Invented the Snowmaking Machine?*, ThoughtCo, Ottobre 2019, https://www.thoughtco.com/who-invented-the-snowmaking-machine-4071870

1952
L'ingegnere Joe Tropeano rileva il brevetto dalla Tey Manufactoring e Larchmont produce i primi generatori di neve ad alta pressione.

1958
Alden Hanson mette a punto il primo generatore a ventola e lo brevetta nel 1961.

1959/1960
Installazione del primo impianto di innevamento europeo a St. Andreasberg/Harz (GER) con generatori di neve Larchmont.

1963
L'ingegnere austriaco Fritz Jacob creò il primo sistema di innevamento per l'azienda tedesca Linde[3]. Registra il proprio brevetto per il generatore di neve e per molti anni Linde fu l'unico produttore europeo di innevatori.

1964
Per i Giochi Olimpici Invernali tenuti ad Innsbruck vengono utilizzati generatori di neve per la preparazione delle piste di bob e di slittino

1964/1965
Da St. Moritz, Hohn Caviezel, realizza i primi impianti di innevamento in Svizzera e in Svezia.

3 Oggi con il nome di SUFAG è una delle aziende che, grazie alla sua esperienza, offre sul mercato soluzioni complete per l'innevamento. https://www.sufag.com/

1969
La statunitense Hedco inizia la produzione in serie di macchine a ventola ad elevata capacità di produzione di neve, ma con un elevatissimo consumo elettrico a causa di un motore da 30 kW.

1979/1979
Le società di esercizio funivie austriache acquistano il primo generatore a ventola della ditta Hedco.

1980
L'azienda americana York sviluppa il primo impianto di innevamento automatico.

1980/1985
Dopo alcuni inverni con poca neve, l'innevamento programmato prese piede in modo massiccio in Scandinavia e sulle Alpi. I cannoni sparaneve venivano impiegati nei punti critici per migliorare la scarsa copertura della neve naturale.[4]

4 Jeff LEICH, *Chronology of Snowmaking*, New England Ski Museum, note per l'esibizione del 2001 http://newenglandskimuseum.org/wp-content/uploads/2012/06/snowmaking_timeline.pdf

Secondo Ulrike Pröbstl (2000), quattro sono le ragioni dominanti, responsabili del boom dei cannoni da neve, in quanto garantiscono:

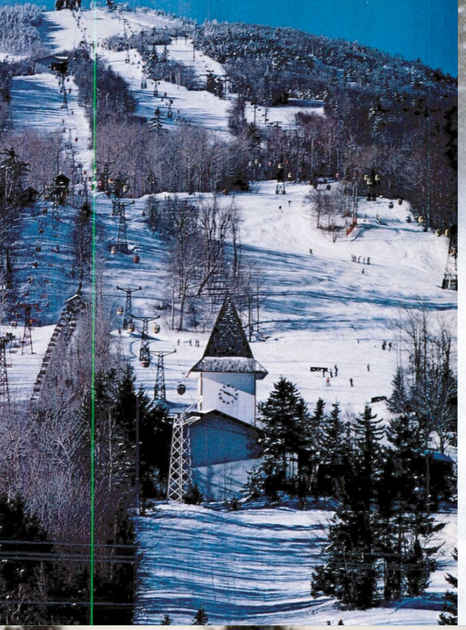
- lo sfruttamento turistico (cioè l'intero settore turistico),
- le entrate delle imprese di gestione degli impianti di risalita,
- l'immagine dei luoghi in cui si svolgono le gare sciistiche internazionali,
- le condizioni essenziali per l'allenamento e la pratica dello sport principale.

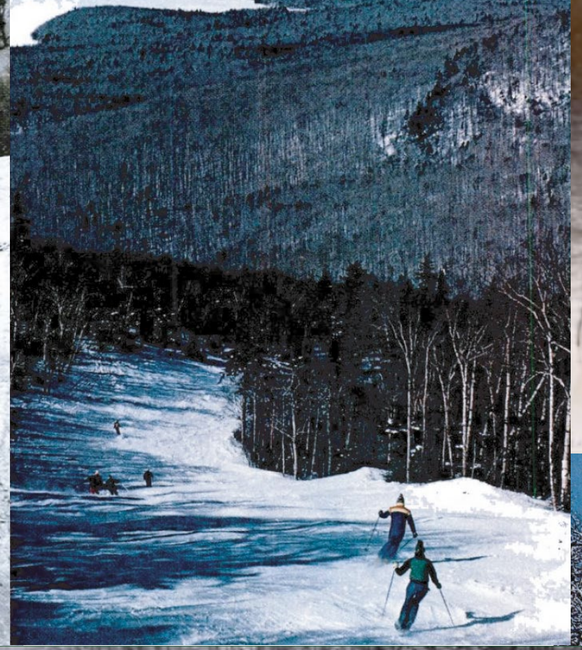
La concorrenza tra le imprese di gestione degli impianti di risalita favorisce l'aumento degli impianti di innevamento. Dove porta questo andamento? [5]

L'evoluzione degli innevatori, dagli anni '50 ad oggi, ha fatto molta strada raggiungendo livelli molto elevati, in particolare per quanto concerne l'utilizzo delle risorse in modo efficiente e il livello di automatismo.[6]

5 Felix HAHN, *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, CIPRA, alpMedia approfondimenti, dicembre 2004, p.2

6 Claudio FRANCIONE, Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016,





▲
Immagini:
da sx

1. Foto del comprensorio Mount Snow
Fonte: rivista "*SKI*", dicembre 1979, p.107

2. Primi generatori di neve del 1950
Fonte: rivista "*SKI*", febbraio 2007, p.89

3. Pista di discesa del Mount Snow
Fonte: rivista "*SKI*", dicembre 1979, p.109

4.Walt Schoenknecht con la famiglia realizza un pupazzo di neve con la neve artificiale, 1949
Fonte: Mohawk Mountain Ski Area

5. Attrezzatura Larchmont per innevamento, anni '60
Fonte: Mohawk Mountain Ski Area

6. Impianto di innevamento artificiale con manichette antincendio, anni '70
Fonte: Mohawk Mountain Ski Area

7. Pista di discesa del Mount Snow
Rivista "*SKI*", dicembre 1979, p.108

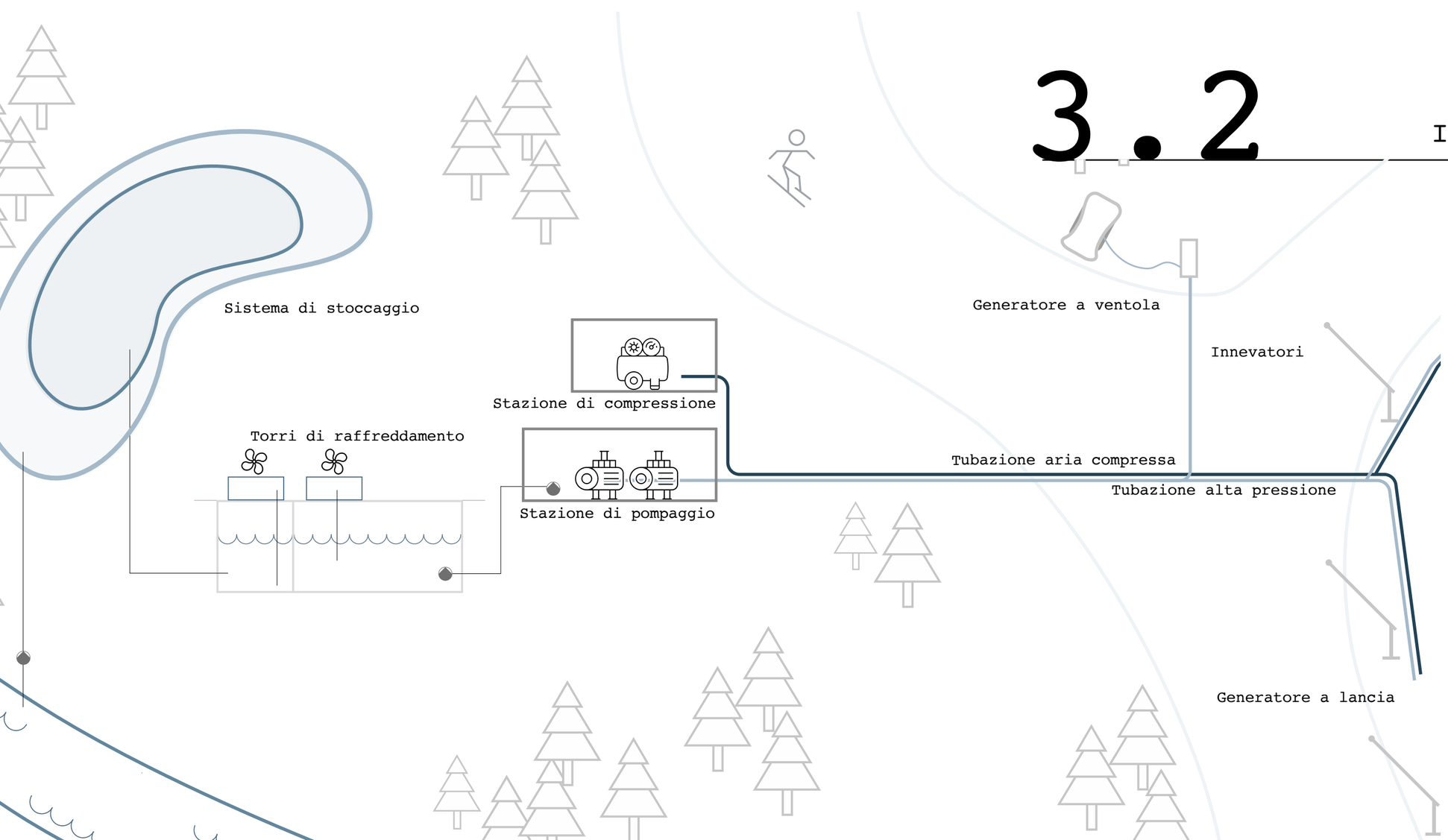
W. SCHOENKNECHT

Al Mohawk State Park, in Cornovaglia, i sentieri che attraversavano il bosco furono trasformate in piste da sci cosicché nel 1939 il Camp Tourney CCC realizzò la prima pista da discesa sul pendio.
Nel 1946 Walter R. Schoenknecht prese in affitto il lato nord-ovest del monte Mohawk, dove decise di sviluppare un'area sciistica composta da 6 piste da discesa e diversi impianti di risalita.
Con il passare degli anni la stazione sciistica si ampliò, contando nel 1948, nove piste e altrettanti impianti di risalita. Aumentando così il bacino di utenza, fu costretto a dover raddoppiare anche il parcheggio, contenendo 600 macchine.
Nell'inverno del 1948/1949, le precipitazioni nevose furono quasi del tutto assenti in tutto il Connecticut. La scarsità delle precipitazioni fece sì che Schoenknecht iniziò a sperimentare la neve "artificiale". La sua idea era quella di sbriciolare enormi blocchi di ghiaccio che arrivavano da Torrington. Solo dopo si accorse che questa soluzione non era molto efficace dati i costi elevatissimi. Furono impiegate circa 500 tonnellate di ghiaccio che, opportunamente lavorate, permisero la pratica dello sci per circa due settimane.[7]
Qualche anno dopo, vedendo le attrezzature per spruzzare aria compressa e acqua installate nelle piantagioni di tabacco, gli venne un'idea che avrebbe rivoluzionato lo sci.[8] Così si mise subito in contatto con Larchmont, che proprio in quegli anni, in collaborazione con la Tey Manufactoring, stavano sviluppando cercando di replicare il processo naturale di formazione della neve, una macchina in grado di produrre neve. Insieme, Schoenknecht e Larchmont, cercarono di replicare la macchina che veniva utilizzata nelle colture di tabacco, per la produzione di neve.
Il primo prototipo di macchina in grado di generare neve fu testato alle 3 di notte, fece così tanto rumore che i vicini chiamarono i Vigili del Fuoco della Cornovaglia. Dopo alcune modifiche all'ugello, poche notti dopo, fecero un altro test sulla macchina e questa volta emise un fischio ad ultrasuoni tale da far abbaiare tutti i cani del vicinato.
Successivamente vennero fatte ulteriori modifiche.

7 https://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/environnement.aspx?pkArt=755

8 http://www.cornwallhistoricalsociety.org/exhibits/forests/mohawkski.htm

3.2 Impianto di innevamento



Come abbiamo visto in precedenza, nel corso degli anni si è presentata sempre di più, l'esigenza di trovare una soluzione per sopperire alla mancanza di precipitazioni a carattere nevoso (come trattato nel capitolo riguardante i cambiamenti climatici). Nel corso degli ultimi decenni hanno trovato sempre più largo impiego, negli impianti sciistici, opportuni dispositivi in grado di produrre neve programmata per sopperire alla drastica riduzione di precipitazioni a carattere nevoso.
Rispetto alla neve naturale, quella programmata, presenta alcune differenze come una diversa quota di creazione del cristallo di neve, un limitato periodo di caduta e la possibilità di formazione a temperature più elevate. Inoltre, all'interno dei cristalli di neve prodotti dagli innevatori è presente meno aria rispetto ad un cristallo di neve naturale, ed è per questo motivo che la neve naturale permane un tempo inferiore.
Questi impianti sono in grado di riprodurre le pressoché medesime condizioni con cui si forma la neve in modo naturale. Il processo di produzione all'interno dei generatori avviene, come in natura, compatibilmente con le condizioni ambientali.

Per produrre la neve artificialmente, occorrono acqua, aria ed energia.

Ai fruitori dei comprensori sciistici, di tutto il sistema

dell'impianto di innevamento, sono visibili generalmente sono gli innevatori, o per lo meno è l'elemento più visibile di tutto il sistema. Ma dietro a tutti i generatori di neve posizionati lungo le piste c'è un sistema complesso e articolato che permette la produzione di neve.
Per produrre la neve, sono necessari due elementi fondamentali: un sistema di adduzione per l'acqua e dei compressori in grado di fornire, per l'appunto, aria compressa. La combinazione di questi due sistemi dev'essere progettata con particolare attenzione. In sintesi, partendo dalle materie prime (acqua e aria) la produzione di neve si può semplificare nei seguenti passaggi:

- Adduzione: il corpo idrico da cui si preleva l'acqua deve garantire non solo requisiti quantitativi, ma anche qualitativi (purezza). Per far fronte alle consistenti richieste del sistema occorre accumulare l'acqua in bacini artificiali o serbatoi, così da disporre di una riserva per il periodo di massima produzione/utilizzo evitando il prelievo diretto eccessivo da falde o ruscelli nei periodi di magra.
  Raffreddamento dell'acqua: una volta nel bacino l'acqua prelevata viene inviata all'interno della sala pompe dove, se necessario, passa attraverso le torri raffreddamento che la portano ad una temperatura idonea per essere messa in rete.
- Pompaggio dell'acqua in linea: una volta raffreddata l'acqua, attraverso un sistema di tubazioni dedicate, viene pompata in pressione lungo tutta la linea di innevamento.
- Compressione dell'aria: l'aria prelevata dall'esterno viene compressa mediante l'utilizzo di grandi compressori. Tali apparati possono essere collocati o nella sala macchine o direttamente sugli innevatori stessi. In quest'ultimo caso i compressori sono di dimensioni più modeste.
- Raffreddamento dell'aria: durante la compressione, l'aria si surriscalda ed è quindi necessario raffreddarla mediante l'utilizzo di scambiatori di calore.
- Immissione in linea: l'aria compressa è quindi pronta per essere messa in linea in apposite tubazioni fino ad arrivare ai singoli pozzetti degli innevatori.

La tubazione dell'acqua e la tubazione dell'aria compressa sono collegate ai generatori di neve, dove attraverso la loro combinazione e l'espulsione da particolari sistemi si genera il cristallo di neve.
In breve, per la produzione di neve programmata, è fondamentale che si verifichi la nucleazione della gocciolina d'acqua (come per la formazione di neve naturale). Occorre quindi un dispositivo in grado di realizzare la formazione dei nuclei di ghiaccio. Questo compito è affidato ai nucleatori che, attraverso l'atomizzazione di una miscela bifasica acqua-aria ad alta pressione (vedremo meglio in seguito) e la sua immissione nell'aria fredda ambientale, permetterà di avere un processo di espansione nell'atmosfera portando alla formazione di nucleidi. Una parte dell'acqua nebulizzata evapora, sottraendo così calore all'ambiente, di conseguenza le restanti goccioline si raffreddano, gelano e cadono al suolo sotto forma di cristalli di ghiaccio, dando origine a cristalli di neve programmata. Questo processo funziona in modo efficace solo in presenza di temperature dell'aria inferiori a -4°C, con un'umidità inferiore all'80% e una temperatura dell'acqua di massimo 2°C. [1]

Più è secca l'aria e più sono fredde aria e acqua, tanto più favorevoli sono le condizioni per l'innevamento artificiale. [2]

1 Felix HAHN, *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, CIPRA, alpMedia approfondimenti, dicembre 2004, p.3

2 *Ibidem nota sopra*

ADDITIVI NEVE

Lo Snomax, della ditta americana York Snow Inc., è l'additivo più noto utilizzato per la produzione di neve programmata. Questo additivo si ottiene dalla coltura di un batterio, lo Pseudomonas syringae, che naturalmente è presente sulle foglie di moltissime piante e qualche volta è possibile trovarne traccia anche al suolo. Questo batterio non è altro che una proteina della parete cellulare che è in grado di accelerare la cristallizzazione delle gocce d'acqua. [3] Infatti questa proteina permette di "ghiacciare" a temperature più alte del solito, invece che -6°C è possibile un innevamento economicamente sostenibile anche a -3°C e con un'umidità dell'aria molto bassa.[4]
Si può quindi dire che lo SNOMAX consente la produzione di neve programmata avendo un minor dispendio di acqua e di energia, tanto da essere considerato "compatibile con l'ambiente" dai suoi produttori. In effetti le ricerche condotte non hanno evidenziato rilevanti tracce dei batteri né sulla neve prodotta né sulla vegetazione al suolo al disgelo. Il problema però, oltre a non conoscere gli effetti a lungo termine, risulta essere l'alterazione della quantità e la velocità di propagazione di questi microrganismi già presenti normalmente nell'ambiente. Un'eccessiva quantità di questo tipo di additivo potrebbe funzionare come "brodo di coltura" per i batteri con il rischio che avvenga una contaminazione ambientale.[5]
È per questo che la legge ha proibito l'utilizzo di additivi "inquinanti" per la produzione di neve programmata, inoltre per gli innevatori moderni non si pone la necessità di utilizzare additivi, in quanto è necessaria unicamente la combinazione aria e acqua.

3 Gabriella ZIPOLI, *Montagne pericolose con la neve artificiale*, Il Manifesto, novembre 2004

4 Felix HAHN, *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, CIPRA, alpMedia approfondimenti, dicembre 2004, p.3

5 Gabriella ZIPOLI, *Montagne pericolose con la neve artificiale*, Il Manifesto, novembre 2004

CRISTALLIZZAZIONE TOTALE DELLA NEVE PROGRAMMATA

Le nuove tecnologie hanno cercato di risolvere uno dei problemi che si riscontrava dopo la produzione di neve programmata in merito alla necessità, dopo la deposizione della neve programmata sul terreno, di un certo periodo di tempo affinché potesse essere sfruttata al meglio per sciare. Il tempo di "riposo" necessario dipende dalla qualità della neve e dalla temperatura dell'ambiente. In certi casi era necessario anche aspettare diversi giorni prima di poter sfruttare la neve prodotta. [6] Questo periodo era necessario affinché venisse completata del tutto la cristallizzazione del fiocco di neve.
Come abbiamo visto il processo fisico della formazione del cristallo di neve parte da quando la miscela aria-acqua fuoriesce dal nucleatore ed entrando in contatto con l'ambiente, inizia il percorso di cristallizzazione della sua superficie. Per far sì che la cristallizzazione sia completa occorre del tempo e spesso il tempo di volo non è sufficiente per completare l'operazione. Al suolo cadono quindi cristalli di neve non ancora del tutto cristallizzati, in quanto al loro interno è ancora presenta una certa quantità d'acqua.
Perché avvenga la completa cristallizzazione è quindi necessario un certo periodo, in cui però è necessario che il cristallo non subisca urti, altrimenti rompendosi causa la fuoriuscita di acqua che andrebbe a contatto con altri cristalli circostanti genera la formazione di ghiaccio.

Si rischierebbe di avere un mucchio di ghiaccio anziché di neve.

Per cui, prima che sia possibile l'intervento dei gatti battipista è consigliabile aspettare un periodo di tempo variabile finché non sia stata raggiunta o quasi la totale cristallizzazione.
Per minimizzare questo tempo di attesa, necessario per lo sfruttamento della neve, è preferibile orientarsi verso la produzione di neve più secca (condizioni ambientali permettendo), in modo che il cristallo, essendo più piccolo e quindi avendo un minor contenuto d'acqua al suo interno, quando arriva al terreno è già quasi del tutto cristallizzato. È anche vero, che se la neve risulta essere troppo polverosa con cristalli troppo piccoli l'operazione di battipista con i gatti delle nevi risulta essere più difficoltosa.
Ovviamente il ruolo della temperatura esterna è di fondamentale importanza su questo processo, minore essa è, e minore sarà il tempo necessario alla cristallizzazione.

[6] Luisa CUNICO, *Sistemi di innevamento artificiale: progettazione e parametri di funzionamento*, Diploma universitario in Metodologie fisiche, Facoltà di scienze, Università di Trento, A.a 1998/1999, pp. 36-49

Sistemi di stoccaggio dell'acqua

Nel funzionamento degli impianti di innevamento, la risorsa acqua assume un ruolo fondamentale. In quanto per la produzione di neve programmata sono necessari grandi quantitativi di acqua. Con 1.000 litri d'acqua, cioè un metro cubo, si possono produrre in media da 2 a 2,5 m^3 di neve.

- Per l'innevamento di base di una pista (spessore di circa 30 cm di neve, spesso anche di più) di dimensioni di un ettaro, 10.000m^2, occorrono quindi almeno un milione di litri, cioè 1.000 m^3 d'acqua. Gli innevamenti successivi richiedono, a seconda della situazione, un consumo d'acqua nettamente inferiore.
- Secondo uno studio francese[7] durante la stagione 2002-2003, per l'innevamento di un ettaro di pista sono stati impiegati circa 4000 m^3 di acqua.

Considerando che le piste innevabili delle Alpi sono circa 23.800 ettari, occorrono, ogni anno circa 95 milioni di m^3 d'acqua per la produzione di neve artificiale; il che corrisponde approssimativamente al consumo annuo d'acqua di una città con 1,5 milioni di abitanti.
Per far fronte alle enormi quantità di acqua necessarie per l'innevamento programmato, solitamente l'acqua può essere prelevata dall'ambiente in varie forme in funzione della disponibilità:

- Prelevo da acqua superficiale
  - Corpo idrico (fiume o torrente)
  - Bacino naturale/artificiale esistente
- Prelevo da sorgente
- Prelevo da pozzo
- Prelevo da trincea drenante

Oltre alle possibilità di prelievo sopracitate vi è la possibilità di utilizzare l'acqua in esubero dalle reti idrauliche, come ad esempio le reti acquedottistiche; in alternativa è consentito lo spillamento direttamente da altre reti idrauliche, tra cui le condotte in pressione ad uso idroelettrico.[8]

Per qualsiasi forma di prelievo di acque pubbliche è necessaria l'approvazione da parte degli organi competenti.
Con il D.P.R. del 15 febbraio 2006, all'articolo 7 del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, viene regolamentato l'uso della risorsa per l'innevamento. Il punto G del suddetto articolo stabilisce che le richieste di acqua per l'innevamento programmato devono valutare contestualmente l'intera area sciabile nonché la disponibilità della risorsa idrica presente nei bacini idrografici coinvolti. Devono essere inoltre individuati l'insieme dei punti di prelievo, fiumi, torrenti, ecc., e solo in casi eccezionali possono derivare da acque sotterranee. Va inoltre considerato che, questo fabbisogno idrico è necessario in un periodo di estrema scarsità della risorsa, infatti l'innevamento si pratica soprattutto a novembre e dicembre, ma anche a gennaio e febbraio. In questi periodi la disponibilità dell'acqua è soggetta a vincoli in quanto i fiumi e i torrenti sono nel periodo di magra. Devono quindi essere privilegiati gli accumuli di acqua prelevata nei periodi di morbida, al fine di contenere gli stress idrici invernali.
Oltre alla quantità di acqua prelevabile dalla fonte di approvvigionamento, questo decreto stabilisce anche la

[7] Felix HAHN, *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, CIPRA, alpMedia approfondimenti, dicembre 2004, p.4

[8] Claudio FRANCIONE, *Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana*, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016

quantità di neve che può essere prodotta. Infatti, la portata di concessione deve essere determinata in riferimento alle superfici di pista da sci effettivamente innevabili e la relativa quota a cui esse si trovano, facendo a tal fine riferimento ai seguenti valori massimi di altezza cumulata di neve prodotta nell'arco di ciascuna stagione sciistica.

Altitudine della superficie da innevare (m.s.l.)	Altezza massima annuale di neve prodotta (cm)
superiore a 2000	40
fra 1800 e 2000	50
fra 1600 e 1800	60
inferiore a 1600	70

I valori riportati in tabella possono essere aumentati del 20% nel caso di porzioni di superfici da innevare site in condizioni di esposizione particolarmente sfavorevoli.
Nei casi di assoluta necessità ed urgenza la Provincia di riferimento può assentire l'utilizzo temporaneo di risorse aggiuntive rispetto a quelle stabilite dalle presenti disposizioni, purché ciò deve essere compatibile con le necessità di tutela del regime idraulico e qualitativo del corpo idrico derivato, con l'equilibrio del bilancio idrico e con il rispetto del deflusso minimo vitale.

DEFLUSSO MINIMO VITALE

Le derivazioni di acque superficiali, attuate per qualsiasi scopo, comportano un'alterazione del regime idrologico[9]. I parametri che potrebbero essere modificati riguardano più ambiti, come quelli morfologici, chimico fisici e biologici dell'habitat fluviale. Questo perché la portata di un corso d'acqua risulta di importanza fondamentale per il mantenimento dell'ecosistema presente e ciò ha determinato l'introduzione di una normativa che regolamenti la previsione di idonei rilasci a valle delle derivazioni.
Nel caso della Regione Piemonte, viene normato dalla R/8 del 17 luglio 2007, all'art. 2 si definisce il DMV: la portata minima istantanea che deve essere presente in alveo immediatamente a valle dei prelievi, al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati.[10]
Nello stesso articolo vengono espresse altre definizioni del deflusso minimo vitale come il DMV idrologico che tiene conto della portata naturale annua del corpo idrico in una sezione, il DMV di base che rappresenta il DMV idrologico corretto in funzione della morfologia dell'alveo e dei fenomeni di scambio idrico dei corsi d'acqua con la falda e il DMV ambientale ovvero il DMV di base comprensivo di eventuali fattori correttivi riguardanti la naturalità, la qualità dell'acqua, la fruizione e le esigenze di modulazione della portata residua a valle dei prelievi.

Nell'art. 8 nel caso di prelievi da sorgenti è richiesto il rilascio del solo DMV idrologico pari a:

- ad un terzo della portata istantanea nel caso di sorgenti caratterizzate da una portata media annua inferiore o uguale a 10 litri al secondo;
- al 10 per cento della portata istantanea nel caso di sorgenti caratterizzate da una portata media annua superiore a 10 litri al secondo e comunque in misura non inferiore a 3 litri al secondo.

Le portate medie annue delle aste principali del fiume Po vengono considerate costanti ed è per questo che il DMV è prestabilito, in altri corsi d'acqua il DMV di base viene determinato con la seguente formula[11]:

$$DMV\ base = k * q_{media} * S * M * A$$

Dove:

k = frazione della portata media annua
q media = portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso,
S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico
M = parametro morfologico
A = parametro che tiene conto dell'interazione tra le acque superficiali e le acque sotterranee.

[9] Per "regime idrologico" di un corso d'acqua naturale si intende l'insieme delle caratteristiche attese, quantitative e temporali, con cui nel medesimo corso d'acqua si manifestano i deflussi idrici. AA.VV., *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici*, versione 1.1, ISPRA, Roma, agosto 2011

[10] http://arianna.cr.piemonte.it/regolafo/dettaglioRegolamento.do?urnRegolamento=urn:nir:regione.piemonte:regolamento:2007-07-17;8@2018-12-11&tornaIndietro=true

[11] R/8 del 17 luglio 2007, all'art.4, ALLEGATO A

È importante sottolineare che il prelievo diretto di acqua potrebbe risultare non sufficiente, in termini di portata istantanea, per alimentare le reti di innevamento e i relativi generatori. Di solito i valori di dimensionamento della portata idrica processata all'interno di una rete di innevamento programmato in attività, sono dell'ordine delle centinaia di litri al secondo, mentre la disponibilità dalle fonti di approvvigionamento presenta ordini di grandezza delle decine di litri al secondo, salvo rari casi.[12]
Per soddisfare il fabbisogno dei generatori risulta quindi indispensabile la realizzazione di bacini di accumulo, in grado di provvedere all'alimentazione degli impianti con il regime istantaneo di portata conforme alla richiesta.

La logica di funzionamento è analoga a quella dei serbatoi di compensazione delle reti acquedottistiche, nel caso in cui ci sia una portata mediamente costante in ingresso e una portata variabile in uscita, che dipende dai fabbisogni e dai prelievi determinati dalle singole utenze.

Per il dimensionamento dei bacini di accumulo è necessario fare un bilanciamento tra la portata di ingresso, mediamente costante, e la portata in uscita, che si concentra nei periodi di funzionamento dell'impianto di innevamento per la produzione di neve programmata in funzione delle condizioni climatiche (temperatura e umidità).
Risulta evidente che una maggior capacità di risorsa stoccata permette un incremento della portata idrica istantanea transitabile attraverso i generatori, di conseguenza si avrà riduzione dei tempi necessari per la produzione del volume di neve sufficiente per la copertura delle piste, associata alla riduzione dei tempi vi sarà quindi anche una riduzione dell'energia richiesta.
Un bacino di accumulo correttamente dimensionato dovrebbe essere in grado di giungere alla completa autonomia per il funzionamento dell'impianto utilizzando acqua già stoccata nei periodi di morbida, svincolando così le necessità di produzione di neve dai momenti di prelievo della risorsa idrica dall'ambiente che verrebbe quindi effettuata nei momenti di maggior disponibilità della risorsa naturale.
L'incremento dei volumi stoccati disponibili rappresenta quindi, pur a fronte di un necessario costo ambientale legato alla realizzazione dell'opera, un considerevole e significativo miglioramento della compatibilità ambientale degli impianti di innevamento programmato. Infatti, i bacini di stoccaggio permettono una certa funzione di regolazione del regime idrologico delle fonti di approvvigionamento, che durante i periodi in cui l'impianto di innevamento è in funzione, normalmente presentano i regimi di magra o, viceversa, si presentano in morbida o addirittura in piena ordinaria, quando gli impianti di innevamento non vengono utilizzati.
Le capacità di accumulo consentono dunque di superare questo asincronismo fra disponibilità di risorsa e necessità di consumo, annullando o riducendo molto le criticità idrologiche che spesso si concretizzano nei mesi tardo autunnali o invernali.[13]

[12] Claudio FRANCIONE, *Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana*, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016

[13] Claudio FRANCIONE, *Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana*, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016, p. 11

Tipologie

Per la realizzazione di bacini di stoccaggio idrico esistono varie tecniche, ma di fatto potrebbero essere assimilate in due diversi gruppi:

- Invasi a cielo aperto
- Serbatoi

Nel caso degli invasi a cielo aperto si fa riferimento a vasche di accumulo realizzate normalmente scavando nel terreno, di solito non necessitano di una diga o di sbarramenti veri e propri come per i laghetti alpini dove vengono effettuati modesti riporti di materiale.

Questo tipo di soluzione presenta molti vantaggi, in primis di carattere economico, ma ci sono anche vantaggi legati alla multifunzionalità dell'opera, che in molti casi diventa una riserva idrica utilizzabile in caso di incendio, oppure può essere utilizzato anche nell'agricoltura marginale e nelle attività agro-silvo-pastorali di montagna e turistiche.
Un aspetto tecnico dei bacini a cielo aperto riguarda la temperatura dell'acqua stoccata e il rischio di congelamento dello strato superficiale. Trattandosi di invasi situati in montagna, durante i mesi invernali potrebbero crearsi le condizioni per far sì che si verifichi il congelamento della superficie dello specchio d'acqua (vedremo in seguito come evitare questo problema), accompagnato da una stratificazione dell'acqua che potrebbe anche mantenere delle temperature piuttosto elevate negli strati profondi. Questa situazione risulta essere del tutto ininfluente ai fini del puro stoccaggio della risorsa idrica, rappresenta un limite relativo all'utilizzo dell'acqua per la produzione di neve.

La temperatura ideale dell'acqua per la produzione di neve programmata non deve infatti superare i 3-4°C.

Dunque, in presenza di una stratificazione dell'acqua all'interno del bacino, con conseguente aumento della temperatura basale dell'acqua, si potrebbe avere una limitazione dell'efficienza dei generatori.

Gli aspetti potenzialmente negativi legati alla realizzazione dei bacini a cielo aperto, invece, riguardano principalmente l'impatto ambientale dovuta alla costruzione del manufatto. Il bacino richiede notevoli movimenti di terreno, un'occupazione di superficie naturale piuttosto significativa in rapporto al volume di acqua stoccata e la necessità di un'area per la collocazione del materiale di risulta dello scavo.
In termini geometrici, i bacini a cielo aperto non hanno vincoli specifici tecnici o costruttivi, fatta salva l'idoneità del sito nel quale devono essere realizzati. Di norma le dimensioni medie dei bacini di stoccaggio presenti nelle stazioni sciistiche risultano dell'ordine dei 30.000-50.000 m^3

Possono arrivare ad avere una capienza di 450.000 m3 rientrando così nella categoria dei grandi laghi artificiali.[14]

A differenza dei bacini, i serbatoi solitamente sono costituiti da strutture vere e proprie, in calcestruzzo armato che possono essere completamente interrate oppure seminterrati, in rari casi però è possibile trovarli anche fuori terra. Essendo generalmente

[14] SNOW WITH SYSTEM, Demaclenko

interrate, uno dei pregi dei serbatoi è proprio quello legato al basso impatto paesaggistico (visivo), ma presentano alcuni limiti costruttivi legati alle dimensioni geometriche e ai costi di realizzazione. I serbatoi realizzati solitamente con forme di tipo parallelepipedo o circolari o mista, hanno una fondazione a piastra e un solaio di copertura.

Essendo essenzialmente interrati possono anche essere collocati al di sotto delle piste da sci o comunque completati con inerbimento. Di norma è difficile che il volume stoccato all'interno di serbatoi di questo tipo superi i 12.000-15000 m^3, per le motivazioni costruttive ed economiche appena evidenziate.
Un altro aspetto negativo dei serbatoi, da un punto di vista ambientale, oltre alla movimentazione di terra necessaria per lo scavo, è rappresentato dalla notevole quantità di calcestruzzo che deve essere trasportato in cantiere per la realizzazione delle strutture. Il trasporto di questo materiale richiede il coinvolgimento di un notevole numero di mezzi e quindi ha un impatto cantieristico molto significativo.[15]

[15] Claudio FRANCIONE, *Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana*, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016, p. 13

REALIZZAZIONE DEI BACINI

Di solito, dove è possibile, i bacini vengono collocati in depressioni o conche naturali del terreno o comunque in aree con un andamento subpianeggiante, in modo da ridurre il più possibile gli sbancamenti di terreno.
Dopo aver realizzato lo scavo ed aver effettuato infrastrutture e reti accessorie, quali tubazioni di alimentazioni e quelle di scarico, la superficie interna del bacino viene ricoperta totalmente da teli impermeabilizzanti che ne garantiscono la perfetta tenuta idraulica, evitando possibili perdite.
La parte sommitale del bacino, sia per questioni estetiche che per ragioni di sicurezza, viene completata con un pianerottolo intorno alla sponda a circa 1,2-1,5 m sotto la quota di massimo invaso. Questo pianerottolo consente, nel caso di un eventuale caduta di un malcapitato all'interno del lago, di evitarne l'annegamento.
Al di sopra del collare di sicurezza, si procede generalmente ad effettuare un rivestimento in pietra della sponda in modo tale che, a bacino pieno, venga coperto del tutto il materiale dell'impermeabilizzazione.
Infine, il perimetro dei bacini viene recintato per evitare l'ingresso accidentale di animali o persone; solo in alcuni casi, che possono essere determinati dalla pendenza delle sponde e dall'eventuale utilizzo promiscuo, può anche essere lasciato sgombro.
Facendo riferimento a quanto detto prima, per ovviare all'inconveniente del congelamento superficiale dell'acqua del bacino a cielo aperto, molto spesso, sul fondo del bacino viene installato un sistema di distribuzione ad aria compressa. Questo sistema denominato *boullage* permette la formazione di microbolle d'aria che impediscono la formazione di ghiaccio in superfice ed evitano la proliferazione di alghe in estate. Il *boullage* è costituito da una serie di anelli di tubazioni forate, ancorate sul fondo del bacino, nelle quali viene immessa dell'aria compressa; le microbolle così prodotte si liberano nell'acqua provocando un moto ascensionale dal fondo verso la superficie che rimescola l'acqua ovviando al problema di congelamento superficiale.

Consente anche un continuo scambio termico fra l'aria esterna a bassa temperatura e l'acqua stoccata, cosicché l'acqua si trova sempre alla temperatura ottimale.

Stazione di pompaggio

Può essere considerato come il cuore pulsante dell'impianto di innevamento. La stazione di pompaggio serve sia ad alimentare i bacini idrici di stoccaggio che ad aumentare la pressione necessaria per trasportare la quantità d'acqua richiesta dai generatori di neve.
Ogni comprensorio sciistico è provvisto di una stazione di pompaggio progettata ad hoc a seconda delle specifiche esigenze dell'impianto di innevamento. I sistemi di pompaggio vengono dimensionati in base alla portata necessaria e alla prevalenza da superare.

A seconda della necessità è possibile utilizzare pompe ad immersione o pompe centrifughe installate a secco.

In ogni caso, il sistema applicato deve essere in grado di garantire una pressione ed una portata minima in ogni condizione di carico, che può essere variabile e dato dalle macchine in funzione in ogni istante.

Tubazioni

Per garantire un sistema di collegamento in grado di soddisfare l'intera rete di approvvigionamento e distribuzione idrica del sistema di innevamento, sono necessarie delle tubature resistenti a pressioni di esercizio molto alte. Solitamente vengono utilizzati tubi in ghisa duttile o sferoidale, grazie alle ottime proprietà meccaniche, o materiali similari che presentino le stesse caratteristiche di resistenza.
Per il posizionamento delle tubazioni è necessario uno scavo, in sezione obbligata della larghezza media di circa 1,5m, e di profondità di circa 1,5 m dal piano campagna.

Torri di raffreddamento

Le torri di raffreddamento o cooling system vengono utilizzate in caso sia necessario raffreddare l'acqua che dovrà essere immessa nel sistema di innevamento. La temperatura dell'acqua in entrata agli innevatori deve essere ad una temperatura ben precisa, solitamente dev'essere compresa nel range 2-4°C, per poter ottimizzare le prestazioni dei generatori. Riuscendo ad ottimizzare le prestazioni si ha, sia un incremento dell'efficienza energetica sia la possibilità, avendo come input acqua a temperature adeguate, di avviare in anticipo le attività di innevamento.

Abbassare la temperatura dell'acqua consente di aumentare la produzione oraria di neve
Per poter ottenere i valori di temperatura ottimali, si rende necessario l'utilizzo di torri di raffreddamento, che consentono di raffreddare l'acqua come normalmente utilizzato negli impianti industriali di produzione.

Filtri autopulenti

Per mantenere il sistema in perfetta efficienza evitando di avere fermi macchina per effettuare operazioni di pulizia o disincrostazioni delle tubazioni e dei sistemi di pompaggio, causate da possibili materiali presenti nelle acque utilizzate, vengono installati dei filtri autopulenti che consentono un funzionamento continuo dell'impianto. Il lavaggio avviene a intervalli preimpostati oppure viene attivato automaticamente dalla differenza di pressione causata dalle eventuali impurità presenti.

Pozzetti

Permettono l'istallazione di tutti i componenti elettrici ed idraulici per il collegamento alla rete di acqua, energia elettrica, aria compressa e connessione dati necessari al corretto funzionamento di un impianto di innevamento. Oltre a garantire stabilità e sicurezza per i tubi e a permetterne la manutenzione, i pozzetti servono come base di appoggio per i generatori di neve. Di solito sono dotati di due botole, una di ingresso al pozzetto per l'installazione e manutenzione e l'altra, funge da punto di ancoraggio per l'innevatore.
Sul mercato è possibile trovare pozzetti di diversi materiali, come calcestruzzo, resina, PE (polietilene); solitamente sono prefabbricati in modo da facilitare e semplificare il montaggio.
A volte, per i generatori mobili, è possibile che vengano predisposti degli idranti in superficie con, al loro interno, i collegamenti per acqua, energia elettrica e connessione dati.

Stazione di compressione

L'aria, come l'acqua, è un elemento essenziale per la produzione di neve tecnica. Nella maggior parte degli impianti di innevamento è presente una rete di aria compressa centralizzata, in questo modo i dispositivi non avranno bisogno dell'installazione di un compressore. L'impianto ad aria centralizzata è formato da una stazione di compressione, dove i condotti di areazione e di scarico vengono dimensionati a seconda del caso specifico, e dalla rete di distribuzione che alimenterà tutti gli innevatori del comprensorio sciistico.

L'aria compressa può essere prodotta dallo stesso generatore di neve

Prima di venire utilizzata all'interno dei compressori tutti l'aria verrà resa pulita attraverso il passaggio su diversi filtri atti a trattenere la condensa, le particelle d'olio e di sporco così come altre impurità che sono naturalmente presenti nell'aria. Attraverso il passaggio in diversi stadi di filtrazione l'aria compressa è pronta per essere convogliata nel sistema centralizzato.

Innevatori

Un tempo venivano chiamati "cannoni" sparaneve, per associazione alla loro forma. Abbandonato il gergo bellico, oggi vengono chiamati generatori di neve programmata o innevatori. Una storia che si evolve di anno in anno ormai da più di cinquant'anni, sempre un accorgimento in più per migliorare la qualità della neve ma anche e soprattutto per risparmiare energia e risorse naturali.

Indipendentemente dalle tipologie presenti sul mercato, che vedremo in seguito, il funzionamento degli innevatori è il medesimo. Come abbiamo già visto per produrre neve servono tre elementi combinati tra loro, acqua, aria ed energia.
Ogni generatore è alimentato da questi tre elementi, ma come interagiscono tra di loro per arrivare alla formazione del fiocco di neve?
Da un punto di vista teorico semplificato, si possono individuare fenomeni principali che permettono di raggiungere temperature sufficientemente basse da innescare il cambiamento di fase necessario:

1. È necessaria la saturazione adiabatica derivante dalla miscela di acqua (che in generale già presenta valori bassi di temperatura grazie al passaggio, se necessario, in torri di raffreddamento) e di aria non satura, all'interno della camera di miscelazione. In questa camera si assiste ad un raffreddamento fino al raggiungimento di una temperatura di equilibrio (Ts, temperatura di saturazione adiabatica) all'uscita della camera stessa.

2. Successivamente si ha l'espansione di Joule-Thompson: l'aria contenuta nella miscela subisce una brusca diminuzione di pressione quando, attraverso il foro di uscita, passa nell'ambiente esterno. Questo fenomeno causa un ulteriore raffreddamento della corrente di miscela bifasica a valle degli ugelli, che può dar luogo a gocce di acqua sopraffusa;

3. Infine si verifica il raffreddamento evaporativo: le goccioline d'acqua vaporizzano parzialmente durante la fase di volo nell'aria circostante e la cessione di calore latente porta un ulteriore, progressivo raffreddamento, fino a che le gocce sopraffuse cambiano di fase producendo nuclei di "neve pallottolare", che può poi dar luogo alla formazione di agglomerati.
Per ulteriori approfondimenti si rimanda al testo consultato[16]

Come avviene con la caduta della neve naturale, anche nell'innevamento tecnico, sono necessari dei requisiti fondamentali che riguardano la temperatura e l'umidità dell'aria. Da queste grandezze viene desunto il paramento di temperatura di saturazione adiabatica o temperatura di bulbo umido, che dipende della temperatura di aria secca e dell'umidità. È proprio questo parametro che regola il funzionamento dei generatori di neve, a minor valori della temperatura umida corrisponde una maggior capacità di produzione della neve programmata.[17] Dato

[16] P. BAGGIO, M. BORSATTO, M. DE FRANCESCHI E D. ZARDI, *Indagine teorica e sperimentale sul funzionamento di dispositivi per la produzione di neve artificiale*, 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza, settembre 2002

[17] In generale la temperatura di bulbo umido diminuisce al diminuire della temperatura secca e diminuisce al diminuire della percentuale di umidità relativa dell'atmosfera; sinteticamente si può quindi affermare che le condizioni ideali di funzionamento di un impianto di innevamento

che non è possibile modificare le condizioni di temperatura del bulbo umido, per la regolazione della produzione di neve si deve agire su altri due fattori: i nucleatori che sono in grado di produrre i germi di nucleazione e gli ugelli, che nebulizzano l'acqua.

Minore sarà l'umidità dell'aria e la temperatura di aria ed acqua e migliore sarà il rendimento dell'impianto.

Un ruolo fondamentale nella generazione della neve è anche quello svolto dalla temperatura dell'acqua che, idealmente, dovrebbe essere di poco superiore al punto di congelamento.

sono quelle caratterizzate da bassa temperatura e ridotta umidità relativa. Claudio FRANCIONE, Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016

PARAMETRI METEREOLOGICI PER LA PRODUZIONE DI NEVE

Durante la produzione di neve programmata è necessario, ai fini della qualità, conoscere alcuni dati metereologici:

- Temperatura di aria secca

Rappresenta la temperatura dell'aria misurata con un termometro. La conoscenza di tale parametro non è sufficiente a stabilire se è possibile azionare il sistema di innevamento o meno.

- Temperatura di bulbo umido

È la temperatura dell'aria tenendo conto dell'umidità presente. A differenza della temperatura dell'aria secca, quella di bulbo umido è la temperatura fondamentale per l'innevamento programmato.
Solitamente la temperatura a bulbo umido è minore di quella a bulbo secco in quanto l'acqua evaporando assorbe calore dall'aria cosicché essa si raffredda.

Al 100% di umidità le temperature bulbo umido e secco coincidono.

- Umidità relativa dell'aria

Per umidità relativa si intende lo stato di saturazione dell'aria, in quanto rappresenta il rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuto in una massa d'aria e la sua quantità massima che la stessa massa può contenerne alle medesime condizioni di temperatura e pressione. L'umidità relativa presente nell'aria viene indicata in percentuale (%) a seconda di quante molecole d'acqua riescono ad essere assorbite dall'aria prima di arrivare al punto di saturazione.

Le variazioni di umidità relativa forniscono informazioni utili su eventuali cambiamenti metereologici.[18]

L'umidità assoluta invece indica quanto vapore acqueo è contenuto in un metro cubo di aria ad una certa temperatura, l'umidità assoluta tenderà ad aumentare al crescere della temperatura.

- Velocità del vento

Può influenzare in modo positivo il tempo di caduta dei cristalli che fuoriescono dal cannone, come vedremo in seguito maggiore è il tempo che il cristallo permane in volo e migliore sarà la cristallizzazione.

- Direzione del vento

È importante valutare correttamente la direzione del vento rispetto alla direzione del getto nonché evitare la generazione di vortici che potrebbero far rientrare pericolosamente la neve che fuoriesce dal cannone, all'interno della turbina (generatori a bassa pressione) o sulla testa del generatore (generatori ad alta pressione).

Inoltre, anche se non fanno parte dei dati meteo è importante conoscere altri valori, tra cui:

- Temperatura dell'acqua

Per la produzione di neve è importante che l'acqua sia in un certo range di temperatura, che può essere corretto tramite il passaggio dell'acqua nelle torri di raffreddamento. In ogni caso è necessario che la temperatura della miscela acqua/aria sia inferiore a 0°C perché sia possibile la produzione di neve.

- Pressione dell'acqua

La pressione dell'acqua influisce sulla dimensione delle goccioline che successivamente formeranno i cristalli, è importante anche perché, tramite la pressione dell'acqua si riesce a gestire la portata d'acqua del cannone, anche se questa è in generale determinata dal numero di ugelli aperti, come vedremo in seguito.

- Quota altimetrica

È bene conoscere la quota perché a seconda dell'altitudine cambia leggermente la correlazione tra temperatura dell'aria e la temperatura del bulbo umido. All'aumentare della quota diminuisce la pressione dell'aria e la massa d'aria per metro cubo.[19]

[18] Emiliano SASSOLINI, *Umidità assoluta e relativa*, Centro Meteo Italiano, Luglio 2012

[19] Luisa CUNICO, *Sistemi di innevamento artificiale: progettazione e parametri di funzionamento*, Diploma universitario in Metodologie fisiche, Facoltà di scienze, Università di Trento, A.a 1998/1999, pp. 36-49

Di base il processo per la formazione dei cristalli di neve è uguale per tutte le tipologie dei generatori di neve. I cosiddetti nucleatori hanno il compito di creare una miscela di acqua e aria compressa che, in seguito all'espansione nell'atmosfera, porta alla formazione di nuclei di neve (nucleidi). Gli ugelli[20] nebulizzano l'acqua in gocce finissime che si uniscono ai nucleidi e, cadendo verso il suolo, si trasformano in cristalli di neve. Questo processo viene effettuato in modo diverso dai vari generatori di neve: le macchine a ventola si servono di un convogliatore; le lance, invece, sfruttano l'altezza di caduta naturale fino a dieci metri.

[20] Gli ugelli sono delle piccole valvole in grado di nebulizzare l'acqua in gocce finissime, possono essere di varie dimensioni e regolabili.

QUALITÀ DELLA NEVE PROGRAMMATA

Non ci sono standard univocamente definiti per valutare la qualità della neve prodotta. Al momento attuale la valutazione è di tipo soggettivo, infatti esistono prove di tipo empirico per determinare il corretto funzionamento dei generatori di neve. Tra queste prove troviamo la "prova della manica" in cui un tecnico si posiziona sotto il cannone in funzione e osserva le dimensioni dei fiocchi di neve che cadendo si depositano sulla manica della giacca, la "prova del calcio" e la "prova della palla di neve" vale a dire valutare la capacità della neve di formare una palla.[21]
L'IACS, considerando il contenuto d'acqua liquida, ovvero la quantità di acqua presente nella neve, propone una classificazione più articolata. Questo parametro viene considerato come sinonimo di acqua libera in un campione di neve e quindi, fiocchi di neve che non hanno ultimato il loro processo di cristallizzazione. Ma la presenza di acqua liquida può anche derivare da fusione, pioggia o una combinazione di entrambi i fenomeni.

Il contenuto d'acqua residua nella neve corrisponde ad una frazione di volume di circa il 3-6% a seconda del tipo di neve.[22]

[21] Ingemar SORAPERRA, *Studio del funzionamento di dispositivi per la produzione di neve*, Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università di Trento, A.a. 2004/2005, p. 6

[22] IACS, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*, p.16 https://docplayer.it/16193720-Classificazione-internazionale-della-neve-stagionale-al-suolo-a-cura-del-gruppo-di-lavoro-per-la-classificazione-della-neve-icsi-uccs-iacs.html

Come si può vedere dalla tabella Allegato B, la classificazione riporta cinque categorie di neve in base al contenuto d'acqua.

Asciutta, tra di loro i grani hanno una scarsa capacità a rimanere uniti dopo essere stati pressati come per fare una palla di neve.

- Umida, se viene schiacciata la neve tenderà a rimanere unita
- Bagnata, facendo una palla di neve compressa, non è possibile estrarre acqua ma con ingrandimento (10x) è possibile vedere l'acqua tra i grani di neve contigui.
- Molto bagnata, è possibile estrarre l'acqua presente all'interno dei grani di neve ma all'interno dei pori è ancora presente una certa quantità di aria.
- Fradicia, questo tipo di neve è completamente impregnata di acqua e contiene una quantità di aria relativamente bassa, intorno al 20-40%. Si ricorda che la neve secca è costituita dal 90% di aria.

Questa classificazione, non essendo specificato diversamente da IACS, si presume che possa essere valida anche per la neve programmata.

Esclusivamente per la neve programmata[23], l'IACS, definisce una classificazione in base alla morfologia, distinguendo:

- Le particelle policristalline rotonde, costituite da piccole particelle sferiche, risultato del processo di rigelo di goccioline d'acqua molto piccole, o parzialmente cave. Il contenuto d'acqua liquida dipende principalmente dalla temperatura dell'aria e dell'umidità, ma anche dalla densità della neve e dalla dimensione dei grani.
- Le particelle di ghiaccio schiacciate, sono piastre di ghiaccio simili a frammenti. Queste scaglie di ghiaccio sono state generate da uno schiacciamento.

23 IACS, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*, p.23 https://docplayer.it/16193720-Classificazione-internazionale-della-neve-stagionale-al-suolo-a-cura-del-gruppo-di-lavoro-per-la-classificazione-della-neve-icsi-uccs-iacs.html

Tipologie dei generatori

La maggior parte delle case produttrici offrono principalmente due diverse tipologie: generatori a ventola (cosiddetti impianti a bassa pressione) o con generati ad aria compressa (cosiddetti impianti ad alta pressione). C'è una terza tipologia, che solitamente non troviamo sulle piste ma viene utilizzata in alcuni casi particolari, può assumere vari nomi[24] a seconda di chi lo produce. Si tratta di generatori adatti alla produzione di neve in caso di temperature miti.

Tutti i sistemi per la produzione di neve programmata devono essere in grado di garantire la nebulizzazione dell'acqua in gocce di dimensioni adeguate e la loro espulsione ad una distanza tale che, con la ricaduta al suolo, siano in grado di cristallizzarsi completamente.

I generatori di neve si distinguono principalmente in:

- Sistemi a bassa pressione (ventole)
- Sistemi ad alta pressione (lance)

*anche se in realtà questi termini sono inadeguati perché viene utilizzata una pressione dell'aria compressa maggiore nei cannoni a bassa pressione rispetto a quelli ad alta.

24 Ad esempio. Snowfactory, è la denominazione utilizzata dalla TechnoAlpin, mentre la Demaclenko lo ha denominato Snow4Ever.

E a seconda del metodo di utilizzo in:

- manuali
- automatici

inoltre si possono ulteriormente distinguere a seconda del posizionamento in:

- fissi, sono sistemi come le lance, che vengono installate in posti strategici e non vengono spostate.
- mobili, caratteristica delle macchine a ventola. Nonostante i 600/700 kg è estremamente versatile, può essere installato su un carrello che assicura mobilità e flessibilità a seconda delle esigenze. È possibile anche installarlo su bracci di circa 6-10 m, che consentono la rotazione e la regolazione in altezza o su lift fissi che possono essere manuali, a motore o con pistoni idraulici, è regolabile in altezza fino ad un massimo di 3,5-4,5 m. Un'altra opzione è quella dell'installazione su torre, di altezza standardizzata di 1,6 m[25], in quei tratti di pista dove c'è un elevato fabbisogno di neve ma con difficile accesso.

Nel caso delle macchine a ventola e delle lance, come abbiamo già detto il principio di generazione di neve è sempre lo stesso, la differenza risiede nella quantità di neve prodotta, nei costi e nel campo d'applicazione. Per scegliere il tipo di generatore più appropriato si deve tenere conto di molte caratteristiche tra cui la conformazione della pista su cui verrà installato (orientamento, pendenza del terreno, lunghezza della pista), della quantità di neve necessaria, delle condizioni di vento prevalente o della

25 Altezza standard delle torri prodotte dalla TechnoAlpin per tutti gli innevatori a ventola

circolazione d'aria. Nella stragrande maggioranza dei casi sia le macchine a ventola che le lance sono disponibili come modelli a regolazione manuale o completamente automatica e possono essere utilizzati per produrre diverse qualità di neve (asciutta o umida).[26]

26 https://www.technoalpin.com/it/faq.html

Sistemi a bassa pressione

- **lunga gittata:** innevamento su piste più larghe,
- **elevata produzione di neve:** consentono l'innevamento su vaste aree,
- **stoccaggio neve:** possibilità di creare cumuli di neve di elevate dimensioni a bordo pista,
- **mobilità:** soluzioni temporanee a seconda della necessità
- **bassa sensibilità al vento:** posizionabile in zone ventose.

Comunemente identificate come macchine a ventola sono formate da un corpo cilindrico di grandezza variabile (tipicamente di lunghezza 1 - 1.5 m) dotato appunto di una ventola ad un'estremità e di ugelli e nucleatori all'estremità opposta. Come vedremo in seguito gli ugelli e i nucleatori svolgono funzioni diverse e hanno pertanto posizioni diverse. In alcuni casi possono entrambi essere disposti su una o più corone concentriche intorno alla bocca del cannone dove solitamente i nucleatori si trovano nella parte più esterna, altre volte invece ad ogni nucleatore viene associato un gruppo di ugelli sulla corona degli stessi. In qualsiasi caso il numero dei nucleatori è in numero molto ridotto rispetto agli ugelli. Gli ugelli dei cannoni a bassa pressione possono essere di due tipi: fissi o commutabili, permettendo in questo caso di variare la portata dell'innevamento a seconda delle quantità di neve prodotta in relazione alle condizioni climatiche.
Il corpo del cannone svolge il compito di propulsore delle particelle di neve, con l'espulsione dei germi di nucleazione e dell'acqua nebulizzata grazie alla ventola in grado di produrre una corrente d'aria sufficiente al trasporto delle goccioline a notevoli distanze.

In condizioni favorevoli si ottengono traiettorie di volo di circa 50 m.

La lunghezza dell'asse della turbina deve essere tale da evitare un ritorno di gocce di acqua o particelle di ghiaccio nel corpo, ma deve anche avere, per ovvi problemi logistici, dimensioni contenute.
Il motore della turbina determina un notevole consumo di potenza e va posta molta attenzione al calore prodotto da esso: il riscaldamento dell'aria circostante potrebbe influire negativamente sulla qualità della neve.[27]

27 I. SORAPERRA, M. DE FRANCESCHI, D. ZARDI, P. BAGGIO *Studio del processo di produzione di neve artificiale: Parte I – Inquadramento fenomenologico*

Sistemi ad alta pressione

- **gittata più corta:** innevamento su piste strette,
- **manutenzione molto semplice:** peso contenuto e numero limitato di componenti
- **installazioni fisse**
- **assenza di vento:** zone a bassa ventilazione
- **consumo energetico molto ridotto**

Sono costituiti da un'asta di lunghezza variabile (tipicamente tra 3 e 10 m), sulla quale viene posta una testa cilindrica o sferica dove sono posizionati ugelli e nucleatori. La nebulizzazione dell'acqua avviene mediante il passaggio, attraverso un ugello di emissione di una miscela di acqua e aria fortemente compressa. Con l'espansione dell'aria compressa nell'ambiente, quindi con un cambio di pressione notevole, si otterrà un sensibile raffreddamento dell'acqua. Questo consente la produzione di neve programmata anche a temperature superiori rispetto ad un sistema a bassa pressione

. In relazione alla lunghezza dell'asta e alle condizioni ambientali, la miscela aria acqua che viene espulsa da un ugello miscelatore, può raggiungere traiettorie di volo che variano dai 10 ai 40 m.

Come detto prima i vantaggi di questo tipo di innevatori sono la facilità d'uso e l'affidabilità, grazie soprattutto alla mancanza di componenti esterni all'asta (quali compressori, ventole, ecc.), che invece si trovano sui cannoni a bassa pressione. Per le caratteristiche di robustezza la loro struttura resiste a condizioni di vento forte e possono essere posizionati anche in aree di scomodo accesso.
Il principale svantaggio è legato soprattutto al consumo di energia elettrica per la produzione di aria compressa: infatti questi innevatori non sono dotati di compressore autonomo e necessitano di grossi compressori (di potenze dell'ordine di 200-400 kW) che forniscano aria ai vari pozzetti a cui sono collegati, tramite opportune tubazioni, poste parallelamente a quelle dell'acqua.[28]

28 I. SORAPERRA, M. DE FRANCESCHI, D. ZARDI, P. BAGGIO Studio del processo di produzione di neve artificiale: Parte I – Inquadramento fenomenologico

Le principali parti che costituiscono un cannone da neve sono:

- **Ugelli**

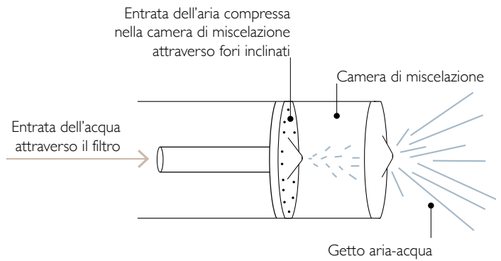
Gli ugelli sono dispositivi in grado di convertire la pressione di una vena fluida in energia cinetica delle goccioline spruzzate[29]. L'acqua in pressione, a seconda della richiesta della macchina, attraverso il passaggio negli ugelli viene nebulizzata in goccioline di circa 100 μm di diametro. Grazie alla nebulizzazione dell'acqua e alle basse temperature ambientali si ottengono le condizioni di umidità necessarie affinché, il germe di nucleazione incorpori queste nuove particelle d'acqua e si ingrandisca fino a diventare un fiocco di neve.
Il grande numero di ugelli e la varietà delle dimensioni dei fori in uscita, garantiscono la versatilità e l'adattabilità a seconda delle condizioni ambientali.
Gli ugelli utilizzati nelle macchine della TechnoAlpin sono resistenti all'usura e hanno inserti in ceramica che garantiscono un'elevata resistenza anche con l'utilizzo di acqua particolarmente aggressiva (acqua di scioglimento ghiacciai). Vengono raggruppati in blocchi da quattro ugelli garantendo un'atomizzazione uniforme e ottimale in grado di garantire un innevamento di alta qualità.

▶ **Immagine 1**
Descrizione schematica di un nucleatore

29 Renzo ZENI, *Tecniche costruttive per impianti di innevamento artificiale*, Rel. Lorenzo Fellin, Laurea in ingegneria elettrotecnica, Università degli studi di Padova, A.a. 2010/2011, p.13

- **Nucleatori**

I nucleatori sono dei particolari tipi di ugelli che, invece di nebulizzare l'acqua, sono in grado di scindere le goccioline d'acqua in porzioni ancora più piccole grazie all'ausilio di un atomizzatore ad aria. Questo tipo di atomizzazione, con l'ausilio di aria compressa miscelata all'acqua, viene definita come atomizzazione pneumatica, bifasica o a due fluidi.[30]
Il loro compito è quello di garantire la nebulizzazione di aria e acqua a bassa temperatura, che a contatto tra loro, permettono la nucleazione.
Il numero di nucleatori varia in funzione del cannone se a ventola o lancia, alle sue dimensioni e alla ditta produttrice, in tutti i casi è in numero inferiore rispetto agli ugelli.



30 Renzo ZENI, *Tecniche costruttive per impianti di innevamento artificiale*, Rel. Lorenzo Fellin, Laurea in ingegneria elettrotecnica, Università degli studi di Padova, A.a. 2010/2011, p.13

● Ventola

La ventola è presente solo nei cannoni a bassa pressione, per l'appunto le macchine a ventola. Ha il compito di creare un flusso d'aria in grado di trasportare le particelle di acqua nebulizzata e i germi di nucleazione, a grandi distanze. Più ampia sarà la gittata, quindi un tempo di volo maggiore, e maggiore è la possibilità che i germi di nucleazione a contatto con l'aria nebulizzata, accrescano il cristallo di neve. Inoltre, più sarà prolungata la permanenza in volo e maggiore sarà il numero di ramificazioni del cristallo di neve, ché ingloberà quindi un'elevata quantità d'aria rispetto alla neve formata da palline di ghiaccio prive di interstizi di aria.

La qualità della neve programmata migliora tanto più la densità si avvicina a quella della neve naturale, e questo è direttamente proporzionale alla permanenza in volo.

● Compressore per l'aria

L'aria compressa solitamente viene prodotta tramite i compressori situati nella stazione di compressione e distribuita da una rete ai vari pozzetti oppure da compressori da circa 4 kW montati o dietro la turbina dei generatori a ventola o alla base dei generatori a lancia. L'aria compressa, in appositi miscelatori, verrà mescolata ad una piccola quantità d'acqua che verrà poi espulsa dai nucleatori. Durante l'espulsione dai nucleatori, si assiste ad un brusco abbassamento di temperatura, dovuto all'espansione dell'aria causato dal cambio di pressione, raggiungendo temperature fino ai -40°C. Con temperature così basse si ha un istantaneo congelamento dell'acqua che darà origine alla formazione di germi di nucleazione.

La pressione ottimale richiesta dal generatore è di 6-8 bar.

I compressori, spesso con circuito di raffreddamento integrato, non devono aver bisogno di particolare manutenzione e devono essere relativamente leggeri per facilitarne lo spostamento, in particolar caso per i cannoni a ventola mobili.

In alcuni casi è possibile installare un compressore anche nelle lance.

Inoltre, i compressori che vengono montati sono completamente a secco, in questo modo non c'è possibilità che l'aria compressa possa contenere particelle di fluido lubrificante. Così è possibile evitare contaminazioni in ambiente derivate da un mal funzionamento o da una rottura.

Fino al 1999 i compressori montati sui generatori erano a bagno d'olio, in quanto la tecnologia non consentiva di fare macchine più economiche ed affidabili con tecnologia a secco.[31]

[31] Lorenzo ROTINI, *Water Footprint e modalità di risparmio idrico nell'industria agroalimentare*, Tesi di laurea in Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie, Università di Bologna, A.a. 2012/2013, p. 12

○ Centralina meteo

La stazione meteo generalmente installata su ogni dispositivo per la produzione di neve programmata consente di effettuare misurazioni precise della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria. Inoltre, è possibile installare anche anemometri per la misura della velocità e la direzione del vento.

○ Display

Per il controllo delle condizioni di utilizzo i generatori a ventola sono dotati di display con retroilluminazione e software di gestione. Sono disponibili diversi messaggi di stato (turbina accesa, compressore acceso ecc.) nonché la visualizzazione di vari parametri come la temperatura dell'aria o eventuali messaggi d'errore. È possibile selezionare diverse qualità di neve. Il software mostra il numero di ugelli che devono essere aperti in determinate condizioni. I valori nominali per le temperature di avvio e di arresto possono essere salvati

Anche in condizioni ambientali estreme il display è operativo

C'è la possibilità di collegarlo a smartphone o tablet possibilità di collegamento tramite Wi-Fi

SNOWFACTORY

Oltre alle due tipologie di generatori di neve, che come abbiamo visto necessitano di particolari condizioni ambientali, c'è un terzo sistema di innevamento garantito anche per zone con climi miti, con temperature sono sopra lo zero.

Ha una temperatura di esercizio da -3°C fino a un massimo di +15°C.

Non è da considerarsi un sistema in sostituzione agli impianti di innevamento classici ma un'integrazione ai generatori di neve tradizionali. Questo sistema può essere utilizzato non solo per tratti di pista caratterizzati da condizioni di temperatura sfavorevoli, ma anche per utilizzi di vario genere sia indoor che outdoor, quali manifestazioni snowboard, gare di sci in città, o innevamento tratti di pista a quote più basse.
È una tecnologia relativamente recente, infatti nasce dall'esigenza di ottenere neve programmata, senza additivi chimici, a prescindere dalla temperatura esterna (entro il range di funzionamento).
Il sistema è situato all'interno di un container che viene posizionato in prossimità del luogo di utilizzo, non necessita di alcuna installazione se non l'allacciamento all'energia elettrica e all'acqua. È in grado di produrre neve 24 ore su 24, indipendentemente dalle condizioni esterne o dalla temperatura dell'acqua.

In condizioni ottimali, temperatura aria 15°C e temperatura acqua 5°C, è in grado di produrre fino a 100 m3/giorno.[32]

Funziona grazie ad un efficiente scambiatore di calore in grado di raffreddare l'acqua fino a una temperatura inferiore al punto di congelamento applicando una tecnica di raffreddamento all'avanguardia. In questo modo il freddo generato favorisce il congelamento dell'acqua senza la necessità di utilizzare additivi chimici. Dal congelamento dell'acqua si ottengono delle lamelle di neve secca completamente congelata, in assenza totale di umidità residua. Le lamelle di neve al loro interno hanno una temperatura di circa -5°C, grazie a questo accumulo di energia frigorifera, il processo di scioglimento risulta notevolmente rallentato.

L'impianto di tri-generazione può essere anche utilizzato per la produzione degli olii essenziali ricavati dall'abete rosso della Val di Fiemme.[33]

Nonostante siano state portate a livelli ottimali le performance energetiche tale sistema ha comunque un elevato consumo energetico.

32 Brochure SNOW FACTORY, TechnoAlpin

33 Snow Magazine, *Snow4Ever Thermal: neve a kilometro zero*, Demaclenko
https://www.demaclenko.com/

Posizionamento

Durante la fase di "progettazione" di un impianto di innevamento, oltre a definire gli aspetti riguardanti l'approvvigionamento idrico, la compressione dell'aria, la stazione di pompaggio; è necessario valutare con attenzione anche l'aspetto fondamentale legato al posizionamento dei generatori di neve. Ovviamente la potenza installata delle pompe deve soddisfare il fabbisogno di tutti gli innevatori presenti sulle piste.
La scelta della posizione di ogni singolo generatore viene definita con estrema cura tenendo in considerazione molteplici fattori, quelli più rilevanti sono in primis la morfologia della pista nonché le prestazioni garantite dal generatore stesso.
Solitamente gli innevatori, quelli fissi, vengono posti ad un intervallo regolare tra di loro in base alla capacità di produzione di neve su base oraria, va da sé che in caso la pista da sci si allarghi notevolmente l'interasse dei generatori sarà più ravvicinato. La scelta del generatore, più nello specifico, oltre a considerare il volume di neve da produrre e quindi la superficie e lo spessore di neve necessario, deve anche considerare il numero di ore di funzionamento durante le quali il generatore dev'essere in grado di produrre il volume di neve stabilito. Anche le condizioni climatiche, temperatura e umidità, che caratterizzano quella zona durante le campagne di innevamento vanno tenute in considerazione. Un particolare aspetto da non tralasciare sono le condizioni di ventosità, è preferibile posizionare il generatore di neve con il vento dominante che arrivi da "dietro", in questo modo si cerca di evitare che la neve prodotta cristallizzi intorno alla testa del generatore.

In alcuni generatori la testa è fatta in alluminio pressofuso con un efficace sistema di trasmissione del calore che evita la formazione di ghiaccio sia in presenza di temperature molto basse che in caso di venti contrari.[34]

Ovviamente il posizionamento degli innevatori va pensato anche in un'ottica di sicurezza per lo sciatore, essendo a bordo pista potrebbero risultare d'intralcio agli sciatori nonché una fonte pericolo. Per far fronte al problema della sicurezza tutti i generatori di neve devono essere protetti da un materasso che ha il compito di attutire l'urto in caso di collisione.

34 Backstage Magazine, *La lancia: performance e prestazioni sono questione di testa*, p.15
https://www.technoalpin.com/

APPLICAZIONE IN ALTRI AMBITI

L'Innevamento artificiale e più in generale la produzione di neve/ghiaccio, ha trovato e trova tuttora molte applicazioni nei campi più svariati.

_Commercio
Già nell'antica Roma vi era una netta distinzione tra il ghiaccio derivato dalla neve naturale e quello prodotto "artificialmente", dalla solidificazione dell'acqua. Il primo risultava essere meno quotato in quanto vi era in abbondanza, il secondo essendo molto più raro era un privilegio delle classi più benestanti.

Il ghiaccio proveniente dalla neve (*aquae nivatae*) veniva utilizzato nelle terme per raffreddare l'acqua del frigidarium, veniva usato per le abluzioni prima del pranzo e in generale per i lavacri domestici.

La neve veniva raccolta e trasportata a dorso dell'animale fino alle città dove veniva immagazzinata e conservata in apposite celle fino a necessità nei mesi più caldi.
I padroni delle ghiacciaie dell'Urbe vendevano il loro prodotto ai dettaglianti che a loro volta lo rivedevano al pubblico, oppure attraverso l'uso di schiavi lo si vendeva direttamente al pubblico.

Il commercio del ghiaccio divenne ben presto un vero e proprio *business*, tant'è vero che per esempio il Governo della Repubblica Genova non perse tempo a tassarlo istituendo nel 1640 la "gabella della neve".

Nel 1870, il Comune di Genova abolì questa tassa, lasciando libero il commercio del ghiaccio.

L'utilizzo del ghiaccio per usi terapeutici e per conservare cibi rimase inalterato fino al '900, quando con l'avanzare della produzione artificiale del ghiaccio diventò possibile disporne di grandi quantità a basso costo e direttamente disponibile nei luoghi di consumo.

_Fabbriche del ghiaccio
Intorno ai primi del '900, con l'avvento del metodo Linde che fu il primo sistema per la produzione in modo artificiale del ghiaccio, iniziarono a sorgere le prime fabbriche per la produzione di ghiaccio. Da queste fabbriche, i dettaglianti in particolare i carbonai, si approvvigionavano del ghiaccio necessario ad essere rivenduto presso le loro botteghe ai cittadini che ne avessero bisogno. Negli anni successivi alla Seconda Guerra Mondiale, con la diffusione del frigorifero per la conservazione di cibo e bevande, si assistette al declino fino alla quasi completa scomparsa delle fabbriche del ghiaccio.[35]

_Costruire
A partire dai primi anni '50 l'esercito statunitense iniziò la ricerca sulla formazione di ghiaccio artificiale per costruire ponti, strade e piste d'atterraggio in ambiente artico. In una prima fase si distribuiva acqua marina lasciando alle basse temperature il compito di congelare questa acqua, poi per rendere più veloce il procedimento si iniziò ad adottare tecniche di atomizzazione simili a quelle utilizzate oggi sulle piste da sci.

_Sanificare
Con la più che attuale emergenza Covid-19 si è presentata la necessità di sanificare differenti aree, dalle strade ai luoghi pubblici ai locali. Su iniziativa della Demaclenko, i cannoni a ventola per la produzione di neve programmata, sono stati riconvertiti come sistemi di sanificazione.
L'idea è quella di montare, su un camion dalle dimensioni idonee, il generatore di neve che invece che produrre neve, come suo solito, verrà collegato ad una pompa in grado di assicurare la pressione ottimale dell'acqua e ad un serbatoio contenente disinfettanti biodegradabili al 100%.
Come riportato dall'articolo de La Stampa[36] «Dopo i primi test positivi nella sede di Vipiteno – spiegano da Demaclenko – si è proceduto a un ulteriore test portato a compimento in collaborazione con i vigili del fuoco di Colle Isarco che hanno messo a disposizione un'autopompa antincendio. Si è avuta così conferma della massima mobilità ed efficacia del sistema, che può far affidamento su una gamma flessibile di applicazioni».
Dopo aver ottenuto il via libera dell'Agenzia provinciale per la protezione civile, il sistema sarà gratuitamente a disposizione dei Comuni altoatesini interessati ad usufruire a titolo gratuito di questo sistema per la sanificazione.[37]

35 Italo PUCCI, *La produzione del ghiaccio naturale nel genovesato* http://www.iisl.genova.it/mwa/content/structured/10/3/attachments/La%20produzione%20del%20ghiaccio%20naturale%20nel%20Genovesato.pdf

36 Max CASSANI, *Coronavirus, i cannoni spareneve riconvertiti in sanificatori delle strade*, La Stampa, 13 Aprile 2020 https://www.lastampa.it/montagna/turismo/2020/04/13/news/coronavirus-i-cannoni-spareneve-riconvertiti-in-sanificatori-delle-strade-1.38714432?refresh_ce

37 Demaclenko, Sistema di sanificazione mobile con i generatori di neve Demaclenko, Snow Magazine, Aprile 2020 https://www.demaclenko.com/

3.3 Investimenti pubblici

Spesso in Italia, le istituzioni, in materia di investimenti pubblici per aiutare l'economia di un settore in crisi da decenni come quello del turismo invernale, non considerano nel modo appropriato tutte le valutazioni fatte a livello mondiale e locale relativo all'innalzamento della temperatura come conseguenza dei cambiamenti climatici in atto. Quando si tratta di investimenti dedicati al turismo invernale, quali impianti di risalita e i loro annessi (come ad esempio l'innevamento programmato), le cifre stanziate dovrebbero tenere in considerazione i costi reali necessari al mantenimento di piste che devono essere fruibili dagli utenti degli sport invernali in un periodo in cui le condizioni meteo climatiche di temperatura non sono generalmente più adeguate a questo tipo di sport.

Un esempio è il protocollo siglato nel 2016 dalle Regioni Emilia-Romagna e Toscana con la presidenza del Consiglio

dei ministri, per un finanziamento a fondo perduto di 20 milioni di euro per costruire un nuovo impianto di risalita verso il lago Scaffaiolo e la creazione di un comprensorio sciistico tra il Monte Cimone, il Corno alle Scale e l'Abetone-Cutigliano (PT), sull'Appennino tosco-emiliano. Pochi mesi prima l'Arpa dell'Emilia Romagna aveva certificato che nei tre Comuni emiliani coinvolti le temperature medie si sono innalzate di oltre 1 grado. Legambiente Emilia-Romagna ha definito il progetto "accanimento terapeutico", mentre la locale sezione del Club Alpino Italiano ha sottolineato come l'82% delle presenze turistiche sull'Appennino riguardino il "turismo verde", quello estivo.[1]

A tal proposito, Luca Mercalli[2], in un'intervista televisiva del programma di Peter Gomez, sottolinea che andrebbero ripensati gli investimenti pubblici sul turismo invernale in quanto la neve, ormai è presente solo ad altitudini sopra i 2.000 metri, mentre più in basso si trovano paesaggi primaverili.

Sarebbe quindi più appropriato pianificare gli investimenti considerando prioritariamente i dati relativi ai cambiamenti climatici e l'innalzamento delle temperature, in tal modo risulterebbe evidente che per alcune stazioni sciistiche a quote troppo basse, sotto i 1500-2000m s.l.m. non si avrebbero bilanci economici positivi in seguito alla loro realizzazione. Alcuni studi condotti indicano che nel 2080 in Svizzera, la quota neve idonea per riuscire a praticare lo sci dovrebbe essere intorno ai 2.200 metri di altitudine, mentre per i nostri versanti una situazione analoga potrebbe verificarsi intorno al 2050.[3]

Luigi Bertshcy, assessore valdostano, all'inizio della stagione 2019-2020, ha dichiarato che in Valle d'Aosta le quote medie di caduta neve sono al di sopra dei 2.100 metri e per questo, è opportuno ragionare sulla logica di progettare nuovi impianti se possibile tra i 2.000 e i 3.100m.[4]

Una fotografia della reale situazione è ben analizzata nel Dossier 2019 *Neve Diversa, Sport invernali e cambiamenti climatici*, di Legambiente "*Eppure lo snow business continua ad attrarre investimenti milionari, ma le istituzioni non incoraggiano una progettualità per la riconversione a un turismo adatto al clima che sta cambiando: e il denaro pubblico serve a finanziare non solo le grandi stazioni in quota, ma anche i tentativi di rilancio di località sciistiche dove la neve artificiale è la norma e i fiocchi naturali rappresentano un evento eccezionale.*"[5]

Dello stesso parere è l'ing. Maurizio Beria, presidente dell'Unione Montana via Lattea (Val di Susa, Torino), questo tipo di realtà vive principalmente del turismo, in prevalenza di quello invernale, a tal proposito spiega che "*ormai i cambiamenti climatici e gli scenari che si prospettano ci impongono di adeguarci*"[6]. È necessario un adeguamento da parte delle società di gestione privata dei comprensori sciistici per quanto riguarda gli investimenti nelle stazioni al di sotto dei 2.000 metri. Continuando, "*stiamo concentrando gli investimenti nel potenziare l'area sopra i 2.000, compreso, se ci verrà consentito, attraverso la costruzione di bacini idrici per l'innevamento artificiale*"[7].

A fronte di nuovi investimenti su comprensori sciistici non è facile definire con precisione la quota parte degli investimenti dedicata esclusivamente all'installazione di generatori di neve, questo perché spesso i capitoli di spesa rientrano in "pacchetti" che comprendono fondi per l'ammodernamento degli impianti di risalita, la sicurezza delle piste e la costruzione di bacini di accumulo per stoccare l'acqua necessaria per produrre la neve.

In Alto Adige i sussidi statali per gli impianti di innevamento raggiungono il 23% dei costi di investimento.

Risulta essere necessario, per mantenere viva una parte delle attività economiche delle zone di montagna far fronte ai cambiamenti climatici favorendo l'installazione di impianti di innevamento al fine di garantire lo sfruttamento turistico dei comprensori, sia ad inizio che fine stagione sciistica, nei periodi in cui l'innevamento naturale risulta estremamente ridotto. Pur tenendo in considerazione che tale assunzione non è applicabile a tutte le stazioni sciistiche.

Ad oggi, circa l'80% delle stazioni sciistiche in Italia, indipendentemente dalla dimensione, sono dotate di impianti di innevamento.

Gli investimenti non arrivano solo dall'Italia, infatti, è importante sottolineare l'intervento da parte dell'Unione Europea che ha pianificato di investire, tra il 2014 e il 2020, in Italia oltre 44,6 miliardi di euro di fondi strutturali. Tale investimento è stato destinato in parte a finanziare l'ammodernamento e la creazione di nuovi comprensori sciistici e in parte è stato destinato all'innevamento programmato.

1 Claudia APOSTOLO, Vanda BONARDO, *Neve Diversa, Sport invernali e cambiamenti climatici*, Dossier 2019, Legambiente, 2019

2 Luca MERCALLI, meteorologo e climatologo, presiede la Società Metereologica, dirige la rivista Nimbus. Inoltre si occupa della ricerca sulla storia del clima e dei ghiacciai delle Alpi.

3 Luca ANDREAZZA, *Con il gennaio più caldo di sempre (1,14 °C in più della media del Novecento) il Pianeta grida "aiuto". Mercalli: "Ripensare gli investimenti pubblici in montagna"*, il Dolomiti, Febbraio 2020

4 Maurizio DEMATTEIS, *La salvezza delle nostre montagne non passa dallo sci alpino*, tratto da AA.VV, *Turismo bianco futuro nero*

5 Claudia APOSTOLO, Vanda BONARDO, *Neve Diversa, Sport invernali e cambiamenti climatici*, Dossier 2019, Legambiente, 2019

6 Maurizio DEMATTEIS, *I giganti dello sci*, Dislivelli, 2019 http://www.dislivelli.eu/blog/i-giganti-dello-sci.html

7 *Ibidem* nota 6

Con la Deliberazione della Giunta regionale del 03.08.2017, il Piemonte ha destinato 7,2 milioni di euro per l'innevamento artificiale per le stagioni 2017/2018 e 2018/2019 per i cosiddetti comuni olimpici.

Viene definito un contributo pari a 2,30 € per ogni metro cubo di neve prodotta.

Gli investimenti destinati agli impianti di innevamento sono molto elevati e riguardano tutti i costi necessari alla gestione di un impianto di innevamento. Sono quindi ricomprese le spese energetiche, i costi relativi all'approvvigionamento idrico, la manutenzione e la custodia degli impianti nonché le spese relative al personale addetto alla produzione della neve. Inoltre, nell'elenco dei costi coperti dagli investimenti, rientrano i costi del carburante, l'ammortamento dei beni di proprietà del gestore, tra cui i gatti battipista che consentono la preparazione del manto nevoso delle piste.[8]

I gatti battipista consumando fino a 30 litri di gasolio all'ora.

Per quanto riguarda gli investimenti che sarebbero necessari relativi all'approvvigionamento idrico, è stato promosso uno studio da parte di UNCEM Piemonte, con il supporto di A.R.P.I.E.T. (Associazione Regionale Piemontese delle Imprese Esercenti Trasporto a fune in connessione), per analizzare con un approccio sistematico di come far fronte all'esigenza di nuove capacità di stoccaggio di acqua. Attraverso questo studio, condotto su 15 realtà diverse interessate ad ampliare le loro già esistenti capacità di accumulo della risorsa idrica, è stato valutato che il costo di realizzazione si pone intorno ai 30-35 €/m^3 di acqua di nuovo stoccaggio. Considerando che, come riportato nel capitolo relativo ai sistemi di stoccaggio, l'accumulo di acqua viene effettuato in bacini con una capacità variabile dai 6.000 m^3 ai 40.000 m^3, fino ad arrivare ad un caso isolato di160.000 m^3, gli impegni finanziari risultano essere molto importanti. Questo aumento dei volumi di stoccaggio porterebbe un incremento del 306% della capacità di stoccaggio idrica attualmente disponibile che risulta essere di 132.400 m^3, arrivando ad ottenere 537.300m^3 di risorsa idrica stoccata.

Un incremento così considerevole si traduce con una necessità di investimento globale di circa 16,2 milioni di euro, così ripartite: 4,7 milione per le opere di adduzione e pompaggio e 11,5 per la realizzazione dei nuovi bacini.

Tra i vari comprensori analizzati troviamo anche il bacino in progetto del comprensorio, Monterosa Ski di Alagna Valsesia, di cui la presente tesi, con capacità massima di invaso pari a 40.000 m^3 di acqua, che ha un costo di realizzazione pari a 800.000 €.[9]

[8] https://www.legambiente.it/

[9] Claudio FRANCIONE, Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016

Cartolina di Alagna - Ebay

4

Alagna Valsesia

Alagna Valsesia, in Provincia di Vercelli, è una piccola cittadina di appena 400 abitanti a circa 1200 m di altitudine, incastonata tra le vette delle Alpi Pennine. La Valsesia ha origine nel versante meridionale del Monte Rosa e seguendo l'andamento del fiume Sesia dalla sorgente, si snoda fino alle prime pianure dell'area di Romagnano. Risalendo fino al ghiacciaio della Sesia, e oltre, fino al confine con la Svizzera si arriva a toccare la quota massima sulla punta Gnifetti, ad oltre 4556 m di altitudine, dove ha la sua sorgente il fiume Sesia, nonché è possibile raggiungere la Capanna Osservatorio Regina Margherita.

Il massiccio del Monterosa è più esteso delle Alpi ed il secondo più alto d'Italia.

Punta Dufour è la vetta più alta del Monte Rosa (Svizzera) con i suoi 4634 m.

La Valsesia confina a nord con la Valle Anzasca, ad ovest con la Val di Gressoney, a sud con il biellese e ad est con la Val Strona e il lago d'Orta. Questa valle è caratterizzata da una particolare forma ad "S" sdraiata, inoltre si contraddistingue per una variegata increspatura montana e valliva che viene disegnata dalla presenza dei ghiacciai e dall'erosione subita nel corso di milioni di anni. Il ghiacciaio della Sesia, che origina l'omonimo fiume, è in prossimità del confine con la Svizzera in cui si trova la punta Gnifetti (m 4559) sulla quale è costruita la Capanna Regina Margherita.
Nel suo territorio si estende parte del Parco Naturale Alta Valsesia, i cui confini arrivano fino alla punta Gnifetti, definito il "Parco più alto d'Europa".

Da Alagna non è possibile vedere il Monte Rosa celato dai Corni di Stoful.

Alagna e Riva (Riva Valdobbia), situate sul fondovalle valsesiano, per la continuità geografica e le vicende storiche comuni, sono da sempre comunità legate e rivali.

Il comune di Riva Valdobbia, dal 2019 ha cessato di esistere a seguito dell'incorporazione nel confinante comune di Alagna Valsesia.

Anticamente costituivano una comunità unica, conosciuta con il toponimo Pietre Gemelle, nome che lascia intuire la duplice identità fin dalle origini, simboleggiata dai due imponenti massi, appunto gemelli, visibili tutt'oggi nel giardino del residence omonimo.

La leggenda narra che un macigno, rotolato dal fianco del monte, all'impatto con il fondo della valle si spaccò in due parti uguali tra loro, che sembravano guardarsi in faccia. Queste pietre, situate a metà strada tra i due comuni di Alagna Valsesia e Riva Valdobbia, diedero il nome alla comunità (al tempo unita) fino al 1475.[1]

Nel 2013 viene assegnato ad Alagna Valsesia il marchio "Borghi Sostenibili" che costituisce di fatto uno degli strumenti con cui la Regione Piemonte intende promuovere e qualificare l'offerta turistica.

1 http://www.pietregemelle.it/

CAPANNA MARGHERITA

Il sito relativo ai Laboratori Scientifici "Angelo Mosso" al Col d'Olen (2901 m s.l.m.), sono entrati nella Rete LTER (Long Term Ecosystem Research) Italia nel 2009, che insieme ad altri sei siti di ricerca collocati tra un'altitudine compresa tra i 2100 e 3300 m s.l.m., sono rappresentativi degli ambienti d'alta quota delle Alpi Nord-Occidentali. Si tratta di ambienti dove la neve permane al suolo dai cinque agli otto mesi, caratterizzati da lariceti, peccete e praterie alpine, con suoli a diverso grado evolutivo. Le principali tematiche di ricerca, sviluppate con un approccio interdisciplinare, riguardano non solo la fisiologia umana, ma anche le caratteristiche dei suoli e della vegetazione del piano subalpino, alpino e nivale nonché la meteorologia alpina e la glaciologia.[2]

Questi Laboratori Scientifici situati sul Col d'Olen (2901 m s.l.m.), rappresentano il fulcro di questo sito di ricerca, essi furono costruiti tra il 1905 e il 1907, quando apparve evidente che la Capanna Regina Margherita sul Monte Rosa (4559 m s.l.m.), era ormai diventato ormai insufficiente come centro di ricerca d'alta quota date le sempre più numerose richieste di utilizzo da parte della comunità scientifica internazionale.

Da qui l'idea promossa da Angelo Mosso (1846-1910, professore di fisiologia umana dell'Università degli Studi di Torino), di affiancare un'ulteriore struttura, all'Osservatorio della Capanna Regina Margherita, che fosse in grado di mettere a disposizione dei ricercatori laboratori sempre più ampi, e di permettere soggiorni di studio anche protratti ad alta quota.[3]

Dal 2005 sono in corso attività di ricerca sulle specifiche interazioni neve/substrato, in particolare sulle dinamiche del carbonio e degli elementi nutritivi del suolo (come l'azoto), e alle caratteristiche dei suoli antropogenici (ad es. piste da sci).[4]

Foto G. Tiraboschi

2 AA.VV., *Ambienti d'alta quota, Alpi Nord Occidentali*, in *La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-ITALIA), Situazioni e prospettive dopo un quinquennio di attività (2006-2011)*, a cura di Roberto BERTONI, LTER Italia, 2012, p.47

3 *Ibidem* p.48

4 *Ibidem* p.49

BORGHI SOSTENIBILI

Nato nel 2011, il marchio "Borghi sostenibili del Piemonte" è uno strumento per la promozione e qualificazione dell'offerta turistica. Viene assegnato da una commissione di esperti che valuta oltre 20 criteri, tra cui la tutela delle risorse idriche, il contenimento dei rifiuti, il risparmio energetico e la valorizzazione del patrimonio architettonico e naturalistico. Quindi, un ambito riconoscimento, ma anche un impegno da parte di tutta la comunità per il mantenimento e miglioramento dei fattori che hanno determinato l'attribuzione del marchio.

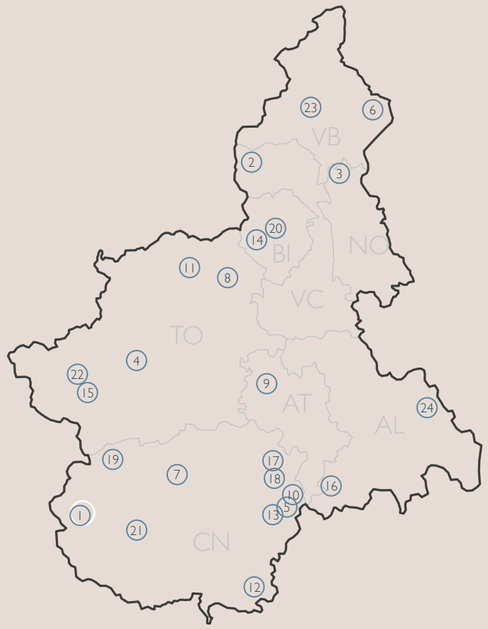
Nel 2013 Regione Piemonte ha scelto l'Environment Park come supporto allo sviluppo del progetto e come esperto di tematiche legate alla sostenibilità e alle buone pratiche energetico-ambientale. Insieme, hanno dato vita al progetto "Borghi sostenibili del Piemonte" e all'omonimo marchio. Il progetto si inserisce nell'ambito delle strategie della Regione Piemonte volte a promuovere località e destinazioni turistiche sostenibili, valorizzando e premiando le iniziative in ambito di tutela dell'ambiente e turismo responsabile intraprese dai Comuni del territorio. Rientrano i Comuni con popolazione inferiore ai 1.000 residenti che valorizzano le proprie risorse turistiche e sportive in un'ottica di sostenibilità.

La valutazione, articolata in una parte documentale e un sopralluogo sul territorio, fa riferimento a:

- Qualità ambientale del territorio e degli attrattori
- Politiche per la sostenibilità dell'ambiente e del turismo
- Politiche per la sostenibilità energetica
- Qualità ambientale del sistema ricettivo

Il marchio "Borghi Sostenibili" costituisce uno degli strumenti pratici con cui la Regione Piemonte intende promuovere e qualificare l'offerta turistica.[5]

5 Marialaura MANDRILLI, Alex OSTORERO, Bruno MANDOSSO, *Borghi alpini, perché il ritorno alla montagna è possibile*, UNCEM Piemonte, Torino, 2015



1. Acceglio
2. Alagna Valsesia
3. Ameno
4. Avigliana
5. Bergolo
6. Cannero Riviera
7. Castellar
8. Colleretto Giacosa
9. Cortazzone d'Asti
10. Cortemilia
11. Frassinetto
12. Garessio
13. Levice
14. Magnano
15. Massello
16. Mombaldone
17. Neive
18. Neviglie
19. Ostana
20. Ricetto di Candelo
21. San Damiano Macra
22. Usseaux
23. Vogogna
24. Volpedo

WALSER

Alagna fa parte delle "sentinelle tedesche attorno al Rosa", vengono definite così le colonie dei Walser da Horace-Bénédict De Saussure[6] durante il suo viaggio nella seconda metà del '700.

La colonizzazione da parte del popolo proveniente dal Vallese svizzero risale alla fine del 1200.

Le comunità Walser che si stanziarono ad Alagna erano provenienti da Macugnaga e dopo aver varcato il Passo del Turlo occuparono inizialmente i ricoveri dei mandriani nella zona di Mud per poi successivamente spostarsi verso la zona chiamata alpe di Alagna (oggi è la frazione di Pedelegno). In totale però, le colonie Walser a sud del Monte Rosa, fondate tra il XII e il XIII secolo sono sei Alagna, Riva, Rima, Carcoforo, Rimasco e Rimella.

6 Naturalista e fisico svizzero, si dedicò principalmente a ricerche sui ghiacciai, effettuando anche ardite ascensioni sul Monte Bianco (tra il 1787 e 1788), sul Monte Rosa (1789), sul Piccolo Cervino (1792), ecc. http://www.treccani.it/enciclopedia/horace-benedict-de-saussure/

L'integrazione dei Walser con il resto delle popolazioni valsesiane fu assai lenta. Mentre i contatti con la terra d'origine rimasero inalterati per lungo tempo. Attraverso una fitta rete di collegamenti, mediante i quali riuscivano a giungere alle colonie sale, attrezzi in metallo per lavorare la terra, granaglie e abiti. Sicuramente l'integrazione non fu facilitata dalle differenze linguistiche, in quanto la lingua parlata dai Walser è una particolare variante del dialetto tedesco meridionale, chiamata "altissimo alemanno", ed è molto simile al dialetto svizzero tedesco nella sua forma più arcaica: il *titzschu* di Alagna Valsesia e Rimella in Valsesia è una delle sue tre varianti ancora esistenti in Italia.[7]

Le comunità agro-pastorale dei Walser erano dedite alla pastorizia e all'agricoltura, e con la loro cultura, le loro tradizioni e i loro caratteristici edifici rurali lasciarono un segno profondo in molte zone dell'alta Valsesia. I Walser costruivano abitazioni in modo efficiente, oltre che essere autosufficienti, al loro interno ospitavano sotto lo stesso tetto stalla, spazi destinati al riposo, alla vita sociale e alla conservazione dei cibi.

Nasce in quel periodo la volontà di rendere abitabili le terre alte e per tale scopo i proprietari terrieri si affidano ai "colonizzatori d'alta quota". Così vengono ricordati ancora oggi i Walser perché furono i primi a fondare villaggi stabilmente abitati oltre i 1000/1100 metri s.l.m.

Con i loro insediamenti cambia la storia dell'antropizzazione alpina.

7 https://www.e-borghi.com/it/borgo/248/Vercelli/alagna-valsesia#show

Dal 1410 iniziarono alcuni cambiamenti, i Walser di Alagna assunsero dagli affittuari di Rocca e Campertogno l'impegno di sfruttare gli alpeggi previo versamento di un canone annuo di affitto insediandosi così su quella terra in modo legale. Dopo questa data il cordone ombelicale che ancora li legava alle terre d'origine andò atrofizzandosi e con l'acquisto del diritto di vicinanza, sale, attrezzi e generi di prima necessità vennero barattati al mercato di Varallo Sesia con bestiame e formaggi.

IL MUSEO

Grazie a realtà come il Museo Walser, in frazione Pedemonte, inaugurato nel 1976, la cultura walser continua a rivivere. Si tratta di una costruzione tipicamente Walser perfettamente conservata che risale al 1628, è un esempio inalterato di ciò che la Casa Walser fu nei secoli e del suo utilizzo. Nel museo viene racconta la vita quotidiana della popolazione attraverso gli strumenti di uso comune.

L'edificio dove è stato predisposto il museo è disposto su tre piani, con il basamento di pietra su cui poggia la parte di legno "Blockbau", interamente in legno originale, mentre la copertura è in piode "blatte", lastre di pietra. Al piano seminterrato si trovano la stalla con il pavimento in sasso, il soggiorno adiacente e comunicante con essa, con il pavimento di legno, la cucina con gli strumenti per la cottura dei cibi, la stanza per la lavorazione del latte e il locale per la preparazione dei filati e la tessitura della canapa. Al piano rialzato, sopra la stalla, sono allestite la stanza da letto, detta Stuba, con l'alcova, la stanza per il deposito degli attrezzi da falegname, il locale degli oggetti artigianali e la sala dei documenti. All'ultimo piano si visita il fienile con esposti gli attrezzi per l'agricoltura e per la lavorazione del legno e la dispensa con scaffali e rastrelliere usate per conservare i cereali e i cibi.[8]

8 Flaminia GIURATO, *Alagna Valsesia, ai piedi del Monte Rosa con i Walser*, La Stampa, Novembre 2019, https://www.lastampa.it/montagna/turismo/2017/09/12/news/alagna-valsesiaai-piedi-del-monte-rosa-con-i-walser-1.34418513?refresh_ce

4.1 Il comprensorio MonterosaSki

Il MonterosaSki è un comprensorio sciistico che si trova ai piedi del Monte Rosa, nel cuore delle Alpi italiane.

Il Monte Rosa è il secondo massiccio più alto d'Europa.

Lo ski resort si articola a cavallo tra il Piemonte e la Valle d'Aosta. Le valli di Alagna, Gressoney, Champoluc, compongono i vasto sistema di stazioni del comprensorio MonterosaSki, per un totale di più 180 km di piste. Le "3 Valli sci ai piedi", sono il corpo principale del comprensorio a cavallo tra le due regioni confinanti, ed è completato da altre 5 stazioni satellite di località.

È possibile raggiungere i 3275 m con Punta Indren con la cabinovia del Passo dei Salati-Indren.

Monterosa Ski

- **comprensorio dal 2013**
- **3 valli** collegate tra loro sci ai piedi Valle d'Ayas, Valle di Gressoney e Valsesia
- più di **180 km di piste**
- **170 km d'innevamento programmato**
- **6 località alpine**
- **780.000 metri cubi di neve programmata** prodotta mediamente in una stagione invernale
- **2 valichi alpini** per il passaggio degli sciatori: Colle Bettaforza (2727 m s.l.m.) e Punta Indren (3275 m s.l.m.)
- **37 impianti**
- **49 piste**

La società Monterosa 2000 S.p.A., costituita nel 1996, nacque per contribuire al rilancio e all'ammodernamento del comprensorio sciistico di Alagna Valsesia (è la parte piemontese del comprensorio MonterosaSki), che in quegli anni stava vivendo una situazione di grave crisi legata appunto alla necessità di rinnovamento degli impianti e del comprensorio. Oggi è conosciuta a livello internazionale come paradiso dei *Freeriders*.

Gli impianti di risalita trasportano gli utenti dai 1212 metri dal centro di Alagna, fino ai 3275 metri di Punta Indren, nel cuore del ghiacciaio del Monte Rosa.

Punta Indren, nel periodo invernale, è punto di ritrovo di numerosi freeriders. Base da cui partire per le proprie avventure.

La parte del comprensorio di Alagna Valsesia, ad oggi, è costituito da una varietà di piste notevole, sia per i principianti che per i più esperti.
Totale piste: 11 così suddivise

- 6 Piste Blu 55%
- 3 Piste Rosse 27%
- 2 Piste Nere 18%

Nel comprensorio è presente anche un'area, denominata Wold, dedicata ai principianti.[1]

[1] Questa zona del comprensorio, staccata dal resto delle piste, in questa sede non verrà trattata.

Il Comprensorio, ancora oggi, è sottoposto ad un lungo processo di miglioramento. Dall'istituzione della Società, nel 2000 è stata realizzata una telecabina (denominata Alagna-Pianalunga) e una seggiovia (Pianalunga-Bocchetta delle Pisse).

Tra il 2003 e il 2004, con la messa in servizio dell'impianto Funifor "Pianalunga – Cimalegna – Passo dei Salati", è stato possibile garantire il collegamento intervallivo fra il Piemonte e la Valle d'Aosta. Parallelamente sono state realizzate delle nuove piste a servizio dell'impianto che ne permettono il collegamento, sci ai piedi, fra le due Regioni. In particolare, è stata realizzata la nuova pista di sci nella Valle d'Olen (chiamata appunto Olen) e altri due tracciati sull'Altopiano di Cimalegna.

Nella zona bassa del comprensorio, è stata risistemata la pista di discesa esistente che collega Pianalunga, all'abitato di Alagna, ed è stato completato il nuovo impianto di innevamento programmato che si estende da Bocchetta delle Pisse fino ad Alagna. È proprio in questa occasione che sono stati costruiti i due serbatoi interrati in calcestruzzo per lo stoccaggio dell'acqua necessario al funzionamento dell'impianto di innevamento.

Successivamente si è proceduto con la realizzazione dell'impianto di innevamento a servizio della pista Olen, che si è aggiunta all'installazione già presente sulla pista "Pianalunga-Alagna".

A completamento dello scenario impiantistico descritto, nel 2017 è entrata in funzione la nuova seggiovia "Cimalegna", grazie a cui è stato possibile un aumento considerevole delle capacità di trasporto della linea Alpe Pianalunga-Cimalegna-Passo dei Salati. Originariamente era servita dal solo impianto Funifor che non era più in grado di smaltire i picchi di portata presenti durante la stagione invernale.
L'ultima novità del comprensorio è l'apertura, nella stagione sciistica 2019-2020, di due nuove piste, la Mullero 2 (o Mullero Competition) e il Raccordo Mullero. All'apertura di queste piste si è ampliato il sistema di innevamento già presente per garantirne il servizio alle nuove piste.

Il sistema di innevamento programmato, come descritto al capitolo precedente, sarà visto in dettaglio applicato al progetto di studio.

COSTRUZIONE IMPIANTI DI ALAGNA

Sul finire dell'Ottocento, lo sviluppo turistico e l'energica svolta vissuta da Alagna e Riva Valdobbia, videro il centro di Alagna trasformarsi, sorsero numerose ville in stile liberty (come ad esempio Casa Smitt o Smith), destinate a locazione turistica. Queste ville liberti si fusero con l'antica architettura Walser, infatti il Liberty ad Alagna, venne importato dagli alagnesi che in Francia e in Spagna avevano fatto fortuna, e si fonde in modo armonico con il legno e la pietra tipiche dell'architettura locale.

Già negli anni '30 dopo la costruzione del rifugio Guglielmina al Col d'Olen, fu proposto un progetto che prevedeva l'installazione di un impianto a fune in grado di collegare il rifugio al paese, ma a causa di una mancanza di fondi il progetto rimase inapplicato.

Alcuni anni dopo, intorno al 1948, sempre con l'intenzione di collegare il centro di Alagna con il Col d'Olen, si costruì il primo impianto di risalita, l'ovovia del Belvedere inaugurata il 2 luglio 1950 da Alcide De Gasperi. Alla stazione di monte si trovava l'albergo Belvedere, costruito agli inizi del '900, fino ad allora era tappa fissa per gli escursionisti del Monte Bianco in estate, diviene la base della stazione sciistica.

L'impianto dell'ovovia del Belvedere fu chiuso nel 1971, dopo che un grave incidente in cui persero la vita quattro persone, ne compromise gravemente il funzionamento. L'anno successivo a causa delle copiose nevicate, l'albergo Belvedere, si sfondò sotto il peso della neve; chiudendo definitivamente l'espansione delle piste di sci verso Otro.

Un gioco che appassiona i giovani del posto era la discesa dal Belvedere in velocità, cercando di arrivare in paese prima che gli ovetti avessero compiuto un giro completo. Considerato che gli ovetti viaggiavano alla velocità di 3 metri al secondo e il dislivello Alagna Belvedere era di 600 metri, si trattava davvero di tempo da record.

In quegli anni il comprensorio sciistico, grazie ai tre impianti di risalita e alle cinque piste principali, era diventata in fretta una stazione fiorente, tanto che aveva visto nascere varie attività legate allo sci (noleggio attrezzature da sci, una scuola di sci) e si prospetta un ulteriore ampliamento degli impianti.

Nel frattempo però, si era concretizzato il desiderio di collegare Alagna al Monte Rosa, con la nascita degli impianti di Punta Indren, che conducevano a 3260 metri. La funivia di Punta Indren, inaugurata il 1° maggio 1965, fu voluta dall'ingegnere Giorgio Rolandi, lungimirante imprenditore, che seppe capire il valore di un'opera che avrebbe poi stravolto l'economia del paese.

La sua costruzione segnò il passo tra il passato e il futuro di Alagna e Riva Valdobbia.

Rolandi progetta e finanzia questo progetto all'avanguardia e grandioso: Alagna-Zaroltu-Bocchetta delle Pisse-Punta Indren sul ghiacciaio omonimo. La realizzazione della funivia di Rolandi coinvolse gran parte della popolazione di Alagna e Riva, e questo fece sì che si riaccendessero gli animi e ne stimolò la ripresa economica.

La stazione di Punta Indren fu costruita, senza l'ausilio di macchinari, in inverno anche nei mesi di febbraio e marzo. Tramite una teleferica, il cemento tiepido, giungeva al cantiere sul Monte Rosa, questa operazione impiegava circa 50 minuti e ne garantiva gettate di 6/7 m^3 al giorno, in una camera riscaldata. La stessa teleferica veniva usata dall'ingegnere per raggiungere il cantiere che teneva costantemente sotto controllo. Per questo, fece costruire un seggiolino monoposto che veniva agganciato al bisogno alle funi e lo conduceva a Punta Indren senza fatica.

In sei anni vennero realizzati i 3 tronconi del collegamento per un totale di 6,3 km e circa 2000 metri di dislivello.

Gli impianti di risalita erano in grado di garantire anche lo sci estivo grazie alla presenza in quota dei ghiacciai e permettevano un più facile accesso alle punte del massiccio, oggetto di grande interesse alpinistico, in più all'arrivo di Punta Indren era presente una moderna struttura con ristorante e bar a 3260m.

Col passare degli anni cambiarono le esigenze, e un numero sempre maggiore di persone si avvicinano al Monterosa. Nel 2000 la Regione autonoma Valle D'Aosta e la Regione Piemonte concordano la nascita di un collegamento funiviario creando un comprensorio intervallivo attraverso il Passo dei Salati. Le nuove tratte Alagna-Pianalunga e la seggiovia Pianalunga-Bocchetta vanno a sostituire la Alagna-Zaroltu-Bocchetta. Come detto nel capitolo precedente, nel 2004 venne messo in funzione il funifor Pianalunga-Cimalena-Passo dei Salati, e successivamente nel 2009, con la realizzazione del funifor Passo dei Salati-Indren venne di nuovo garantito l'accesso a Punta Indren, che aveva visto la chiusura della terza tratta delle funivie di Alagna già nel 2007.

_PARCO NATURALE ALTA VALSESIA

È importante sottolineare la presenza del Parco Naturale in prossimità dell'impianto sciistico, per avere un quadro generale della zona.

Istituito nel 1979, il Parco Naturale Alta Valsesia si caratterizza come parco alpino per eccellenza, sviluppandosi dagli 880 m di Fobello ai 4.559 m della Punta Gnifetti ed è pertanto il parco più alto d'Europa.

Il Parco ha un'estensione di 6.511 ettari

È conosciuto con il Parco alpino per antonomasia, è dominato dalla presenza del massiccio del Monte Rosa e dei suoi ghiacciai che, in particolare nel territorio di Alagna, formano uno straordinario ed emozionante fondale alle escursioni.

I suoi confini occidentali e nordoccidentali corrono sullo spartiacque che separa la Valsesia dalla Valle di Gressoney, dal territorio elvetico e della Valle Anzasca. A est il suo confine coincide con la cresta alpina del massiccio del Monte Rosa, toccando i 4.559m della Punta Gnifetti.

Gran parte del parco risulta caratterizzato da una morfologia di tipo glaciale; infatti i ghiacciai che hanno costituito per secoli l'elemento predominante della Valsesia, formano tutt'oggi un suggestivo fondale nel territorio di Alagna, influenzando con la loro presenza, l'ecosistema del parco.[2]

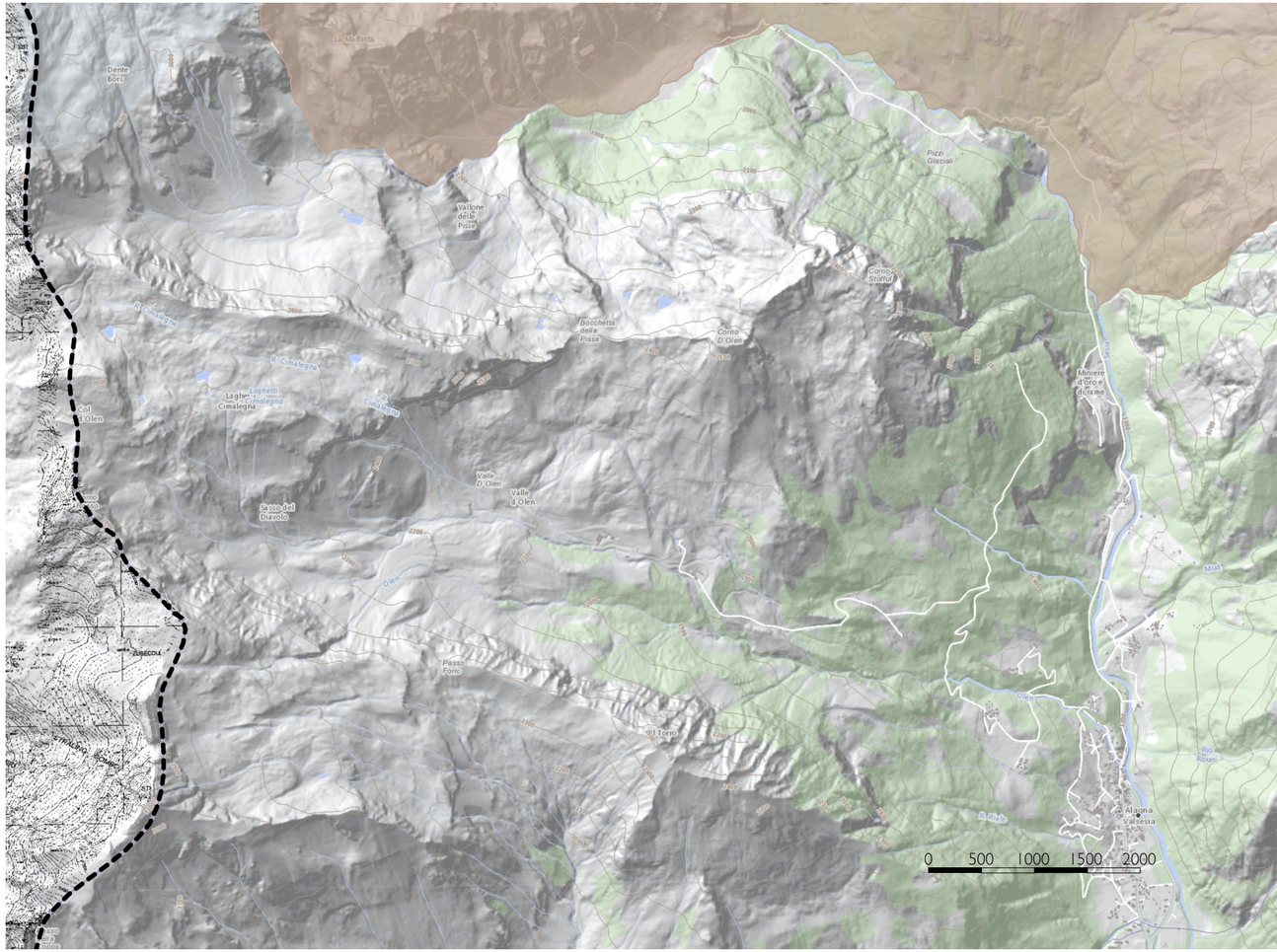
La gestione del territorio è affidata ai guardia parco, che hanno funzione di polizia giudiziaria ma anche di studio sull'area protetta, raccolta di dati, sviluppo dell'educazione ambientale.

Come riportato dal sito dell'Area Protetta Valle Sesia, il Parco Naturale Valsesia è caratterizzato da vegetazione propria del piano alpino e subalpino: si passa dai boschi di larice, alle praterie alpine e, ancora più in alto, alla specie pioniere degli ambienti più estremi. Nelle aree non interessate dai ghiacciai è presente la vegetazione tipica del piano montano, rappresentata da fitti boschi di faggio e abete bianco.

La fauna del parco è l'esempio più immediato di cosa vuol dire proteggere: stambecchi, camosci, marmotte, caprioli, galli forcelli, lepri variabili e non di rado l'aquila reale, rappresentano solo alcune delle specie presenti sul territorio e che si possono osservare durante un'escursione.[3]

Legenda:

Parco Naturale Alta Valsesia



2 Alta Valsesia –Scheda https://www.areeprotettevallesesia.it/it/valsesia?idareaintervento=42#briciole

3 *Ibidem*, Alta Valsesia –Scheda https://www.areeprotettevallesesia.it/it/valsesia?idareaintervento=42#briciole

_RETE NATURA 2000

La rete di protezione Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e di fauna minacciati, o rari a livello comunitario.

All'interno di queste aree le attività umane non sono escluse, in quanto queste zone, non sono riserve rigidamente protette. La Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali" (Art. 2).

Soggetti privati possono essere proprietari dei siti Natura 2000, assicurandone una gestione sostenibile sia dal punto di vista ecologico che economico.

La Direttiva riconosce il valore di tutte quelle aree nelle quali la secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra attività antropiche e natura. Alle aree agricole, per esempio, sono legate numerose specie animali e vegetali ormai rare e minacciate per la cui sopravvivenza è necessaria la prosecuzione e la valorizzazione delle attività tradizionali, come il pascolo o l'agricoltura non intensiva. Nello stesso titolo della Direttiva viene specificato l'obiettivo di conservare non solo gli habitat naturali ma anche quelli seminaturali (come le aree ad agricoltura tradizionale, i boschi utilizzati, i pascoli, ecc.).

Un altro elemento innovativo è il riconoscimento dell'importanza di alcuni elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione per la flora e la fauna selvatiche (art. 10). Gli Stati membri sono invitati a mantenere o all'occorrenza sviluppare tali elementi per migliorare la coerenza ecologica della rete Natura 2000.

La rete Natura 2000 è composta da:
ZSC/SIC – Zone Speciali di Conservazione/ Siti di Importanza comunitaria, i siti SIC vengono identificati dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat e successivamente vengono designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC).
ZPS – Zone di Protezione Speciale, istituite ai sensi della Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

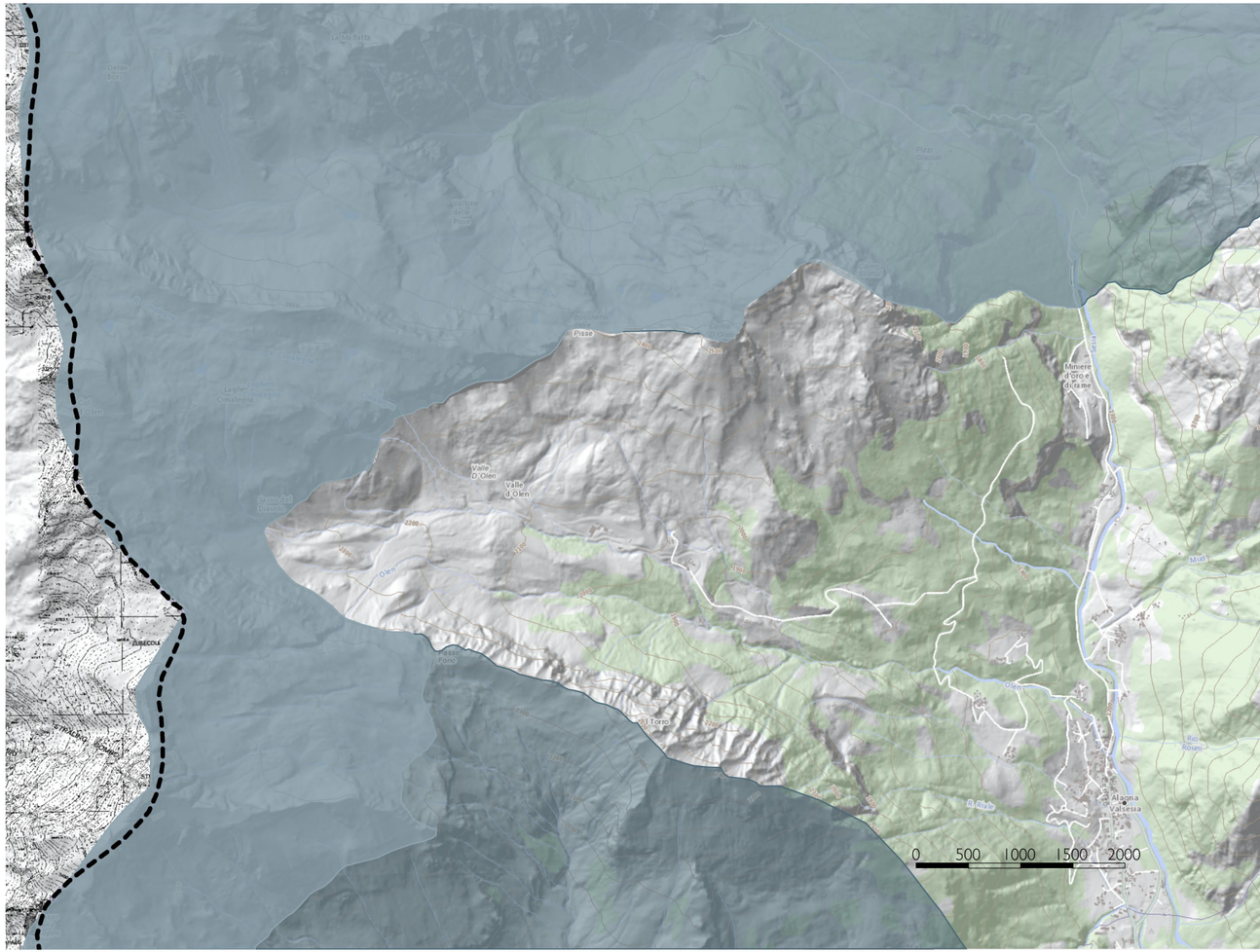
In Italia, i SIC, le ZSC e le ZPS coprono complessivamente circa il 19% del territorio terrestre nazionale, e più del 7% di quello marino.[4]

Legenda:

SIC

ZPS

4 https://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000



LE VALANGHE

L'Europe Avalanche Waring Services, definisce una generica valanga come un movimento rapido di una massa nevosa, grande o piccola che sia.
Possono essere prodotte da cause naturali, in questo caso si avranno valanghe spontanee, oppure potrebbero essere prodotte dall'uomo sia volontariamente che involontariamente.

Le statistiche dimostrano che oltre il 90% dei casi, il distacco è provocato dagli infortunati stessi.[5]

È ormai noto che i cambiamenti climatici degli ultimi anni, hanno anche effetto sul rischio di distacco delle valanghe. Gli effetti del cambiamento climatico si hanno sulla contrazione della stagione di innevamento e gli spessori della coltre nivale, dovuta principalmente all'aumento della temperatura che, di conseguenza, innalza lo zero termico e le quote di innevamento soprattutto in autunno. Non solo, con il riscaldamento globale ci si attende l'intensificarsi di eventi estremi di precipitazione che porterebbero, a quote elevate, consistenti apporti nivali in inverno. Mentre, nella stagione primaverile, i forti incrementi delle temperature, potrebbero agire come meccanismo di innesco.

I fenomeni valanghivi si distinguono dai movimenti lenti del manto nevoso a causa di una perdita di stabilità. Il grado di stabilità (S) del manto nevoso è il risultato tra le resistenze (R) e le forze propulsive (T).

- **R > T**

Nel caso in cui le resistenze superino le forze propulsive, il manto nevoso risulterà stabile.

- **R = T**

In questo caso il manto nevoso è in condizioni di equilibrio precario.

- **R < T**

Se le resistenze risultano essere inferiori alle forze propulsive, si avrà un manto nevoso in condizioni di instabilità.

L'aumento delle forze propulsive o forze attive può dipendere da vari fattori:

- aumento della pendenza
- sovraccarico per cause naturali
  - apporto di neve dovuto a nuove precipitazioni,
  - apporto di neve in seguito all'azione del vento,
  - apporto di acqua sia dovuta a fusione dei pendii sovrastanti, sia da precipitazioni meteoriche,
  - caduta di sassi, cornici, seracchi o valanghe.
- sovraccarico provocato dal passaggio di persone.

Invece, la diminuzione delle resistenze può essere dovuta a:

- lubrificazione,
  - per effetto dell'aumento della temperatura,

tra la superficie del manto nevoso e l'interno può esserci una differenza di 20°C.

  - a causa di precipitazioni piovose o dell'umidità,
- presenza all'interno del mando, di strati critici che determinano una riduzione della resistenza al taglio di base, ovvero la riduzione dell'attrito tra due strati di neve adiacenti/sovrapposti.

Le tre condizioni da monitorare per il distacco di una valanga sono:

- inclinazione del pendio che deve essere compreso tra i 27° e i 45°,
- coesione degli strati superficiali coinvolti nel distacco,
- possibile presenza di strati di scorrimento.

La presenza di tutte e tre le condizioni sono necessarie, ma non sufficienti, per il distacco di una valanga. Per valutare queste condizioni vengono eseguiti dei test, sia sul campo in modo rapido, come il test con il bastoncino o con la pala per valutare il livello di coesione; sia test scientifici con l'utilizzo di inclinometro, per l'inclinazione del pendio, analizzando la stratigrafia e in particolare i tipi di cristalli del manto per valutarne la coesione.

Come abbiamo visto il distacco può essere dovuto a cause naturali oppure essere provocato, la causa di distacco può essere vista come criterio di classificazione:

- il distacco si dice spontaneo nel caso in cui fosse prodotto da cause naturali: accumulo di neve trasportata dal vento, caduta di cornici o di sassi, riduzione delle resistenze interne;
- il distacco si dice provocato quando, invece, è stato prodotto dall'intervento dell'uomo sia in modo volontario ad esempio, per garantire la sicurezza delle piste e far scaricare pendii considerati pericolosi (talvolta si ricorre all'uso di cariche esplosive per provocare artificialmente il distacco) che involontariamente come il passaggio di sciatori o di alpinisti al momento sbagliato nel posto sbagliato.

Più in generale le valanghe possono essere classificate in base ai tipi di neve, ai meccanismi di distacco e movimento, e alla zona di scorrimento, come schematizzato[6]:

Coesione	valanga di lastroni	valanga di neve a debole coesione
Umidità	neve asciutta	neve umida/bagnata
Piano di slittamento	valanga di superficie	valanga di fondo
Tipo di movimento	valanga radente	valanga nubiforme
Percorso	valanga di versante	valnga incanalata

5 AA.VV., *Alpinismo su ghiaccio* e *misto,* I Manuali del Club Alpino Italiano- 14, Club Alpino Italiano, Milano, 2005, p.495

6 Giorgio CASATI, *Le valanghe*, Corso di sci alpinismo base, CAI SEM, Scuola Silvio Saglio, 2020,

In genere per ogni valanga è possibile individuare una zona di distacco, una zona di scorrimento e infine la zona di accumulo:

- La zona di distacco è il luogo dove ha origine la valanga, spesso è collocata in prossimità delle creste, tendenzialmente al di sopra del limite della vegetazione o nei luoghi dove la neve si accumula per effetto del vento o di nuove precipitazioni.
- La zona di scorrimento, invece è rappresentata dall'area compresa tra la zona di distacco e quella di arresto. Spesso presenta inclinazioni superiori ai 25 gradi ed è caratterizzata dall'assenza di vegetazione. La velocità per le valanghe che si muovono radenti al suolo varia dai 30 ai 140 km all'ora.

In alcuni casi però la velocità di scorrimento di una valanga può arrivare a 300 km/h.
La presenza di alberi non diminuisce la velocità di scorrimento ma spesso rende la valanga stessa più distruttiva.

- La zona di accumulo è il luogo dove la massa nevosa rallenta progressivamente fino a fermarsi. L'arresto può avvenire su un'ampia piana, nel fondovalle oppure nel versante opposto di una valle. Il rallentamento e l'arresto solitamente avvengono su pendii con inclinazioni comprese tra i 10 e i 20 gradi.

Pixabay

CARTA VALANGHE SIVA

Grazie al servizio fornito dal SIVA[7] è possibile riportare attraverso i layers derivanti dalle CLPV, Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe e CSV, Carte dei Siti Valanghivi; dei fenomeni valanghivi di una determinata aree. Queste carte sono frutto di studi integrati condotti sia a tavolino con l'ausilio di fotointerpretazione, sia sul territorio, con sopralluoghi sulle aree di indagine, sia da testimonianze locali e da ricerche di dati d'archivio. Questi studi sono stati condotti dalla fine degli anni '90 fino ad oggi.
Costituiscono il prodotto cartografico di inquadramento delle conoscenze sui fenomeni valanghivi, adottato dalle Regioni e dalle Province Autonome dell'AINEVA quale documento di riferimento per la realizzazione di approfondimenti successivi, finalizzati alla pianificazione del territorio montano. Il lavoro è condotto su tre livelli consequenziali: - individuazione dei siti valanghivi mediante la fotointerpretazione di aerofotogrammi estivi; - sopralluoghi estesi a tutto il territorio oggetto d'indagine e raccolta di testimonianze orali; - verifica dei dati di terreno con informazioni storiche.[8]

[7] Strumento di analisi e consultazione di dati cartografici, data base alfanumerici, fotografie e documenti storici associati, periodicamente aggiornato alla luce degli eventi valanghivi stagionali e del reperimento di nuovi dati. Realizzazione delle Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV) e delle Carte dei Siti Valanghivi (CSV)

[8] https://webgis.arpa.piemonte.it

VALANGHE

Siti a contorno definito dove le masse nevose si muovono simultaneamente- eventi massimi noti, potenziali nel caso della fotointerpretazione

- Valanghe documentate, Terreno e archivio

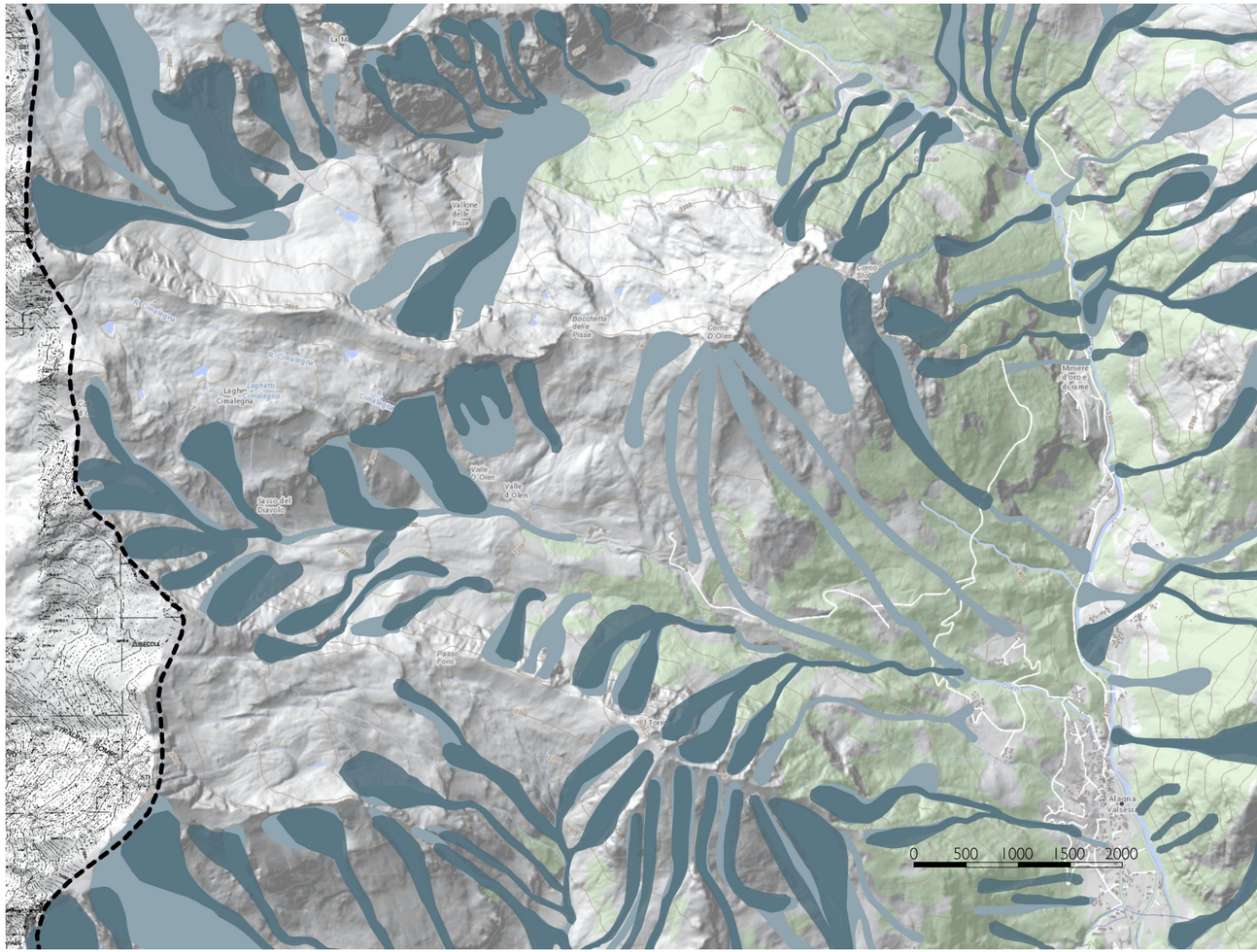
  Vengono evidenziate grazie ai rilevamenti sul terreno, interviste alla popolazione locale e ricerche negli archivi storico-parrocchiali, editoriali locali. Ogni valanga viene numerata e schedata dove è possibile reperire informazioni relative ai danni accertati, alla data del fenomeno, informazioni di tipo topografico

- Valanghe non documentate, Fotointerpretazione

  A differenza delle valanghe documentate, questi siti valanghivi derivano dallo studio stereoscopico di fotoaeree estivo-autunnali relativa alle aree di indagini dalle quali è possibile per il fotointerprete desumere l'attitudine del territorio allo sviluppo di valanghe. L'obbiettivo è cercare di rilevare la massima estensione ipotizzabile in relazione alle caratteristiche del versante, come morfologia, pendenza, esposizione, substrato, vegetazione ed eventuali danni al bosco o a infrastrutture imputabili al passaggio delle masse nevose in movimento.[9]

Generalmente le piste del comprensorio non sono state soggette a numerose valanghe, se non in alcuni casi dove sono stati coinvolti boschi o baite. In media da quanto riportato dalle schede di caratterizzazione del sito valanghivo le frequenze medie degli eventi sono di circa 30 anni e generalmente si sviluppano lungo impluvi. Si può dire però che il versante sud della Valle dell'Olen è quello più attivo.

[9] *Ibidem nota* [8]



ZONE PERICOLOSE

Aree dove si formano scaricamenti di neve, differenziati nel tempo e nel percorso. Come nel caso delle valanghe vengono differenziate le fonti.

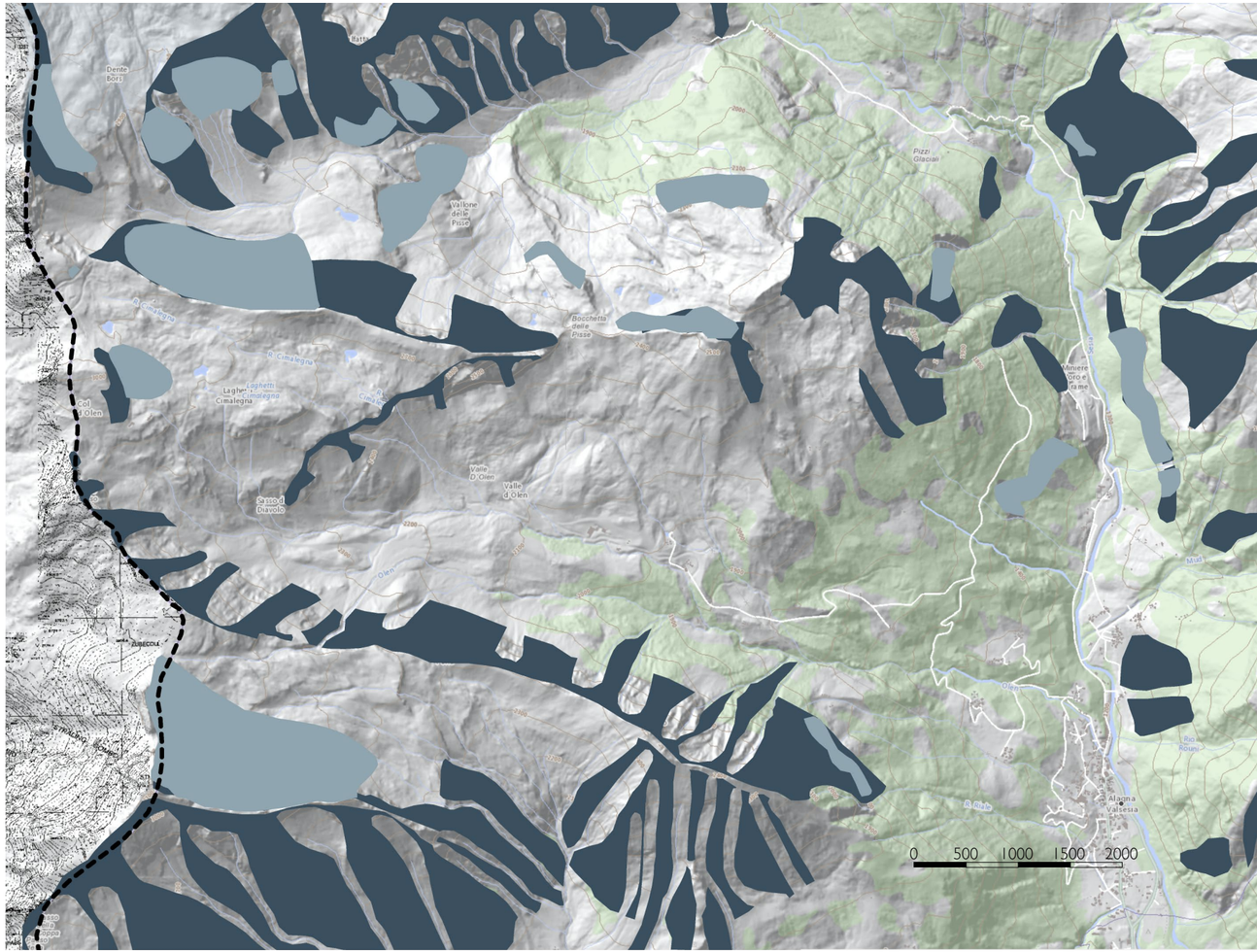
- Inchiesta su terreno e dati d'archivio
- Fotointerpretazione

L'area del comprensorio in linea generale non è interessata da zone pericolose, se non nel caso di un tratto della pista Olen dove, per inchiesta su terreno o dati d'archivio rientra in una zona pericolosa.

Legenda:

Inchiesta su terreno e dati d'archivio

Fotointerpretazione



_CARTA GEOLOGICA

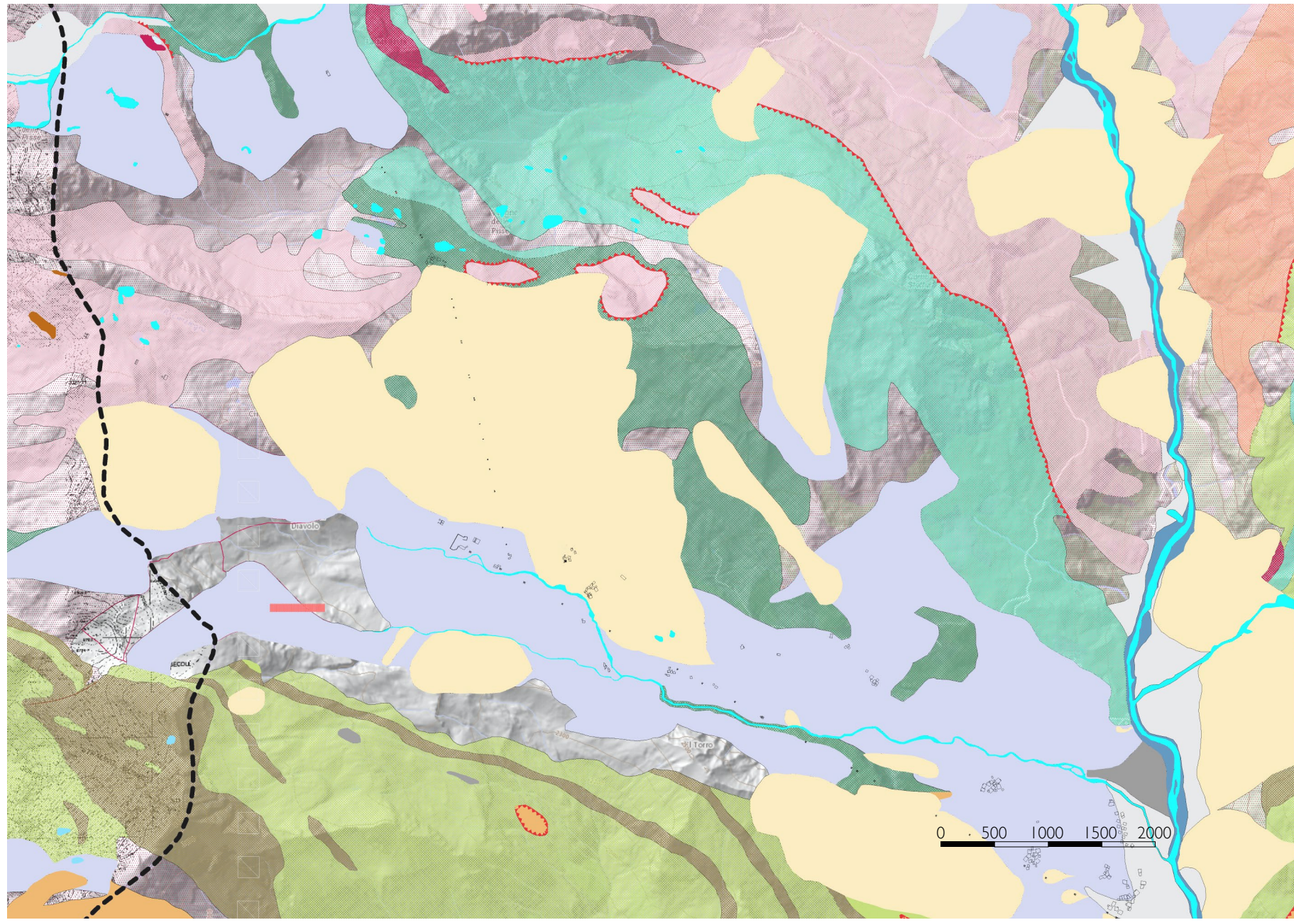
Oltre all'azione di modellamento esercitata dai ghiacciai, altri agenti morfogenetici, quali corsi d'acqua, frane e valanghe, hanno contribuito a modellare e plasmare il territorio generando sia forme di erosione sia di accumulo.
La forma tipica di una valle percorsa da un corso d'acqua è a V, dovuta all'azione erosiva che si concentra lungo l'asse vallivo. I materiali portati verso valle dai corsi d'acqua costituiscono i depositi alluvionali che possono avere una granulometria molto variabile (limo, sabbia, ciottoli e massi), in funzione dell'energia della corrente e quindi della pendenza dell'alveo. Questi depositi fluviali, a differenza di quelli glaciali, sono caratterizzati dalla presenza di stratificazione.
Sui versanti troviamo diversi movimenti franosi, che indicano tutti i fenomeni di caduta e movimento di masse rocciose o di materiali sciolti, come effetto prevalente della forza di gravità, unita a fattori quali: imbibizione d'acqua, erosioni, terremoti e cause antropiche.
Si distinguono essenzialmente quattro tipi di frane:

- crolli, generalmente improvvisi e da parete
- scivolamenti, avvengono secondo superfici piane
- frane con movimento rotazionale, avvengono secondo superfici curve
- colamenti, movimenti lentissimi, per lo più superficiali.

I frammenti rocciosi prodotti dalla disgregazione meccanica (fenomeni di gelo e disgelo) e chimica (acque meteoriche o di percolazione) di una parete, si staccano per effetto della gravità e cadono liberamente accumulandosi verso valle. Essi possono formare una falda detritica, cioè una fascia di detrito con superficie inclinata, oppure un cono detritico, quando il detrito cade dalle pareti in una rientranza. Una falda detritica può essere formata da più coni affiancati e fusi assieme. Spesso i coni detritici sono rimaneggiati dai corsi d'acqua che scorrono nei canaloni e si vengono così a creare conoidi miste.
Le valanghe sono fenomeni imponenti e violenti che si verificano nelle regioni montuose, come abbiamo visto, sia in seguito ad abbondanti nevicate, sia in determinati momenti posteriori alle nevicate, quando si creano condizioni di squilibrio nel manto nevoso appoggiato ad un pendio. Gli effetti morfologici sul territorio sono evidenti soprattutto nei luoghi in cui esse si ripetono frequentemente: i canaloni di valanga, che si formano o si accentuano lungo il percorso abituale delle valanghe, sono caratterizzati dalla mancanza di vegetazione boschiva stabilizzatrice.
Per effetto della forza di trascinamento della massa di neve sui materiali che essa incontra lungo il percorso, in particolare sui detriti preparati dall'azione meteorica, alla base di un canalone, in corrispondenza del cambio di pendenza, si accumula una grande quantità di materiale a forma di cono o di dossi allungati o irregolari.

Legenda:

- Detriro di versenta, falde e coni detritici
- Accumuli di frana
- Depositi recenti e attuali di fondovalle
- Terrazzi e conoidi incise
- Depositi glaciali (morene)
- Gneiss minuti e zonati
- Principali intercaliazioni di quarziti impure
- Prasiniti, metavulcaviti basaltiche infacies scisti verdi
- Serpentiniti



_LITOLOGIA

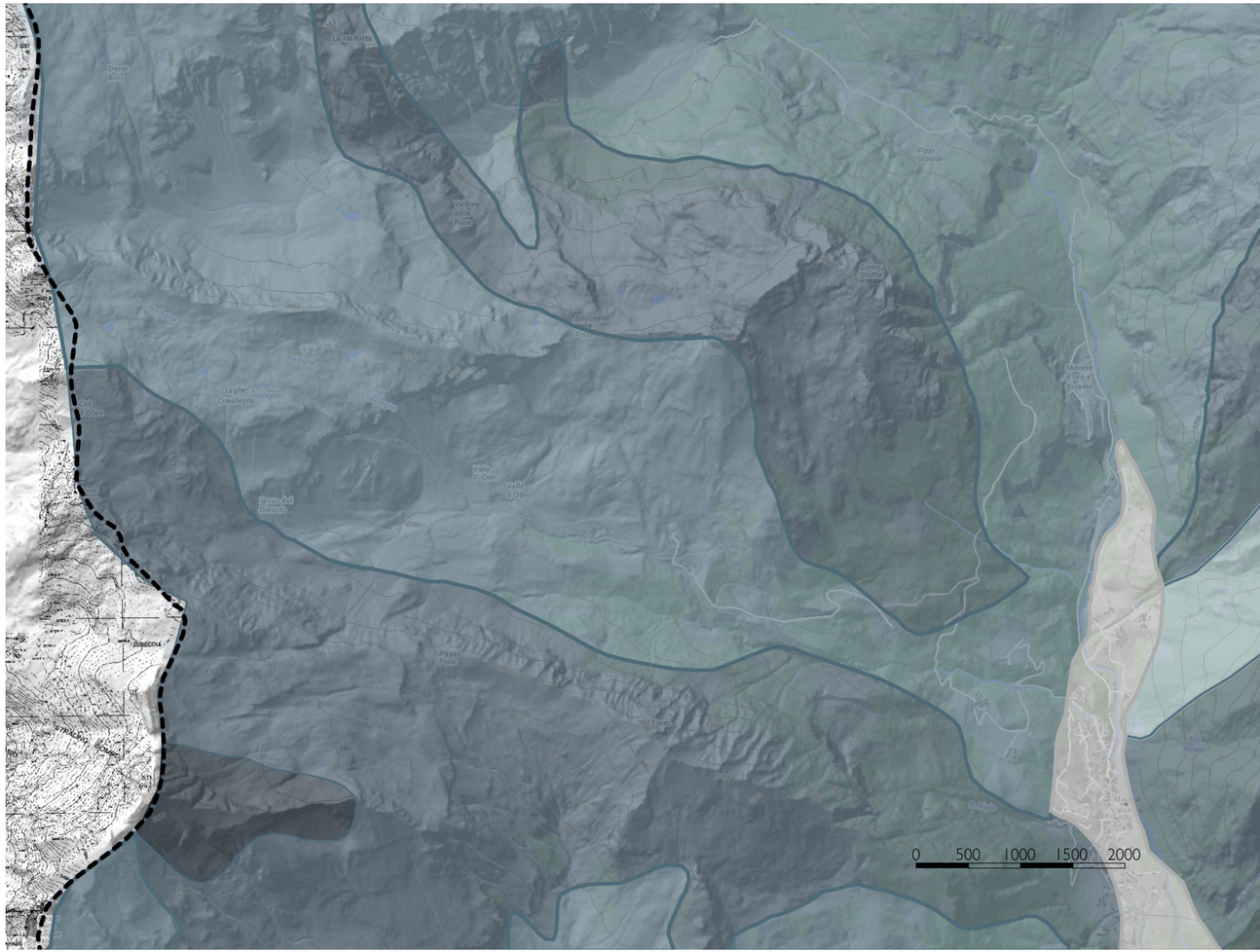
Il dataset della carta litologica riporta alcune delle 15 grandi unità litologiche che suddividono il territorio. Queste unità litologiche sono ricavate da operazioni di classificazione ed aggregazioni in gruppi omogenei, prendendo in considerazione la loro predisposizione al dissesto.[10]

Per la quasi totalità il comprensorio ha un substrato roccioso principalmente di natura gneissica (unità litologica degli gneiss occhiadini). In alcuni tratti nella parte alta della pista Olen sono presenti le serpentiniti, che sono le cosiddette "pietre verdi" che sono rocce derivanti dai frammenti della crosta dell'oceano ligure-pimontese. Mentre a valle si hanno dei depositi alluvionali, materiali portati verso valle dai corsi, in questo caso dal Fiume Sesia.

10 https://webgis.arpa.piemonte.it/

Legenda:

- Calcescisti
- Gneiss occhiadini
- Gneiss minuti
- Serpentiniti
- Depositi alluvionali nelle aree di pianura e fondovalle



LE MINIERE

L'alta Valsesia è un'area ricca di importanti giacimenti minerari, costituita da un complesso di sistemi filoniani incassati nella falda del Monte Rosa. Più in particolare l'attività estrattiva era sviluppata lungo i corpi filoniani del nucleo principale, in direzione WNW-ESE per la Valsesia, comprendendo il vallone delle Pisse e il vallone d'Indred.

Alagna, in particolare era una sede estrattiva di oro e rame. Le prime testimonianze di estrazione e lavorazione dei metalli preziosi risalgono alla fine del XIII secolo. Anche nel Parco Naturale Alta Valsesia, nelle porzioni più orientali, sono presenti mineralizzazioni.

L'attività di estrazione mineraria, ad Alagna, venne concessa alla famiglia d'Adda, fino alla seconda metà del XVII secolo. Con il successivo subentro del regno Sabaudo, per la conduzione delle miniere intervenne direttamente lo Stato. A metà del 1750, il governo di Carlo Emanuele III decide di dare nuovo impulso alla propria politica minerario-metallurgica, rivoluzionando completamente la gestione delle miniere sotto controllo diretto delle Regie Finanze, dandole una chiara impronta militare. Le miniere d'oro ("Cava vecchia", "Cava di Santa Maria in Stoffu e "Cava di Bors") e quelle di rame ("Cave di S. Giacomo e S. Giovanni), con le due fonderie di Alagna e Scopello rappresentarono uno dei più grandi impianti minerari del Regno e l'alta Valsesia divenne il centro economico dello Stato Sabaudo.

La "fabbrica di S. Lorenzo", dove il materiale estratto subiva la frantumazione prima di passare al trattamento in fonderia, è l'unico edificio rimasto del "Distretto dell'oro". In origine aveva un edificio gemello, posto di fronte, che fu distrutto da una valanga nel 1885.

Nel 1800 le miniere tornarono in mano ai privati, prima ad alcune famiglie valsesiane e in seguito a numerose società italiane e straniere, tra le quali va ricordata la Monterosa Gold Mining Company Ldt. Vario e complesso è il susseguirsi delle vicende che portarono al declino dell'attività mineraria valsesiana in questo secolo.[11]

Nel 1958 la nuova società "Gold Mining Monte Rosa", nonostante avesse grandiosi progetti, dichiarò fallimento e la miniera d'oro chiuse definitivamente.

Oltre le attività estrattive di oro e rame, il corso del Novecento fu segnato dalle miniere per l'estrazione del manganese, nella Val d'Otro. Oggi queste miniere non sono visitabili se non per alcuni metri dall'imbocco, ma è ancora possibile notare le impalcature, i terrazzamenti e i sentieri che furono attrezzati dai minatori.

11 Giacimenti minerari

4.2 Sistema di innevamento del comprensorio

Come abbiamo visto l'impianto di innevamento programmato del comprensorio è stato realizzato a step nel corso degli anni. Ad oggi quasi tutte le piste del comprensorio sono attrezzate per l'innevamento programmato, ad esclusione di due piste, la pista di sci Cimalegna e la pista Bodwitch
Qui di seguito, in modo molto schematico, viene descritta la configurazione dell'intero impianto di innevamento del Comprensorio Alagna Valsesia. Le cui componenti sono state analizzate in modo approfondito nel capitolo "Impianto di innevamento".

Bacini di stoccaggio

Il sistema di stoccaggio dell'acqua a servizio del sistema di innevamento è dislocato in più punti. È composto da tre serbatoi interrati più un bacino di accumulo a cielo aperto, in fase di ultimazione.
Partendo dall'alto il primo serbatoio che troviamo è a quota 3.030 m, questo bacino ha una capienza di 5.000 m^3. Procedendo verso valle troviamo altri due serbatoi interrati, il Bacino Pianalunga a quota 2.030 m s.l.m. e il Bacino Grand Halte a quota 1.969m, con una capienza di invaso rispettivamente di 5.000 m^3 e 9.000 m^3.
Ad oggi i volumi di acqua stoccata all'interno dei tre bacini è pari a 19.000 m^3, è inoltre in fase avanzata di realizzazione un'ulteriore bacino in grado di contenere una volumetria nettamente superiore, in località Mullero a 2.155 m s.l.m, avrà una capacità massima di invaso di 31.000 m^3.

Approvvigionamento

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dell'acqua stoccata nei serbatoi, essa avviene da tre diversi punti di prelievo, che sono: sorgente Mullero, sorgente Olen e dal Torrente Olen.
Va sottolineato che, sebbene i ghiacciai valsesiani non siano molto sviluppati, rappresentano una grande riserva di acqua potabile, inoltre costituiscono un efficace sistema di regolazione delle portate di acqua nei periodi estivi, influenzando l'equilibrio idrogeologico dell'intero bacino del Sesia.

Il prelievo dai diversi punti è stato sottoposto al rilascio di una concessione al Comprensorio. Le quantità di acqua prelevate, garantiscono il DMV. L'acqua prelevata viene utilizzata a scopo igienico e assimilati, per l'alimentazione dei servizi e delle infrastrutture e per la produzione di beni e servizi (ora riclassificato in uso per innevamento programmato).
Inizialmente la concessione era finalizzata all'uso dei servizi e delle infrastrutture dell'area di Pianalunga e per la produzione di neve programmata, a cui successivamente, si è aggiunto l'esercizio di una centrale idroelettrica. Tale centrale consente di sfruttare il salto geodetico disponibile fra le opere di presa situate all'Alpe Pianalunga e la rete dell'impianto di innevamento che scende lungo la pista verso Alagna.

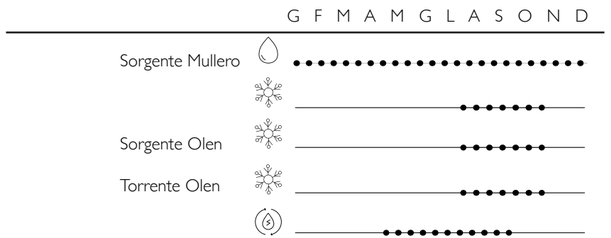
Mese	Qril [l/s]
gennaio	25,03
febbraio	22,46
marzo	26,13
aprile	24,07
maggio	124,75
giugno	138,48
luglio	88,14
agosto	42,38
settembre	29,92
ottobre	25,76
novembre	25,76
dicembre	25,03

- La sorgente Mullero è ad uso plurimo: il primario è quello di garantire il fabbisogno in toto per l'uso igienico e assimilati, e viene prelevata durante tutto l'anno; mentre l'uso per la produzione neve è secondario.

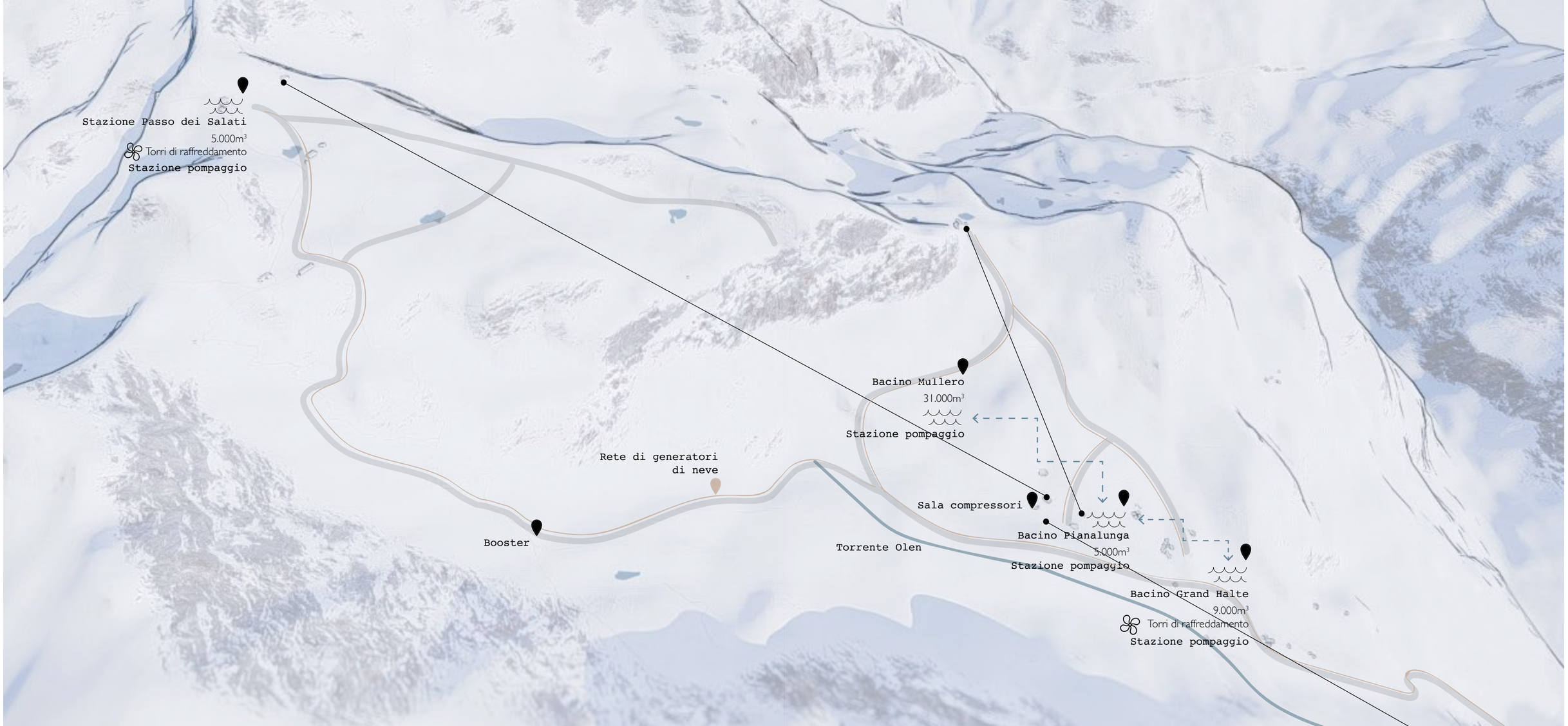
- La Sorgente Olen, invece è ad uso esclusivo per l'impianto di innevamento programmato.

- L'opera di presa sul Torrente Olen, ha anche lei un uso plurimo, infatti nel periodo compreso fra la tarda primavera e l'inizio dell'autunno, viene utilizzata a scopo idroelettrico mentre dalla tarda estate a inizio autunno il prelievo viene effettuato anche per l'innevamento programmato.
  Il prelievo a scopo idroelettrico avviene nei periodi di maggior disponibilità di portata idrica del torrente e consente di alimentare la centrale di produzione con un regime di funzionamento ad acqua fluente.

L'utilizzo della risorsa a servizio dell'impianto di innevamento viene effettuato principalmente nei periodi tardo estivi ed autunnali, per poi essere stoccata fino ai periodi di esercizio dell'impianto.



Il bacino in fase di realizzazione, non attingerà direttamente da nessuna fonte, ma verrà periodicamente riempito dal Bacino Pianalunga, e in caso di necessità, durante il periodo di apertura degli impianti, l'acqua necessaria verrà prelevata dal Bacino stesso. Questo bacino del Mullero, essendo di dimensioni nettamente maggiori, aumenterà notevolmente le capacità di stoccaggio della riserva idrica. In questo modo si avranno dei miglioramenti notevoli in fatto di flessibilità di esercizio dell'impianto stesso. Da una capacità di accumulo di 19.000 m^3 si arriverà ad ottenere circa 50.000 m^3 di acqua stoccata pronta per l'utilizzo.
Si ricorda che la necessità di avere dei bacini di accumulo è determinata dal fatto che i periodi utili per il funzionamento dell'impianto di innevamento programmato sono piuttosto ridotti, riconducibili alla stagione tardo autunnale e invernale, di conseguenza gli impianti di innevamento vengono dimensionati in modo tale da poter trattare una portata istantanea di acqua, tramite gli innevatori, molto consistente. Questo fabbisogno, in termini di portata non sarebbe compatibile con la quantità emungibile dalle opere di presa, soprattutto nei momenti di magra.


Stazione Passo dei Salati
5.000m³
Torri di raffreddamento
Stazione pompaggio
Bacino Mullero
31.000m³
Stazione pompaggio
Rete di generatori
di neve
Booster
Sala compressori
Bacino Pianalunga
5.000m³
Stazione pompaggio
Torrente Olen
Bacino Grand Halte
9.000m³
Torri di raffreddamento
Stazione pompaggio

Fabbisogno

Il fabbisogno idrico complessivo medio attuale per la produzione di neve programmata consta in circa 115.000m^3 annui da ripartire sulle varie piste, suddiviso in tre campagne di innevamento:

- prima dell'inizio della stagione sciistica (mese di novembre)
- prima delle festività natalizie (fine dicembre)
- prima del periodo di massima presenza di turisti per le settimane bianche (fine gennaio – inizio febbraio)

Si suppone che la necessità effettiva di innevamento debba compensare una certa disponibilità di neve naturale al suolo e soprattutto che, grazie alla quota, l'usura del manto nevoso sia discretamente ridotta.[1]
Il consumo di acqua da dedicare all'innevamento, varia di stagione in stagione, in quanto dipende dalle condizioni ambientali che permettono la produzione di neve, e soprattutto dall'effettivo fabbisogno di neve per la battitura delle piste che a sua volta è in funzione della presenza più o meno abbondante di neve al suolo.

A seguito della realizzazione della nuova centralina idroelettrica, si è provveduto a richiedere una variante sostanziale alla concessione di prelievo originale che era destinata al solo impianto di innevamento. Tale variante sostanziale, oltre ad aggiungere un nuovo utilizzo alla risorsa idrica prelevata, ha determinato anche un consistente incremento del volume massimo prelevabile nonché della portata media annua, dovuto al prolungamento temporale del prelievo nei mesi compresi fra la primavera e l'autunno al solo scopo energetico, è stata inoltre necessaria una parziale rimodulazione dei prelievi fra i tre punti di presa anche ai fini dell'utilizzo per innevamento programmato.[2]

A seguito della variante alla concessione, i parametri di prelievo autorizzati sono i seguenti:

Punto di presa	uso	Q_{med} [l/s]	Q_{max} [l/s]	Vol. tot [mc]
sorgente "Mullero"	igenico e assimilati	1,75	10,00	55.256
	neve programmata	1,10	10,00	**34.560**
sorgente "Olen"	neve programmata	1,37	10,00	**43.200**
traversa su torrente Olen	neve programmata	3,08	40,00	**97.200**
	idroelettrico	28,00	40,00	883.000
				174.960

Il fabbisogno di acqua per far fronte alle richieste rientra pienamente nella disponibilità data dalla concessione.

[1] Relazione tecnica con calcoli degli impianti, P.8 https://www.monterosa2000.it/public/images/1124/R2RelazioneTecnica_1124699.pdf

[2] https://www.monterosa2000.it/public/images/1124/R1RelazioneGenerale_1124698.pdf

Stazioni di pompaggio

Nel comprensorio ci sono numerose stazioni di pompaggio dell'acqua dei bacini di accumulo con successiva immissione delle acque nella rete di distribuzione dell'innevamento. Il sistema di pompaggio deve essere in grado di asservire tutto l'impianto ad una pressione ed una portata minima in ogni condizione di carico, la cui variabilità dipende dal numero di macchine in funzione in ogni preciso istante.

Se in fase di progettazione del sistema di pompaggio il suo dimensionamento non è corretto i generatori non sono in grado di funzionare in modo ottimale creando disservizi in una o più parti dell'impianto.

Nel Comprensorio sono presenti 4 stazioni di pompaggio localizzate in diversi punti: 3 in concomitanza dei bacini e una, il Booster, che è una stazione di rilancio.

La potenza totale installata, per le sole stazioni di pompaggio, è di circa 1.600 kW.
La suddivisione della potenza per le singole macchine è riportata nella seguente tabella:

	Numero	Potenza unitaria [kW]	Potenza totale [kW]
Stazione di pompaggio Pianalunga			
pompe in camera asciutta	2	250	500
pompe in camera asciutta	2	160	320
pompe a immersione	2	59	118
pompe a immersione	1	66	66
Stazione di pompaggio Grande Halte			
pompe in camera asciutta	1	15	15
pompa per torri raffreddamento	1	9	9
Stazione di pompaggio booster			
pompe in camera asciutta	2	200	400
Stazione di pompaggio Passo dei Salati			
pompe in camera asciutta	2	75	150
Potenza installata			**1578kW**

Torri di raffreddamento

La funzione delle torri di raffreddamento, come abbiamo già visto, è quella di abbassare la temperatura dell'acqua prima di essere pompata e giungere agli innevatori. Il sistema di innevamento è asservito da due impianti di raffreddamento situati uno sulla Stazione Passo dei Salati e l'altro sul Bacino Grand Halte.
Entrambi gli impianti sono composti da due torri di raffreddamento ciascuno, con una prestazione totale di 60 l/s.
La potenza installata totale delle torri di raffreddamento è di circa 50 kW.

	N°	Potenza unitaria [kW]	Totale [kW]
Stazione di pompaggio Grande Halte			
pompa per torri raffreddamento	1	9	9
torri di raffreddamento	2	5,5	11
Stazione di pompaggio Passo dei Salati			
pompa per torri raffreddamento	2	9	18
torri di raffreddamento	2	5,5	11
Potenza installata			**49 kW**

Compressori

L'aria compressa necessaria al funzionamento dell'intera rete è fornita da una sola sala compressori, posizionata nell'area di Pianalunga. In questa sala compressori sono presenti tre compressori a vite, due dei quali hanno una potenza di 110 kW, mentre il terzo ha una potenza di 160 kW. Questi compressori sono in grado di mettere in rete dell'aria compressa a 6/7 bar.
La potenza installata totale della sala compressiori è di circa 380 kW.

Generatori di neve

Attualmente il Comprensorio è dotato di generatori di neve di diverse tipologie, sono installati sia generatori a ventola che generatori a lance. La maggior parte dei generatori sono lance e sono stati posizionati a lato di tutte le piste, ad esclusione, della pista Cimalegna e la pista Bodwitch.

Nome	lance	ventole
Pista Olen	38	2
Pista Cimalegna	-	-
Pista Bodwitch	-	.
Pista Mullero	15	1
Pista Mullero 2	24	-
Pista Alagna	33	5

In totale l'impianto di innevamento del Comprensorio è dotato di 110 aste ad alta pressione, con una potenza unitaria di 0,2 kW; e 8 sistemi a bassa pressione (ventole), posizionate in punti "strategici" con una potenza singola installata di 18 kW.
La potenza installata totale dei generatori di neve è di circa 166 kW.

Per completezza di informazione sono presenti altri 4 generatori a bassa pressione (3 sistemi a ventola da 13 kW ciascuna e generatore a ventola di 27 kW) nelle piste Wold, tali sistemi non sono stati considerati in quanto afferenti a piste non inserite nel presente progetto. La potenza installata dei generatori sulle piste Wold è di 66 kW.

Il controllo e la gestione del sistema di innevamento può essere fatto anche da remoto tramite pc o smartphone.

Fabbisogno energetico

La rete di distribuzione dell'energia elettrica assume un ruolo di primaria importanza e deve asservire con capillarità tutte le porzioni del comprensorio, infatti è necessario che tutti i macchinari possano ricevere la potenza necessaria al loro funzionamento in ogni configurazione di carico. L'intera rete deve quindi essere progettata in modo da non presentare eccessive cadute di tensione che porterebbero al malfunzionamento delle macchine o addirittura a precluderne il funzionamento.

Su base dei dati storici registrati si stima un periodo di funzionamento stagionale dell'ordine di 300 ore.
Considerando un coefficiente di consumo energetico reale dei macchinari (stazioni di pompaggio, torri di raffreddamento, compressori e generatori di neve), in relazione alla potenza nominale pari al 90%, si ottiene un consumo di energia medio annuo totale di circa 615.000 kWh (considerando anche Wold 53.000 kWh).

Il consumo energetico globale del comprensorio è di circa 1.400.000 kWh (compresa la quota di innevamento).

Attualmente l'energia necessaria al funzionamento dell'impianto di innevamento viene acquistata tramite CVA Trading, compagnia valdostana che vende soltanto energia elettrica prodotta da fonte idroelettrica o comunque rinnovabile.

Considerando che grazie all'impianto idroelettrico messo in servizio dalla Monterosa 2000 S.p.a. nel 2008, si ha una prduzione annua di circa 800.000 kWh di energia.
Si può desumere che il funzionamento estivo del nuovo impianto idroelettrico consentirebbe di pareggiare il fabbisogno energetico degli impianti di innevamento, garantendo dunque la piena sostenibilità da fonte rinnovabile.

La quantità di energia elettrica prodotta dalla centrale idroelettrica viene interamente venduta al GSE con meccanismo di ritiro dedicato.

4.3 Proposta di recupero delle acque meteoriche

Obbiettivo dello studio

La proposta di recupero illustrata nel presente studio è incentrata sul recupero delle acque piovane dalle superfici destinate all'attività sciistica, in modo da reimmettere queste acque sotto forma di neve programmata riducendo l'utilizzo di acqua proveniente da altri fonti di approvvigionamento, quali sorgenti, ruscelli, torrenti,... . Il sistema proposto prevede la realizzazione di una rete di raccolta, la successiva adduzione-stoccaggio delle acque recuperate all'interno di serbatoi di accumulo ed infine la loro reimmissione, attraverso un sistema di pompaggio, nella rete di innevamento.
In questo caso specifico, data la qualità delle acque esse non dovranno subire nessun passaggio attraverso un sistema di trattamento acque ma, eventualmente, solo una fase preliminare di decantazione prima dello stoccaggio vero e proprio all'interno dei serbatoi per altro già presenti in sito così come la rete di distribuzione a servizio dell'innevamento.

In questo specifico caso per effettuare il recupero delle acque piovane sarà quindi solo necessaria la costruzione di una rete di raccolta dell'acqua piovana distribuita su alcune piste del Comprensorio.

Il progetto propone un utilizzo "verde" delle acque meteoriche inteso come recupero alternativo ai tradizionali recuperi attualmente applicati per questa tipologia di risorsa.
Infatti, in genere il recupero e riutilizzo delle acque meteoriche viene effettuato in ambiti quali:

- l'irrigazione di aree a verde, prati, giardini, orti;
- il lavaggio di aree pavimentate (strade, piazzali, parcheggi);
- il lavaggio di autovetture;
- usi tecnologici (ad esempio acque di raffreddamento);
- alimentazione di vasche antincendio;

e in usi interni alle strutture edili quali:

- l'alimentazione delle cassette di risciacquo dei WC;
- l'alimentazione di lavatrici;
- usi tecnologici relativi, come ad esempio sistemi di climatizzazione passiva/attiva.

La proposta oggetto di tesi, volta al recupero dell'acqua piovana per l'innevamento programmato, rientra tra alcuni degli obbiettivi degli SDG (approfondimento nel capitolo 1.2), in particolare l'uso più consapevole di una risorsa così preziosa come l'acqua trova riscontro in alcuni del sotto-obbiettivi degli SDG:

- Obbiettivo 6: Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie.

Tale obbiettivo, oltre al cercare di garantire l'accesso all'acqua potabile e ai servizi igienici a livello globale, mira alla gestione delle risorse idriche tra cui la protezione e il ripristino degli ecosistemi legati all'acqua (montagne, zone umide, foreste, laghi, fiumi). Questa gestione consapevole e attenta dell'acqua viene espressa in modo dettagliato al punto 6.6: "*Entro il 2020, proteggere e ripristinare gli ecosistemi legati all'acqua, tra cui montagne, foreste, zone umide, fiumi, falde acquifere e laghi*".[1]

- Obbiettivo 13: Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere i cambiamenti climatici.

Lo scopo del progetto è quello di trovare un'alternativa al prelievo diretto della risorsa che in futuro potrebbe scarseggiare a causa dei cambiamenti climatici. Recuperando l'acqua meteorica si andrebbe ad "incidere" meno sull'ecosistema, nonché si attua un'attività di regimazione degli eventi piovosi estremi (come bombe d'acqua) con la possibilità di evitare/ridurre fenomeni di erosione e di dissesto. Tale progetto è quindi in linea con il punto 13.1 dell'SDG che mira a "*Rafforzare la resistenza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e disastri naturali in tutti i paesi.*"[2]

- Obbiettivo 15: Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'economia terrestre.

Come già evidenziato il progetto mira alla salvaguardia del bacino idrologico riducendo i prelievi effettuati direttamente dalle fonti di approvvigionamento. Per questo è ipotizzabile che rientri nel punto15.1: "*Entro il 2020, garantire la conservazione, il restauro e l'uso sostenibile degli ecosistemi di acqua dolce e terrestri interne e dei loro servizi, in particolare le foreste, le zone umide, le montagne e le zone aride, in linea con gli obblighi derivanti dagli accordi internazionali*"[3] Così come nel punto 15.4: "*Entro il 2030, garantire la conservazione degli ecosistemi montani, compresa la loro biodiversità, al fine di migliorare la loro capacità di fornire prestazioni che sono essenziali per lo sviluppo sostenibile*"[4].
Come vedremo nel capitolo 4.11, Valutazione dei costi di realizzazione dell'opera, è necessario attuare una politica volta a finanziare opere di questo tipo, così come evidenziato nel sotto-gruppo15.a: "*mobilitare e aumentare in modo significativo le risorse finanziarie da tutte le fonti al fine di conservare e utilizzare in modo durevole la biodiversità e gli ecosistemi*"[5].

A livello europeo attualmente la normativa per la tutela delle acque è regolamentata dalla Direttiva 2000/60/CE comunemente definita "Direttiva acque" dove viene ribadito il concetto fondamentale che l'acqua è un bene prezioso e che quindi è necessario tutelarlo.

1 https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-sdgs/

2 *Ibidem* nota sopra

3 https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-sdgs/

4 *Ibidem* nota sopra

5 *Ibidem* nota sopra

In base alla Direttiva 2000/60/CE, gli Stati membri devono adottare azioni atte a privilegiare il suo mantenimento a livelli di buona qualità.
Nelle premesse alla Direttiva al pto 18) si legge che "*La politica comunitaria nel settore delle acque richiede un quadro legislativo trasparente, efficace e coerente. La Comunità dovrebbe fornire principi comuni e il quadro globale in cui inserire gli interventi. La presente direttiva dovrebbe fornire tale quadro e coordinare, integrare e, nel lungo periodo, sviluppare ulteriormente i principi e le strutture generali idonei a garantire la protezione e un utilizzo sostenibile delle acque comunitarie, nel rispetto del principio della sussidiarietà.*" E ancora la pto 36) "È necessario procedere ad analisi delle caratteristiche di un bacino idrografico e dell»impatto delle attività umane nonché all»analisi economica dell»utilizzo idrico. L»evoluzione dello stato delle acque dovrebbe essere sorvegliata dagli Stati membri in modo sistematico e comparabile in tutta la Comunità. Questa informazione è necessaria affinché gli Stati membri dispongano di una base valida per sviluppare programmi di intervento volti al conseguimento degli obiettivi fissati dalla presente direttiva."
Quindi è necessario che tutti gli Stati provvedano a tutelare tale risorsa nel modo migliore, infatti, come riportato nell'Allegato VI Parte B è riportato un elenco non tassativo delle eventuali misure supplementari che gli Stati membri possono decidere di adottare all'interno di ciascun distretto idrografico, ecc ….
Tra le azioni indicate nell'elenco è importante quella riportata al punto x) misure tese a favorire l'efficienza e il riutilizzo.

In Italia, la direttiva 2000/60/CE è stata recepita attraverso il DLgs3/4/2006 nr 152, in tale documento il territorio italiano è stato ripartito in 8 distretti idrografici; per ogni distretto è prevista la redazione di un Piano di gestione la cui competenza va alle Autorità di distretto idrografico.[6]

Nel caso oggetto di studio il Piano di distretto è quello Padano e, in base alle indicazioni della Regione Piemonte l'area di studio è inserita all'interno del piano di gestione del distretto idrografico del Fiume Po (PdGPO) per il sottobacino del Fiume Sesia.

Immagine 1:
Distretti idrologici in Italia

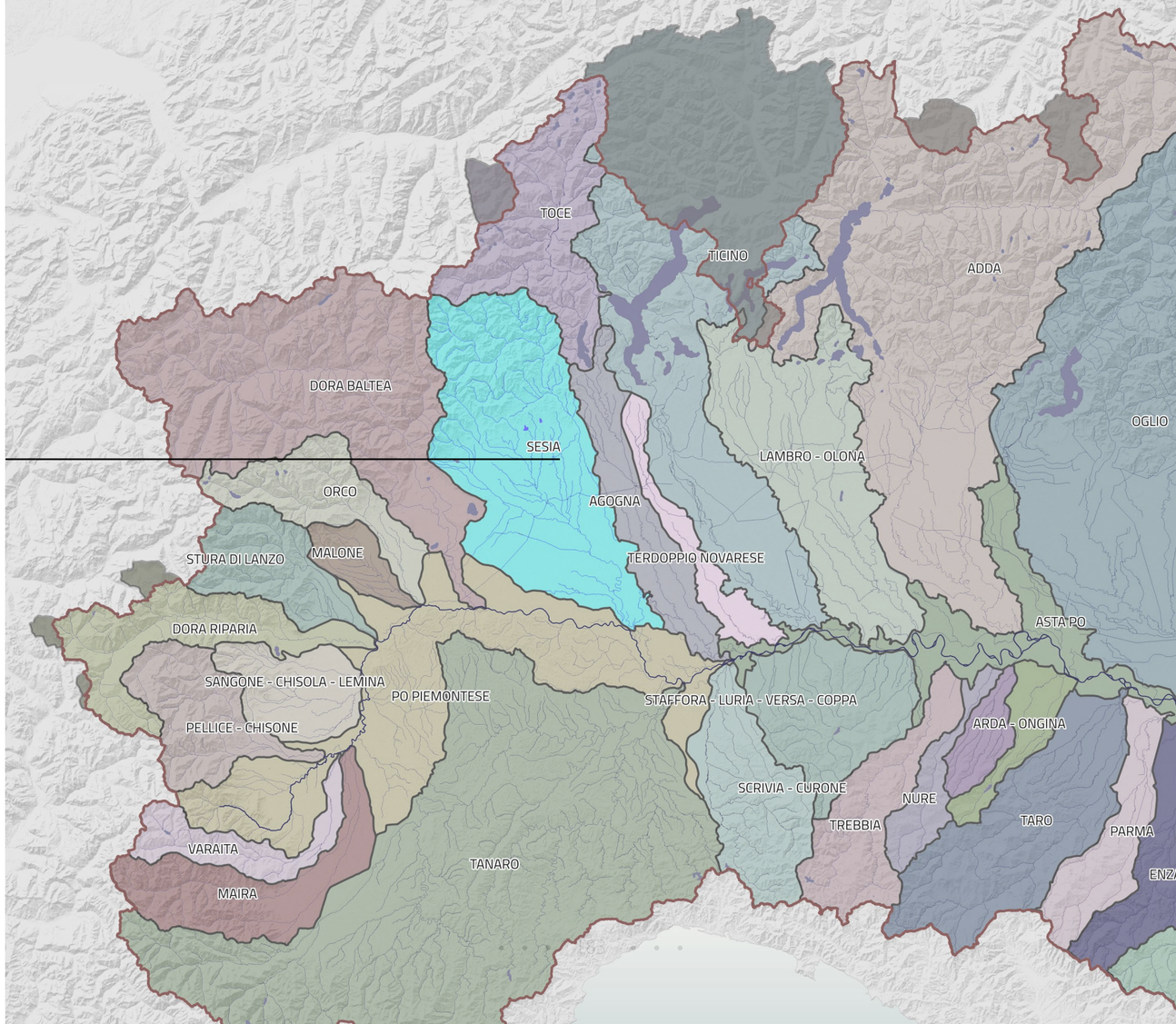


Immagine 2:
Bacini idrografici
Fonte: Autorità di Bacino Distretturale del Fiume Po

6 https://www.minambiente.it/direttive/recepimento-della-direttiva-italia

Il recupero delle acque meteoriche in Piemonte

La regione Piemonte, in linea con quanto previsto dalle Norme europee e nazionali ha redatto il Piano di Tutela delle Acque (PTA), che è oggetto di Revisione proposta nel 2018.
In tale documento, all'art. 1. (Finalità del Piano di tutela delle acque)
1. L'acqua è un diritto e un patrimonio comune appartenente all'umanità e a tutte le specie viventi, bene pubblico essenziale per l'ambiente e per il progresso economico e sociale, da proteggere, condividere e utilizzare in quanto tale. A tal ine il Piano di tutela delle acque della Regione Piemonte persegue la protezione e la valorizzazione del sistema idrico piemontese, nell'ottica dello sviluppo sostenibile della comunità per il pieno raggiungimento degli obiettivi strategici dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.
2. Il Piano di tutela delle acque costituisce altresì strumento fondamentale per rafforzare la resilienza degli ambienti acquatici e degli ecosistemi connessi e per affrontare gli effetti del cambiamento climatico. Finalità specifiche del presente Piano sono: a) proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici, degli ecosistemi terrestri e delle zone umide ad essi connesse; b) agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili; c) mirare alla protezione e al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione nel caso di sostanze pericolose prioritarie; d) assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee; e) contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.
Per quanto concerne l'utilizzo delle acque di tipo meteorico il PTA lo contempla nell'art.32 ma tale tipologia di acque è regolamentata solo in merito ai potenziali carichi inquinanti in seguito a dilavamenti per la prevenzione di rischi ambientali.

Soluzioni tecniche per il recupero delle acque meteoriche e/o la loro regimazione

Da un punto di vista operativo nell'ambito degli interventi di sistemazione e consolidamento dei versanti in frana e nelle realizzazioni delle opere di ingegneria civile sono utilizzati vari metodi e strumenti per il drenaggio, applicati sia per un effetto temporaneo che per un azione drenante permanente. Diversi di questi interventi sono utilizzati anche nel campo dell'ingegneria naturalistica e sono sistemi atti alla regimazione delle acque legate per la prevenzione di fenomeni di dissesto idrogeologico (frane, smottamenti,…).

Alcuni di questi sistemi di prevenzione/regimazione di tipo superficiale, possono essere sfruttati al meglio, nel caso dei comprensori sciistici, progettandoli in modo tale che quota parte delle acque, che comunque vengono sottoposte a regimazione, vengano stoccate in opportuni serbatoi/bacini, al fine di essere successivamente utilizzate.

DRENAGGI SUPERFICIALI

Gli interventi di drenaggio, in generale, hanno lo scopo di allontanare e di raccogliere le acque superficiali e sotterranee in corrispondenza di pendii instabili o di terreni di fondazione da bonificare e consolidare. In questo modo si otterranno delle diminuzioni delle pressioni interstiziali e conseguentemente si avrà una diminuzione delle spinte del terreno. Nel caso in oggetto il sistema di drenaggio viene utilizzato per la captazione di acque di ruscellamento al fine di convogliarle e destinarle ad un successivo reimpiego in sito.

Tra i drenaggi troviamo anche tutti gli interventi diretti ad esercitare un'azione regolatrice delle acque correnti superficiali non incanalate, come nel caso che verrà trattato in questa sede, e di quelle stagnanti in depressioni.

Negli interventi di sistemazione e consolidamento dei versanti in frana e nelle realizzazioni delle opere di ingegneria civile, vengono utilizzati vari metodi e strumenti per il drenaggio, applicati sia per un effetto temporaneo che per un'azione drenante permanente. Gli interventi di drenaggio si possono suddividere in due gruppi principali:

- Opere di drenaggio di tipo superficiale,

I drenaggi di tipo superficiale, comprendono le opere di regimazione e drenaggio delle acque superficiali e di sistemazione del pendio di primo intervento. Questa tipologia è di più rapida e facile installazione e manutenzione, ma sono anche più facilmente soggetti a danneggiamento e necessitano di manutenzione continua.

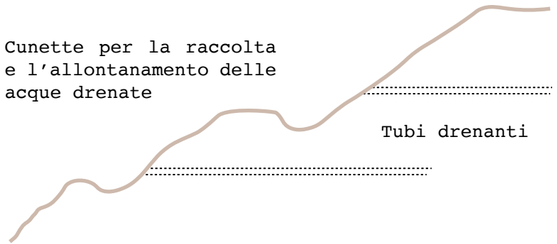
- Opere di drenaggio di tipo profondo.

A differenza, i drenaggi profondi, in genere hanno un carattere definitivo, necessitano di opere e di attrezzature più complesse per la loro installazione e sono più costosi. Avendo una complessità maggiore sono in grado di assicurare una maggiore effetto nella stabilizzazione di versanti in frana.[7]

I drenaggi superficiale possono essere di diverso tipo a seconda delle situazioni e delle necessità, troviamo: canalette superficiali, fossi di guardi, dreni intercettori, riprofilatura dei versanti per eliminare le depressioni presenti, sigillatura ed impermeabilizzazione delle fessure beanti, di seguito le immagini.

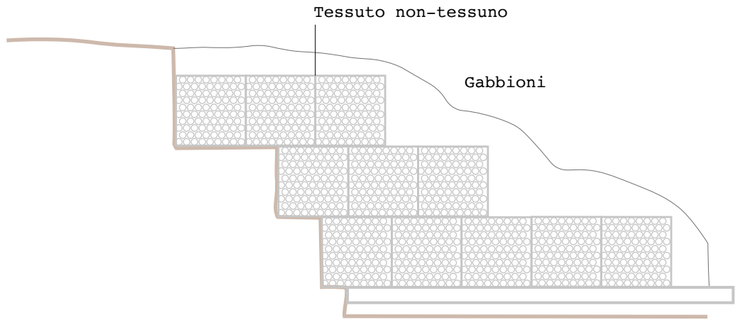
[7] AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, ottobre 2002, pp. 92-107

Dreni sub-orizzontali

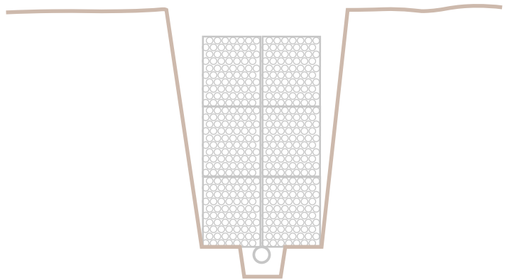


Speroni drenanti

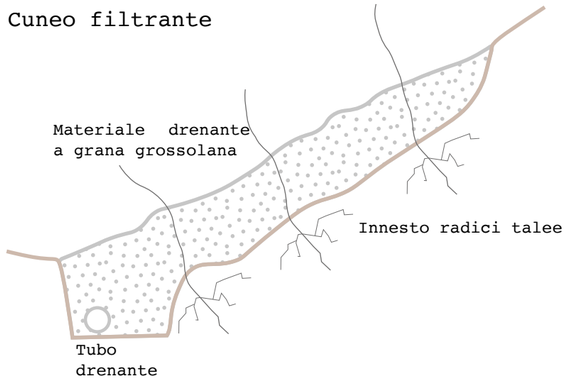
Sezione longitudinale



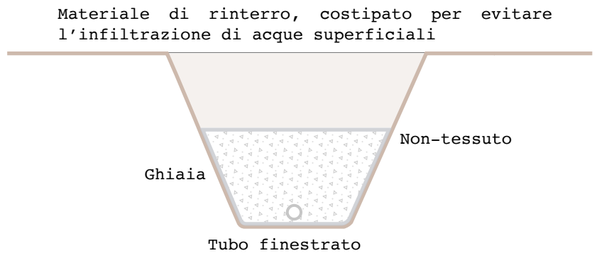
Sezione trasversale



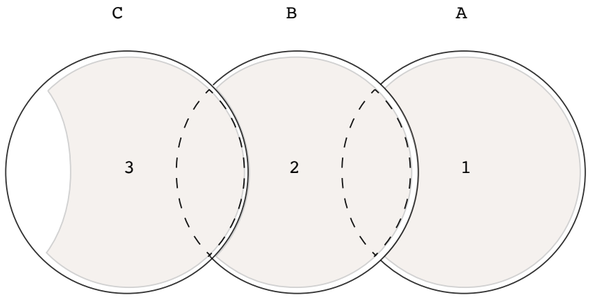
Cuneo filtrante



Trincee drenanti



Pali e paratie drenanti



Fase 1: Scavo del palo **1**
Fase 2: Posa in opera del tubo gobbo **A**
Fase 3: Riempimento con materiale drenente del palo **1**
Fase 4: Scavo del palo **2**
Fase 5: Posa in opera del tubo gobbo **B**
Fase 6: Riempimento con materiale drenante del palo **2**
Fase 7: Estrazione del tubo gobbo **A**
Fase 8: Scavo del palo **3**
Fase 9: Posa in opera del tubo gobbo **C**
Fase 10: Riempimento con materiale drenante del palo **3**

- Canalette superficiali: tra le opere di drenaggio sono sicuramente le più impiegate negli interventi di sistemazione di aree dissestate con l'obbiettivo di captare e allontanare le acque superficiali, non solo quelle provenienti dalle precipitazioni o dalle emergenze idriche ma anche quelle stagnanti entro eventuali depressioni. La loro disposizione che sia all'interno oppure all'esterno dell'area interessata da dissesti, può essere trasversale o longitudinale rispetto al pendio. A seconda delle modalità di costruzione e dei materiali impiegati per la loro realizzazione si possono avere diversi tipi, tra cui:
  - Canalette in terra, sono sicuramente le più utilizzate e le più economiche. Vengono realizzate completamente in scavo a sezione trapezoidale, e a seconda della necessità possono essere presidiate o non presidiate. Laddove la pendenza e le caratteristiche del terreno non garantiscano la funzionalità delle canalette (interramento, erosione, ecc…) devono essere previste opere di difesa e presidio. Queste opere consistono nell'esecuzione di un piccolo argine in pietrame a contenimento della sponda di valle della canaletta, oppure di un rivestimento della superficie della canaletta con pietrame (cunetta rivestita).
  - Canalette in legname e pietrame, come le precedenti a sezione trapezoidale, sono realizzate con un'intelaiatura di pali di legname idoneo e rivestendo il fondo con uno strato di pietrame posto a mano. Anche per questo tipo di opera può essere necessario eseguire opere di presidio.
  - Canalette prefabbricate in calcestruzzo, sono costituite da elementi a forma di trapezio e di ampiezza variabile in modo che l'elemento di monte si incastri, con la parte più stretta, in quello di valle con una piccola sovrapposizione. Gli elementi della canaletta vengono posizionali all'interno di uno scavo avente la stessa forma e debitamente costipato per evitare eventuali cedimenti. Questa tipologia di canalette vengono adottate nel caso in cui la pendenza del terreno superi il 10% grazie alla loro stabilità rispetto ad eventuali movimenti del corpo di frana.
  - Canalette con rivestimento rigido in calcestruzzo, forma e sezione simili alle precedenti, con la differenza che vengono impiegate solo in caso di pendenza minore del 10%.
  - Canalette prefabbricate in lamiera, solitamente sono costituite da elementi semicircolari in acciaio corrugato ben ancorati nel terreno. Con il passare del tempo le sezioni di tubo hanno la tendenza di scollarsi dal terreno incassante è per questo che risulta preferibile disporle lungo la linea di massima pendenza.

- Fossi di guardia: vengono realizzati, eseguendo scavi con sezione ad U oppure trapezoidale, immediatamente a monte della nicchia di distacco. In questo modo è possibile intercettare le acque correnti superficiali lungo il versante instabile e allentarle dall'area. Lo scavo, in genere, viene rivestito con un elemento rigido in calcestruzzo.
- Dreni intercettori: solitamente vengono utilizzati insieme ai fossi di guardia, e vengono realizzati al di sotto di essi, sempre a monte della nicchia di distacco. I dreni intercettori sono realizzati eseguendo uno scavo in profondità e ricorrendo al loro parziale riempimento con materiale drenante.
- Riprofilatura del versante: consiste in movimenti di terra aventi lo scopo di eleminare le depressioni o altre forme presenti nel versante in frana che sono sede di ristagno d'acqua e, più in generale, favoriscono il drenaggio delle precipitazioni meteoriche. Le acque intercettate sono allontanate dall'area dissestata e convogliate negli impluvi naturali mediante canalette.
- Sigillatura ed impermeabilizzazione delle fessure beanti: questa tipologia di fessura è presente soprattutto nella parte alta dell'area di frana, sono una delle più importanti vie di infiltrazione delle acque piovane superficiali in profondità. Per la loro sigillatura e impermeabilizzazione vengono utilizzati dei materiali costituiti, preferibilmente, a base di argilla, adeguatamente costipata.

Occorrerà completare l'intervento con un sistema di drenaggio superficiale adeguato ad intercettare le acque provenienti da monte che potrebbero essere convogliate verso le fratture.[8]

Come abbiamo visto l'ingegneria naturalistica offre una panoramica di soluzioni molto vasta a seconda della specifica necessità. Se si tratta solo dell'allontanamento delle acque meteoriche che con l'azione erosiva dovuta al loro scorrimento provocano danni a carattere superficiale, la loro azione è controllabile tramite rinverdimenti o con opere di drenaggio superficiale, diverso invece è quando l'azione erosiva è causata da risorgive perenni o periodiche dove saranno necessarie opere più complesse e più impattanti.

[8] AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, ottobre 2002, pp. 92-96 http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3486-atlante-versanti-2edizione.pdf/

4.4 Analisi delle precipitazioni locali

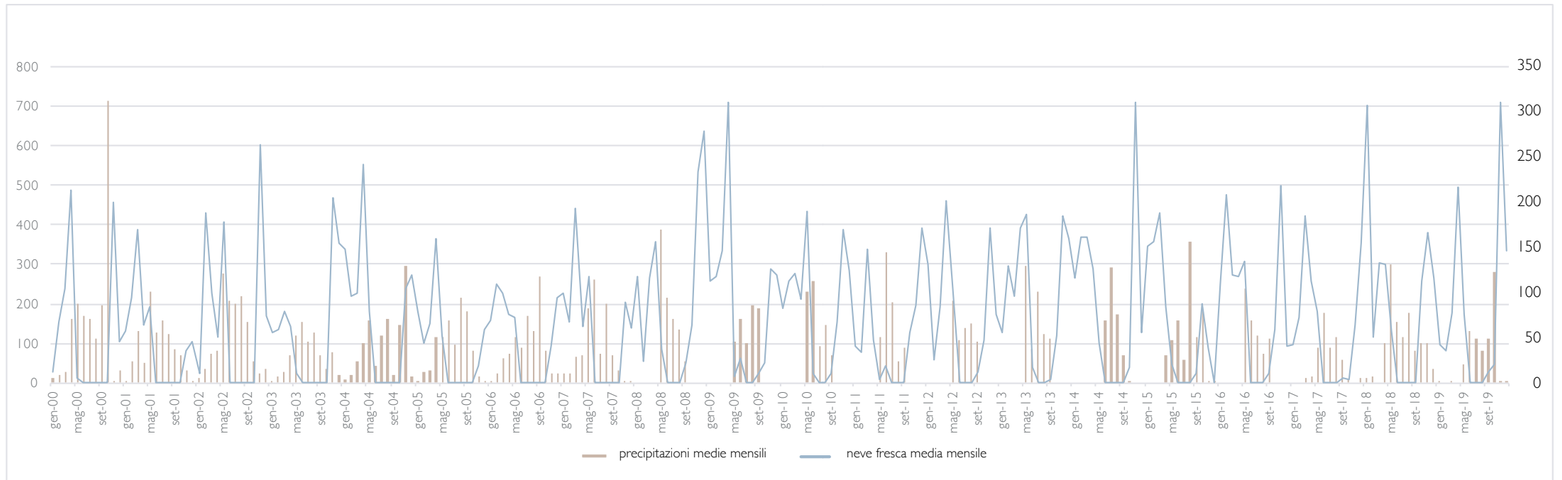
Per valutare l'entità delle precipitazioni sull'area oggetto di studio sono stati considerati gli ultimi 20 anni relativi ai dati meteorici forniti dall'Arpa Piemonte, sia per le precipitazioni piovose che per quelle nevose. Ai fini dello studio del recupero delle acque meteoriche sono state considerate solo le precipitazioni da maggio ad ottobre relative ai fenomeni piovosi. I dati relativi alle precipitazioni nevose sono comunque stati analizzati in quanto indice dell'acqua di ruscellamento primaverile e comunque in parte legata alla quantità di neve programmata che deve essere prodotta.

Dalla Banca Dati Meteorologica è stato possibile la consultazione dei dati relativi alla stazione di rilevamento situata in prossimità del comprensorio sciistico, sita a Bocchetta delle Pisse (2410m s.l.m.), Alagna.

La stazione è denominata "BOCCHETTA DELLE PISSE", lat. 44°52'32" long. 7°54'04".

La stazione è composta dai seguenti sensori nivometro (N), pluviometro (P), termometro (T) e anemometro (V).
Si rimanda al sito dell'Arpa per ulteriori dettagli sulla tipologia dei sensori presenti sulla stazione[1]
I dati forniti relativi alle precipitazioni e alla neve fresca, in forma giornaliera, sono stati mediati su base mensile per ogni anno.

[1] http://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/meteo/osservazioni/rete-meteoidrografica/anagrafica-stazioni.html?ID_VENUE=21262

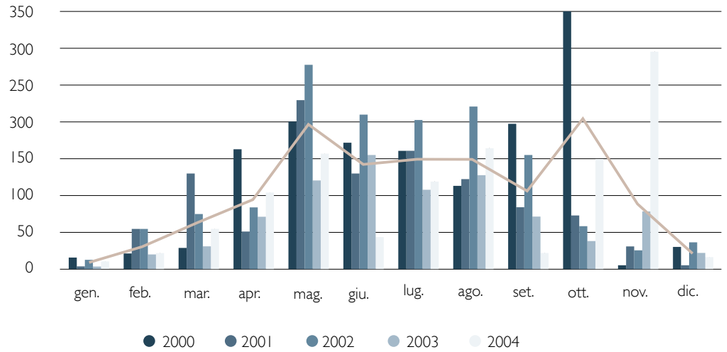


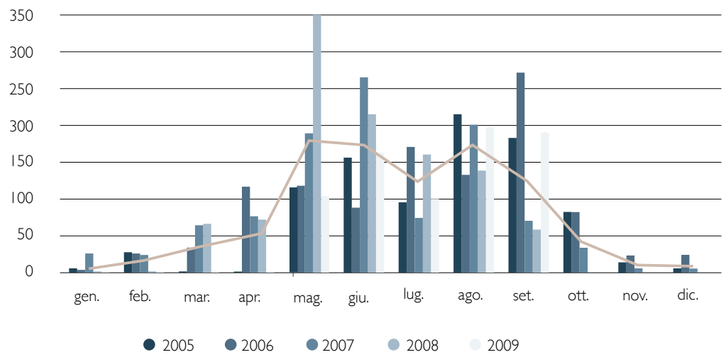
Questi dati, per facilità di lettura, sono stati successivamente divisi in quinquenni e ne è stata calcola la media mensile riferita al periodo sia per la piovosità che per la neve fresca. Le elaborazioni finali sono state comunque eseguite considerando le precipitazioni piovose medie su tutto il periodo, che va dal 2000 al 2019.

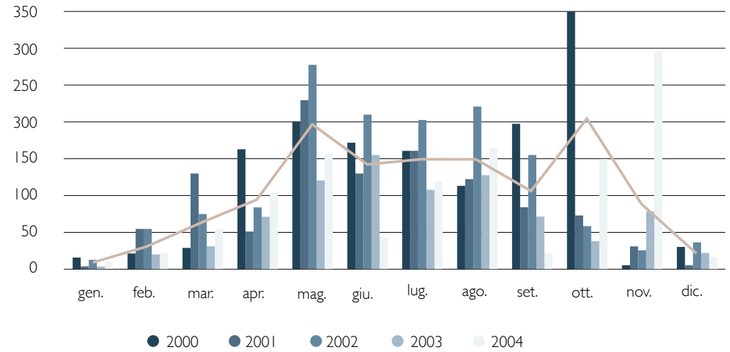
PIOVISITÀ

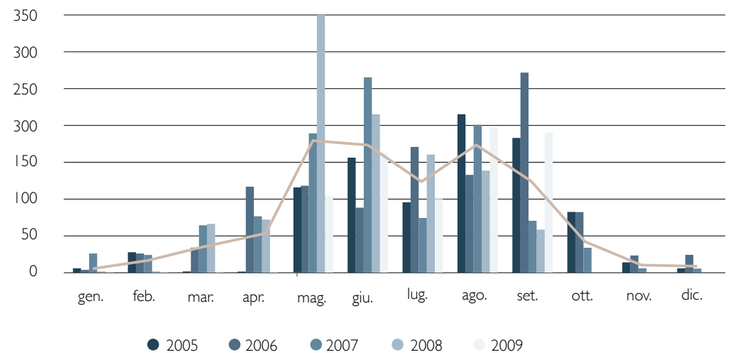
Risulta molto difficile stabilire un andamento delle precipitazioni in quanto è soggetto a numerosissime variabili, come la temperatura, le correnti d'aria, anticicloni, che ne determinano il carattere della precipitazione. I grafici sotto riportati hanno lo scopo di illustrare l'andamento mensile negli ultimi 20 anni.

Nel periodo compreso tra marzo 2008 e febbraio 2016 non sono disponibili i dati del pluviometro relativi al periodo primaverile, da gennaio ad aprile; ed autunnale da ottobre a dicembre.



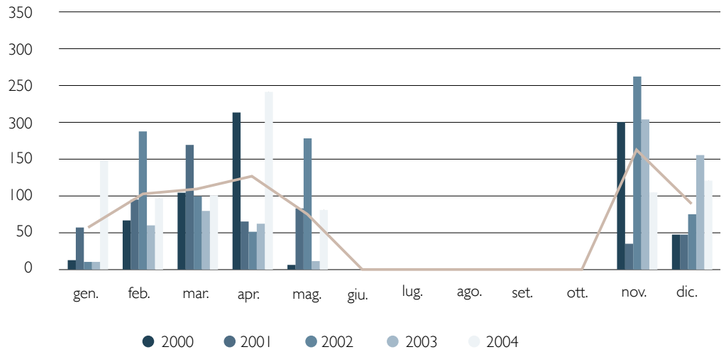


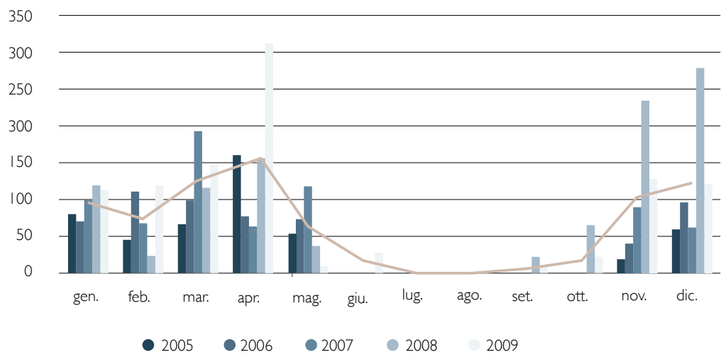


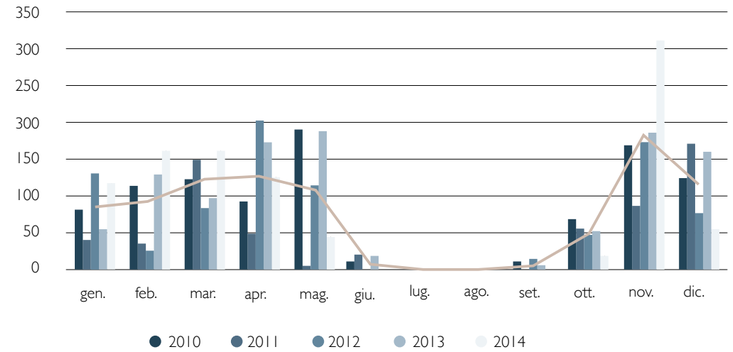


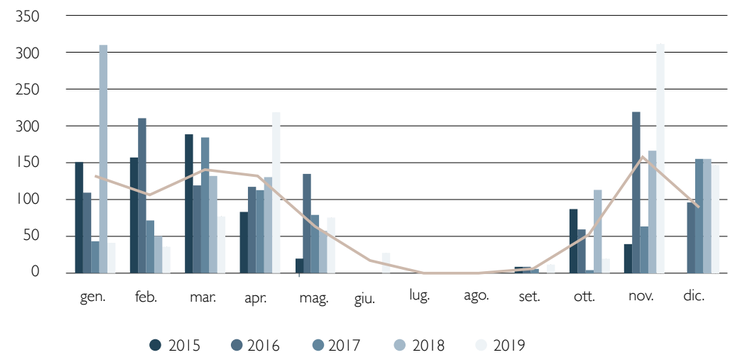
NEVE AL SUOLO

Anche per la neve al suolo vale lo stesso discorso fatto per le precipitazioni. Ci sono annate con dei picchi di innevamento naturale in primavera come nei quinquenni dal 2000 al 2004 e dal 2005 al 2009 e altri caratterizzati da numerose precipitazioni nevose principalmente nel mese di novembre, come dal 2000 al 2004 (ad esclusione del 2001 che ha visto il massimo delle nevicate nel mese di marzo) e dal 2010 al 1019, grazie ad annate particolarmente nevose che hanno compensato annate più scarse.









4.5 Permeabilità del suolo

Al fine di calcolare la quantità di acqua piovana potenzialmente recuperabile è necessario valutare la permeabilità del suolo, in quanto tale parametro è strettamente correlato alla quantità di acqua che il terreno è in grado di assorbire.

Nell'area oggetto di studio, come evidenziato nella Relazione Geologica-geotecnica e verifiche stabilità[2], il deflusso idrico avviene in modo diffuso anche in corrispondenza delle incisioni e degli impluvi, dove si concentrano le acque meteoriche. I terreni affioranti nel settore sono costituiti essenzialmente dai materiali detritici formanti l'accumulo di frana, formato da brecciame e blocchi rocciosi di dimensioni anche elevate e subordinate ghiaie, sabbie e limi.

[2] *Relazione geologica-geotecnica e verifiche stabilità*, Monterosa 2000 S.p.A., gennaio 2019, p.11

PERMEABILITÀ

La permeabilità del suolo è una proprietà che viene misurata dalla conducibilità idrica satura (K_{sat}, mm/h) e che esprime la capacità del suolo, in condizioni di saturazione, di essere attraversato da un certo carico idraulico, in direzione verticale.
Suoli molto permeabili facilitano l'assorbimento e lo scorrimento al loro interno di notevoli quantità d'acqua in poco tempo; per questo tipo di suoli il raggiungimento della falda avviene in tempi relativamente rapidi mentre i processi di deflusso superficiale sono limitati. Questa tipologia di suoli risulta quindi essere molto protettiva nei confronti dei fenomeni erosivi e di conseguenza alla qualità delle acque superficiali, in particolare in condizioni di pendenza, mentre sono poco protettivi nei confronti delle acque sotterranee.
La situazione risulta essere opposta nel caso di suoli poco permeabili caratterizzati da bassa infiltrabilità e spiccati processi di scorrimento superficiale.
La permeabilità dipende prevalentemente dalle dimensioni delle particelle che compongono il substrato, quindi dalla granulometria. In presenza di una frazione piuttosto grossolana, la presenza di spazi vuoti favorirà il passaggio dell'acqua, essendo il movimento dell'acqua facilitato dalla presenza di pori grandi e continui, rispetto a situazioni con pori piccoli e scollegati tra loro. La porosità del suolo è influenzata anche dalla tessitura: i suoli argillosi presentano in genere conducibilità idraulica satura più bassa rispetto a quella dei suoli sabbiosi e ghiaiosi, dove i pori, meno numerosi ma con sezione più ampia, permettono il passaggio di notevoli volumi d'acqua, nonchè dalla presenza di vuoti planari (fessure e spazi tra gli aggregati) più frequenti negli orizzonti argillosi e in particolare in quelli poco profondi.

La conducibilità idrica del suolo in condizioni di saturazione è una grandezza costante, mentre in condizioni di non-saturazione del suolo dipende fortemente dal contenuto idrico, come già descritto in precedenza nell'approfondimento "IL PROCESSO DI INFILTRAZIONE DELLA PIOGGIA".
La conducibilità idrica può essere valutata per i singoli orizzonti di un suolo o per il suolo nel suo insieme e la classe di permeabilità del suolo viene determinata dall'orizzonte meno permeabile.[3]
Le classi di permeabilità per i suoli sono quelle definite dal "Soil Survey Manual" USDA.

	Classe	*Ksat* (um/s)	*Ksat* (mm/h)
1	Molto bassa	< 0,01	<0,036
2	Bassa	0,01-0,1	0,036-0,36
3	Moderatamente bassa	0,1-1	0,36-3,6
4	Moderatamente alta	1-10	3,6-36
5	Alta	10-100	36-360
6	Molto alta	>100	>360

Per la corretta applicazione di tali indici è necessario effettuare delle prove in campo secondo metodologie opportune.

[3] *Permeabilità*, Arpa Veneto, Febbraio 2020
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/conoscenza-dei-suoli/carte-applicative/permeabilita

Il sito oggetto di studio è costituito in prevalenza da materiali aventi una granulometria grossolana dovuta agli accumuli detritici, come evidenziato dalle cartografie. Non avendo potuto effettuare delle prove di permeabilità in sito i cui dati sarebbero stati raffrontati con la classificazione secondo la "Soil Survey Manual" USDA, è stato applicato il coefficiente di infiltrazione specifico per terreni composti da detriti grossolani. L'indice applicato risulta quindi pari all'80-90% di infiltrazione efficace (vedi tabella paragrafo "Infiltrazione" p.50). Per il calcolo del recupero dell'acqua piovana, dovuta essenzialmente allo scorrimento sul suolo è stato inizialmente applicato un indice conservativo pari a 0,15. Tale valore non considera quota parte dovuta ai fenomeni di infiltrazione al netto di eventuali rimaneggiamenti dello strato superficiale del suolo.

Considerando il fenomeno di ruscellamento esclusivamente lungo il tracciato delle piste, va ricordato che tale area è stata precedentemente lavorata-rimodellata, in quanto in fase di realizzazione delle piste vengono normalmente effettuate le seguenti operazioni:

- spietramento e successiva regolarizzazione del fondo della pista con demolizione e interramento dei trovanti rocciosi,
- livellamento del terreno ove necessario,
predisposizione di una rete di drenaggio idrico superficiale per ovviare a fenomeni di erosione, attraverso la
- realizzazione di canali trasversali in terra atti a raccogliere ed allontanare le acque piovane e di scioglimento del manto nevoso,
- inerbimento del fondo.

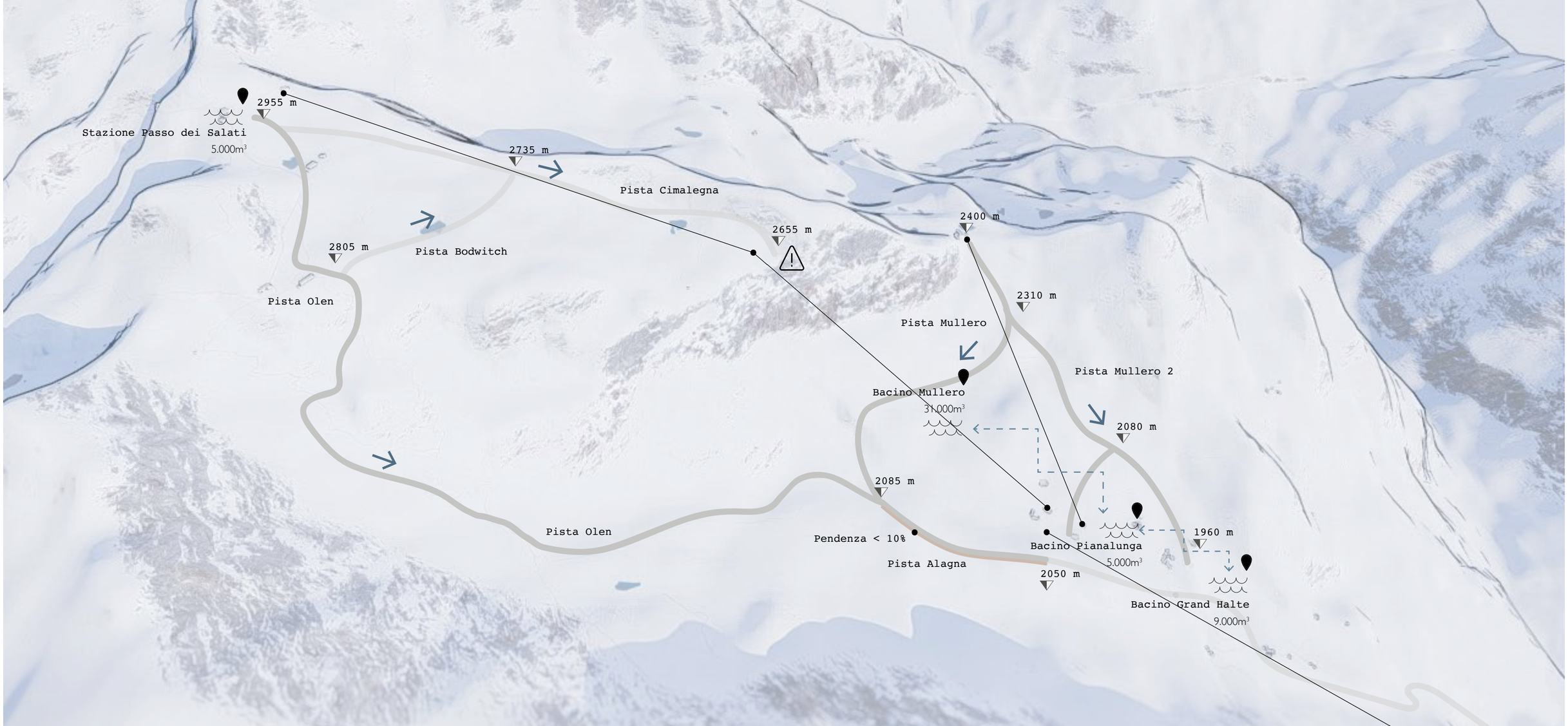
In seguito a queste attività necessarie per la preparazione di una pista da sci è stata ipotizzata una riduzione della permeabilità del suolo rimaneggiato, con conseguente aumento della quantità di acqua da ruscellamento, rispetto ad una situazione non perturbata. Il coefficiente è stato quindi incrementato da 0,15 a 0,25[4]. Quest'ultimo valore è stato utilizzato per tutte le successive elaborazioni.

[4] Comunicazione Dott. Geologo Alessandro Avai del 26.05.2020

4.6 Calcolo superfici delle piste

Sono stati eseguiti i calcoli per quantificare l'estensione areale di tutte le piste del comprensorio. Per la valutare la quantità di acqua piovana recuperabile da fenomeni di scorrimento superficiale, sono state considerate solo alcune delle piste aventi determinate caratteristiche:

- posizionamento a monte dei serbatoi di accumulo, in modo da ridurre i consumi energetici per il rilancio delle acque,
- valutazione delle pendenze: nel caso di pendenze inferiori al 10% si è ipotizzato che prevalgano i fenomeni di infiltrazione a scapito di quelli di ruscellamento, per cui tali tratti non sono stati considerati nel conteggio areale finale,
- problemi di collettamento delle acque dovuti alla morfologia del suolo, come salti rocciosi o contro pendenze.


2955 m
Stazione Passo dei Salati
5.000m³
2735 m
Pista Cimalegna
2805 m
Pista Bodwitch
Pista Olen
2655 m
2400 m
2310 m
Pista Mullero
Pista Mullero 2
Bacino Mullero
31.000m³
2080 m
2085 m
Pista Olen
Pendenza < 10%
Pista Alagna
Bacino Pianalunga
5.000m³
1960 m
2050 m
Bacino Grand Halte
9.000m³

Applicando i criteri di esclusione sopra elencati è stato necessario escludere alcune piste o tratti di esse come riportato nella piantina del Comprensorio.

A livello areale su una superficie totale di 318.094 m^2, è quindi stata esclusa una superficie pari a circa il 35%.

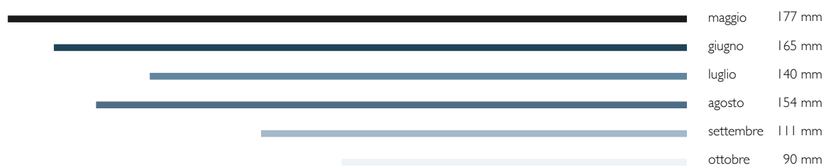
Nome	Dislivello [m]	Lunghezza inclinata [m]	Larghezza media [m]	Area totale [m^2]	Area non sfruttabile [m^2]	Motivo dell'esclusione
Pista Olen	835	3.465	23	83.658	0	-
Pista Cimalegna	300	1.665	28	40.965	40.965	Presenza di salti rocciosi
Pista Bodwitch	70	544	16	8.954	8.954	Contropendenza
Pista Mullero	350	1.534	25	49.499	0	-
Pista Mullero 2	410	1.483	40	59.320	0	-
Pista Alagna	895	3.255	22	45.184	38.218	Basse pendenze e parte di pista a valle dei serbatoi di accumulo

Considerando quanto detto prima, le superfici sfruttabili sono un totale di: 207.069 m^2, così suddivise:

Nome	Area [m^2]
Pista Olen	83.658
Pista Mullero	49.499
Pista Mullero 2	59.320
Pista Alagna	6.966

4.7 Calcolo delle precipitazioni medie

Al fine della valutazione della quantità di acqua piovana da ruscellamento recuperabile, sono stati calcolati i mm di pioggia relativi al periodo temporale 2000-2019 utilizzando i dati della stazione meteo Arpa Bocchetta delle Pisse. Sono stati considerati i valori medi di pioggia mensili da maggio ad ottobre per gli anni considerati (vedi Allegato C).
In sintesi vengono riportati nella tabella seguente i dati medi mensili dell'ultimo ventennio (2000-2019):



Gli apporti dovuti allo scioglimento del manto nevoso non sono stati considerati in quanto, data la composizione del terreno superficiale dell'area oggetto di valutazione, si ipotizza che lo scioglimento del manto nevoso, essendo un fenomeno relativamente lento, la cui acqua di fusione subirà prevalentemente fenomeni di infiltrazione nel terreno riducendo al minimo eventuali fenomeni di ruscellamento superficiale.

4.8 Recupero e stoccaggio delle acque

Come visto in precedenza, nel caso in cui l'acqua meteorica oggetto di collettamento fosse presente su un pendio allo stato naturale (senza rimaneggiamento), data la conformazione geologica sarebbe necessario attribuire un "coefficiente di ruscellamento" molto basso, mediamente 0,15 (comunque compreso tra 0,10-0,20) in quanto la maggioranza delle acque sarebbe sottoposta a fenomeni di infiltrazione a causa di un coefficiente di infiltrazione molto alto.
Poichè il sottofondo delle piste è comunque stato sottoposto a rimaneggiamenti, il "coefficiente di ruscellamento", come riporato nel Capitolo 4.6, è leggermente superiore, in quanto la frammentazione dei detriti grossolani e la presenza di parti più fine e in alcuni tratti, la presenza di vegetazione, permette di applicare un coefficiente pari a 0,25.

Nella tabella seguente sono riportati, per ogni pista considerata, i volumi totali di acqua piovana caduti al suolo sulle superfici in esame ed il corrispettivo valore recuperabile di acqua, per gravità, in base all'applicazione del "coefficiente di ruscellamento".

Nome	Volume H_2O [m^3]	0,25 [m^3]
Pista Olen	76.405	19.101
Pista Mullero	41.430	10.358
Pista Mullero 2	49.650	12.413
Pista Alagna	5.830	1.458

Applicando il coefficiente 0,25 risulta quindi possibile recuperare un volume totale pari a 43.329 m^3 di acqua piovana.
Di tale volume una parte potrebbe essere direttamente stoccata nel Bacino Mullero (in particolare l'acqua proveniente dalla pista Mullero), una seconda quota di acqua potrebbe essere collettata nel Bacino Pianalunga, mentre la volumetria d'acqua proveniente da un tratto della pista Mullero 2 potrebbe essere destinati al Bacino Grand Halte, per poi essere pompata nel Bacino Pianalunga.

Ogni volta che verranno raggiunti i livelli di massimo invaso dei serbatoi, i volumi d'acqua raccolti dovrebbero essere pompati verso il Bacino del Mullero utilizzando il sistema di pompaggio già presente nella rete di innevamento del Comprensorio.

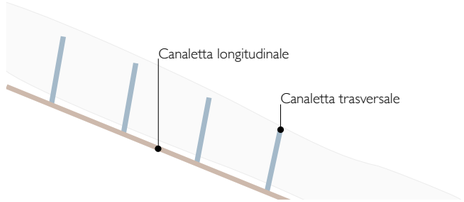
L'acqua piovana raccolta potrà quindi essere stoccata nel Bacino Mullero fino al suo completo riempimento. Poichè la capienza massima del bacino Mullero è di 31.000 m^3, in base alle elaborazione eseguite con i dati medi di piovosità nel periodo compreso tra maggio ed ottobre, la volumetria di acqua piovana recuperabile è sufficiente per riempirlo completamente. I volumi di acqua in eccesso potranno rimanere stoccati nei serbatoi fino al momento di utilizzo.

Nel caso in cui si considerasse un "coefficiente di ruscellamento" superiore, ad esempio pari a 0,30, i volumi di acqua recuperata si attesterebbero intorno ai 52.000 m^3.

4.9 Sistema di recupero

Sistema di recupero

Il sistema di recupero delle acque piovane proposto consta di una serie di canalette disposte trasversalmente rispetto allo sviluppo della pista e da una canaletta di raccolta disposta longitudinalmente che funge da raccordo tra le diverse canalette trasversali.
Di seguito vengono analizzate le due tipologie di componenti.



Canalette trasversali

Le canalette di raccolta dell'acqua di ruscellamento delle piste saranno posizionate mediamente ogni 40m, con una variazione della loro distanza, in base alla pendenza delle piste. L'infittimento delle canalizzazioni nei tratti di pista più ripidi dovrà essere calcolato in funzione degli eventi meteo più impattanti (bombe d'acqua), così come la loro pendenza. Infatti, tali canalizzazioni servono oltre che al recupero delle acque piovane, anche a ridurre la velocità di scorrimento in modo da riurre i fenomeni di erosione o dissesto.

Mediamente le piste esaminate hanno una pendenza di circa il 26%.

Il tratto della pista "Alagna", compreso tra il suo inizio (quota 2085 m.) fino al bacino di accumulo Pianalunga, ha una pendenza di circa il 7%. Tale pendenza non garantisce fenomeni di scorrimento superficiale ma è più probabile che si assista a fenomeni di infiltrazione nel sottosuolo; data questa situazione, per tale tratto non è stata prevista la posa di canalizzazioni trasversali ma è prevista la sola posa del canale longitudinale a prosecuzione del collettamento degli altri tratti di pista.
Da un punto di vista costruttivo le canalette trasversali saranno realizzate effettuando uno scavo a sezione rettangolare 40 cm per 25 cm di profondità rivestito con legno idoneo di larice o castagno opportunamente impregnato. Queste tavole di legno con spessore non inferiore a 3,5 cm, verranno tra loro inchiodate o graffate. Per tale tipologia di opere previste si è fatto riferimento a quanto ripostato sul Prezziario della Regione Piemonte.[1]

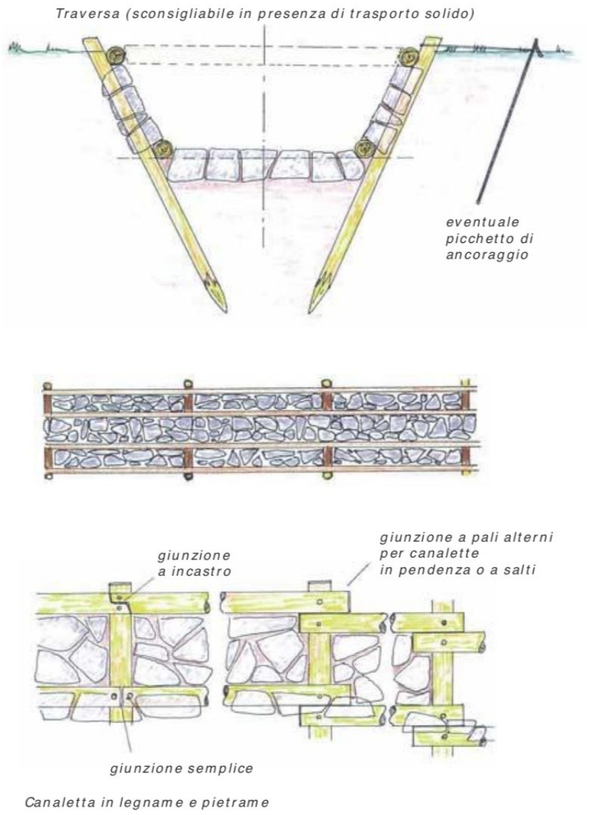
[1] Voce del Prezziario 18.A75.A40, Edizione 2019

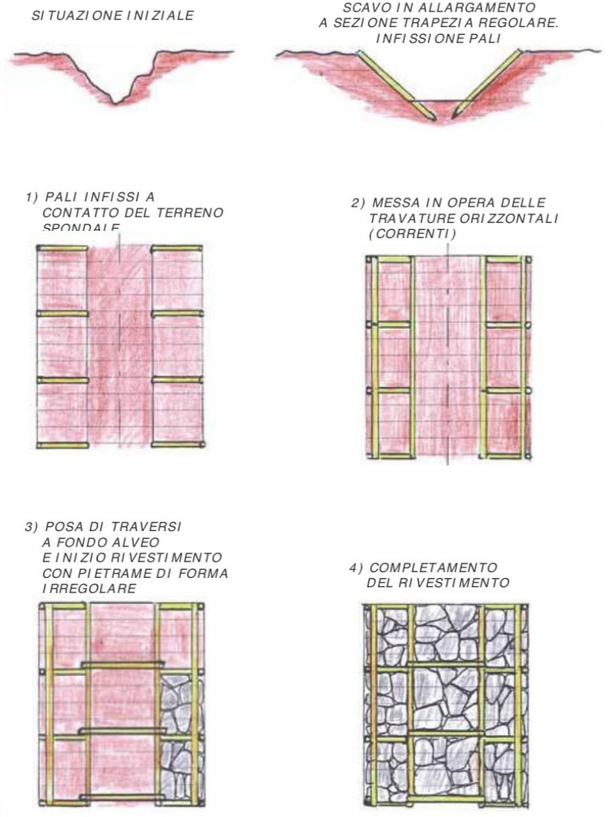
Canalette longitudinali

Questo tipo di canalizzazione, a differenza della precedente, ha il compito di raccogliere tutta l'acqua proveniente dalle canalette trasversali, quindi dovrà essere realizzata con una sezione superiore.
Per la realizzazione della canaletta longitudinale verrà utilizzata la soluzione riportata sul Prezziario della Regione Piemonte che prevede un sistema di realizzazione misto di legname e pietrame, a sezione trapezoidale (altezza 80 cm, base minore 70 cm, base maggiore 170 cm).[2]
Per la costruzione di questo canale di raccolta, sarà necessario eseguire uno scavo con mezzo meccanico, della sezione prevista; successivamente verrà realizzata un'intelaiatura in pali di legno scortecciati, di diametro non inferiore a 20 cm (in legno idoneo e durabile di latifoglie o di conifere autoctone, come larice, castagno o quercia). Tale intelaiatura verrà ancorata al suolo e i pali saranno fissati tra loro, sia sui fianchi della canaletta che sul fondo, utilizzando chiodi o graffe metalliche.
Successivamente verrà posizionato il rivestimento di pietrame possibilmente recuperato in loco e posato a mano. Verrà inoltre predisposta, ad intervalli regolari di 1,5 m, nella parte sommitale della canaletta, una traversa in legno con il compito di irrigidire la struttura.
Tra il raccordo delle canalette trasversali e quella longitudinale di raccolta, verranno predisposti dei pozzetti prefabbricati di dimensioni adeguate tali da consentire le operazioni di pulizia, in sicurezza, per la rimozione dei detriti depositati in fase di ruscellamento (ghiaia, sedime, ecc.).

▶ **Immagine 3:**
Dettaglio costruttivo della canaletta longitudinale
Fonte: Ingegneria naturalistica, Regione Piemonte

[2] Voce del Prezziario 18.A75.A45, Edizione 2019





4.10 Valutazione dei costi di realizzazione dell'opera

Costo di realizzazione

Per definire l'entità dell'investimento necessario per la realizzazione dell'intervento di canalizzazioni atto a collettare l'acqua meteorica di ruscellamento dalle piste, è stato redatto un breve computo metrico estimativo utilizzando l'edizione 2019 del Prezzario della Regione Piemonte. Si ricorda che nel sito oggetto di studio sono già presenti le opere relative ai bacini di accumulo dell'acqua e tutta l'impiantistica necessaria al travaso delle acque stoccate (tubazioni, sistemi di pompaggio, …); per questo motivo tali opere, non sono state inserite tra i costi da sostenere.
L'importo dell'operazione è stato determinato a partire dall'elenco prezzi delle lavarozioni del Prezzario regionale; in specifico, si è preso come riferimento quanto riportato nella sezione 18 "Sistemazione, recupero e gestione del territorio e dell'ambiente", in quanto in questa parte è presente una sezione

dedicata esclusivamente alle canalizzazioni e drenaggi utilizzando prevalentemente materiali naturali:

- Per la realizzazione delle canalette trasversali, descritte precedentemente, il costo di costruzione è pari a 41,84 €/m, quindi, per il caso oggetto di studio dove la realizzazione delle stesse è di circa 4.674 metri lineari, l'ammontare totale è di 195.561,60 €

- Per la realizzazione delle canalette longitudinali, essendo più complesse da un punto di vista di costruzione e di materiali impiegati, il costo al metro è pari a 62,76 €/m e quindi il costo totale per la realizzazione di 7.180 m, sarà di 450.609,93 €.

Sommando le due voci, si ottiene un costo di costruzione per le due tipologie di canalizzazioni pari a 646.171,52 €.
Le voci del prezziario utilizzate sono state rielaborate suddividendo per singola attività (fornitura materiale, personale, nolo macchinari,...) facendo riferimento a voci analoghe e coerenti del Prezziario e adeguandole al progetto proposto (Allegato D).

Raffrontando i costi di costruzione delle canalizzazioni rispetto alla superficie interessata dall'intervento di drenaggio (circa 20 ettari), si ha un investimento pari a circa 32.308,58 €/ha di pista.

Al CME sono state aggiunte le voci relative alla progettazione e direzione lavori (DLL) che per un importo di 646.171,52 è ipotizzabile pari all'8% dell'importo delle opere, che rientrano nella categoria d'opera di "Paesaggio, Ambiente, Naturalizzazione"[1], per un totale di 51.693,72€ di compensi professionali.
Dovranno inoltre essere considerati gli imprevisti, pari al 5%[2], e l'IVA al 22%, rispettivamente 32.308,58€ e 142.157,74€.
Il costo di realizzazione dell'opera, considerate tutte le voci di costo elencate in precedenza, risulta essere pari a 872.331,56€.

Per le valutazioni relative all'investimento è stato considerato come scenario principale quello in cui la cifra necessaria alla realizzazione dell'opera di canalizzazione venga interamente coperta attraverso un prestito erogato da un istituto di credito. I conteggi sono stati effettuati ipotizzando un tasso di interesse (i) pari all'1,5% e un orizzonte temporale di 30 anni per rientrare del prestito (n = 30).
Per il calcolo della rata annuale di rimborso del prestito (a), è stata utilizzata la seguente equazione di matematica finanziaria, determinata attraverso il calcolo dell'accumulazione iniziale di annualità costanti posticipate limitate.

$$a = A_0 \frac{i * q^n}{q^n - 1} = 36.323,18€$$

Alla fine del periodo di restituzione del prestito, dopo i 30 anni, che coincidono con il tempo di ammortamento dell'intervento, il costo di realizzazione sostenuto, comprensivo di tutti gli interessi passivi, sarà pari a 1.363.524,20 €.

1 https://www.professionearchitetto.it/tools/parametri/

2 Allegato XXI- Allegato tecnico di cui all'art. 164, articolo 16, comma 4 lettera d) https://www.anticorruzione.it/portal/public/classic/AttivitaAutorita/NormativeDiSettore/_Articolo?cl=d.lgs%20163/06&ca=Allegato%20XXI&bu=#nota1

Per quanto concerne l'approvvigionamento idrico al fine delle attività di innevamento programmato, il costo del canone di concessione per l'utilizzo dell'acqua in base ai volumi prelevati, è stato calcolato utilizzando la tabella[3] della Regione Pimonte, assimilabile alla categoria per la produzione di beni e servizi, equiparato a 177,35 € per l/sec in base alle portate dichiarate. Poiché, per il caso oggetto di studio, vi sono due diverse concessioni, una riguardante il prelievo di acque sorgive e sotterranee (sorgenti Olen e Mullero) pari a 10 l/sec, e una per le acque superficiali, Torrente Mullero, di 40 l/sec. In base ai volumi prelevati il canone di concessione annuo dovuto, si ipotizza sia pari a 8.867,50 €, somma rispettivamente di 1.773,50 € (acque sorgive e sotterranee) e 7.094,00 € (acque superficiali).

Per l'esecuzione del recupero delle acque meteoriche in base alle valorizzazioni riportate in precedenza gli importi in gioco richiedono un investimento consistente, difficilmente un soggetto privato potrà affrontare spontaneamente una spesa di questa entità a fronte di costo di concessione nettamente inferiore, e quindi più economicamente favorevole. È quindi necessario adottare delle strategie di medio-lungo periodo che permettano di incentivare delle attività di recupero delle acque meteoriche che, seppur non economicamente conveniente, siano volte ad adottare soluzioni più sostenibili da un punto di vista ambientale e di gestione delle risorse idriche. Vengono riportati di seguito alcuni scenari relativi a possibili soluzioni legati a possibili interventi economici da parte di soggetti pubblici/privati (dettagli scenari Allegato E).

3 Canoni demaniali unitari relativi all'uso di acqua pubblica e relativi importi minimi per ciascuna tipologia di uso - anno 2020

SCENARIO 1

Per rendere conveniente la realizzazione dell'opera per il Comprensorio, le strategie adottabili dalla Pubblica Amministrazione sono quella di aumentare esponenzialmente il costo del canone di concessione. In questo modo, è possibile che i Comprensori siano maggiormente spinti a realizzare opere atte al recupero delle acque meteoriche riducendo in questo modo l'incidenza del prelievo sul bacino idrografico locale.
Nel caso specifico il canone dovrebbe essere incrementato, a parità di volume utilizzato la cui entità è pari a 100.000 m^3 annuo, da 0,09 €/m^3 valorizzazione attuale del canone a 0,45 €/m^3, che corrisponderebbe ad un canone annuale pari a 45.450,81 €.

L'incremento del canone dovrebbe quindi essere pari al 412,55%.

SCENARIO 2

Una soluzione alternativa, sempre coinvolgendo la PA, è quella di utilizzare finanziamenti specifici erogati della Regione Pimonte in base alla Legge regionale 26 gennaio 2009, n.2, "*Norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport inverali da discesa e da fondo in attuazione della normativa nazionale vigente ed interventi a sostegno della garanzia delle condizioni di sicurezza sulle aree sciabili dell'impiantistica di risalita e dell'offerta turistica*"[4] atti a perseguire una politica a favore del recupero ed utilizzo delle acque meteoriche relativamente alla gestione dei sistemi di innevamento programmato che permetta di preservare i sistemi idrici di acque superficiali e sotterranee.

In questi casi l'investimento da parte della Regione sarebbe pari al 50% delle spese sostenute al netto dell'IVA, in quanto le attività previste rientrano nella categoria B "investimenti relativi alla riqualificazione, alla sostenibilità paesaggistica, ambientale ed energetica, al potenziamento e alla valorizzazione del patrimonio impiantistico delle aree sciabili e di sviluppo montano e dell'offerta turistica" di cui alla Delibera della Giunta Regionale 12 luglio 2019, n. 26-87[5].

Anche in questo caso, il solo contributo regionale del 50%, non sarebbe sufficiente a rendere conveniente l'intervento di collettamento delle acque meteoriche in quanto per raggiungere la convenienza economica sarebbe comunque necessario un incremento del canone pari 37,20%, cioè un costo equivalente di 0,12 €/m^3. A fronte di tali valutazioni, però, l'incremento del costo della concessione risulterebbe decisamente più contenuto e proponendo, dunque, una nuova tariffa di concessione incrementata del 50%, l'investimento risulterebbe immediatamente economicamente sostenibile.

4 http://arianna.consiglioregionale.piemonte.it/base/coord/c2009002.html

5 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2019/30/attach/dgr_00087_990_12072019.pdf

SCENARIO 3

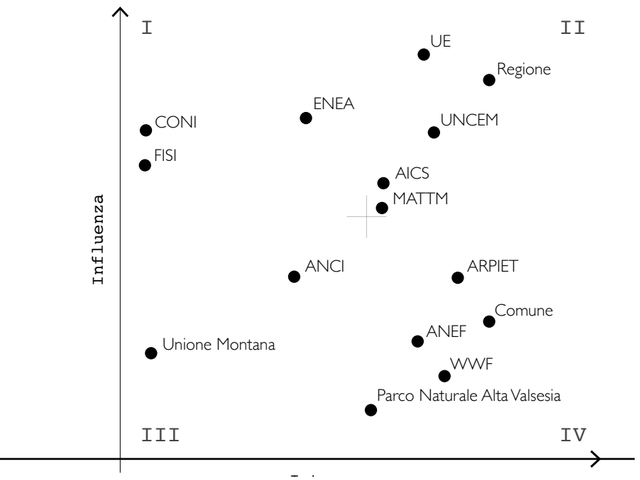
Un'altra opzione perseguibile potrebbe essere legata ad eventuali accantonamenti che il Comprensorio ha già effettuato, o prevede di effettuare, nel corso degli anni, al fine di rendere disponibile la cifra necessaria alla copertura economica per le attività di canalizzazione delle acque; a fronte di questo tipo di autofinanziamento possiamo ricondurci al solo valore dell'investimento al netto degli interessi passivi. Questa opzione dovrebbe essere tenuta in considerazione nel caso in cui la Regione Piemonte non ritenesse finanziabili tali opere in base alla normativa sopra citata. In questo caso il costo del canone di concessione dovrebbe aumentare da 0,09 €/m^3 a 0,29 €/m^3 al fine di ottenere la convenienza economica alla realizzazione dell'opera.

L'incremento del canone dovrebbe quindi essere pari al 227,91%.

Si ricorda che le valorizzazioni sono state effettuate in base al Prezziario della Regione Piemonte ma l'area di intervento permette di avere un'elevata quota dei materiali lapidei disponibili direttamente in situ. Tale opportunità permette di ridurre i costi di fornitura e trasporto della materia prima incidendo in maniera positiva nel CME. A tali valutazione andrebbero associate altri fattori di "economia di realizzazione" legata alla disponibilità di mezzi d'opera e personale reperibile direttamente presso il comprensorio o in prossimità dell'area di intervento, sia per la progettazione che per la successiva realizzazione. Se tale situazione fosse perseguibile il costo di realizzazione subirebbe una riduzione significativa.

Proposta di realizzazione

Per la promozione e l'incentivazione economica di opere di questo genere i soggetti che potrebbero essere partecipi sono molteplici: ne sono stati scelti e analizzati alcuni legati o collegati direttamente alla sfera degli impianti sciistici e dello sci come pratica sportiva e altri che, grazie al loro potere economico, sono in grado di finanziare l'opera. In tale elenco sono stati inseriti anche soggetti che si occupano della conservazione naturale e delle aree protette.
Gli stakeholders coinvolti (vedremo in seguito in modo dettagliato) direttamente o indirettamente per il progetto di recupero delle acque meteoriche al fine di essere stoccate e utilizzate per l'innevamento programmato, sono stati categorizzati in relazione ai loro livelli di influenza e interesse.



Come si può vedere, gli stakeholders sono variamente inseriti nei quattro quadranti, a seconda del loro potenziale coinvolgimento.
Nel primo quadrante si trovano gli stakeholers che pur non avendo grande interesse hanno molta influenza: sono definibili come appetibili, ed è quindi opportuno coinvolgerli. In questo primo gruppo rientrano le associazioni di categoria (CONI e FISI) che grazie alla loro influenza sono in grado di arrivare ad un numero molto elevato di utenti. Diverso è il discorso per l'Enea che può essere vista come l'anello di congiunzione con le istituzioni ed enti internazionali.

Nel secondo quadrante ritroviamo gli stakeholder strategici, che dovrebbero per forza essere coinvolti grazie al loro interesse e alla loro influenza: Enti, Ministeri e associazioni a livello nazionale e sovranazionale. Questi soggetti hanno gli interessi e l'influenza necessari per definire delle prospettive future e unitarie valide sia a livello nazionale che sovranazionale.
Nel terzo quadrante troviamo i soggetti meno influenti e con minor interesse, è possibile coinvolgerli ma si possono definire come stakeholders secondari. Infatti sono soggetti che operano a livello locale, come l'Unione montana e l'ANCI che invece si occupa di raggruppare tutti gli enti comunali a livello nazionale.
Nel quarto ed ultimo quadrante troviamo soggetti molto interessati al progetto ma con poca influenza, intesa anche come potere economico. Oltre alle associazioni di categoria, Arpiet e ANEF, è stato inserito il Comune come entità locale legata al territorio nonché gli enti direttamente legati alla tutela dell'ambiente.

STAKEHOLDERS

Unione Europea

L'Unione Europea opera con diverse azioni nei vari settori politici, quali l'"Azione per il clima e Green Deal europeo". In questo caso l'UE sta intervenendo per far fronte ai cambiamenti climatici del pianeta, in particolare cercando delle soluzioni per contrastare l'aumento delle temperature che potrebbero causare danni all'agricoltura nonché determinare una scarsità d'acqua. Con l'accordo di Parigi, come visto in precedenza, l'UE guida gli sforzi da compiere a livello mondiale per ridurre l'innalzamento delle temperature. Altri obbiettivi vengono fissati con il Green Deal europeo[1], che mira a diventare entro il 2050 il primo continente a impatto climatico zero[2]. L'UE si occupa anche del settore "Ambiente", cercando di tutelarlo e promuovendo una crescita sostenibile. Con il programma di azione per l'ambiente viene definita la visione dell'UE per il 2050 dove si potrà vivere in un ambiente senza sprechi, dove le risorse naturali (come l'acqua) siano gestite in modo sostenibile e in cui la biodiversità sia protetta, valorizzata e tutelata (vedi Natura 2000).[3]
L'Unione Europea, da un punto di vista monetario, con gli aiuti di Stato disciplinati agli articoli 107 e 108, attraverso il Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea (TFUE), delinea alcune tipologie di aiuti destinati al mercato interno dei vari Stati.[4]

Regione Piemonte

La Regione Piemonte è l'organo di governo del territorio, svolge prevalentemente tre funzioni:

- legislativa, delibera leggi;
- di programmazione, delinea lo sviluppo regionale nel medio-lungo periodo, attraverso i documenti di programmazione che definiscono le linee guida di specifici settori;
- di regolazione, si occupa della ripartizione e della distribuzione delle risorse sul territorio, della vigilanza, dell'indirizzo e del coordinamento delle azioni, oltre ad erogare e disciplinare i contributi finanziari a favore di altri soggetti pubblici e privati; infine coordina ed è garante della funzionalità degli altri enti territoriali.[5]

Per quanto riguarda lo sviluppo economico e sociale, la Regione Piemonte legifera in merito alle condizioni normative e di contesto finalizzate al potenziamento e alla crescita delle attività economiche, nel rispetto dei principi dell'economia sostenibile, della tutela della dignità del lavoro, della promozione della cooperazione e della garanzia della sicurezza sociale; questo si esplica applicando strategie mirate atte a valorizzare, nei vari ambiti di competenza, anche il patrimonio naturale e a promuovere lo sviluppo del territorio.[6]

1 Per approfondimenti si rimanda al sito: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
2 https://op.europa.eu/webpub/com/eu-what-it-is/it/#chapter2_14
3 https://op.europa.eu/
4 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0651&from=DE
5 *La Regione Piemonte, L'Identità*
6 *La Regione Piemonte, L'Identità*

In particolare la Regione Piemonte, relativamente ai comprensori sciistici ha emesso delle disposizioni specifiche di settore, quali:

- Legge regionale 26 gennaio 2009, n.2, "*Norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport invernali da discesa e da fondo in attuazione della normativa nazionale vigente ed interventi a sostegno della garanzia delle condizioni di sicurezza sulle aree sciabili dell'impiantistica di risalita e dell'offerta turistica*".[7]
- Deliberazione della Giunta Regionale 12 luglio 2019, n. 26-87

  L.R. 2 del 26.01.2009 e s.m.i. "*Norme in materia di sicurezza nella pratica degli sport montani invernali ed estivi e disciplina dell'attivita' di volo in zone di montagna*". Art. 43: disposizioni per la concessione dei contributi per l'anno 2019. [8]

Finpiemonte Partecipazioni S.p.A.

Il comprensorio Monterosa Ski appartiene a Finpiemonte Partecipazione che è una società mista a prevalente capitale della Regione Piemonte. Finpiemonte Partecipazione, istituita con legge regionale n. 17 del 26 luglio 2007[9], si occupa della gestione dei finanziamenti su fondi pubblici (contributi, finanziamenti agevolati, garanzie e benefici di qualsiasi natura) destinati alla realizzazione di piani e programmi regionali, nazionali e comunitari e di interventi straordinari, nel quadro delle direttive e finalità definite dalla Regione Piemonte e dagli altri soci. Inoltre si occupa inoltre dell'erogazione di finanziamenti agevolati per accedere a fondi pubblici.[10]

> Il capitale sociale di Finpiemonte Partecipazioni è pari a 66,4 milioni di euro.[11]

Il portafoglio partecipazioni è composto da 30 società operanti nei settori della riqualificazione e promozione del territorio, energia, ecologia, logistica, finanza e turismo.[12]

I principali ambiti di intervento sono:

- supporto alla creazione di nuove imprese, con un'attenzione riguardo a progetti imprenditoriali innovativi per la valorizzazione dei risultati dell'attività di ricerca e innovazione;
- competitività di tutte le forme di impresa (micro imprese, PMI ovvero le piccole e medie imprese, Mid Cap e Grandi imprese);
- consolidamento e appetibilità per le nuove imprese in Piemonte, specialmente se in ambiti dell'innovazione sociale e ambientale, che consentano di generare nuova occupazione;
- efficientamento energetico e riduzione dell'impatto ambientale;
- investimenti di enti pubblici e imprese a valenza pubblica;
- ricerca e innovazione per favorire la specializzazione sulle filiere ad alto potenziale di crescita.[13]

Comune

Il ruolo del Comune oltre ad occuparsi dei compiti tradizionali come l'amministrazione e l'uso dei beni del Comune, gestione acque, acquedotti, organizzazione dei mercati e molti altri, ha il compito di promuovere e sensibilizzare i propri cittadini sul fronte di diversi temi, come per esempio le conseguenze dell'effetto serra, la riduzione del consumo della plastica, un uso intelligente delle risorse idriche.

> Il Comune di Alagna Valsesia ha aderito e sponsorizzato l'iniziativa "Valsesia Plastic Free", promossa dall'Unione montana, attraverso delibere per l'eliminazione della plastica.[14]

Inoltre, ha il compito di promuovere attività culturali, sportive ed artistiche. La promozione di queste attività potrebbe incentivare il turismo e quindi a favorire l'economia locale.

7 http://arianna.consiglioregionale.piemonte.it/base/coord/c2009002.html

8 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2019/30/attach/dgr_00087_990_12072019.pdf

9 http://www.finpiemonte-partecipazioni.it/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=74

10 https://www.finpiemonte.it/chi-siamo#:~:text=Gestisce%20finanziamenti%20in%20qualsiasi%20forma,direttive%20e%20finalità%20definite%20dalla

11 http://www.finpiemonte-partecipazioni.it/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=74

12 http://www.finpiemonte-partecipazioni.it/index.php?option=com_content&task=view&id=41&Itemid=74

13 https://www.finpiemonte.it/chi-siamo#:~:text=Gestisce%20finanziamenti%20in%20qualsiasi%20forma,direttive%20e%20finalità%20definite%20dalla

14 Redazione L'Opinionista, *"Valsesia plastic free", Varallo e Alagna con UNPLI per la sostenibilità*, L'Opinionista, gennaio 2020 http://www.lopinionistanews.it/ultimora/valsesia-plastic-free-varallo-e-alagna-con-unpli-per-la-sostenibilita/

UNCEM - Unione Nazionale Comuni, Comunità ed Enti montani

Si può definire come il "sindacato del territorio montano" da oltre sessant'anni[15], rappresenta un Ente nella cui sola Delegazione piemontese, aderiscono: 50 Unioni montane di Comuni che raggruppano ben 552 Comuni montani distribuiti su 5 Province e 2 Consorzi Bim (Bacini imbriferi montani) nonché il Formont e il Consorzio Pra Catinat.[16]

L'UNCEM Piemonte ha funzione di rappresentanza degli enti che lo costituiscono a livello regionale presso gli organi competenti per l'esame dei provvedimenti di interesse montano, allo scopo di valorizzare e sviluppare il territorio e le istituzioni; promuove il coordinamento delle attività delle Comunità montane e degli enti al fine di potenziarne le capacità di intervento collegandosi alle linee di programmazione europea, nazionale e regionale; promuove inoltre studi e ricerche per una migliore conoscenza della realtà montana.[17]

Tra le attività affidate ad UNCEM c'è lo studio volto ad analizzare le caratteristiche e le potenzialità di sviluppo inerenti la realizzazione ed il potenziamento di bacini idrici artificiali situati in quota, bacini che risultano necessari per costituire una riserva idrica utile per l'alimentazione degli impianti di innevamento programmato a servizio delle stazioni sciistiche piemontesi, oltre ad assolvere anche ad un ruolo di tutela antincendio e di utilizzo in agricoltura.[18]

15 http://www.uncem.piemonte.it/AboutUs.php

16 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2019/30/attach/dgr_00087_990_12072019.pdf

17 Claudio FRANCIONE, Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016,

18 http://www.regione.piemonte.it

Unione montana Valsesia

Le Unioni montane del territorio della Città metropolitana di Torino sostituiscono le Comunità montane. Sono nate per tutelare e promuovere lo sviluppo della montagna, oltre che per lo svolgimento, in forma associata, di funzioni e servizi comunali. L'importante tema della montagna è stato oggetto di una legge ad hoc, approvata dalla Regione Piemonte nel 2014: la cosiddetta "Legge sulla montagna".[19]

Il Comune di Alagna Valsesia aderisce allo Statuto dell'Unione Montana dei comuni della Valsesia.[20] Tale Statuto, con le relative modifiche e integrazione, all'art.1, "Costituzione e scopo dell'unione", comma 2 recita "*L'Unione montana, è un ente locale dotato di personalità giuridica pubblica che opera nel territorio coincidente con quello dei Comuni che la costituiscono secondo i principi fissati dalla Costituzione, dal diritto comunitario e dalle norme statali e regionali*"[21]. Al comma 3 viene descritta l'Unione montana come costituente di un ambito territoriale favorevole per "*l'esercizio associato delle funzioni e servizi che i Comuni le conferiscono*"[22]. Al comma 4, riprendendo il precedente comma, attribuisce all'Unione montana la facoltà di esercitare a seguito di conferimento da parte dei Comuni alcune funzioni, tra le quali:

- le funzioni fondamentali dei Comuni così come individuate dalla legislazione nazionale;
- le specifiche competenze di tutela e promozione della montagna attribuite, in qualità di agenzia di sviluppo, in attuazione delle disposizioni di cui all' articolo 44, comma secondo della Costituzione e della normativa in favore dei territori montani;
- le funzioni relative agli interventi speciali per la montagna;
- le altre funzioni ed i servizi ad essa conferite dai Comuni;
- le funzioni già attribuite alle Comunità montane e ad essa conferite dai Comuni; L'Unione può altresì esercitare le ulteriori funzioni che le vengano conferite dalla Regione e dalla Provincia e qualsivoglia altra funzione o servizio conferibile. [23]

19 http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/urp/comuni-unioni-comuni/unioni-montane/unioni-montane

20 STATUTO UNIONE MONTANA DEI COMUNI DELLA VALSESIA con modifiche e integrazioni approvate dal Consiglio in data 5.8.2019 con deliberazione n.11, CAPO I PRINCIPI E NORME FONDAMENTALI, https://www.unionemontanavalsesia.it/it-it/amministrazione/statuto

21 Art. 1, comma 2, https://www.unionemontanavalsesia.it/it-it/amministrazione/statuto

22 Art. 1, comma 3, https://www.unionemontanavalsesia.it/it-it/amministrazione/statuto

23 Art. 1, comma 4, https://www.unionemontanavalsesia.it/it-it/amministrazione/statuto

Parco Naturale Alta Valsesia

Il Parco Naturale Alta Valsesia ed il Parco Naturale del Monte Febera, dal 2012 sono confluiti nel nuovo Ente di Gestione delle Aree Protette della Valle Sesia.[24]
L'Ente di Gestione si occupa della tutela e della valorizzazione delle aree protette, inoltre sviluppa dei progetti sia in ambito scientifico quali lo studio dell'ornitofauna, la carta degli habitat dei siti di interesse comunitario (SIC) e degli habitat forestali e il rapporto sugli ecosistemi acquatici del Parco Naturale Alta Valsesia, sia di progetti esclusivamente legati alla didattica, quali attività che prevedono escursioni guidate e laboratori didattici e naturalistici.[25]

ANCI - Associazione Nazionale Comuni Italiani

Sono 7.041 i Comuni aderenti all'Associazione, dati aggiornati a luglio 2018, rappresentativi del 90% della popolazione. L'ANCI lavora a servizio delle istituzioni al fine di al favorire sviluppo e competitività dei territori. Il suo compito è di creare una rete che accumuna le realtà territoriali locali e che possa esprimere a livello istituzionale le problematiche e le proposte.[26]

ARPIET - Associazione regionale piemontese delle imprese esercenti trasporto a fune in concessione

24 https://www.areeprotettevallesesia.it/it/chisiamo#briciole

25 https://www.areeprotettevallesesia.it/it/progetti?idcat=74#briciole

26 http://www.anci.it/anci-e/

Fondata nel 1975, rappresenta e assiste le principali aziende piemontesi del settore sciistico (funivie, seggiovie, cabinovie, sciovie, funicolari e impianti a fune in genere adibiti a trasporto pubblico di persone) tra cui rientrano i comprensori piemontesi (il comprensorio oggetto di studio, Monterosa Ski, aderisce a tale associazione).
Tra le varie attività svolte dall'Associazione troviamo: attività di rappresentanza nei confronti dei competenti Assessorati regionali, Organismi Nazionali ed Internazionali, Enti Locali nonché attività di promozione del settore. Cura i rapporti con i soggetti che operano nelle località sciistiche (maestri di sci, giudici di gara, servizi di soccorso ecc.) ed organizza e promuove incontri di approfondimento sulle tematiche specifiche del settore.[27]
L'attività svolta dall'Arpiet negli ultimi anni si è concentrata, in particolare:

- sull'approvazione e sui successivi aggiornamenti della L.R. 2/2009 che prevede importanti innovazioni nella gestione delle stazioni sciistiche e nelle regole di condotta da parte dei fruitori delle stesse, nonché la concessione di contributi finalizzati a favorire la fruizione in sicurezza delle aree sciabili e la sicurezza nella pratica degli sport sulla neve,
- sulla promozione del Sistema Neve Piemonte in accordo con le iniziative svolte dalla Regione Piemonte,
- sullo studio e l'analisi delle ricadute socio-economiche e fiscali del Sistema Neve sul bilancio Regionale e Nazionale.[28]

27 http://www.piemonteneve.it/menu/chi-siamo/
28 http://www.piemonteneve.it/menu/chi-siamo/

ANEF - Associazione Nazionale Esercenti Funiviari

Attualmente fanno capo ad ANEF circa il 90% delle aziende funiviarie italiane, distribuite sia nei territori alpini, sia in quelli appenninici. La rappresentatività è assicurata dall'adesione diretta, o tramite sezioni territoriali, di oltre 1500 impianti, con una forza lavoro stimata di circa 11.000 unità, tra fissi e stagionali, nel periodo di piena attività.[29]

Le aziende funiviarie rivestono per il sistema turistico invernale e per gli equilibri socio-economici delle località montane un grande valore strategico. Ricade infatti sulla capacità di gestione degli impianti e sulla manutenzione delle piste da sci gran parte della responsabilità di attrazione dei turisti, sia dall'Italia sia dall'estero, in grado a loro volta di alimentare un importante indotto a vantaggio di molteplici operatori, a monte e a valle della filiera economica dei territori montani: dagli artigiani agli albergatori, dalle aziende di infrastrutturazione e cura del territorio alle scuole sci, dalle industrie della neve ai ristoratori.[30]
In particolare le aziende funiviarie svolgono, quale parte essenziale dell'imprenditoria di montagna, un'attività complessa e articolata sul territorio montano: dall'esercizio del trasporto, all'apprestamento dell'innevamento, alla gestione in sicurezza delle aree sciabili, con forti investimenti anche in infrastrutture di carattere generale, quali parcheggi, bacini idrici e manutenzione delle strade e del bosco.[31]

29 https://anef.ski
30 https://anef.ski/le-attivita/
31 https://anef.ski/le-attivita/

Gli impianti a fune incidono infatti su tre settori socio-economici fondamentali:

- il Turismo, generatore dell'11% del PIL italiano;
- l'Ambiente naturale, la cui tutela è oggi più che mai al centro dell'attenzione;
- le Infrastrutture e i Trasporti, che ne regolano il funzionamento e la sicurezza.

L'azione di ANEF è dunque rivolta allo sviluppo di iniziative atte a contrastare l'aleatorietà dell'attività economica, a migliorare l'efficienza del sistema e a promuovere le esigenze e le richieste degli imprenditori del settore, a livello sia politico sia legato alla pianificazione economica ed all'emanazione della normativa di settore.[32]

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

L'ENEA sviluppa sia attività di relazioni con l'Unione Europea, la quale consente agli Stati membri, l'opportunità di partecipare a programmi che cofinanziano progetti generalmente transnazionali con l'obiettivo di migliorare la competitività europea nei settori della ricerca e dello sviluppo tecnologico.

L'Agenzia partecipa con continuità ai bandi europei per la realizzazione di progetti di ricerca e correlati alla ricerca finanziati da programmi UE.[33]

32 https://anef.ski/le-attivita/
33 https://www.enea.it/it/internazionali/relazioni-unione-europea

Le attività ENEA si attuano principalmente attraverso la partecipazione a[34]:

- Programma EURATOM;
- Progetti finanziati da programmi UE;
- Comitati Horizon 2020 (2014-2020);
- Iniziative strategiche europee per ricerca e innovazione.

Inoltre sviluppa attività di relazioni internazionali, promuovendo e sviluppando rapporti con Istituzioni scientifiche e soggetti di altri Paesi, governativi e non, a livello nazionale e internazionale, per rafforzare i partenariati e promuovere le attività di trasferimento tecnologico e di messa a disposizione di competenze multidisciplinari avanzate.

Nello specifico, il servizio Relazioni Internazionali cura:

- i rapporti con organizzazioni, istituzioni, enti internazionali e con i Ministeri e le istituzioni nazionali di riferimento quali MAECI (Ministero degli Affari esteri e della Cooperazione internazionale) e AICS (Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo); la partecipazione di rappresentanti ENEA presso organizzazioni, istituzioni ed enti internazionali e istituzioni nazionali di riferimento;
- la definizione di accordi e protocolli di cooperazione scientifica e tecnologica e per la mobilità internazionale dei ricercatori;
- il monitoraggio delle opportunità di accesso a finanziamenti in ambito internazionale nelle tematiche legate alla cooperazione allo sviluppo o ai progetti di grande rilevanza del MAECI; il monitoraggio delle opportunità di partecipazione a manifestazioni scientifiche

34 https://www.enea.it/it/internazionali/relazioni-unione-europea

- internazionali di carattere istituzionale; il supporto alla definizione, acquisizione e attuazione di progetti e iniziative nell'ambito della cooperazione allo sviluppo;
- l'accoglienza di Delegazioni internazionali; la diffusione di informazioni e iniziative ENEA presso organismi e soggetti internazionali.

La Task Force cooperazione allo sviluppo che riunisceesperti dei Dipartimenti ENEA e opera quale interfaccia e collegamento con l'esterno per quanto riguarda gli interventi, i partenariati e le possibili attività in questo settore.[35]

AICS - Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo

L'AICS è una delle principali novità della legge di riforma della cooperazione (Legge n. 125/2014) e ha iniziato ad operare nel gennaio del 2016 con l'ambizione di allineare l'Italia ai principali partner europei e internazionali nell'impegno per lo sviluppo. Il compito dell'Agenzia è quello di svolgere le attività di carattere tecnico-operativo connesse alle fasi di istruttoria, formulazione, finanziamento, gestione e controllo delle iniziative di cooperazione internazionale.[36]

Tra i vari settori sviluppati dall'Agenzia troviamo i temi della sostenibilità ambientale che sono entrati a pieno titolo nell'Agenda 2030 sugli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (OSS/SDG, Sustainable Development Goals) delle Nazioni Unite, per cui l'equilibrio fra il soddisfacimento delle esigenze socio-economiche delle popolazioni e la tutela delle risorse ambientali diventa un fattore necessario di sviluppo. In questo senso, l'Ufficio V dell'Agenzia partecipa alla costruzione di una nuova cultura dello "sviluppo verde" all'interno della Cooperazione italiana e internazionale. L'Agenzia è dunque impegnata ad assicurare la gestione e l'uso sostenibile del capitale naturale nei Paesi partner attraverso azioni di tutela delle acque, dell'aria e del suolo, di preservazione della biodiversità e lotta alla desertificazione e di misure di adattamento e mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.[37]

MATTM - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

Il MATTM è l'organo di Governo preposto all'attuazione della politica ambientale, è stato istituito nel 1986 e svolge funzioni in materia di: tutela della biodiversità, degli ecosistemi e del patrimonio marino-costiero, salvaguardia del territorio e delle acque, politiche di contrasto al cambiamento climatico e al surriscaldamento globale, sviluppo sostenibile, efficienza energetica ed economia circolare, gestione integrata del ciclo dei rifiuti, bonifica dei Siti d'interesse nazionale (SIN), valutazione ambientale delle opere strategiche, contrasto all'inquinamento atmosferico-acustico-elettromagnetico e dei rischi che derivano da prodotti chimici e organismi geneticamente modificati.

Svolge un ruolo di indirizzo e vigilanza sulle attività dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e dei parchi nazionali e delle aree marine protette. Promuove le buone pratiche ambientali, la mobilità sostenibile e la rigenerazione urbana secondo criteri di sostenibilità. Si occupa, inoltre, della promozione dell'educazione ambientale nelle scuole.

Intensa la sua attività nei consessi internazionali, centrale il suo ruolo nella gestione dei fondi dei programmi comunitari.[38]

Nel 2018 con il DM 56/2018 è stato istituito il Bando di Finanziamento per il Made Green in Italy che è finalizzato a promuovere i prodotti ad elevata qualificazione ambientale e ridotto impatto sul clima.
Il funzionamento del Made Green in Italy, che si basa sula metodologia PEF-Product Environmental Footprint, prevede infatti una prima fase di elaborazione di specifiche RCP contenenti le indicazioni metodologiche che definiscono i requisiti obbligatori e facoltativi necessari alla conduzione degli studi dell'impronta ambientale per le specifiche categorie di prodotto. Solo in presenza di valide RCP, dunque, un'azienda può aderire allo schema con uno o più dei suoi prodotti.[39]

WWF - World Wide Fund for Nature

Il WWF è un'associazione non governativa senza scopo di lucro che si propone di affrontare la problematica della sostenibilità ambientale, agendo in modo diretto sugli ambienti naturali ed in modo indiretto, attraverso l'attuazione di piani tipo economico e industriale.[40]

CONI - Comitato olimpico nazionale italiano

Il CONI, emanazione del Comitato Olimpico Internazionale (CIO), è autorità di disciplina regolazione e gestione delle attività sportive nazionali. Il Comitato Olimpico Nazionale Italiano, Ente pubblico cui è demandata l'organizzazione e il potenziamento dello sport nazionale, promuove la massima diffusione della pratica sportiva.[41]

A questi organismi aderiscono circa 95.000 società sportive per un totale di circa 11 milioni di tesserati (Fonte Istat e Censis).[42]

FISI - Federazione Italiana Sport Invernali

Colloquialmente chiamata Federsci, affiliata al CONI, è l'organo che si occupa dell'organizzazione, della promozione e del coordinamento della pratica degli sport invernali (quali sci alpino, snowboard, bob, slittino e molti altri) in Italia.

35 https://www.enea.it/it/internazionali/relazioni-internazionali
36 https://www.aics.gov.it/home-ita/agenzia/profilo/
37 https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/agricoltura-sicurezza-alimentare-accesso-allacqua/
38 https://www.minambiente.it/pagina/competenze
39 https://www.minambiente.it/notizie/pubblicato-il-bando-made-green-italy
40 https://www.wwf.it/chi_siamo/organizzazione/
41 https://www.coni.it/it/coni.html
42 https://www.coni.it/it/coni.html

Foto di Eric Shipton

5

Carbon Footprint e *Water Footprint*

La *Carbon Footprint* (CF) o impronta di carbonio, è un indicatore ambientale che esprime, in termini di CO_2 equivalente, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra associate direttamente o indirettamente ad un prodotto, un'organizzazione o un servizio. In particolare, la *Carbon Footprint* misura la quantità di CO_2 che è in grado di "metabolizzare" un particolare sistema di produzione o di consumo. Questo indicatore è in grado di esprimere la quantità globale delle emissioni che sono state prodotte direttamente o indirettamente dalle attività antropiche. L'impronta di carbonio, attraverso l'analisi della catena di produzione, ha sviluppato una metodologia che consente di stimare l'emissione totale di gas serra (GHG) in quantità equivalente di carbonio emesse da un prodotto durante il suo ciclo di vita, considerando la produzione di materie prime utilizzate durante la fabbricazione fino allo smaltimento del prodotto stesso (escludendo quota parte delle emissioni

emesse durante l'utilizzo del prodotto)[1], tale metodologia è di supporto per la valutazione delle misure di mitigazione.
L'indicatore della CF, in conformità al Protocollo di Kyoto, considera le emissioni derivanti dai gas responsabili dell'effetto serra, ovvero: l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4), il protossido d'azoto (N_2O), gli idrofluorocarburi (HFCs), l'esafluoruro di zolfo (SF_6) e i perfluorocarburi (PFCs).
La tCO_2eq (tonnellate di CO_2 equivalente) esprime quindi l'effetto serra prodotto da questi gas in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO_2, considerato pari a 1 (ad esempio il metano ha un potenziale serra 25 volte superiore rispetto alla CO_2, e per questo una tonnellata di metano viene contabilizzata come 25 tonnellate di CO_2 equivalente).

Tutte le emissioni di gas a effetto serra vengono misurate in base alla massa e convertite in emissioni equivalenti di CO_2 utilizzando coefficienti di potenziale di riscaldamento globale (GWP) di 100 anni (dal gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC)). Ad esempio, il metano ha un coefficiente GWP di 23, perché 1 kg di metano ha il potenziale di riscaldamento globale di 23 kg di CO_2.

Il calcolo delle emissioni dei gas serra viene effettuato a livello di "unità di prodotto", con la quale si intende una quantità di prodotto definita come l'articolo che può essere acquistato dal consumatore, oppure una determinata quantità di un prodotto (in questo caso l'Unità di Prodotto è definita dalla produzione di 1 m^3 di neve). Per consentire il confronto tra i prodotti, l'emissione di carbonio può anche essere calcolata in kg di CO_2 per kg di prodotto.

Le aziende, oltre a condurre l'analisi e la contabilizzazione delle emissioni di CO_2, si impegnano a definire un sistema di carbon management finalizzato all'identificazione e realizzazione di quegli interventi di riduzione delle emissioni, economicamente efficienti, che utilizzano tecnologie a basso contenuto di carbonio. Le misure di riduzione possono essere integrate dalle misure per la neutralizzazione delle emissioni (*carbon neutrality*), realizzabili attraverso attività che mirano a compensare le emissioni con misure equivalenti volte a ridurle con azioni economicamente più efficienti o più spendibili in termini di immagine (es. piantumazione di alberi, produzione di energia rinnovabile, etc.).

[1] Carbon Trust, *Carbon footprint measurement methodology*, The Carbon Trust, London, UK 2007, p. 4

5.1 Il GHG *Protocol* e la norma ISO 14064:2006

Gli standard normativi che regolano le procedure di calcolo della *Carbon Footprint*, consentendo la rendicontazione delle emissioni di gas serra di un'organizzazione. Come riferimento si prendono la prima parte dello standard ISO 14064:2006 (aggiornata nel 2012) e il GHG *Protocol* entrambi i documenti sono stati redatti per consentire alle società di avere a loro disposizione, su base volontaria, uno strumento che permetta la quantificazione, il monitoraggio, la rendicontazione e un eventuale verifica delle emissioni GHG e/o alla loro riduzione. L'obiettivo è quello di delineare dei sistemi sicuri di rilevazione e di attestazione applicabili su base volontaria e potenzialmente collegabili all'interno del Protocollo di Kyoto o di altri programmi GHG specifici, affrontando a tutto tondo la tematica relativa alle emissioni a effetto serra.[2]

[2] Daniele PERNIGOTTI, Kevin BOEHMER, *Come affrontare i cambiamenti climatici: Guida operativa tra gli obblighi dell'Emission trading e le opportunità della ISO 14064 con sintesi del IV Rapporto IPCC (Premio Nobel 2007)*, Il sole 24 ore, Milano 2007, p. 190

La prima parte della norma ISO 14064:2012 che riguarda i gas ad effetto serra si articola in 3 parti[3]:

- ISO 14064-1: Specifiche e guida, a livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione.
- ISO 14064-2: Specifiche e guida, a livello di progetto, per la quantificazione, il monitoraggio e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra o dell'aumento della loro rimozione.
- ISO 14064-3: Specifiche e guida per la validazione e la verifica delle asserzioni relative ai gas ad effetto serra.

Sia la norma ISO 14064-1 che il GHG *Protocol* suddividono le fonti di emissione da gas serra in tre diverse categorie, denominandole in modo differente;

ISO 14064	GHG PROTOCOL
Emissioni dirette di GHG	Scope 1
Emissioni indirette di GHG da consumo energetico	Scope 2
Altre emissioni indirette	Scope 3

[3] Simone BASTIANONI, Michela MARCHI, Dario CARO, Paolo CASPRINI, Federico Maria PULSELLI, *The connection between 2006 IPCC GHG inventory methodology and ISO 14064-1 certification standard – A reference point for the environmental policies at sub-national scale*, in *Environmental Science and Policy*, vol. 44, ELSEVIER, Dicembre 2014, p. 98

- Scope 1: con il termine Scope 1 si intendono tutte le emissioni dirette di GHG generate dalle fonti che sono di proprietà o sotto il controllo dell'organizzazione. Rientrano quindi in quest'ambito: le emissioni dovute al consumo diretto di combustibili, come il gas naturale o il gasolio utilizzati per il riscaldamento e per la produzione di energia elettrica/termica in sito, le emissioni collegate alla flotta di veicoli posseduta dall'organizzazione e le emissioni dovute a perdite e rilasci di gas in atmosfera da parte dei sistemi di refrigerazione.

- Scope 2: in questa categoria sono contemplate le emissioni indirette di GHG prodotte dall'organizzazione durante lo sfruttamento di energia, elettrica o termica, prodotta al di fuori dei propri confini. In tal caso non si può ricondurre una diretta responsabilità all'organizzazione, anche se essendone l'utilizzatore finale mantiene indirettamente un certo grado di influenza sulle emissioni.

- Scope 3: nello Scope 3 il ventaglio di emissioni di cui l'organizzazione deve tenere conto è molto ampio, dal momento che questa sezione include, sostanzialmente, tutte le emissioni non comprese negli Scope 1 e 2. Le emissioni dello Scope 3 sono denominate "altre emissioni indirette" e sono associate, per esempio, al trattamento e alla gestione dei rifiuti, alle missioni del personale e alla mobilità dei dipendenti nel compiere il percorso casa - lavoro.

La norma ISO 14064-1 si esprime in maniera chiara riguardo le tre modalità di classificazione, specificando che, mentre il calcolo delle emissioni Scope 1 e Scope 2, essendo elementi facili da ricavare in tutte le organizzazioni, sono obbligatorie; l'analisi e lo studio delle emissioni Scope 3 sono a discrezione dell'organizzazione che può decidere liberamente se contabilizzarle ed eventualmente di quali fonti considerare gli impatti. Infatti, la reperibilità dei dati degli Scope 3 non è così semplice e talvolta è possibile che risultino più complessi da calcolare, per cui sarebbe un peso rilevante per le organizzazioni se ci fosse un ipotetico vincolo disposto dalla norma. Solitamente l'esigenza da parte dell'organizzazione di tenere conto o meno delle emissioni indirette connesse allo Scope 3 si basa sul tipo di politiche e strategie interne che intende attuare.

Il vincolo normativo fissato per gli Scope 1 e 2 è strettamente legato al fatto che la ISO 14064-1 è una norma che può essere implementata da una vasta gamma di soggetti che va dalla mensa scolastica all'azienda siderurgica, all'università o alla pubblica amministrazione. Perciò l'analisi delle emissioni nei primi due ambiti deve essere chiara e i requisiti espressi nella norma devono essere applicabili a tutti questi settori, evitando di imbattersi in possibili errori di valutazione.

GHG *Protocol*

Il protocollo GHG (GHG *Protocol Initiative*) è nato quando, a fine degli anni '90, il WRI (*World Resources Institute*) e il WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*) hanno riscontrato la necessità di uno standard internazionale per l'*accounting* ed il *reporting* dei GHG a livello aziendale.

Questo protocollo ha segnato un importante punto di svolta nell'indirizzare alla contabilizzazione e al reporting delle emissioni di gas a effetto serra delle organizzazioni. Gli elementi di novità più significativi erano:

- Processo internazionale con ampia e bilanciata partecipazione di stakeholder,
- Disponibilità gratuita degli standard,
- Capacità di indirizzare in modo pratico il processo decisionale,
- Set completo di strumenti per contabilizzare le emissioni,
- Standard testati preliminarmente da diversi gruppi internazionali.

Il GHG *Protocol Initiative*, originariamente era formato da due standard diversi ma comunque interconnessi[4]:

- GHG *Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard* (GHG *Protocol Corporate Standard*): pubblicato per la prima volta nel 2001 ed aggiornato nel 2004 (*Revised Edition*); fornisce le linee guida che le organizzazioni, qualunque esse siano, devono seguire passo passo per quantificare e riportare le loro emissioni di gas a effetto serra: nello specifico permette la quantificazione delle emissioni dirette e delle emissioni indirette (Scope 1 e Scope 2). Per il calcolo del CF in questa tesi verranno seguite le linee guida di questo protocollo.
- GHG *Protocol for Project Accounting* (*Project Protocol*): pubblicato nel 2005, costituisce una vera e propria guida per quantificare e riportare i benefici delle emissioni di gas serra dei progetti di mitigazione dei cambiamenti climatici. Tale protocollo spiega in maniera dettagliata "cosa fare", "come fare", quali siano i metodi, i principi e le azioni per tenere conto delle riduzioni delle emissioni di gas serra da qualsiasi tipo di progetto GHG. Dà istruzioni dettagliate per lo sviluppo di una linea di base in modo tale che le affermazioni sulle riduzioni dei gas serra siano trasparenti e credibili. È uno standard valido per ogni tipo di organizzazione o ente che abbia intenzione di calcolare le proprie emissioni GHG provenienti dai progetti da essi messi in atto.

4 AA.VV., *The GHG Protocol for Project Accounting*, WBCSD e WRI, 2005, p. 4
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_project_accounting.pdf

WRI e WBCSD

Il *World Resources Insitute* è un'organizzazione di ricerca globale con sedi in più di 50 paesi. Composto da oltre 700 esperti che lavorano a stretto contatto con i leader mondiali, si pone l'importante obiettivo di "*making big ideas happen*", ovvero trasformare le idee in azioni per la salvaguardia delle nostre risorse naturali e per sostenere il benessere umano. Il lavoro del WRI si estende su sei tematiche critiche dello sviluppo e dell'ambiente: clima, energia, cibo, foreste, acqua e città e trasporti.[5] L'obiettivo del WRI è quello di apportare un vero cambiamento sul campo e questo risulta essere possibile attraverso un approccio che si fonda su tre principi fondamentali:

1. "*Count it*" (contalo): è la fase di raccolta e di elaborazione di dati attraverso l'attivazione di importanti ricerche per sviluppare nuovi approfondimenti. Tale analisi è utile, in particolare, nell'individuare rischi, opportunità e strategie intelligenti, concentrando gli sforzi sia sulle economie influenti sia su quelle emergenti per preservare il futuro della sostenibilità.
2. "*Change it*" (cambialo): la filosofia del WRI è quella di riuscire ad utilizzare la ricerca per influenzare le politiche dei governi, le strategie commerciali e l'agire della società civile. Questa è la fase in cui vengono attuati progetti con aziende, comunità ed agenzie governative per costruire *partnerships* solide e cambiamenti duraturi nel tempo.
3. "*Scale it*" (ridimensionalo): il WRI lavora e collabora con i partner sia a livello regionale sia a livello globale impegnandosi in maniera diretta con i *decision-makers* per portare avanti azioni che migliorino la vita delle persone e sostengano un ambiente sano.[6]

Il *World Business Council for Sustainable Development* è un›organizzazione globale guidata da CEO di oltre 200 aziende leader che collaborano per accelerare la transizione verso un mondo sostenibile. Le aziende del WBCSD provengono da ogni tipo di settore ed operano grazie ad un network in cui i membri si aiutano e sviluppano progetti di business in diversi ambiti: energia, cibo, uso del territorio, mobilità e ridefinizione del valore.[7]

5 http://www.wri.org/

6 Ibidem

7 http://www.ghgprotocol.org/ e http://www.wbcsd.org/

Alla fine del 1997, i dirigenti del WRI si incontrarono con i funzionari del WBCSD e fu raggiunto un accordo per lanciare un'intesa tra ONG ed imprese per sviluppare dei metodi standardizzati per la contabilizzazione dei gas serra. Successivamente, il WRI e il WBCSD hanno convocato un gruppo direttivo centrale composto dai membri delle più importanti associazioni ambientaliste (come il WWF, il *Pew Center on Global Climate Change* e *l'Energy Research Institute*) e dai leader d'industria più influenti operativi in differenti settori, (come Norsk Hydro, Tokyo Electric e Shell) dando vita ad una partnership multi – *stakeholder* per guidare il processo di avanzamento dello standard GHG.[8]

L'accordo di Parigi, adottato nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) nel dicembre 2015, ha impegnato tutti i paesi partecipanti a limitare l'aumento della temperatura globale, ad adattarsi ai cambiamenti già avvenuti e ad aumentare regolarmente gli sforzi nel tempo. Il protocollo GHG sta sviluppando standard, strumenti e formazione online che aiutano paesi e città a monitorare i progressi verso i loro obiettivi climatici.[9]

8 http://www.ghgprotocol.org/

9 Ibidem

5.2 Procedura di calcolo della *Carbon Footprint*

Secondo il GHG *Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*, Revised Edition[10], le fasi di stesura dell'inventario GHG per il calcolo dell'impronta di carbonio di un'organizzazione sono le seguenti:

1. L'impostazione dei confini del sistema - *organizational & operational boundaries*,
2. Il monitoraggio delle emissioni nel tempo,
3. L'identificazione e il calcolo delle emissioni GHG,
4. La gestione delle qualità dell'inventario,
5. La contabilizzazione delle riduzioni dei GHG,
6. La segnalazione/comunicazione dei GHG,
7. La verifica delle emissioni,
8. L'impostazione di un obiettivo di riduzione dei GHG.

10 AA.VV., *A Corporate Accouting and Reporting Standard, Revised Edition*, WBCSD e WRI, 2005

1. L'impostazione dei confini del sistema - *organizational & operational boundaries*

- *Organizational boundaries*

Secondo il GHG *Protocol Corparate Standard*, l'impostazione e la definizione dei confini del sistema in cui catalogare le proprie emissioni serve alle organizzazioni per capire quali fonti di emissione includere nel conteggio della *Footprint*.

I confini entro cui considerare il sistema si possono distinguere in *organizational boundaries* (confini organizzativi) ed *operational boundaries* (confini operativi).

I confini organizzativi possono essere analizzati sulla base di due diversi approcci: l'*equity share* e il *control approach*. Le organizzazioni possono scegliere se utilizzare una o l'altra metodologia. Se l'organizzazione controlla e detiene interamente le sue operazioni allora i suoi confini organizzativi saranno gli stessi qualsiasi sia l'approccio utilizzato. Se, invece, l'organizzazione effettua operazioni congiunte con altre organizzazioni i confini organizzativi e le emissioni risultanti differirebbero in base al tipo di approccio usato. In entrambi i casi, la scelta di un approccio o dell'altro può cambiare il modo in cui le emissioni sono categorizzate una volta impostati i confini operativi.

- L'*equity share approach*

In questa tipologia di approccio, la contabilizzazione delle emissioni viene fatta considerando il numero di quote azionarie detenute in percentuale in base alle operazioni eseguite. Infatti, l'*equity share* serve proprio per verificare che la quota di rischi e di benefici economici sia allineata con la percentuale di proprietà dell'organizzazione. Con questa metodologia, quindi, vengono verificate le emissioni giunte da operazioni nelle quali le organizzazioni hanno una partecipazione economica con altri soggetti.

- Il *control approach*

Attraverso il *control approach*, le organizzazioni valutano le loro emissioni di GHG provenienti da operazioni di cui hanno il controllo, non tenendo conto, a differenza dell'*equity share approach*, delle emissioni di gas serra da operazioni in cui possiedono un interesse economico.

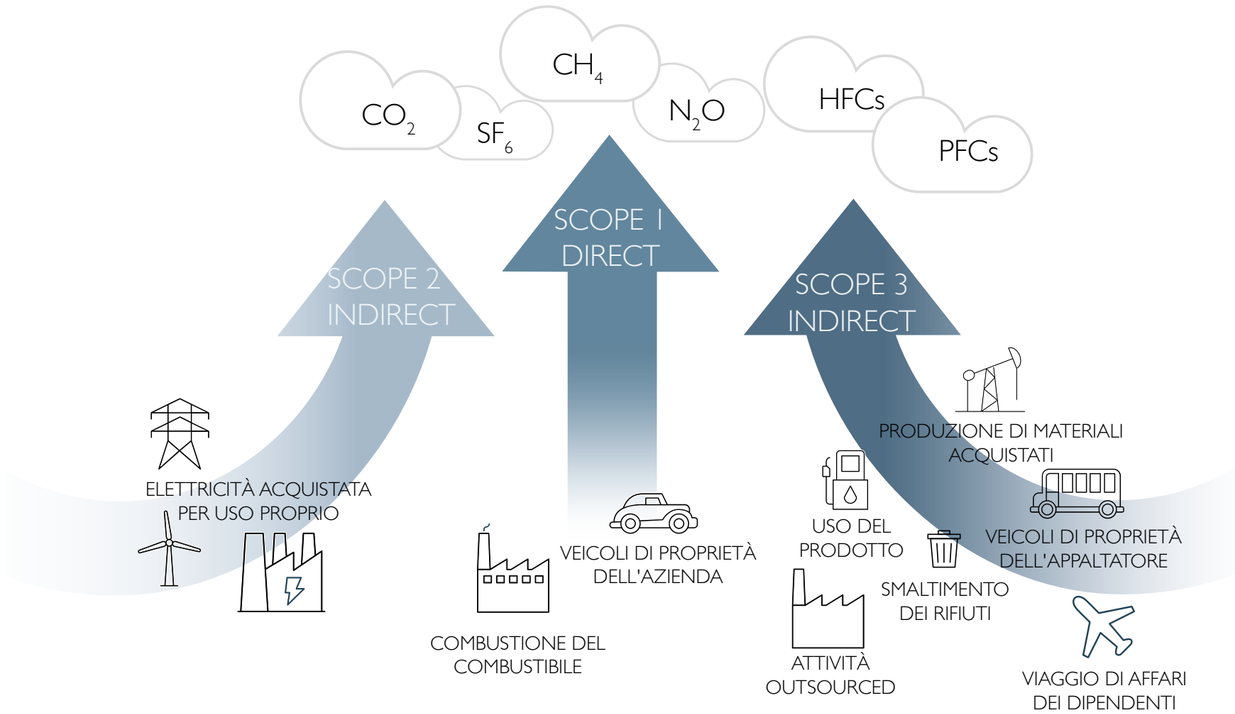
- *Operational boundaries*

Dopo che l'organizzazione ha determinato i suoi confini organizzativi bisogna definire i confini operativi. Ciò comporta l'identificazione delle emissioni associate alle sue operazioni, classificandole come emissioni dirette ed indirette e scegliendo l'ambito (Scope) in cui classificarle.

Come spiegato precedentemente, le emissioni dirette di GHG sono emissioni che provengono da fonti che sono di proprietà o sotto il controllo dell'organizzazione. Le emissioni indirette, invece, sono emissioni che sono la conseguenza dell'attività dell'organizzazione, ma che scaturiscono da sorgenti di proprietà o controllate da altre organizzazioni.

La distinzione tra emissioni dirette ed indirette dipende dal tipo di approccio (*equity share o control approach*) con cui sono stati definiti i confini organizzativi.Per delineare le fonti di emissione dirette ed indirette, il GHG *Protocol* predispone una suddivisione in tre "ambiti" differenti: Scope 1, Scope 2 e Scope 3; in base alle fonti di emissione da considerare. Nello Scope 1 sono inventariate le emissioni dirette, mentre negli Scope 2 e 3 quelle indirette.

Nello specifico lo Standard definisce gli Scope 1 e 2 per garantire che due o più organizzazioni non conteggino le emissioni all'interno dello stesso ambito, evitando così il doppio conteggio (*double counting*) ed inoltre distingue le emissioni indirette dello Scope 2 e dello Scope 3, indicando quest'ultime con la dicitura di "altre emissioni indirette" poichè per questo ambito viene lasciato un certo margine di discrezionalità: è l'organizzazione che deciderà se includerlo o meno e quali fonti riportare.



Le emissioni dirette comprese nello Scope 1 sono quindi:

- La produzione di calore o vapore da combustione di combustibili in fonti stazionarie,
- Emissioni generate dalla produzione o dalla lavorazione di prodotti chimici e materiali di vario tipo (esempio il cemento, l'acciaio o l'ammoniaca),
- Trasporto di materiali, rifiuti, prodotti e personale, valutate in seguito al calcolo delle emissioni generate dalle fonti mobili (camion, auto, treni o bus) sempre legate all'organizzazione.
- Emissioni fuggitive che derivano da rilasci intenzionali o non intenzionali durante l'uso di impianti di vario genere (refrigerazione, raffinerie, ecc.).

Le emissioni indirette di GHG dello Scope 2 derivano invece dal consumo di energia elettrica e termica acquistata esternamente. Le emissioni di questo ambito sono quindi una categoria speciale di emissioni indirette. Per molte organizzazioni l'energia elettrica acquistata è una delle maggiori fonti di emissione di GHG, quindi la possibilità di tracciare queste emissioni è un'opportunità significativa di riduzione dell'uso e del consumo di elettricità.

La rendicontazione delle emissioni indirette presenti nello Scope 3 è facoltativa e offre alle organizzazioni un'importante opportunità di essere innovative nella gestione dei GHG, tale rendicontazione è legata all'organizzazione in seconda battuta (es. filiera di vendita del prodotto).

2. Il monitoraggio delle emissioni nel tempo

Le organizzazioni devono monitorare le loro emissioni nel tempo in risposta a diverse esigenze e ad una serie di obiettivi strutturali, tale controllo è significativo e coerente delle emissioni nel tempo solo se l'organizzazione stabilisce un anno di riferimento in cui valutare la sua impronta climatica. In base all'anno di riferimento dovranno essere effettuati dei raffronti sull'andamento delle emissioni negli anni successive, per verificare eventuali rilevanti variazioni in modo da valutare se le politiche e le azioni di riduzione apportate sono state funzionali o meno. Le organizzazioni sono tenute a giustificare la scelta dell'anno base perché è da quel momento in poi che si inizia il processo di comparazione delle emissioni.

3. L'identificazione e il calcolo delle emissioni GHG

Una volta analizzati e definiti i confini e dopo aver scelto un anno di riferimento da cui partire per lo studio della *Carbon Footprint*, le organizzazioni procedono con il calcolo delle emissioni GHG attraverso i seguenti passaggi:

1. Identificazione delle fonti di emissione: la prima delle cinque fasi, consiste nell'identificazione delle fonti GHG che si trovano all'interno dei confini dell'organizzazione (emissioni dirette e indirette). Le emissioni appartengono a queste categorie di fonti:
   fonti stazionarie (combustione di combustibili in attrezzature fisse come caldaie, turbine, forni, bruciatori, ecc...),
   fonti mobili (combustione di combustibili e carburanti utilizzati per il funzionamento dei mezzi di trasporto di proprietà dell'organizzazione),
   emissioni di processo (emissioni da sostanze chimiche o fisiche),
   emissioni fuggitive (perdite e rilasci intenzionali e non, da guarnizioni, giunture e impianti di condizionamento).
2. Selezione di un approccio di calcolo: l'approccio più comune e più diffuso per il calcolo delle emissioni GHG si basa sull'applicazione dei fattori di emissione che sono rapporti calcolati tra le emissioni di un inquinante da una determinata fonte e l'unità di indicatore diretta (*proxy*) della fonte stessa. L'indicatore è una misura che permette di descrivere una particolare attività emissiva. La ricerca dei fattori di emissione è un aspetto molto delicato e critico che richiede attenzione da parte dell'organizzazione; molto spesso si tratta di dati che cambiano a seconda del tipo di impianto, per cui devono essere molto affidabili e derivare dalla letteratura tecnico-scientifica del settore.
3. Raccolta dei dati e scelta dei fattori di emissione: in questa fase vengono raccolti i dati necessari riferiti a ogni Scope e ad ogni dato viene assegnato il corrispondente fattore di emissione.
4. Applicazione degli strumenti di calcolo: il GHG *Protocol* offre sul suo sito web (http://www.ghgprotocol.org/) degli strumenti per calcolare la *Carbon Footprint*. Tuttavia, si tratta di strumenti il cui uso è opzionale e le organizzazioni possono decidere di utilizzare i propri, a condizione che siano più precisi o almeno coerenti con quelli del Protocollo.
5. Roll-up dei dati a livello organizzativo: per segnalare le emissioni totali di gas serra di un'organizzazione è necessario raccogliere e riepilogare i dati di tutte le sue strutture, catalogati in formati standardizzati in modo da ridurre i rischi di errore.

4. La gestione delle qualità dell'inventario

Il GHG Protocol Corporate Standard riconosce l'importanza che le organizzazioni devono associare all'implementazione e alla progettazione di un inventario GHG il più dettagliato possibile, le informazioni riportate sull'inventario devono essere valide, per salvaguardare la propria reputazione, per proteggersi da eventuali tasse sulle emissioni o per evitare di commettere errori nel conteggio delle emissioni.

5. La contabilizzazione delle riduzioni dei GHG

Le riduzioni o gli aumenti delle emissioni dei GHG a livello organizzativo sono calcolati confrontando le variazioni nel tempo delle emissioni effettive rispetto all'anno base. Focalizzarsi sugli eventuali aumenti/riduzioni delle emissioni ha il vantaggio di aiutare le organizzazioni a gestire i loro rischi e le loro opportunità in maniera più efficace, consentendo di concentrare le risorse nelle attività su cui risulta più conveniente ed immediato il processo di riduzione.

6. La segnalazione/comunicazione dei GHG

Le informazioni riportate nell'inventario delle emissioni dell'organizzazione devono essere in linea con i cinque principi di contabilità dei GHG e si basano sui migliori dati disponibili al momento della pubblicazione.

7. La verifica delle emissioni

La verifica delle emissioni è una valutazione obiettiva dell'accuratezza, della completezza e della conformità delle informazioni sulle emissioni riportate nell'inventario rispetto ai princìpi di contabilità e di reporting prestabiliti.

I risultati della verifica possono fornire consigli utili su come correggere gli eventuali errori e su come migliorare la metodologia di contabilizzazione delle emissioni.

8. L'impostazione di un obiettivo di riduzione dei GHG

Impostare e stabilire un obiettivo di riduzione dei gas serra è il seguito logico dello sviluppo di un inventario GHG. Fissare un livello di emissioni minimo comporta scelte di natura strutturale nelle diverse aree dell'organizzazione che vengono sottoposte alle politiche e alle strategie pianificate al fine di minimizzare e gestire i rischi legati ai GHG, ottenere risparmi sui costi, guidare verso miglioramenti nell'innovazione dei processi e nell'utilizzo delle risorse, rispondere efficacemente alle nuove norme sui gas serra, dimostrare leadership e responsabilità sociale e partecipare ai programmi volontari.

Queste importanti decisioni rispecchiano la volontà dell'organizzazione di dimostrare nei confronti di consumatori, investitori, dipendenti e partner commerciali il suo impegno dal punto di vista ambientale per l'abbattimento e la riduzione delle emissioni GHG.

5.3 Calcolo della *Carbon Footprint*

per la produzione di neve programmata

La presente trattazione può essere utilizzata come strumento per analizzare e comunicare le emissioni dirette e indirette del comprensorio sciistico di Alagna. I passaggi eseguiti sono in linea con quanto riportato precedentemente per il GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard che è uno dei riferimenti normativi e gestionali utilizzati dalle organizzazioni per la quantificazione e la contabilizzazione delle emissioni GHG.

Nel caso specifico la realizzazione dell'inventario è stata eseguita applicando le seguenti fasi:

1. Definizione ed analisi dei confini organizzativi, operativi e dell'anno di riferimento

- Organizzativi

La prima fase di costruzione dell'inventario GHG di un'organizzazione prevede la definizione e l'analisi dei confini organizzativi e delle installazioni che la caratterizzano. In questo caso, l'organizzazione oggetto di studio è il comprensorio sciistico di Alagna Valsesia.

I confini sono stati stabiliti seguendo il control approach per cui sono state considerate le emissioni Scope 1 e Scope 2 che sono sotto il diretto controllo del comprensorio.

- Operativi

Per la scelta delle categorie di GHG da considerare in questa sezione si è operato uno studio iniziale delle fonti per poter includere nei confini operativi le emissioni dirette ed indirette imputabili esplicitamente all'attività di produzione di neve programmata e alla preparazione delle piste con l'utilizzo di battipista.

Nello specifico, le uniche emissioni dirette considerate riconducibili all'attività di produzione di neve, sono quelle derivanti dal consumo di gasolio (Scope 1). Analogamente, le emissioni indirette di GHG contemplate sono solo quelle provenienti dall'utilizzo di energia elettrica (Scope 2).

- Anno di riferimento

Per la valutazione del CF viene considerato un anno ipotetico, rappresentato dalla produzione di 250.000 m^3 di neve programmata.

Fonti di emissioni	
Scope 1 - emissioni dirette	Emissioni da combustione diretta di combustibili Gasolio
Scope 2 - emissioni indirette	Emissioni da energia elettrica acquistata Energia pompaggio* Energia raffreddamento Energia funzionamento cannoni Energia servizi ausiliari

*approvvigionamento e trasporto

2. Raccolta ed elaborazione dei dati

Considerando tutte le attività coinvolte nella produzione della neve programmata, che comportano una produzione in modo diretto o in diretto di GHG, sono stati individuati i relativi consumi nell'arco di un anno per valutare il loro impatto in termini di CO_2 equivalente.

- Dati Scope 1

Sono stati considerati i consumi diretti di combustibile, in questo caso, è stato considerato il gasolio utilizzato dai gatti battipista necessario alla preparazione del fondo della pista.

Attività	Consumo [l/anno]
Consumo carburante	**78.000,00**

Il consumo totale annuo di carburante è stato ottenuto calcolando il consumo medio orario dei gatti battipista, pari a circa 30 litri/ora, per il numero di ore di attività svolte durante la stagione sciistica, circa 650 ore. All'interno del comprensorio sciistico sono presenti 4 mezzi battipista, in base ai dati di consumo orario il consumo di ogni singolo mezzo è di circa 19.500 l/anno, per un totale di 78.000 l/anno per tutti i mezzi impiegati.

I dati riferiti al carburante (gasolio) sono stati calcolati utilizzando il fattore di emissione di 3,15 tCO_2/t.[11]

[11] Fattori di emissione di CO2 secondo l'Inventario svizzero dei gas serra, Ufficio federale dell'ambiente, UFAM, Confederazione Svizzera, Aprile 2019

- Dati Scope 2

Per la definizione delle emissioni dovute al consumo di energia elettrica acquistata, è stata considerata tutta l'energia elettrica consumata della filiera di produzione della neve programmata: dall'approvvigionamento idrico, al raffreddamento (nel caso specifico il comprensorio, pur avendo delle torri di raffreddamento, non le utilizza), alla messa in rete dell'acqua e dell'aria compressa, fino al consumo dei generatori di neve durante le attività di innevamento. Inoltre è stata considerata una quota parte relativa ai servizi ausiliari.

Attività	Consumo [kWh]
Approvvigionamento acqua	101.932,00
Raffreddamento acqua	0,00
Trasporto acqua per produzione	225.750,00
Funzionamento cannoni	9.600,00
Compressione aria	57.000,00
Servizi ausiliari	3.943,00
Totale	**398.225,50**

3. Quantificazione delle emissioni

Per la quantificazione delle emissioni è stata utilizzata la seguente formula:

Emissioni GHG [CO_2eq] = Dati primari in ogni ambito [volume/kWh] * Fattore di emissione (dato secondario) [CO_2eq/volume/kwh]

Per tutte le sorgenti l'unico GHG considerato è la CO_2, per cui, l'unità di misura utilizzata nell'inventario è la CO_2eq. Si ricorda che il calcolo è condotto solo ed esclusivamente per le attività di produzione neve e, come riportato in tabella, le sorgenti considerate sono riconducibili all'energia elettrica necessaria a questo ambito di attività così come il consumo di gasolio è stato associato alla sola attività svolta dai gatti battipista.

- Scope 1

La guida del Global Reporting Initiative (GRI)[12] definisce le procedure per ottenere le ton di CO_2eq applicando il seguente algoritmo:

Volume [Litri di gasolio] x densità [0,00085 t/litri] x fattore di emissione [3,155 tCO_2/t] = tonnellate di CO_2 emesse

[12] La GRI è un'organizzazione non-profit nata per la promozione della sostenibilità economica, sociale ed ambientale.

Per un consumo di 78.000 litri di carburante, il totale delle emissioni dirette GHG del comprensorio, è di 209,18 tCO_2eq.

- Scope 2

Il Fattore di emissione di gas serra del settore elettrico per la produzione di elettricità in Italia, riferito al 2018, è pari a 289,9 gCO_2eq/kWh.[13]

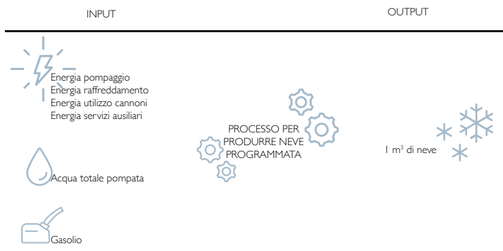
In totale delle emissioni indirette GHG del comprensorio, dovute al consumo di energia elettrica è quindi di 99,19 tCO_2eq, a fronte di un consumo annuo medio di 342.137,50kWh.

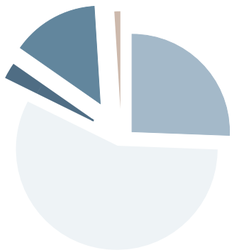
[13] Antonio CAPUTO, *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto sera nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*, Rapporti 317/2020, ISPRA, Roma, marzo 2020, p. 74

4. Calcolo della *Carbon Footprint* del comprensorio sciistico

Dopo aver calcolato l'impatto, in termini di tonnellate di CO_2 emesse per i due ambiti, carburante ed energia elettrica, è possibile, attraverso la somma delle componenti, calcolare la *Carbon Footprint* dovuta alla produzione di neve del comprensorio di Alagna Valsesia.

Per una stagione sciistica ipotetica in cui vengono utilizzati 100.000 m^3 di acqua per la produzione di 250.000 m^3 di neve, le emissioni prodotte ammontano a 308,36 tCO_2eq (209,18 tCO_2eq da consumo gasolio + 99,19 tCO_2eq da consumo energia elettrica). Risulta evidente che la componente relativa agli Scope 1 ha un impatto decisamente superiore rispetto a quello dello Scope 2.
Dal grafico, nella pagina seguente, si può notare l'impatto, in termini di emissioni indirette, della ripartizione per singola attività necessaria alla produzione di 1 m^3 di neve.





- 26% Approvvigionamento acqua dal bacino
- 57% Trasporto acqua idonea alla produzione di neve programmata
- 2% Funzionamento dei generatori di neve
- 14% Compressione aria
- 1% Servizi ausiliari

La componente che richiede il maggior consumo di energia elettrica è sicuramente quella necessaria al funzionamento delle pompe che consentono il travaso dell'acqua nel sistema di innevamento.

5.4 *Water Footprint*

sul processo di produzione di neve programmata.

Nel 2002, il professore Arjen Hoekstra[14] sviluppò il concetto di *Water Footprint* (WF), o impronta idrica.

Originariamente la *Water Footprint* è stata pensata come indicatore per il consumo di acqua dolce per una migliore gestione delle risorse idriche (*Water Resource Management,* WRM), ed anche al giorno d'oggi è considerata come il miglior metodo per il calcolo dell'uso di acqua.
Questo strumento consente di quantificare i consumi idrici di un qualsiasi processo (compresi i processi di crescita delle colture), prodotto, consumatore, produttore o azienda. In questo caso specifico il processo considerato è stato applicato per la produzione di neve programmata.

[14] Direttore del *Water Footprint Network* e docente presso l'università di Twente ad Utrecht (Olanda).

Il concetto di impronta idrica è un indicatore di uso dell'acqua nei beni di consumo, così come l'impronta ecologica è riferita al consumo di suolo e l'impronta di carbonio per l'utilizzo di energia fossile.
L'impronta idrica di un prodotto è definita dal volume di acqua dolce utilizzato per produrlo, durante le diverse fasi della filiera. Oltre ad indicare i volumi d'acqua consumati, è anche un indicatore geograficamente esplicito in quanto indica anche il luogo in cui esso avviene.[15]
L'impronta idrica in generale può essere scomposta in tre elementi:

- Acqua blu, misura l'utilizzo da parte dell'essere umano per scopi agricoli, domestici e industriali, delle acque superficiali (fiumi, laghi, estuari, ecc.) e delle falde sotterranee. È la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi;
- Acqua verde, è il volume di acqua piovana che viene consumata nel processo di produzione. È quella parte di precipitazioni che non subiscono run-off o che non vanno a ricaricare le falde sotterranee, ma che rimangono immagazzinate nel terreno o che rimangono temporaneamente negli strati superficiali del suolo o nella vegetazione.
- Acqua grigia, rappresenta il volume di acqua dolce necessario per diluire gli inquinanti, immessi dall'attività dell'uomo, fino all'ottenimento di un'acqua che rispetti gli standard di qualità locali.

[15] Lorenzo ROTINI, *Water Footprint e modalità di risparmio idrico nell'industria agroalimentare*, Tesi di laurea in Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie, Università di Bologna, A.a. 2012/2013

L'obiettivo fondamentale per il quale viene eseguita una valutazione di *Water Footprint* è quello di analizzare come le attività umane o specifici prodotti si relazionano rispetto a questioni di scarsità idrica e inquinamento in un dato luogo e tempo preso in considerazione e come questi stessi prodotti o attività possono diventare più sostenibili da un punto di vista idrico.

In base al manuale di riferimento[16] un modello di studio per il calcolo del WF si sviluppa in quattro fasi distinte:

1. *Setting goals and scope* (definizione degli obiettivi e campo di applicazione)
2. *Water footprint accounting* (calcolo di WF)
3. *Water Footprint sustainability assessment* (valutazione della sostenibilità di WF)
4. *Water footprint response formulation* (formulazione di risposta di WF)

[16] Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011

Nel documento viene comunque specificato che lo studio può non includere tutte le fasi, in particolare le ultime due possono essere escluse se in linea con gli obbiettivi anteposti e il livello di dettaglio che si vuole raggiungere. Ad esempio, è possibile fermarsi alla fase di calcolo e trattare le fasi finali successivamente.

Il modello di calcolo proposto è da considerarsi una linea guida e non uno standard metodologico rigoroso.

Lo studio di impronta idrica può essere eseguito per motivi estremamente vari (valutazione della dipendenza delle risorse idriche esterne a livello governativo, impronta idrica all'interno di un bacino per la valutazione delle attività umane riferite agli standard della qualità delle acque o dipendenza delle risorse idriche all'interno di una catena produttiva).

Nel nostro caso la valutazione è stata incentrata per definire il consumo delle risorse idriche naturali per il processo produttivo relativo alla produzione di neve programmata. La valutazione è stata eseguita raffrontando l'attuale soluzione idrica di approvvigionamento del comprensorio di Alagna, che avviene tramite l'impiego di acque superficiali provenienti dai vari punti di captazione (caso A); con l'ipotesi di recupero delle acque meteoriche oggetto dello studio della tesi (caso B).

1. *Setting goal and scope*

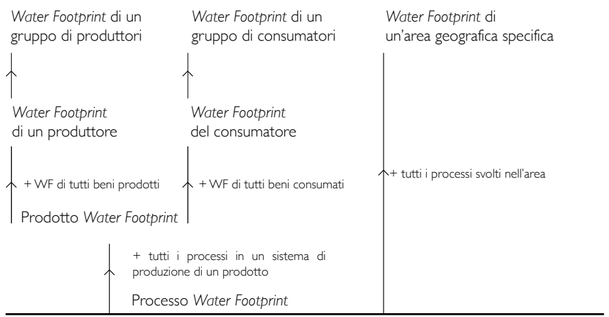
Gli obiettivi di uno studio di *Water Footprint* possono essere di tipo diverso e applicati a vari contesti. Come detto precedentemente, anche il livello di dettaglio spaziale e temporale con cui si vuole condurre l'analisi permette di includere o di escludere alcune fasi.

Vanno quindi definiti gli *inventory boundaries* (confini dell'inventario), che rappresentano gli elementi di inclusione od esclusione dal calcolo. Ad esempio, nel caso in cui si tratti di un prodotto industriale, è fondamentale decidere anche dove troncare l'analisi andando a ritroso lungo la catena di fornitura; si può decidere di includere solo quelle fasi che contribuiscono all'impronta idrica in modo significativo.[17]

Contrariamente a quanto applicato negli studi di analisi dell'LCA, negli studi di WF si ritengono significativi i dati che generano un impatto più grande del 10% rispetto all'1% dell'LCA.[18]

2. *Water Footprint accounting*

Il calcolo di *Water Footprint* è specifico a seconda che sia fatto per un'area, un prodotto, un'azienda, un processo, ecc. Nonostante ciò, la WF di una singola fase di processo può essere considerata la base per la costruzione di tutti i calcoli di *Water Footprint*. Tale concetto è meglio intuibile se si osserva la figura seguente.



17 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 7-17

18 *Ibidem* nota 17

L'unità di misura per un processo è espressa in volume per unità di tempo; ma dividendola per la quantità di prodotto si ottiene il volume per unità di prodotto. Inoltre, a seconda del livello di dettaglio che si vuole raggiungere, l'impronta idrica può essere espressa per giorno, mese o anno.[19]

Per quanto detto in precedenza, la WF totale di un processo è generata dalla somma delle tre componenti, secondo la formula:

$$WF_{proc}\,[volume/tempo] = WF_{proc,\,blue} + WF_{proc,\,green} + WF_{proc,\,grey}$$

Analizziamo ora, le singole componenti:

Blue Water Footprint

Questo fattore indica il consumo di acqua dolce superficiale (contenuta nei fiumi, laghi, sorgenti) o sotterranea (falde acquifere).

Si parla di uso consuntivo in quanto ci si riferisce ad uno dei seguenti quattro casi:

1. evaporazione dell'acqua;
2. acqua incorporata nel prodotto;
3. acqua che non ritorna nello stesso bacino idrografico; ad esempio quella che va in un altro bacino e/o finisce in mare;
4. acqua che non ritorna nel bacino idrografico di prelievo nello stesso periodo; ad esempio quando viene prelevata in un periodo di scarsità e ritorna in un periodo umido.

19 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 19-23

Nelle applicazioni usuali del WF (produzione agricola e filiere di produzione) il primo caso, legato all'evaporazione dell'acqua, è quello solitamente più significativo. Gli altri tre casi vengono inclusi nel conteggio qualora siano considerati rilevanti (impatto maggiore del 10%). Nel caso di processi industriali ogni componente del WF *blue* dovrebbe essere misurata direttamente o indirettamente; generalmente la quantità di acqua che viene impiegata per generare il prodotto finale è una quantità nota. La quantità di acqua che evapora durante lo stoccaggio, il trasporto, la lavorazione e lo smaltimento, viene generalmente calcolata mediante misure di tipo indiretto.[20]

La formula generale risulta quindi essere:

$$WF_{proc\ A,blue}\ [volume/tempo] = Evaporazione + Incorporazione + Flusso\ di\ ritorno$$

In questo caso specifico relativo alla filiera per la produzione di neve programmata questi fattori vanno rivisti, in quanto:

- Nel caso A, in cui la produzione di neve programmata avviene mediante l'approvvigionamento di acque superficiali, i fattori prioritari sono:
  - l'acqua è incorporata nel "prodotto neve"
  - acqua che non ritorna nel bacino di prelievo nello stesso periodo, in quanto il momento temporale del prelievo non coincide con il momento in cui l'acqua, sottoforma di neve, viene restituita al bacino idrografico di riferimento (bacino dell'Olen).

$$WF_{proc\ A,\ blue}\ [volume/tempo] = Incorporazione_A + Flusso\ di\ ritorno_A$$

Nel caso specifico la quota parte di acqua dovuta all'evaporazione è stata considerata trascurabile in quanto lo stoccaggio avviene in serbatoi chiusi e in bacini aperti ma in condizioni termiche tali per cui si ritiene che l'evaporazione totale abbia un impatto inferiore al 10% del volume stoccato.[21]

- Nel caso B, quota parte della produzione di neve programmata utilizza acqua derivante dal recupero di acqua meteorica, il restante quantitativo di acqua sarà valutato come nel caso A (captazione di acqua superficiale), ma in quantità nettamente ridotta.

$$WF_{proc\ B,\ blue}\ [volume/tempo] = Incorporazione_B + Flusso\ di\ ritorno_B$$

$$Dove\ WF_{proc\ A,\ blue} > WF_{proc\ B,\ blue}$$

In generale, all'interno della stessa acqua blu è possibile fare una ulteriore distinzione a seconda che la fonte di approvvigionamento sia rinnovabile o meno. Nei casi oggetti di confronto si parla sempre di acqua blu rinnovabile, in quanto l'acqua superficiale utilizzata viene naturalmente ricaricata dalle precipitazioni atmosferiche e non proviene da falde acquifere fossili, che hanno un tasso di ricarica di migliaia di anni e che perciò, una volta consumate, non sono più disponibili per altrettante generazioni future e quindi vengono considerate non rinnovabili.

Green Water Footprint

L'impronta idrica verde è rappresentata dal volume di acqua piovana consumata nel processo di produzione. In generale si riferisce a quella parte di precipitazioni che non subiscono run-off o che non ricaricano le falde sotterranee, ma sono immagazzinate nel terreno o temporaneamente rimangono nella superficie del suolo o nella vegetazione.

Questo tipo di componente è particolarmente rilevante nel caso si eseguano valutazioni che coinvolgono prodotti agricoli e forestali, per i quali l'acqua verde corrisponde all'evapotraspirazione dell'acqua piovana totale (dai campi e dalle piantagioni) più l'acqua incorporata nel raccolto o nel legno.[22] È quindi un'acqua produttiva per le piante.

$$WF_{proc\ A,\ green}\ [volume/tempo] = Evaporazione + Incorporazione$$

Nel caso in esame, il volume di acqua piovana consumata nel processo di produzione equivale all'acqua di ruscellamento da eventi metereologici che potrà essere recuperata e che sarà utilizzata per la generazione del prodotto finale (neve programmata). Questa assunzione amplia la definizione standard di acqua verde, in quanto nella produzione della neve programmata l'acqua meteorica è "incorporata" temporaneamente nel prodotto finale fino alla fusione primaverile, in cui l'acqua viene restituita al terreno.

20 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 23-28

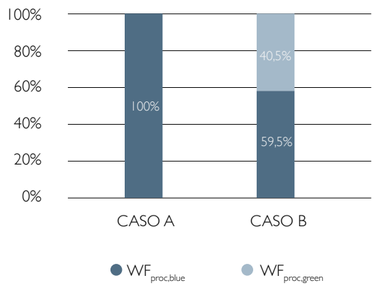
21 La temperatura media del periodo aprile-settembre 2000 risulta essere di 5,2 °C in base ai dati Arpa della stazione meteo Bocchetta delle Pisse; massima per lo stesso periodo 16,9 °C.

22 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 29-30

Quindi nei due casi comparati la componente verde risulta essere la seguente:

Nel caso A il $WF_{proc\ A,\ green}$ risulta essere pari a 0.

$$WF_{proc\ B,\ green}\ [volume/tempo] = Incorporazione_{B}$$



Grey Water Footprint

L'impronta idrica grigia di una fase del processo è l'indicatore del grado di inquinamento dell'acqua dolce generato dal processo stesso. Viene definito come il volume di acqua dolce che è necessario inserire nel processo affinché il carico di inquinanti sia diluito in modo tale che l'acqua risultante abbia delle concentrazioni di inquinanti equivalenti alle concentrazioni rilevati nei valori di fondo naturali e degli standard di qualità dell'acqua dell'ambiente considerato; in pratica è il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti in modo da renderli innocui all'ambiente naturale.[23]

L'impronta idrica grigia di una fase di processo è calcolata come segue:

$$WF_{proc\ B,\ grey}\ [volume/tempo] = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

Dove:

L è il carico inquinante in massa/tempo,

C_{max} è la concentrazione massima accettabile,

C_{nat} è la concentrazione naturale del corpo ricevente.

Nel caso oggetto di studio, il processo produttivo viene originato dalla combinazione di due sole componenti: acqua e aria, in quanto per la produzione di neve programmata i generatori impiegati non richiedono l'utilizzo di additivi di tipo chimico o biologico per la formazione del cristallo di neve. A fronte di ciò le fasi del processo sono tali per cui non vi è alcun apporto di sostanze inquinanti (direttamente o indirettamente) per cui non si ravvisa la necessità di aggiungere acqua per diluire il prodotto finale (neve).

Pertanto, sia nel caso A che in quello B la componente WF_{grey} risulta essere nulla quindi non viene riportata nel grafico precedente.

23 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 30-32

3_ *Water footprint sustainability assessment*

La valutazione della sostenibilità dell'impronta idrica è una comparazione tra l'impronta idrica antropica rispetto alla reale disponibilità di risorse idriche di acqua dolce.

La valutazione della sostenibilità della risorsa idrica deve considerare tre aspetti fondamentali:

- la sostenibilità, è costituita da tre dimensioni (ambientale, sociale ed economica),
- gli impatti possono essere considerati a livelli differenti (impatti primari e secondari)
- l'impronta idrica è costituita dalle tre componenti viste precedentemente (blu, verde, grigia).

Oltre a ciò, la sostenibilità dell'impronta idrica può anche essere valutata in funzione di altri parametri: localizzazione geografica, tipologia di processo, tipologia di prodotto, valutazione da parte di un consumatore o di un produttore.

Questi fattori risultano comunque essere interdipendenti uno dall'altro infatti la sostenibilità dell'impronta idrica di un consumatore dipende dalla sostenibilità dei prodotti consumati che a loro volta dipendono dalla sostenibilità del processo. Per quanto riguarda la sostenibilità del processo essa deve sottostare a due criteri:

1. il processo è insostenibile quando viene svolto in un certo periodo dell'anno in un determinato bacino in cui l'impronta idrica complessiva risulta essere insostenibile,
2. il processo è insostenibile di per sé (indipendentemente dal contesto geografico) nel caso in cui le tre componenti dell'impronta idrica potrebbero essere evitate o almeno ridotte in parte.

Risulta evidente che non è possibile effettuare valutazione sulla sostenibilità per qualsiasi prodotto, processo o per un qualsiasi produttore, senza avere informazioni legate alla sostenibilità dell'area geografica in cui i processi vengono eseguiti. Nel caso del *Water Footprint*, l'area geografica è sovrapponibile al bacino idrografico di riferimento.[24]

Nel caso di studio, pur non entrando nel dettaglio di tutte le componenti riportate in merito alla sostenibilità, va comunque evidenziato che l'utilizzo delle risorse idriche (indipendentemente che siano WF blu o verde, come riportato precedentemente) è fortemente dipendente dalle condizioni ambientali connesse alle precipitazioni nevose che insistono sull'area oggetto di studio. Risulta evidente che la quantità di acqua necessaria all'innevamento, intesa come impronta idrica, è inversamente proporzionale alle precipitazioni nevose naturali ma comunque sempre dipendente dalle condizioni termiche.

24 Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 73

4_ *Water footprint response formulation*

Nell'ultima fase di uno studio di *Water Footprint* vengono valutate le possibili azioni da mettere in atto per ridurre l'impronta idrica. Tali azioni possono coinvolgere, da un punto di vista tecnico, l'ottimizzazione dei processi anche mediante l'inserimento di tecnologie o pratiche innovative. Il Manuale di riferimento della *Water Footprint* non fornisce indicazioni specifiche ma indica una serie di possibili opzioni, per i casi più frequenti, da cui è possibile prendere spunto. Questa fase di valutazione richiede l'intervento di esperti del settore, che possono dare indicazioni per trovare soluzioni strategicamente convenienti sia da un punto di vista economico che tecnologico al fine di ridurre i consumi di acqua durante i processi.[25]

[25] Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011, pp. 99-100

WATER FOOTPRINT NETWORK (WFN)

Mission: utilizzare il concetto di impronta idrica per promuovere la transizione verso un uso sostenibili, equo ed efficiente delle risorse di acqua dolce in tutto il mondo.

Fondata nel 2008, da Hoekstra, professore di gestione delle risorse idriche presso l'Università di Twente dal 2005, insieme ai principali attori globali del mondo degli affari, della società civile, delle organizzazioni multilaterali e del mondo accademico, ha fondato la *Water Footprint Network* (WFN) con l'obiettivo di riunire alcune delle menti più brillanti impegnate per dimostrare come la valutazione dell'impronta idrica può aiutarci a superare le sfide dell'uso insostenibile dell'acqua.

Water Footprint Network mira a supportare i partner nell'avvio di attività, nella condivisione delle migliori pratiche e nello sviluppo di strumenti e materiali che aiutano a raggiungere gli obbiettivi della missione condivisa. Inoltre, il Segretariato della WFN coordina e promuove cinque attività principali generali[26]:

- Network and Exchange
- Sensibilizzazione
- Sviluppo delle capacità
- Diffusione della conoscenza e dei dati
- Politica e pratica dell'influenza.

[26] https://waterfootprint.org/en/about-us/aims-history/

Conclusioni

Da un punto di vista strettamente finanziario la proposta presentata, in base a diversi scenari valutati, risulta economicamente sostenibile solo nel caso in cui vi sia un contributo economico da parte di amministrazioni pubbliche, in quanto la realizzazione delle opere di canalizzazioni proposte, data la dimensione dei comprensori sciistici è una voce importante nel bilancio di queste aziende.

I costi di approvvigionamento della risorsa idrica (acqua blu) sono attualmente regolamentati da costi di concessione, i quali risultano molto più convenienti rispetto ai costi di realizzazione e manutenzione delle opere di canalizzazione necessarie per il recupero parziale delle acque meteoriche di ruscellamento.
L'evoluzione dei cambiamenti climatici porterà in primo piano la criticità legata agli approvvigionamenti idrici, la riduzione di disponibilità della risorsa porterà, probabilmente, ad un aumento dei canoni di concessione in quanto la scarsità della risorsa dovrà essere suddivisa e disponibile anche per altre attività territoriali

(agricoltura, allevamento,...). Questo scenario richiederà lo studio di soluzioni alternative da adottare preventivamente che permettono di rendere autonomi i comprensori sciistici, per quanto possibile, dall'utilizzo di acqua sottoposta a concessione pubblica.

Come risultato dalle valutazioni esposte nella tesi, l'impiego di quota parte delle acque meteoriche, in base all'analisi della *Water Footprint*, permetterebbe un risparmio di acqua blu (acque superficiali di fiumi, laghi, estuari, ecc. e delle falde sotterranee) pari al 40%. Tenendo conto che per il comprensorio di Alagna il recupero di acque piovane è pesantemente inficiato dalla geologia del sito (fattore di infiltrazione molto alto), l'applicazione di questa tecnica di recupero, in comprensori la cui struttura geologica è più favorevole porterebbe ad un incremento delle possibilità di recupero riducendo ulteriormente la percentuale di acqua blu impiegata. Va ricordato comunque che la possibilità di recupero delle acque è strettamente collegata alle capacità stoccaggio della stessa.
Dal computo metrico stimato per la realizzazione del solo sistema di canalizzazioni, per il sito in oggetto, risulta un costo massimo di 2,58 €/m^3 di neve prodotta. A questa cifra dovrebbe essere aggiunto il costo di realizzazione dei bacini di stoccaggio che in questo caso non è stato computato in quanto già esistenti.

Nelle valutazioni relative all'impatto, oltre al consumo di risorse idriche, è stata analizzato anche quello generato dalle emissioni di CO_2 espresso come tCO_2eq prodotte dal consumo di energia sia per le fasi di innevamento che di successiva gestione delle piste (Scope 1: carburante per autotrazione; Scope 2: energia elettrica).
Dall'analisi del *Carbon Footprint* è risultato che la componente maggiore di emissioni di CO_2eq è da attribuire alle attività di preparazione delle piste svolte dai gatti battipista.

Se questo studio fosse considerato uno spunto per effettuare valutazioni estese a tutte le componenti che costituiscono un comprensorio sciistico (impianti di risalita a fune, rifugi, viabilità, ecc, …) e a tutte le aree alpine ove l'impatto delle attività sciistiche è rilevante, si riuscirebbe ad avere un quadro utile a valutare in modo più consapevole il consumo delle risorse naturali e degli impatti generati nonché trovare soluzioni più sostenibili ambientalmente.

Ringraziamenti

Grazie.

Dopo tanti anni, dopo tanti mesi, dopo tanti giorni, dopo tante ore, dopo tanti minuti, dopo tanti, tantissimi secondi, è giunto al termine questo percorso. Un percorso universitario che ho sempre, in qualche modo, sentito mio. Questa tesi è stato l'ultimo passo, forse il più lungo e probabilmente anche il più difficile.
Ed è grazie a persone speciali che sono giunta alla fine.
Un grazie speciale va alla mia relatrice, Prof. Emanuela Rebaudengo, che ha creduto in questa tesi e mi ha aiutata nei momenti di perdizione, e al Prof. Jean-Marc Tulliani.
Un grazie speciale va alla Monterosa 2000 S.p.a., in particolare all'.Ing. Claudio Francione che mi ha dedicato il suo tempo, e ad Andrea Colla.
Un grazie speciale va al Dott. Geologo Alessandro Avai.
Un grazie speciale va a chi ha condivisio con me questo percorso.
Un grazie speciale va alla mia famiglia, alla mia memè e al mio papà, che non mi ha accompagnata a suon di "hai finito la tesi?".
Un grazie un pò più speciale va alla mia mamma, a cui devo molto, da sempre.
Grazie a tutti, anche a te.

Bibliografia

AA.VV., *Alpinismo su ghiaccio e misto*, I Manuali del Club Alpino Italiano- 14, Club Alpino Italiano, Milano, 2005

AA.VV., *Ambienti d'alta quota*, Alpi Nord Occidentali, in La rete italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-ITALIA), Situazioni e prospettive dopo un quinquennio di attività (2006-2011), a cura di Roberto BERTONI, LTER Italia, 2012

AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, ottobre 2002

AA.VV, *Degradazione per errata gestione del bosco*, in *Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti*, APAT, Roma 2006

AA.VV., *La neve*, AINEVA, Trento 2012

AA.VV., *Manuale di Ingegneria Naturalistica - Sistemazione dei versanti*, Regione Lazio - Emilmarc, Roma 2006

AA.VV., *Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici*, versione 1.1, ISPRA, Roma, agosto 2011

AA.VV., *Inerbimenti tecnici ad Alta quota*, Quaderni della ricerca, N° 134, Regione Lombardia, settembre 2011

AA.VV., *Il Piemonte nel cambiamento climatico. Osservazioni passate, impatti presenti e strategie future*, Arpa Piemonte, Ages Arti Grafiche, Torino, 2007

AA.VV., *Relazione sullo stato della Green Economy-2019*, FSC, ottobre 2019

AA.VV., *The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers*, Nature communications, 2016

AA.VV., *The GHG Protocol for Project Accounting*, WBCSD e WRI, 2005

AA.VV., *A Corporate Accouting and Reporting Standard, Revised Edition*, WBCSD e WRI, 2005

Luca ANDREAZZA, *Con il gennaio più caldo di sempre (1,14 °C in più della media del Novecento) il Pianeta grida "aiuto". Mercalli: "Ripensare gli investimenti pubblici in montagna"*, il Dolomiti, febbraio 2020

Claudia APOSTOLO, Vanda BONARDO, *Neve Diversa, Sport invernali e cambiamenti climatici*, Dossier 2019, Legambiente, 2019

P. BAGGIO, M. BORSATTO, M. DE FRANCESCHI e D. ZARDI, *Indagine teorica e sperimentale sul funzionamento di dispositivi per la produzione di neve artificiale*, 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche, Potenza, settembre 2002

Simone BASTIANONI, Michela MARCHI, Dario CARO, Paolo CASPRINI, Federico Maria PULSELLI, *The connection between 2006 IPCC GHG inventory methodology and ISO 14064-1 certification standard – A reference point for the environmental policies at sub-national scale*, in *Envvironmental Science and Policy*, vol. 44, ELSEVIER, Dicembre 2014

Martin BENISTON, *Climatic change in the Alps*, Workshop: Adaptation to the Impacts of Climate Change in the European Alps in Wengen, Svizzera, ottobre 2006

Mary BELLIS, *Who Invented the Snowmaking Machine?*, ThoughtCo, Ottobre 2019,

Matteo BERTI, Carlo ELMI, Enrico MUZZI, Alessandro SIMONI, *Interventi sulla morfologia*, in *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia Romagna*, Manuale teorico-pratico, Muzzi E. & Rossi G., Regione Emilia-Romagna, 2003

Veronica BONATI, *Le piogge colorate, precipitazioni colorate*, ARPAL (Agenzia Regionale per l'Ambiente Liguria) e CMIRL (Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguira), ottobre 2004

https://www.arpal.liguria.it/contenuti_statici//pubblicazioni/articoli_schede/200410_meteo_Precipitazioni-colorate_DIVULGATIVO.pdf

Antonio CAPUTO, *Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto sera nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei*, Rapporti 317/2020, ISPRA, Roma, marzo 2020,

Giorgio CASATI, *Le valanghe*, Corso di sci alpinismo base, CAI SEM, Scuola Silvio Saglio, 2020

Maurizio DEMATTEIS, *La salvezza delle nostre montagne non passa dallo sci alpino*, tratto da AA.VV, *Turismo bianco futuro nero*

M. DEMATTEIS, *I giganti dello sci*, Dislivelli, 2019

Claudio FRANCIONE, Analisi tecnico-economica sui bacini di stoccaggio idrico in area montana, UNCEM, ARPIET, dicembre 2016

Felix HAHN, *Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica*, CIPRA, alpMedia approfondimenti, dicembre 2004

Giovanni KAPPENBERGER, Jochen KERKMANN, *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*, Zanichelli, Bologna 2002

Marialaura MANDRILLI, Alex OSTORERO, Bruno MANDOSSO, *Borghi alpini, perché il ritorno alla montagna è possibile*, UNCEM Piemonte, Torino, 2015

Antonio MASARUTTO, *Acqua e cambiamenti climatici, relazione specifica della CIPRA*, CIPRA International, Udine, marzo 2011

Luca MERCALLI, Daniele CAT BERRO, Valentina ACCORDON, Gennaro DI NAPOLI, *Cambiamenti climatici sulla montagna piemontese*, Società meteorologica subalpina, Bussoleno, 2008

Daniele PERNIGOTTI, Kevin BOEHMER, *Come affrontare i cambiamenti climatici: Guida operativa tra gli obblighi dell'Emission trading e le opportunità della ISO 14064 con sintesi del IV Rapporto IPCC (Premio Nobel 2007)*, Il sole 24 ore, Milano 2007

Italo PUCCI, *La produzione del ghiaccio naturale nel genovesato*

Isabella RIVA, *Meteorologia Aeronautica Parte III*, ENAV S.p.A.

Emiliano SASSOLINI, *Umidità assoluta e relativa*, Centro Meteo Italiano, luglio 2012

I. SORAPERRA, M. DE FRANCESCHI, D. ZARDI, P. BAGGIO, *Studio del processo di produzione di neve artificiale: Parte I – Inquadramento fenomenologico*

UNEP, *Corporate Water Accounting*, UNEP (United Nation Enviroment Programme), 2009

Arjen Y. HOEKSTRA, Ashok K. CHAPAGAIN, Maite M. ALDAYA, Mesfin M. MEKONNEN, *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London 2011

Gabriella ZIPOLI, *Montagne pericolose con la neve artificiale*, Il Manifesto, novembre 2004

Sitografia

https://webgis.arpa.piemonte.it/

https://www.aics.gov.it/home-ita/settori/obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-sdgs/

https://anef.ski

https://www.areeprotettevallesesia.it/it/valsesia?idareaintervento=42#briciole

http://arianna.cr.piemonte.it/

www.arpa.piemonte.it

https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/conoscenza-dei-suoli/carte-applicative/permeabilita

https://www.bardonecchia.it/sport/bike-bardonecchia/

http://c42.fotoportal4.it/archivio/pagine_allegati/1080/Approfondimento___Ciclo_idrologico_e_bilancio__Universita_

degli_Studi_di_Roma_La_Sapienza_.pdf

Scuola Silvio SAGLIO, *Conoscere la neve*, CAI SEM, corso di scialpinismo base, 2019

http://www.caisem.org/public/Didattica/SCIALPINISMO/neve-valanghe1.pdf

https://www.coni.it/it/coni.html

http://www.cornwallhistoricalsociety.org/exhibits/forests/mohawkski.htm

https://www.demaclenko.com

IACS, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*

https://docplayer.it/16193720-Classificazione-internazionale-della-neve-stagionale-al-suolo-a-cura-del-gruppo-di-lavoro-per-la-classificazione-della-neve-icsi-uccs-iacs.html

IPCC, *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK 2007

https://www.enea.it/it/internazionali/relazioni-internazionali

https://www.europarl.europa.eu

https://www.e-borghi.com/it/borgo/248/Vercelli/alagna-valsesia#show

https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3462-manuale-2006-39.pdf

Conferenza sui Cambiamenti Climatici COP25 - CMP15 - CMA2, Ispra, Madrid, dicembre 2019

https://www.isprambiente.gov.it/it/archivio/notizie-e-novita-normative/notizie-ispra/2019/12/conferenza-sui-cambiamenti-climatici-cop25-cmp15-cma2

https://journals.plos.org/

Max CASSANI, *Coronavirus, i cannoni sparaneve riconvertiti in sanificatori delle strade*, La Stampa, 13 aprile 2020

https://www.lastampa.it/montagna/turismo/2020/04/13/news/coronavirus-i-cannoni-sparaneve-riconvertiti-in-sanificatori-delle-strade-1.38714432?refresh_ce

Flaminia GIURATO, *Alagna Valsesia, ai piedi del Monte Rosa con i Walser*, La Stampa, novembre 2019,

https://www.lastampa.it/montagna/turismo/2017/09/12/news/alagna-valsesiaai-piedi-del-monte-rosa-con-i-walser-1.34418513?refresh_ce

https://www.legambiente.it/

https://www.minambiente.it/pagina/rete-natura-2000

https://www.minambiente.it/direttive/recepimento-della-direttiva-italia

https://www.monterosa2000.it/public/images/1124/R1RelazioneGenerale_1124698.pdf

AA.VV., The biogeography of red snow microbiomes and their role in melting arctic glaciers, nature communications, 2016 http://www.nature.com/ncomms/2016/160622/ncomms11968/full/ncomms11968.html

http://www.piemonteneve.it/menu/chi-siamo/

http://www.pietregemelle.it/

http://www.portalesila.it

https://www.professionearchitetto.it/tools/parametri/

https://www.technoalpin.com/it/faq.html

http://www.treccani.it/vocabolario/neve/

http://www.uncem.piemonte.it/

https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/598_2009_174_5679.pdf

https://www.sufag.com/

https://www.usgs.gov/

https://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/environnement.aspx?pkArt=755

http://www.wri.org/

https://www.wwf.it/chi_siamo/organizzazione/

Tesi

Luisa CUNICO, *Sistemi di innevamento artificiale: progettazione e parametri di funzionamento*, Diploma universitario in Metodologie fisiche, Facoltà di scienze, Università di Trento, A.a 1998/1999

Alice FERRARI, *Le proprietà fisiche del manto nevoso: rilievo ed elaborazione di dati penetrometrici*, rel. Paolo SCOTTON, Tesi di laurea magistrale in geologia e geologia tecnica, Dipartimento di Geoscienze, Università degli studi di Padova, A.a. 2014-2015

Lorenzo ROTINI, *Water Footprint e modalità di risparmio idrico nell'industria agroalimentare*, Tesi di laurea in Valorizzazione delle risorse primarie e secondarie, Università di Bologna, A.a. 2012/2013

Ingemar SORAPERRA, *Studio del funzionamento di dispositivi per la produzione di neve*, Tesi di laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Università di Trento, A.a. 2004/2005

Renzo ZENI, *Tecniche costruttive per impianti di innevamento artificiale*, Rel. Lorenzo Fellin, Laurea in ingegneria elettrotecnica, Università degli studi di Padova, A.a. 2010/2011

Classificazione morfologica				*Ulteriori informazioni sui processi fisici e sulla resistenza*			
Classificazione di base	*Sottoclasse*	*Forma*	*Codice*	*Luogo di formazione*	*Processo fisico*	*Dipendenza dai pricipali parametri*	*Effetti sulla resistenza*
Particelle di precipitazione			**PP**				
+	Colonne	Cristalli prismatici corti, pieni o cavi	PPco	Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno)	Crescita da vapore acqueo da –3 a –8 °C e sotto–30 °C		
	Aghi	Aghiformi, quasi cilindrici	PPnd	Nuvola	Crescita da vapore acqueo con alta supersaturazione da –3 a –5 °C e sotto –60 °C		
	Piastre	A forma di piastre, perlopiù esagonali	PPpl	Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno)	Crescita da vapore acqueo da 0 a –3 °C e da –8 a –70 °C		
	Dendriti stellari	Esagonali, a forma di stella, piani o spaziali	PPsd	Nuvola; strato da inversione di temperatura (cielo sereno)	Crescita da vapore acqueo con alta supersaturazione da 0 a –3 °C e da –12 a –16 °C		
	Cristalli irregolari	Grappoli di cristalli irregolari molto piccoli	PPir	Nuvola	Formazione policristalli in condizioni ambientali variabili		
	Neve pallottolare	Particelle molto brinate, sferiche, coniche, esagonali o di forma irregolare	PPgp	Nuvola	Forte brinata delle particelle per adesione di gocce d'acqua sopraffusa; dimensione: ≤ 5 mm		
	Grandine	Struttura interna laminare, superficie traslucida, color latte o vetrosa	PPhl	Nuvola	Crescita per adesione di acqua sopraffusa; dimensione: > 5 mm		
	Sferette di ghiaccio	Sferoidi trasparenti perlopiù di piccole dimensioni	PPip	Nuvola	Gelata di gocce di pioggia o rigelo di cristalli di neve fusi o fiocchi di neve (pioggia ghiacciata); Neve pallottolare o sferette di neve racchiuse in uno strato di ghiaccio sottile (grandine di piccola dimensione); misura: entrambe ≤ 5 mm		
	Brina	Depositi irregolari o coni ed aghi più lunghi con la punta rivolta verso il vento	PPrm	Sulla superficie così come su oggetti esposti all'aria	Adesione di goccioline di nebbia sopraffuse che ghiacciano in loco. Una crosta sottile e fragile si forma sulla superficie nevosa se il processo dura a lungo.	Cresce al crescere della densità della nebbia e con l'esposizione al vento	

Note: - I Diamond Dust è un ulteriore tipo di precipitazione spesso osservato nelle regioni polari (vedere Appendice E)
- La brina dura è più compatta e amorfa della brina soffice e può presentarsi in forma di coni vetrati o cristalli di ghiaccio a piuma (AMS, 2000)
- Le sottoclassi di cui sopra non includono tutti i tipi di particelle e cristalli osservabili nell'atmosfera. Vedere i riferimenti qui sotto per un'analisi più esaustiva.

Allegato B

Tabella contenuto d'acqua liquida
Fonte: IACS, *Classificazione internazionale della neve stagionale al suolo*, p.18

Termine	*Indice umidità*	*Codice*	*Descrizione*	Range *approssimativo di* $\theta_{w,V}$ *(frazione di volume in %)* [1]		*Simbolo grafico*
				range	*media*	
asciutta	1	D	La T_s è solitamente inferiore a 0 C, ma si può avere neve asciutta a qualsiasi temperatura fino a 0 °C. I grani di neve separati hanno una scarsa tendenza ad unirsi quando vengono pressati come per fare una palla di neve.	0	0	
umida	2	M	T_s=0°C. L'acqua non è visibile nemmeno con ingrandimento 10×. Quando viene leggermente schiacciata, la neve ha una netta tendenza a restare unita.	0 – 3	1.5	|
bagnata	3	W	T_s=0°C. L'acqua è riconoscibile con ingrandimento 10× tramite il suo menisco tra i grani di neve contigui; non è comunque possibile estrarre l'acqua schiacciando moderatamente la neve tra le mani (regime pendolare).	3 – 8	5.5	||
molto bagnata	4	V	T_s=0°C. L'acqua si può estrarre premendo moderatamente la neve; vi è però ancora una certa quantità d'aria all'interno dei pori (regime funicolare)	8 – 15	11.5	|||
fradicia	5	S	T_s=0 C. La neve è impregnata d'acqua e contiene una quantità d'aria relativamente limitata da 20 a 40%. (regime funicolare)	> 15	> 15	||||

[1] Per una conversione da volume a frazione di massa, vedere Appendice C.2.

Allegato C

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	**maggio**	**giugno**	**luglio**	**agosto**	**settembre**	**ottobre**	novembre	dicembre
2000	14,2	19,8	27,8	161,8	199,8	171,4	160,4	112	197,2	712	3,8	30
2001	1,2	53,2	129,6	50,4	230,6	128,6	159,4	122	83,6	71,2	30	3
2002	10,8	36,6	73,8	83	277,2	209	201,6	220,8	154,4	56,2	23,8	35,8
2003	2	17,8	29	69,4	120,4	155	106,4	127	70	36,6	77,6	19,8
2004	9	19,8	53,8	102,6	156,6	42,4	118,4	163,6	20,8	148,4	295,6	14,8
media periodo	7,44	29,44	62,8	93,44	**196,92**	**141,28**	**149,24**	**149,08**	**105,20**	**204,88**	86,16	20,68
2005	5	27,8	33,6	114,8	115,8	115,8	96	214,4	181,2	82	15,2	5,4
2006	3,6	25,2	64	75,6	116,6	116,6	169,2	131	270,8	81,4	23	22,6
2007	25	23,4	65,2	71	187,8	187,8	74	200,6	70	32,2	6	2,6
2008	0	0	0	0	388,8	388,8	160,2	136,8	56,4	0	0	0
2009	0	0	0	0	104	104	102	195,2	189,4	0	0	0
media periodo	6,72	15,28	32,56	52,28	**182,60**	**182,60**	**120,28**	**175,60**	**153,56**	**39,12**	8,84	6,12

Allegato D

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	**maggio**	**giugno**	**luglio**	**agosto**	**settembre**	**ottobre**	novembre	dicembre
2010	0	0	0	0	232	259	93	147,8	71	0	0	0
2011	0	0	0	0	117,6	330,4	205,4	53,6	89	0	0	0
2012	0	0	0	0	207,6	107,2	137,8	152,2	102,8	0	0	0
2013	0	0	0	0	294,4	84,6	230,4	123,8	111,6	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	158,6	293,6	175,2	70,2	4,8	0	0
media periodo	0,00	0,00	0,00	0,00	**170,32**	**187,96**	**192,04**	**130,53**	**88,92**	**0,96**	0,00	0,00
2015	0	0	0	69	110	158,4	58,6	358,2	117,2	180	3,8	1,4
2016	0	0	0	0	239,4	156,4	118,6	75	111,8	0	0	0
2017	0	0	11,6	18,4	90,4	178,4	90,4	114,2	57,8	10,2	0	11,4
2018	11,6	14,8	0	102,6	300,8	154,4	117,4	176,6	80,2	99	100,2	36
2019	6,2	0	1,4	0	47,4	129,8	113,6	81,6	112	281,8	2,8	2,6
media periodo	3,56	2,96	2,60	38,00	**157,60**	**155,48**	**99,72**	**161,12**	**95,80**	**114,20**	21,36	10,28
media 20 anni	4,43	11,92	24,49	45,93	**176,86**	**166,83**	**140,32**	**154,07**	**110,87**	**89,79**	29,09	9,27

Nota: da marzo 2008 a febbraio 2016 il non sono disponibili dati per il periodo primaverile (gennaio-aprile) ed autunnale ottobre -dicembre

Per la definizione del costo unitario di realizzazione delle opere di canalizzazione si è fatto riferimento, per le parti di competenza, a quanto riportato nel Prezziario della Regione Piemonte relativamente alla tipologia costruttiva; mentre per le valorizzazioni di dettaglio delle singole voci è stato preso come riferimento l'Allegato C - Prontuario tecnico per le opere di ingegneria naturalistica della Regione Piemonte.
Le valutazioni economiche riportate in tale allegato sono state ritarate in funzione delle dimensioni dell'opera in progetto proposta.

Codice	Descrizione	U.M.	Prezzo unitario netto	Qtà	
Foriniture					
01.P12.C00.025	Barre in acciaio ad aderenza migliorata B450A e B450C per gli usi consentiti dalle norme vigenti diametro 12 mm.	kg	0,48	1,39	0,67 €
18.P04.A05.005	Pali di legno durabile (larice, castagno, quercia), scortecciati ed eventualmente impregnati del diametro da cm 20 a cm 25	m^3	109,11	0,16	17,45 €
01.P18.R10.005	Scapoli di cava grezzi, con diametri trasversali compresi tra 25 cm e 60 cm	m^3	54,17	0,00	0,00 €
			Totale forniture		**18,11 €**
Noli					
01.P24.H60.005	Nolo di utensili portatili elettrici della potenza massima di 3 kW, compresa l'energia e quanto necessario per il funzionamento, esclusa la sola mano d'opera, per il tempo effettivo impiego Mole angolari, trapani e simili	h	1,63	0,03	0,05 €
18.P08.C30.010	ATTREZZATURE Motosega completa di ogni accessorio per il funzionamento incluso il consumo degli attrezzi e del carburante, escluso il manovratore a catena con lama non inferiore a 45 cm	h	2,64	0,05	0,14 €
01.P24.H50.010	Nolo gruppo elettrogeno, alimentato a benzina o gasolio per alimentazione di saldatrici, trapani, flessibili ecc, compreso carburante, lubrificante ed ogni altro onere per il suo funzionamento, esclusa la mano d'opera, per il tempo di effettivo impiego Potenza superiore a 5, 5 e fino a 10 kW	h	10,09	0,11	1,10 €
01.P24.F30.020	Nolo di demolitori o vibratori, inclusi motocompressore per l'alimentazione, martelli e scalpelli, piastre e baionette, condotte d'aria ed ogni altro accessorio o fornitura occorrente per un regolare funzionamento (carburante, lubrificante, consumo attrezzi, meccanico, assistenza)esclusa la mano d'opera necessariamente usata per la manovra e l'uso di detti scalpelli e martelli per il tempo di effettivo impiego Supersilenziato da 18-12 mila	h	25,93	0,11	2,81 €

Codice	Descrizione	U.M.	Prezzo unitario netto	Qtà	
Noli					
01.P24.A10.005 (*)	Nolo di escavatore con benna rovescia compreso manovratore, carburante, lubrificante, trasporto in loco ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego, della capacita' di 0.500 m^3	h	48,31	0,11	5,24 €
01.P24.F35.005	Nolo di martello demolitore tipo cobra completo di accessori, carburante, lubrificante e trasporto, esclusa la mano d'opera usata per la manovra per il tempo di effettivo impiego	h	4,12	0,05	0,02 €
			Totale noli		**9,57 €**
Mano d'opera					
01.P01.A10.005	Operaio specializzato: ore normali	h	29,18	0,15	4,38
01.P01.A20.005	Operaio qualificato: ore normali	h	27,04	0,35	9,46
01.P01.A30.005	Operaio comune: ore normali	h	24,28	0,35	8,50
			Totale mano d'opera		**22,34 €**
Totale netto componenti					**50,02 €**
Totale incidenza mano d'opera				0,45 %	22,34€
Totale incidenza opere provvisionali				0,00 %	0,00€
Prezzo netto					50,02 €
Spese generali				0,15 %	7,50 €
di cui costi della sicurezza intrinesca				0,00 %	0,00 €
Utile d'impresa				0,00%	5,75 €
Totale lordo					**63,28 €**

Codice	Descrizione	U.M.	Prezzo unitario netto	Qtà	
Foriniture					
01.P12.C00.025	Barre in acciaio ad aderenza migliorata B450A e B450C per gli usi consentiti dalle norme vigenti diametro 12 mm.	kg	0,48	2,13	0,70 €
01.A13.A20.005	Legname in travi riquadrati uso Trieste, dato e misurato in opera con le lavorazioni occorrenti, nessuna opera esclusa. abete (Picea Abies, Abies Alba) (Nel progetto: Tavole in legno di abete sp. 3,5 * 40 e *25 lunghezza 1 m)	m^3	814,85	0,03	25,26 €
25.A13.A20.005	Pozzetto in cemento armato prefabbricato completo di fori. spessore cm 4; dimensioni interne cm 50x50x50 diam. 40	cad.	54,17	0,02	0,49 €
			Totale forniture		**25,82 €**
Noli					
01.P24.H60.005	Nolo di utensili portatili elettrici della potenza massima di 3 kW, compresa l'energia e quanto necessario per il funzionamento, esclusa la sola mano d'opera, per il tempo effettivo impiego Mole angolari, trapani e simili	h	1,63	0,05	0,01 €
18.P08.C30.010	ATTREZZATURE Motosega completa di ogni accessorio per il funzionamento incluso il consumo degli attrezzi e del carburante, escluso il manovratore a catena con lama non inferiore a 45 cm	h	2,64	0,08	0,01 €
01.P24.H50.010	Nolo gruppo elettrogeno, alimentato a benzina o gasolio per alimentazione di saldatrici, trapani, flessibili ecc, compreso carburante, lubrificante ed ogni altro onere per il suo funzionamento, esclusa la mano d'opera, per il tempo di effettivo impiego Potenza superiore a 5, 5 e fino a 10 kW	h	10,09	0,17	0,11 €
01.P24.F30.020	Nolo di demolitori o vibratori, inclusi motocompressore per l'alimentazione, martelli e scalpelli, piastre e baionette, condotte d'aria ed ogni altro accessorio o fornitura occorrente per un regolare funzionamento [...]	h	25,93	0,17	0,28 €

Codice	Descrizione	U.M.	Prezzo unitario netto	Qtà	
Noli					
01.P24.A10.005 (*)	Nolo di escavatore con benna rovescia compreso manovratore, carburante, lubrificante, trasporto in loco ed ogni onere connesso per il tempo di effettivo impiego, della capacita' di 0.500 m^3	h	48,31	0,17	0,52 €
01.P24.F35.005	Nolo di martello demolitore tipo cobra completo di accessori, carburante, lubrificante e trasporto, esclusa la mano d'opera usata per la manovra per il tempo di effettivo impiego	h	4,12	0,08	0,02 €
			Totale noli		**0,95 €**
Mano d'opera					
01.P01.A10.005	Operaio specializzato: ore normali	h	29,18	0,15	0,28 €
01.P01.A20.005	Operaio qualificato: ore normali	h	27,04	0,35	0,61 €
01.P01.A30.005	Operaio comune: ore normali	h	24,28	0,35	0,78 €
			Totale mano d'opera		**1,68 €**
Totale netto componenti					**28,44 €**
	Impregnatura in autoclave tavole				4,96 €
Totale incidenza mano d'opera				0,45 %	1,68€
Totale incidenza opere provvisionali				0,00 %	0,00€
Prezzo netto					33,41 €
Spese generali				0,15 %	5,01 €
di cui costi della sicurezza intrinesca				0,00 %	0,00 €
Utile d'impresa				0,00%	3,84 €
Totale lordo					**42,26 €**

Allegato E

SCENARIO 1

Costo di costruzione		**646.171,52 €**
Progettazione e DL	8%	51.692,58 €
Imprevisti	5%	32.308,58 €
IVA	22%	142.157,74 €
Costo di realizzazione		**872.331,56 €**
Investimento	100%	872.331,56 €
Rata annua		36.323,18 €
Costo Totale		**1.363.524,20 €**
*Acumulazione finale		
Quantità acqua utilizzata/anno		100.000,00 m^3
Tempo ammortamento		30 anni
Costo acqua totale (costo totale/qtà acqua)		13,64€/m^3
Costo acqua annuo (costo acqua t/tempo ammortamento)		**0,45 €/m^3 anno**
Tariffa concessione beni e servizi	l/s (max)	177,35 €
Torrente Olen 40 l/s		7.094,00 €
Sorgente Olen e Mullero 10 l/s		1.773,50 €
Costo concessione *da tabella Allegato F	0,09 €/m^3	**8.867,50 €**
Costo concessione ipotetico	0,45 €/m^3	**45.450,81 €**

SCENARIO 2

Costo di costruzione		**646.171,52 €**
Progettazione e DL	8%	51.692,58 €
Imprevisti	5%	32.308,58 €
IVA	22%	142.157,74 €
Costo di realizzazione		**872.331,56 €**
Investimento *al netto dell'IVA	50%	365.086,91 €
Quantità acqua utilizzata/anno		100.000,00 m^3
Tempo ammortamento		30 anni
Costo acqua totale (costo totale/qtà acqua)		3,65 €/m^3
Costo acqua annuo (costo acqua t/tempo ammortamento)		**0,12 €/m^3 anno**
Tariffa concessione beni e servizi	l/s (max)	177,35 €
Torrente Olen 40 l/s		7.094,00 €
Sorgente Olen e Mullero 10 l/s		1.773,50 €
Costo concessione *da tabella Allegato F	0,09 €/m^3	**8.867,50 €**
Costo concessione ipotetico	0,12 €/m^3	**12.169,56 €**

SCENARIO 3

Costo di costruzione		**646.171,52 €**
Progettazione e DL	8%	51.692,58 €
Imprevisti	5%	32.308,58 €
IVA	22%	142.157,74 €
Costo di realizzazione		**872.331,56 €**
Investimento	100%	872.331,56 €
Quantità acqua utilizzata/anno		100.000,00 m^3
Tempo ammortamento		30 anni
Costo acqua totale (costo totale/qtà acqua)		8,72€/m^3
Costo acqua annuo (costo acqua t/tempo ammortamento)		**0,29 €/m^3 anno**
Tariffa concessione beni e servizi	l/s (max)	177,35 €
Torrente Olen 40 l/s		7.094,00 €
Sorgente Olen e Mullero 10 l/s		1.773,50 €
Costo concessione *da tabella Allegato F	0,09 €/m^3	**8.867,50 €**
Costo concessione ipotetico	0,29 €/m^3	**29.077,72 €**

Canoni demaniali unitari relativi all'uso di acqua pubblica e relativi importi minimi per ciascuna tipologia di uso - anno 2020

USO DELL'ACQUA	TIPOLOGIA	unità di misura (1)	Importi
AGRICOLO	canone	Euro per l/sec	0,56
	canone BNT (2)	Euro per ha	1,23
	canone minimo	Euro	31,62
CIVILE	canone	Euro per l/sec	11,81
	canone minimo	Euro	144,76
DOMESTICO	canone	Euro per l/sec	2,39
	canone minimo	Euro	60,33
ENERGETICO	GRANDE (>= 3.000 kW) - canone	Euro per kW	44,40
	MEDIO GRANDE (>= 1.000 kW e < 3.000 kW) - canone	Euro per kW	40,18
	MEDIO (>= 220 kW e < 1.000 kW) - canone	Euro per kW	38,06
	PICCOLO (>= 20 kW e < 220 kW) - canone	Euro per kW	34,89
	MICRO (< 20 kW) - canone	Euro per kW	30,13
	canone minimo	Euro	166,81
LAVAGGIO INERTI	canone	Euro per l/sec	126,67
	canone minimo	Euro	1.688,96
PISCICOLO	canone	Euro per l/sec	3,98
	canone minimo	Euro	144,76
POTABILE	canone	Euro per l/sec	23,63
	canone minimo (3)	Euro	398,10
	canone minimo (4)	Euro	144,76
PRODUZIONE DI BENI E SERVIZI	canone	Euro per l/sec	177,35
	canone minimo (5)	Euro	2.376,58
	canone minimo (6)	Euro	1.206,38
	canone minimo (7)	Euro	699,72
	canone minimo (8)	Euro	349,86
RIQUALIFICAZIONE DELL'ENERGIA	canone	Euro per kW	1,06
ZOOTECNICO	canone	Euro per l/sec	60,33
	canone minimo	Euro	301,60

Legenda

(1) a seconda del tipo di uso dell'acqua, l'unità di misura cui è riferito il canone unitario è: la portata media espressa in litri al secondo (l/sec), la superficie irrigabile espressa in ettari (ha) o la potenza nominale media annua di concessione espressa in kW.
(2) BNT = bocca non tassata.
(3) per portate medie annue superiori a 0,1 l/sec.
(4) per portate medie annue inferiori o uguali a 0,1 l/sec.
(5) per portate medie annue superiori a 1,00 l/sec.
(6) per portate medie annue superiori a 0,08 l/sec e fino a 1,00 l/sec.
(7) per portate medie annue comprese tra 0,02 l/sec e 0,08 l/sec.
(8) per portate medie annue inferiori a 0,02 l/sec.

Allegato G

Approvvigionamento acqua da bacino

Riempimento Bacino Mullero
- capienza: 32.000m³
- 2 pompe con portata 23 l/s

N° pompe		2
Potenza unitaria	kW	60,00
Ore utilizzo	h	386,47
*riempimento 2 volte		
Consumo energetico	**kWh**	**46.376,81**

Riempimento Bacino Passo dei Salati
- capienza: 5.000m³
- 2 pompe con portata 26 l/s utilizzate a 20l/s
- 2 pompe con portata 20 l/s

N° pompe		2
Potenza unitaria	kW	250
Ore utilizzo	h	69,44
*riempimento 2 volte con portata a 20 l/s		
N° pompe		2
Potenza unitaria	kW	200
Ore utilizzo	h	69,44
*riempimento 2 volte		
Consumo energetico	**kWh**	**55.555,56**
Consumo energetico totale	**kWh**	**101.932,37**

Raffreddamento acqua

N° torri raffreddamento		2
Potenza	kW	12,50
Ore utilizzo	h	-
Consumo energetico torri raffreddamento totale	kWh	-
N° pompe		2
Potenza	kW	9,00
Ore utilizzo	h	-
Consumo energetico pompe totale	kWh	-

Consumo totale raffreddamento acqua in kWh -
(torri + pompe)

Acqua trasportata in m³ -

Trasporto acqua idonea alla produzione di neve programmata

N° pompe Passo dei salati		2
Potenza	kW	150
Ore utilizzo	h	150
Consumo energetico pompe totale	kWh	22.500,00
N° pompe Booster		2
Potenza	kW	400
Ore utilizzo	h	150
Consumo energetico pompe totale	kWh	60.000,00
N° pompe Pianalunga		4
Potenza	kW	820
N° pompe Pianalunga	h	2
Potenza	kW	120,00
Ore utilizzo	h	150
Consumo energetico pompe totale	kWh	141.000,00
N° pompe Gran Halte		1
Potenza	kW	15
Ore utilizzo	h	150
Consumo energetico pompe totale	kWh	2.250,00
Consumo totale per il trasporto	**kWh**	**225.750,00**
Acqua trasportata	m^3	100.000,00

Funzionamento cannoni

N° cannoni*		
Potenza	kW	64
Ore utilizzo	h	150,00
Consumo totale funzionamento cannoni	**kWh**	**9.600,00**
Acqua utilizzata	m^3	100.000,00

Compressione aria

N° compressori		3
Potenza	kW	380,00
Ore utilizzo	h	150,00
Consumo totale per la compressione dell'aria	**kWh**	**57.000,00**

Compressione aria

Consumo energetico 1%	**kWh**	**3.942,82**
Totale consumi	**kWh**	**398.225,19**

	numero	potenza unitaria	
Aste alta pressione	86	0,2 kW	17,2 kW
Asta alta pressione	24	1,2 kW	28,8 kW
Ventole bassa pressione	8	18 kW	144 kW