

P A R T E I

**il quadro conoscitivo**



# 1 \_ Inquadramento generale

## 1.1\_Caratteristiche strutturali del territorio

### 1.1\_1 OROGRAFIA

La Valle d'Aosta è situata all'estremità nord-occidentale della catena alpina, dove questa cambia orientazione, da sud-nord a ovest-est. Il territorio della Regione, di forma quasi rettangolare, si estende per circa 80 km di lunghezza e 40 km di larghezza. Confina a est ed a sud con il Piemonte, a nord con la Svizzera ed a ovest con la Francia.

La Valle d'Aosta si trova racchiusa tra i più imponenti massicci delle Alpi; solo nell'angolo sud orientale le montagne lasciano un varco attraverso il quale la Dora Baltea sfocia nella pianura canavesana.

Attraverso i valichi montani verso la Svizzera e verso la Francia avviene il trasferimento di masse d'aria di origine occidentale e settentrionale dal versante esterno a quello interno della catena alpina.

Il solco vallivo principale, percorso dalla Dora Baltea e lungo circa 100 km, ha direzione sud-nord da Pont-Saint-Martin a Montjovet, poi ruota in direzione est-ovest fino ad Avise, dove cambia nuovamente direzione e diventa sud-est nord-ovest. Le valli laterali sono percorse da affluenti della Dora Baltea a regime torrentizio.

L'estensione del territorio è di circa 3260 km<sup>2</sup>, con una quota media di 2106 metri variabile dai circa 310 metri dell'estremità sud orientale ai 4810 metri del Monte Bianco, con oltre il 60% del territorio sopra i 2000 m di quota.

La conformazione orografica fa sì che una grande porzione del territorio si mantenga ancora oggi allo stato naturale: il 40% dello stesso è costituito da superficie rocciosa o glaciale, il 51% da pascoli o foreste e solo il 9%, prevalentemente situato nel fondovalle centrale e delle valli laterali, è idoneo agli insediamenti umani ed all'agricoltura.

Figura 1.1: Regione Valle d'Aosta.



## 1.1\_2 CLIMA

La Regione Valle d'Aosta appartiene al macroclima temperato oceanico delle medie latitudini, con mesoclima di montagna delle Alpi occidentali del versante mediterraneo. All'interno della Regione vi è una notevole varietà di topoclimi (quelli delle singole vallate) e di microclimi (ad esempio quello di una porzione di suolo all'ombra), determinati dalle variazioni di altitudine e dalla diversa esposizione dei versanti. Questi ultimi due fattori sono particolarmente importanti nel determinare il clima di una regione ad orografia complessa come la Valle d'Aosta.

### Effetti dell'altitudine

All'aumentare della quota si possono individuare i seguenti andamenti per le principali grandezze fisiche di interesse meteorologico:

- diminuzione della temperatura dell'aria, in media di 0,65 °C ogni 100 metri (gradiente adiabatico umido);
- aumento del numero di giorni di neve al suolo e di gelo;
- aumento della trasparenza dell'aria e della visibilità, per una minore concentrazione di aerosol (da  $10^{10}/m^3$  al livello del mare a  $10^9/m^3$  a 3000 metri) ed un minore contenuto di vapore acqueo;
- aumento dell'intensità della radiazione solare: a 200 m di quota si ha circa il 40-50% della radiazione proveniente dal Sole, a 3000 metri circa il 60-70%, una frazione che alla latitudine delle Alpi equivale all'apporto energetico ricevuto in pianura all'equatore;
- aumento della velocità del vento;
- diminuzione della pressione atmosferica, con andamento approssimativamente esponenziale.

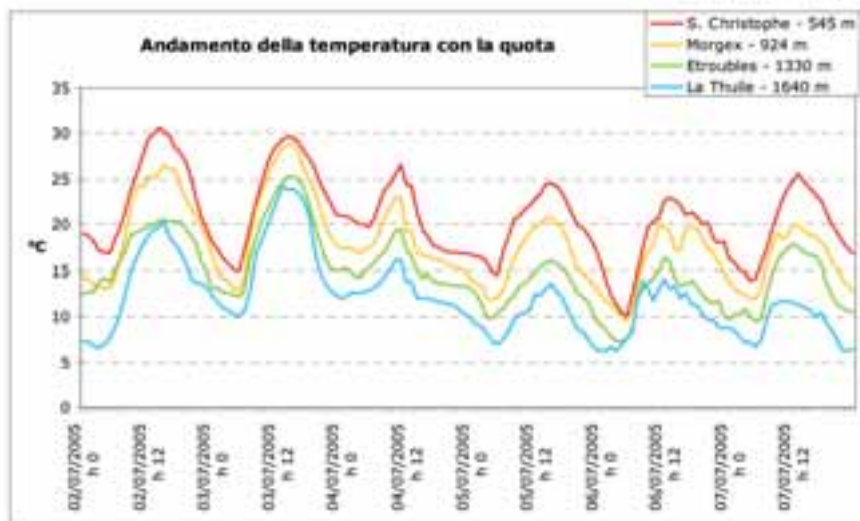


Figura 1.2: andamento giornaliero tipico della temperatura in località poste a quote diverse (dati: ARPA Valle d'Aosta).

### Effetti dell'orografia

Gli imponenti massicci montuosi che circondano la Valle d'Aosta esercitano un'azione barriera sui flussi atmosferici a grande scala, determinando un generale effetto di ombra pluviometrica sulle vallate interne (xericità intralpina). In particolare, le perturbazioni di origine atlantica hanno effetti più importanti sui settori nord occidentali della Regione, mentre quelle di origine mediterranea interessano maggiormente il settore sud orientale.

Le correnti atmosferiche che riescono ad oltrepassare la catena alpina risultano modificate: infatti si verificano spesso effetti di incanalamento dei venti nelle valli associati anche a fenomeni di foehn.

L'orografia complessa è anche la causa, insieme alla radiazione solare, della nascita di un fenomeno tipico delle valli montane: la circolazione di brezza. La diversa esposizione dei versanti alla radiazione solare influisce profondamente sulle caratteristiche termiche: i versanti esposti a sud, *adret*, sono caratterizzati da temperature miti ed elevato soleggiamento; i versanti esposti a nord, *envers*, hanno invece temperature più rigide. Questa caratteristica determina sia il tipo di vegetazione sia la distribuzione degli insediamenti umani.

## GLI ELEMENTI DEL CLIMA

Per descrivere correttamente il clima di una regione è necessario disporre di serie storiche di dati relative ad un periodo di almeno 30 anni. I dati e le immagini presentati qui di seguito sono tratti dall'Atlante Climatico della Valle d'Aosta<sup>1</sup>. Nel capitolo 2 è presentata un'analisi statistica dei dati meteorologici misurati nel periodo 2000-2004 dall'ARPA Valle d'Aosta.

### Temperatura

La temperatura media annua varia da 10-12 °C nel fondovalle centrale, tra Pont-Saint-Martin e Aosta, a circa 7.5 °C a 1200 m, fino ad arrivare a 0 °C intorno ai 2500 metri.

La figura 1.3 è una carta delle isoterme medie annue, ottenuta utilizzando i dati di 14 stazioni tra 500 e 3500 metri di quota nel periodo 1950-2002. Si può vedere come la distribuzione delle isoterme segua fedelmente l'orografia.

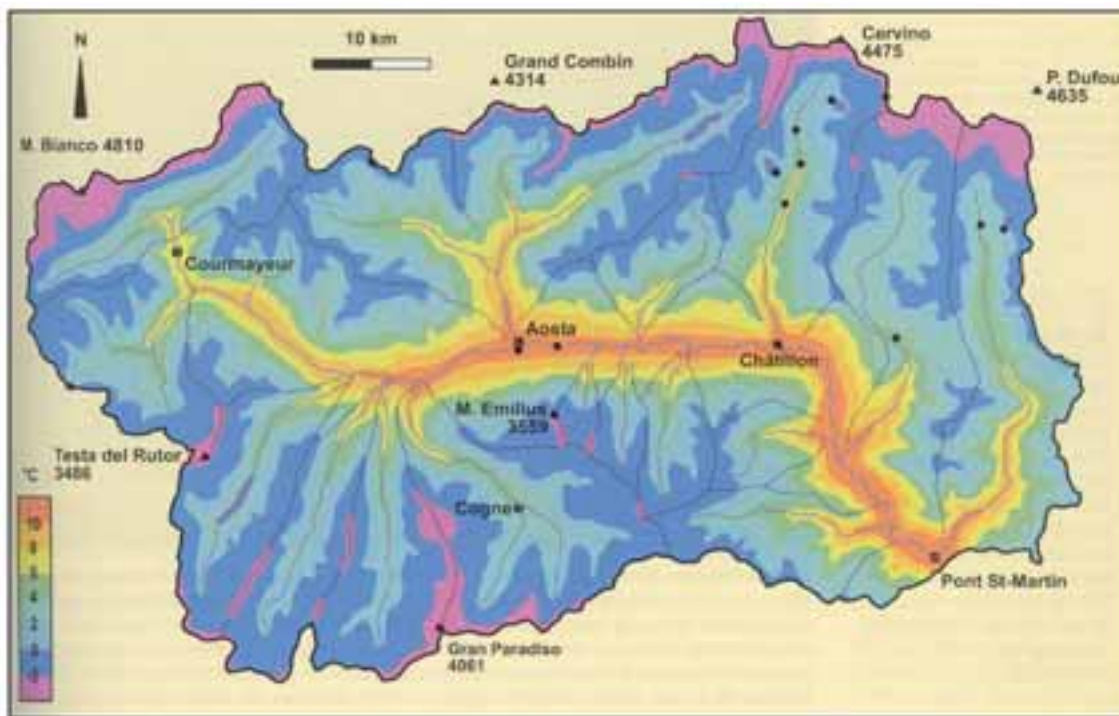


Figura 1.3: carta delle isoterme medie annue (fonte: Atlante Climatico della Valle d'Aosta, 2003).

La temperatura media annua però non è un parametro sufficiente per descrivere le caratteristiche climatiche di una località; l'informazione è più completa se si conoscono anche le medie annue delle temperature minime e massime. La tabella seguente riporta le principali caratteristiche termiche di alcune stazioni valdostane di cui si hanno serie storiche di dati di temperatura.

<sup>1</sup> Regione Valle d'Aosta - Autori Vari - Coordinamento scientifico L. Mercalli, Ed. Graficat, Torino, 2003

Stazione	Quota (m)	Periodo	T minima assoluta	T minima media	T media	T massima media	T massima assoluta
Aosta	583	1841-1986	-18,4	5,6	10,6	15,7	38,0
Brusson	1332	1968-2001	-22,0	0,7	4,1	7,6	27,0
Lago Cignana (Valtournenche)	2170	1980-2001	-24,0	-1,1	3,1	7,3	28,0
Gressoney d'Ejola	1850	1971-2002	-25,0	-0,5	3,8	8,2	27,0
Lago Gabet (Gressoney)	2340	1978-2001	-27,0	-3,3	-0,2	2,9	20,0
Lago Goillet (Valtournenche)	2526	1953-1984	-29,0	-4,2	-0,2	3,7	21,0
Gran S. Bernardo	2472	1963-2002	-28,4	-3,2	-0,6	2,1	21,1
Plateau Rosa	3488	1951-2000	-34,6	-8,4	-5,8	-3,2	14,2
Piccolo S. Bernardo	2158	1925-1939	-29,5	-2,4	0,5	3,3	21,7
Saint-Christophe	544	1974-2002	-18,1	4,7	10,6	16,4	37,2
Ussin (Valsavarenche)	1322	1970-2001	-20,0	1,0	6,8	12,5	31,0
Valtournenche	1524	1966-2000	-20,0	1,2	6,3	11,5	31,0

Tabella 1.1: principali caratteristiche termiche di alcune località valdostane (fonte: Atlante Climatico della Valle d'Aosta, 2003).

Le variazioni di temperatura da un mese all'altro sono più accentuate all'inizio dell'autunno, tra settembre ed ottobre. A bassa quota il mese più freddo è gennaio (con temperatura media intorno a 0°C nel fondovalle), mentre in alta montagna il minimo termico si registra nel mese di febbraio. Durante l'estate, il mese più caldo è luglio nel fondovalle (con una temperatura media mensile di circa 20 °C), mentre in alta montagna il periodo più caldo si verifica tra luglio ed agosto.

L'escursione termica diurna è più ampia nel fondo delle valli, nelle giornate serene, asciutte e poco ventilate. A parità di condizioni, è maggiore nei mesi più caldi che nei mesi freddi: ad Aosta è di 7-8 °C a dicembre e di 11-12 °C a luglio.

Per quanto riguarda i giorni di gelo (temperatura minima giornaliera ≤ 0°C) si passa da circa 100 giorni all'anno a 500 m a 177 giorni a 1500 metri a 290 giorni a 3000 metri, con un incremento di circa 8 giorni ogni 100 metri.

### Umidità e precipitazioni

In Valle d'Aosta i valori più bassi di precipitazione si registrano nel tratto della valle centrale tra Villeneuve, Aosta e Châtillon (circa 500 mm annui): questa zona rimane, infatti, in condizioni di ombra pluviometrica sia rispetto ai flussi sud-orientali sia rispetto a quelli da nord e da ovest. Dall'analisi dei dati storici del trentennio 1921-1950, si vede che il minimo di precipitazione annua si ha a Saint-Marcel con 494 mm.

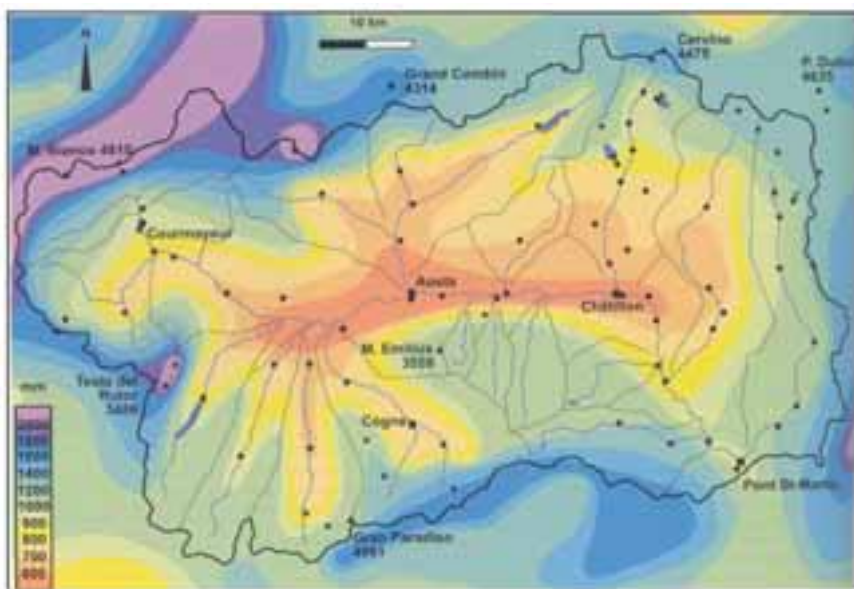


Figura 1.4: carta delle isoiete, costruita utilizzando i valori medi annui del periodo 1920-2000 su circa 80 stazioni (fonte: Atlante Climatico della Valle d'Aosta, 2003).

La carta delle isoiete sopra riportata indica che le zone con precipitazioni più abbondanti sono quelle del Monte Bianco e del Gran San Bernardo. La precipitazione media annua per l'intera Regione è stata valutata in circa 950 mm.

Il regime pluviometrico, cioè la distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno, è caratterizzato da due massimi nelle stagioni intermedie, due minimi in estate ed in inverno. Nel settore orientale prevale il massimo primaverile, in quello occidentale il massimo autunnale, nella zona intermedia la differenza tra i due massimi è ridotta.

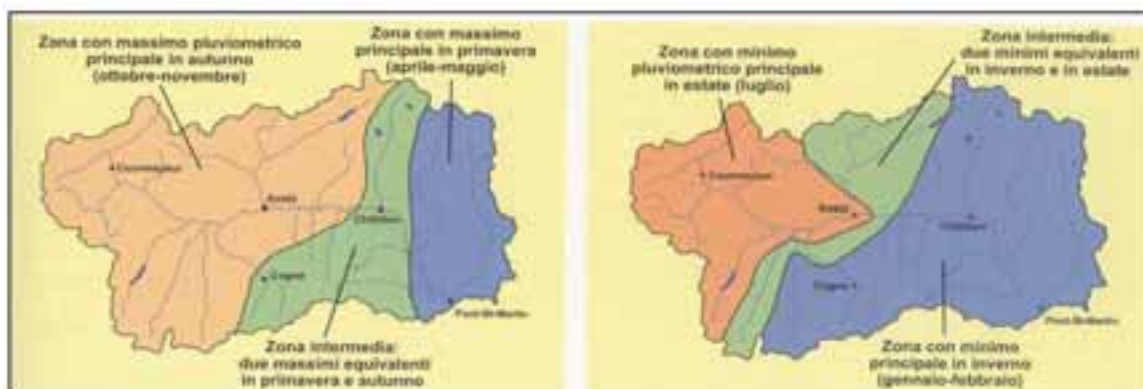


Figura 1.5: rappresentazioni schematiche dei regimi pluviometrici in Valle d'Aosta (fonte: Atlante Climatico della Valle d'Aosta, 2003).

## Venti

Le correnti ad alta quota sono ostacolate e modificate dalla presenza della catena alpina fino a quote di 3000-4000 metri. I venti sono spesso incanalati nelle valli e costretti a seguire una direzione obbligatoria. Le differenze di pressione, densità, temperatura esistenti tra i versanti opposti di una catena montuosa possono generare forti venti catabatici, come il foehn.

I venti nord-occidentali soffiano spesso dopo il passaggio di perturbazioni atlantiche, con frequenza maggiore in autunno, inverno e primavera. I venti meridionali sono generalmente meno intensi rispetto a quelli nord-occidentali e sono associati al transito di sistemi depressionari con minimo al di là delle Alpi. I venti sud-occidentali sono più frequenti nell'alta valle a monte di Morgex, dove si incanalano attraverso il Col de La Seigne e il Col du Petit Saint Bernard. I venti orientali entrano in valle dalla pianura: se in origine erano freddi e secchi, dopo aver transitato sulla pianura padana arrivano in valle relativamente umidi e portano nuvolosità e foschie.

A bassa quota è tipico il regime di brezza, mentre oltre i 3000 metri iniziano a dominare le correnti atmosferiche generali, anche se si vedono ancora gli effetti delle alte vette. Come dimostra l'analisi dei dati anemologici del periodo 1974-2001 per la stazione di Saint-Christophe, a scala annuale le direzioni prevalenti corrispondono a quelle dell'asse della valle. La leggera predominanza della direzione est si spiega semplicemente considerando che questa è la direzione della brezza di valle, che spira nelle ore diurne ed è più intensa della brezza notturna.

Tabella 1.2: valori medi della direzione di provenienza del vento e le rispettive velocità medie per la stazione di Saint-Christophe nel periodo 1974-2001 (fonte: Atlante Climatico della Valle d'Aosta, 2003).

Direzione di provenienza (°Nord)	Frequenza (%)	Velocità (m/s)	Velocità (km/h)
N [337.5, 22.5]	1.3	1.6	5.8
NE [22.5, 67.5]	4.5	1.7	6.1
E [67.5, 112.5]	39.0	3.5	12.6
SE [112.5, 157.5]	5.7	1.7	6.1
S [157.5, 202.5]	3.0	1.3	4.7
SO [202.5, 247.5]	8.3	2.3	8.3
O [247.5, 292.5]	30.9	2.6	9.4
NO [292.5, 337.5]	7.3	2.3	8.3

## 1.1\_3 USO DEL SUOLO

L'ambiente della Valle d'Aosta può essere sinteticamente suddiviso in sistemi con caratteristiche paesistiche omogenee o assimilabili corrispondenti sia a precise forme morfologiche (la piana, la zona del basso versante, il versante alto, le vette) sia agli orizzonti altitudinali della vegetazione (collinare, montano, subalpino e alpino-nivale).

La **zona piana**, appartenente all'orizzonte collinare, comprende l'area maggiormente abitata e trasformata dai recenti sviluppi antropici della valle centrale. Essa è costituita da una fascia fluviale, condizionata dalle oscillazioni della falda freatica e caratterizzata dalla presenza di una vegetazione igrofila, e dalla limitrofa zona pianeggiante, occupata anticamente da uno sviluppo rurale a colture prevalentemente foraggiere e frutticole e oggi sottoposta ad una forte pressione residenziale e infrastrutturale.

Il **basso versante**, anch'esso appartenente all'orizzonte collinare, è caratterizzato dalla serie della Roverella *Quercus pubescens*, tipica delle valli alpine interne, che occupa parte del fondovalle e i versanti *adret* della media valle centrale a clima caldo e secco, fino a circa 1200 m di altitudine. La vegetazione spontanea è qui ampiamente sostituita dai vigneti e dai frutteti. Nelle zone più fresche, presenti nei versanti esposti a settentrione e nei settori più umidi della bassa valle, l'orizzonte collinare è rappresentato dal Castagneto.

Il sistema insediativo tradizionale, a matrice rurale, è costituito da una pluralità di nuclei insediati interrelati con il contesto agricolo da reti infrastrutturali spesso ancora esistenti. Tale sistema, in molte valli laterali, è attualmente condizionato dallo sviluppo turistico.

L'utilizzo del suolo era un tempo suddiviso tra il foraggio e il seminativo e presentava caratteri oggi spesso non più leggibili; le coltivazioni e i caratteri agricoli tradizionali sono ancora prevalenti ma le crescenti pressioni antropiche stanno modificando tali paesaggi.

All'*adret* il paesaggio di basso versante, che potremmo definire collinare, si estende molto più in alto di quanto non avvenga per le zone di *envers*, meno favorevolmente esposte e pertanto più ampiamente boscate.

Le **porzioni superiori dei versanti** comprendono zone in cui è dominante la copertura boschiva; sono incluse in questo ambito anche le aree non coperte da boschi ma ecologicamente e paesisticamente connesse con essi quali radure, maggesi, piccoli insediamenti tradizionali. Attualmente la maggior parte dei maggesi e molti piccoli nuclei sono in stato di abbandono o riconvertiti ad uso turistico stagionale nei settori dove questa attività è più sviluppata.

Dal punto di vista della vegetazione sono presenti sia l'orizzonte montano sia l'orizzonte subalpino, entrambi caratterizzati dai boschi di conifere.

Le **porzioni sommitali** della Regione sono definite dalle alte vette e da vaste conche che comprendono ambiti interessati spesso solo marginalmente dalle attività umane rappresentate dai grandi sistemi tradizionali di pascolo e dalle più recenti infrastrutture per lo sci alpino. Questi ambiti sono caratterizzati da una struttura morfologica dominante (vette sopra i 4.000 m s.l.m., ghiacciai, morene, torrenti, ecc.), dalla vastità (60% del territorio regionale) e dalla ricchezza di elementi naturali. Dalla porzione superiore dell'orizzonte subalpino, caratterizzato da una vegetazione spontanea prevalentemente a cespugli e da praterie utilizzate per il pascolo estivo, la transizione verso l'orizzonte alpino è spesso sfumata. Nell'orizzonte alpino, a causa delle condizioni climatiche estremamente rudi e del limitato sviluppo dei suoli, predomina un tappeto vegetale basso, in cui si distinguono due categorie principali:

- le formazioni pioniere a copertura discontinua delle rocce, dei detriti, degli acquitrini e dei ruscelli;
- le praterie a copertura continua, di cui fanno parte anche i pascoli, con sviluppo di suoli grazie alla topografia meno accidentata e quindi alla minore erosione.

Dove la copertura vegetale diviene discontinua inizia l'orizzonte nivale, caratterizzato da una vegetazione dispersa e sempre più rada verso l'alto, fino a scomparire del tutto in corrispondenza del limite delle nevi permanenti, collocabile in Valle d'Aosta attorno ai 3000 m di quota.

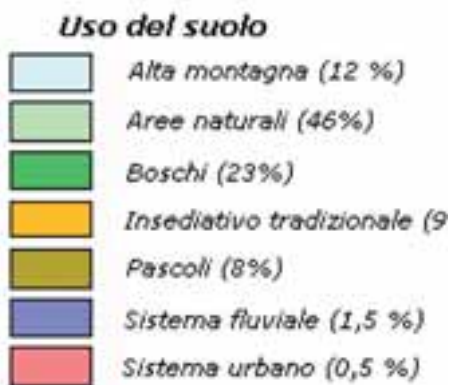
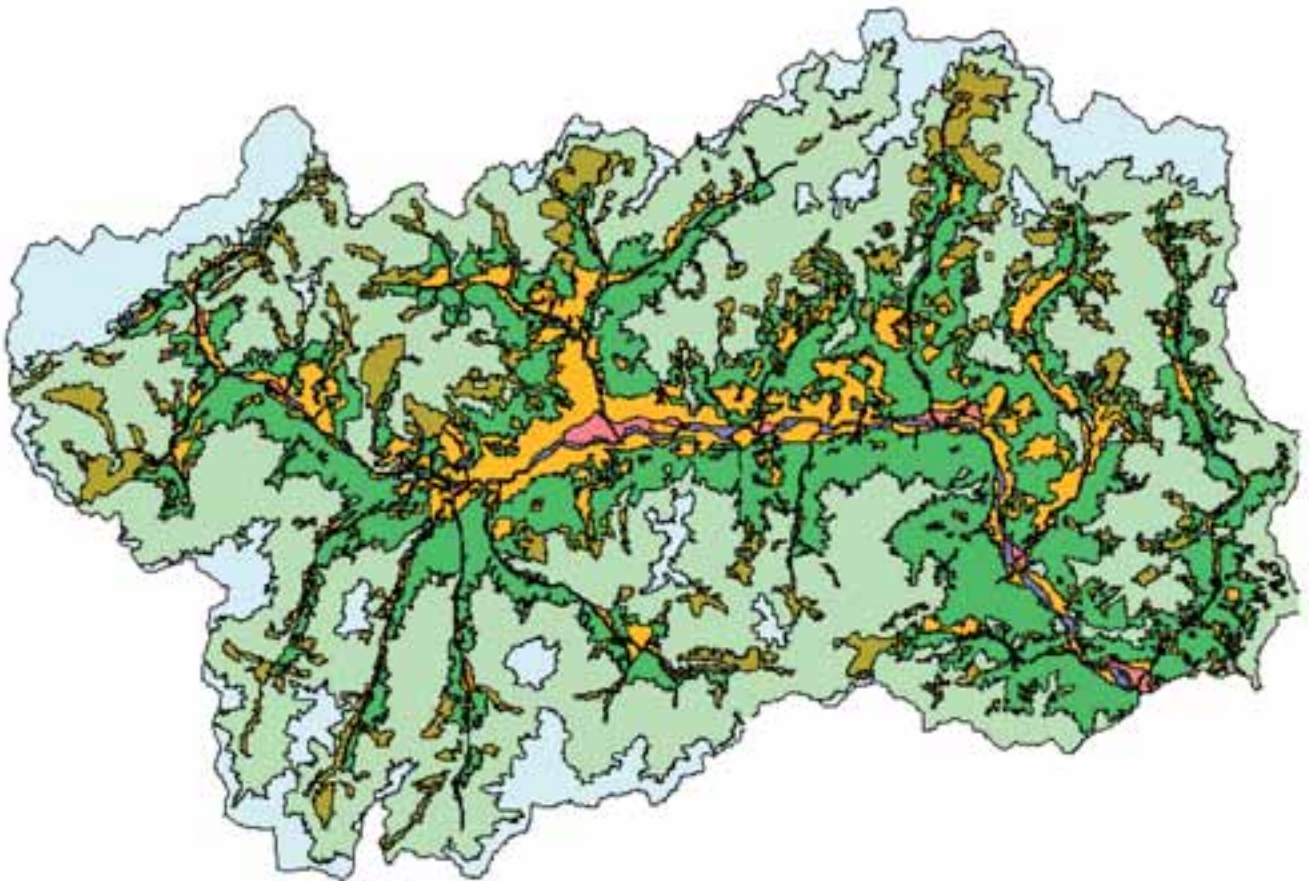


Figura 1.6: uso del suolo della Regione Valle d'Aosta  
(Dati Piano Territoriale Paesistico) - CORINE LAND COVER -  
III livello - Commissione della Comunità Europea  
Direzione Generale Ambiente - dicembre 1995.

## 1.2 \_ Popolazione e attività interferenti sulla qualità dell'aria

### 1.2\_1 POPOLAZIONE

La struttura degli insediamenti abitativi in Valle d'Aosta è stata sempre condizionata dalla morfologia del territorio e, soprattutto nel passato, fortemente legata all'utilizzazione delle risorse agro-silvo-pastorali lungo la valle principale, le valli laterali e i loro versanti.

Nel corso del XX° secolo il potenziamento del settore industriale e l'affermazione del terziario hanno determinato un progressivo abbandono dei villaggi, soprattutto di quelli di media montagna, e il trasferimento della popolazione sul fondovalle principale.

Nello stesso periodo, l'affermarsi del turismo sia estivo sia invernale ha determinato un forte sviluppo di alcune località di montagna come Courmayeur, Breuil-Cervinia e La Thuile.

La popolazione della Regione Valle d'Aosta è suddivisa in 74 Comuni, 45 dei quali con meno di 1000 abitanti, 28 con popolazione compresa tra 1000 e 5000 abitanti. L'unica area urbana è quella del capoluogo regionale, che con i Comuni circostanti rappresenta quasi il 50 % dell'intera popolazione regionale.

La densità abitativa è molto bassa: 37,4 ab/km<sup>2</sup> nel 2003.

Nella tabella seguente è riportata la popolazione residente in Valle d'Aosta nei censimenti effettuati dal 1861 al 2001 (fonte ISTAT); negli anni 2003 e 2004 la popolazione residente deriva dal bilancio demografico regionale.

Anno	Abitanti
1861	85.900
1871	84.137
1881	85.504
1891	-
1901	84.165
1911	81.457
1921	83.251
1931	83.479
1936	83.455
1951	94.140
1961	100.959
1971	109.150
1981	112.353
1991	115.938
2001	119.548
2003	122.040
2004	122.868

Tabella 1.3 e Figura 1.7: variazione della popolazione residente in Valle d'Aosta dal 1861 ad oggi (fonte: ISTAT).

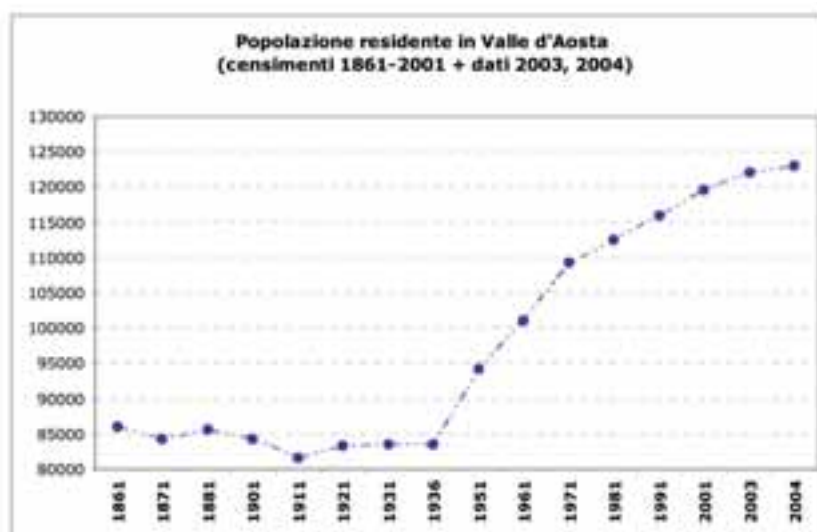


Figura 1.7

Significativa è la variazione della popolazione residente nella città di Aosta e nei Comuni del fondovalle centrale (Aymavilles, Brissogne, Chambave, Charvensod, Fénis, Gressan, Jovençon, Nus, Pollein, Quart, Roisan, Saint-Christophe, Saint-Marcel, Saint-Pierre, Sarre): vi è stato un progressivo aumento, soprattutto a partire dagli anni 30 del secolo scorso, della percentuale di popolazione residente nella valle centrale. Si nota inoltre negli ultimi anni una tendenza della popolazione residente nel capoluogo regionale a trasferirsi nei Comuni limitrofi.

Anno	Abitanti Aosta	Abitanti della "Plaine"	Aosta + Plaine	
			Abitanti	% totale
1861	8.231	18.355	26.586	30.9
1871	7.749	18.180	25.929	30.8
1881	7.376	18.769	26.145	30.6
1891	-	-	-	-
1901	7.554	18.197	25.751	30.6
1911	7.008	17.031	24.039	29.5
1921	9.554	17.243	26.797	32.2
1931	13.962	16.300	30.262	36.2
1936	16.130	16.630	32.760	39.2
1951	24.215	17.812	42.047	44.6
1961	30.633	18.570	49.203	48.7
1971	36.906	19.380	56.286	51.6
1981	37.194	21.889	59.083	52.6
1991	36.214	25.568	61.782	53.3
2001	34.062	29.743	63.805	53.4
2003	34.227	30.915	65.142	53.4

Tabella 1.4: variazione della popolazione residente ad Aosta e nei Comuni limitrofi dal 1861 ad oggi (fonte: ISTAT)

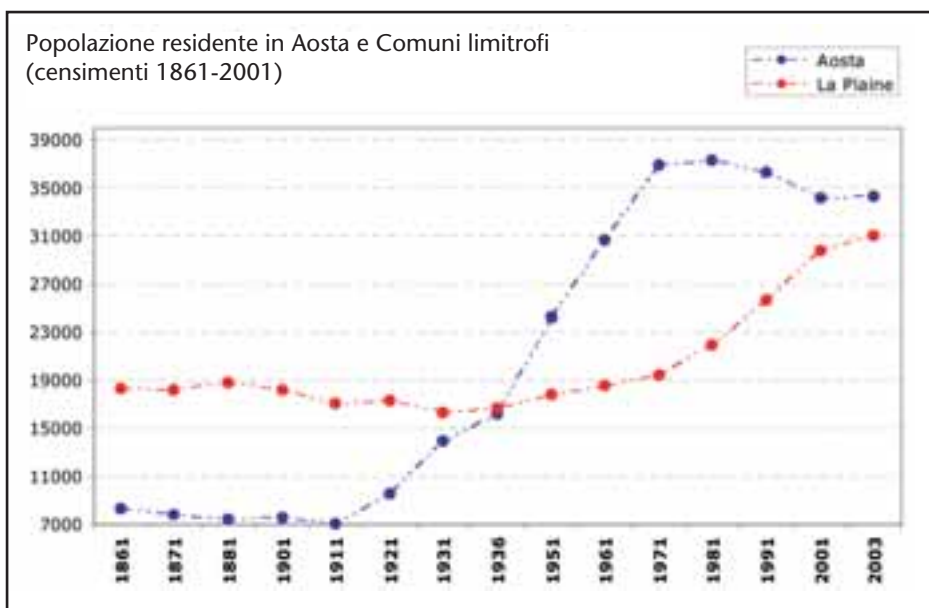


Figura 1.8: variazione della popolazione residente ad Aosta e nei Comuni limitrofi dal 1861 ad oggi (fonte: ISTAT).

### Popolazione equivalente

Nei periodi di grande afflusso turistico, soprattutto durante l'inverno, alcuni Comuni registrano un notevole aumento della popolazione e di conseguenza aumentano la richiesta energetica per il riscaldamento ed il traffico, con impatti a volte pesanti sulla qualità dell'aria.

Un altro aspetto che può influire sui consumi energetici e conseguentemente sulla qualità dell'aria di una certa località è la presenza di lavoratori del terziario provenienti da un altro Comune.

Per una valutazione delle emissioni in atmosfera da impianti di riscaldamento che tenga conto anche di questi due aspetti è stato introdotto il concetto di popolazione equivalente definito come la somma della popolazione residente, di quella turistica (giornaliera) e dei lavoratori del terziario.

Nelle mappe successive, la popolazione residente e quella equivalente sono state riportate su celle territoriali di 500 metri di lato per ottenere una rappresentazione grafica della distribuzione della popolazione sul territorio, utile per stimare sia il contributo alle emissioni dovuto alla popolazione complessiva sia l'effetto sulla popolazione dell'inquinamento dell'aria.

## Distribuzione territoriale della Popolazione residente (anno 2004)

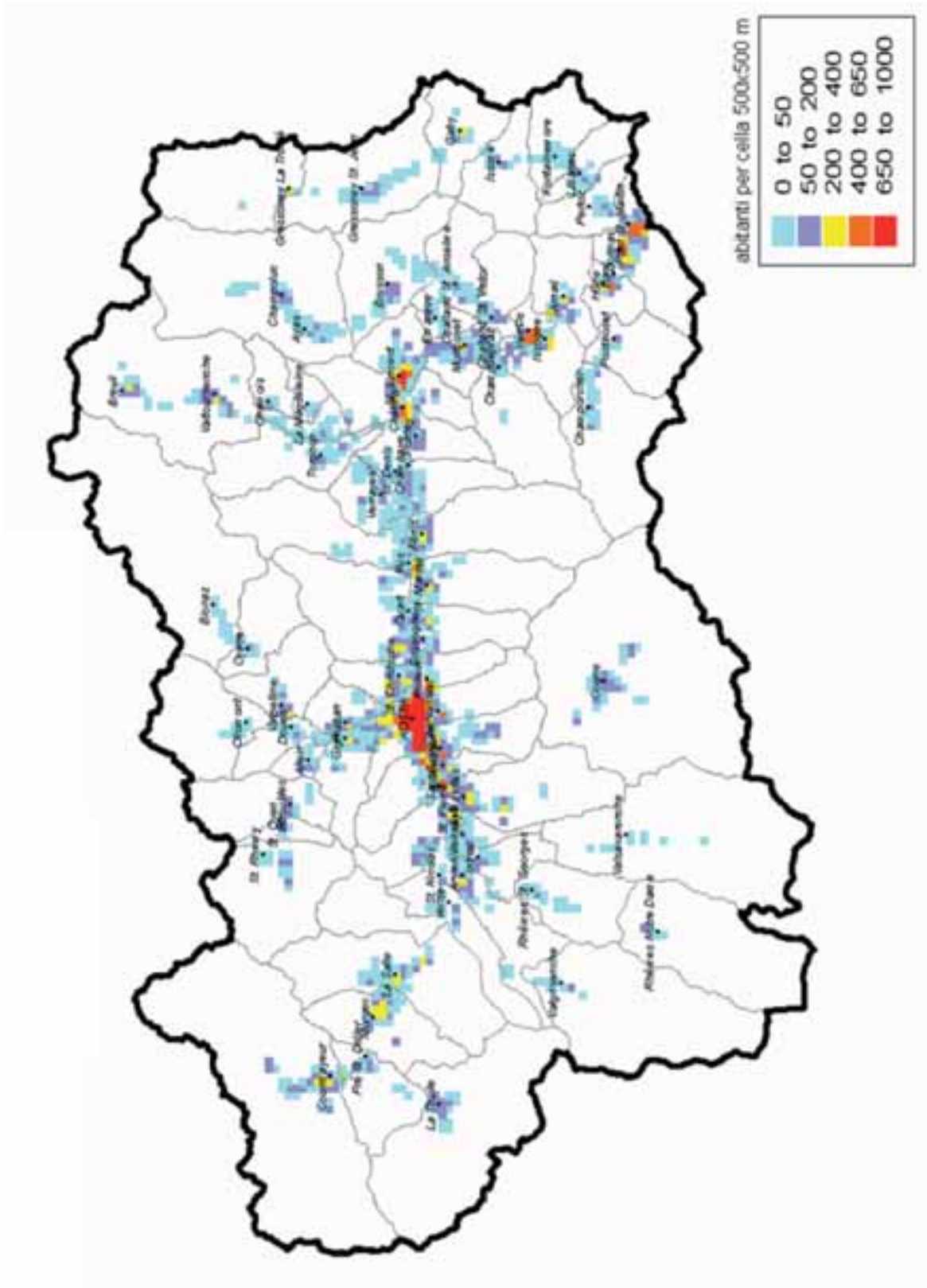


Figura 1.9: distribuzione territoriale della popolazione residente sul territorio valdostano suddiviso in celle di 500 m di lato (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Distribuzione territoriale della Popolazione equivalente (anno 2004)

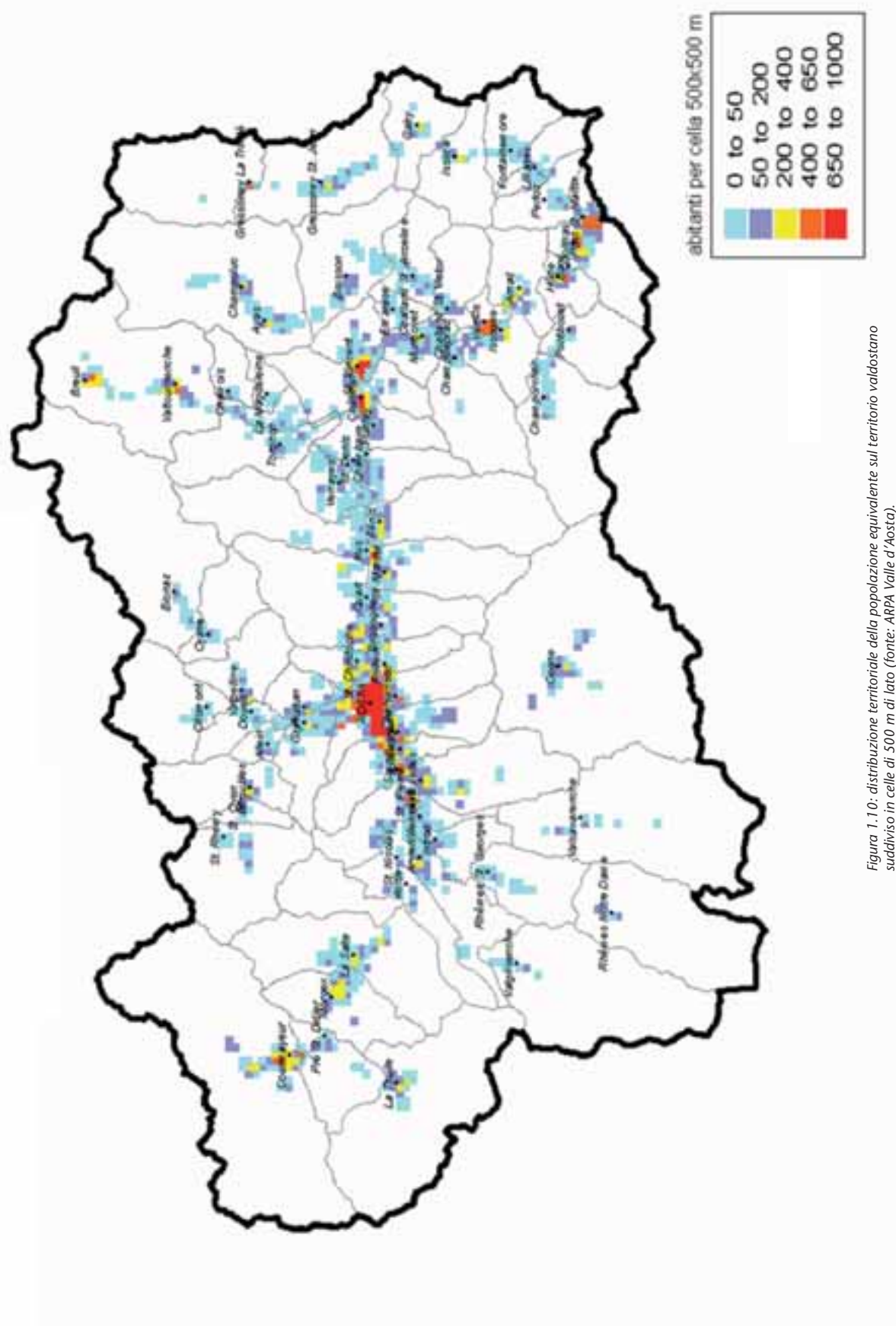


Figura 1.10: distribuzione territoriale della popolazione equivalente sul territorio valdostano suddiviso in celle di 500 m di lato (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 1.2\_2 RISCALDAMENTO

Il clima della Valle d'Aosta ha sempre determinato forti richieste energetiche per il riscaldamento, con effetti importanti sulla qualità dell'aria, soprattutto nelle aree maggiormente antropizzate.

In passato i combustibili utilizzati per il riscaldamento erano la legna ed il carbone, mentre a partire dagli anni '50 hanno cominciato a diffondersi impianti di riscaldamento alimentati con derivati del petrolio (olio combustibile e gasolio). Fino agli anni '60 circa l'80% degli impianti funzionava a nafta o a carbone. L'utilizzo di questi combustibili ha avuto, in Valle d'Aosta come nel resto d'Italia, un pesante impatto sulla qualità dell'aria soprattutto per le emissioni di biossido di zolfo e polveri: negli anni '70 furono misurate per il biossido di zolfo punte massime di 1000 µg/m<sup>3</sup>, per le polveri anche di 500 µg/m<sup>3</sup> (i valori attuali sono di un ordine di grandezza inferiori). A favorire l'utilizzo della nafta come combustibile fu il Regolamento regionale del 29 gennaio 1973<sup>2</sup> che la inserì tra i beni in esenzione fiscale; solo con la Delibera Regionale n. 9348 del 12/11/1993 l'assegnazione annua di nafta in esenzione fiscale è progressivamente diminuita e con essa il suo utilizzo, come dimostrano i dati della tabella 1.7.

Solo a partire dagli anni '90 cominciano ad essere utilizzati combustibili alternativi e meno inquinanti (metano, gas propano liquido) e fonti di energia alternativa (solare, fotovoltaica).

Nella tabella seguente è riportato il numero di allacciamenti alla rete di distribuzione del metano per il triennio 2002-2004, che attualmente raggiunge 24 Comuni situati lungo la valle centrale. Per la città di Aosta i dati sono disponibili a partire dal 1992.

Comune di Aosta	Nuovi allacciamenti	Totale
1992	-	9
1993	606	615
1994	479	1.094
1995	459	1.553
1996	447	2.000
1997	421	2.421
1998	298	2.719
1999	342	3.061
2000	373	3.434
2001	319	3.753
2002	312	4.065
2003	275	4.340
2004	324	4.664

Tabella 1.5: numero di allacciamenti alla rete del metano nel Comune di Aosta (fonte: Italgas).

Comune	2002	2003	2004
Aosta	4.065	4.340	4.664
Arnad	147	172	194
Bard	49	54	60
Brissogne	12	11	11
Chambave	192	202	214
Charvensod	475	498	534
Châtillon	1.053	1.086	1.151
Donnas	611	633	654
Fénis	466	477	513
Gressan	67	74	82
Hône	271	293	304
Issogne	283	294	313
Nus	284	309	335
Pollein	348	366	383
Pontey	1.239	1.268	1.300
Pont-Saint-Martin	144	163	181
Quart (Loc. Amérique)	65	71	73
Saint-Christophe	726	776	822
Saint-Pierre	277	301	321
Saint-Vincent	879	922	983
Sarre	836	914	989
Verrayes	60	70	70
Verres	608	639	679
Villeneuve	82	89	101
TOTALE	13.239	14.022	14.931

Tabella 1.6: numero di allacciamenti alla rete del metano in tutta la Regione (fonte: Italgas).

<sup>2</sup> In B.U. n. 3 dell'8 febbraio 1973

## CONSUMI DI COMBUSTIBILE

Nella tabella 1.7 sono riportati i consumi annui di metano, GPL, gasolio e nafta su tutto il territorio regionale.

Tabella 1.7: consumi annui di combustibile da riscaldamento in Valle d'Aosta in tonnellate/anno (fonte: Ministero delle attività produttive). (\*) Per la nafta i dati si riferiscono in realtà alla quantità concessa in esenzione fiscale.

Anno	Metano (milioni m <sup>3</sup> )	GPL (tonn)	Gasolio (tonn)	Nafta (*) (tonn)
1987	-	-	-	1.802
1988	-	-	-	9.490
1989	-	-	-	11.068
1990	-	74.707	123.541	11.295
1991	-	80.949	117.880	13.619
1992	-	82.439	96.679	14.094
1993	-	60.372	81.312	15.473
1994	-	39.140	29.733	13.490
1995	-	60.572	49.473	12.176
1996	-	64.155	39.961	9.748
1997	-	63.459	78.181	8.130
1998	-	8.274	83.245	6.794
1999	-	10.402	97.365	6.478
2000	-	9.358	87.768	5.797
2001	-	11.614	88.335	5.681
2002	32,5	11.391	103.777	4.655
2003	36,8	10.374	103.883	2.177
2004	39,3	11.067	120.686	457

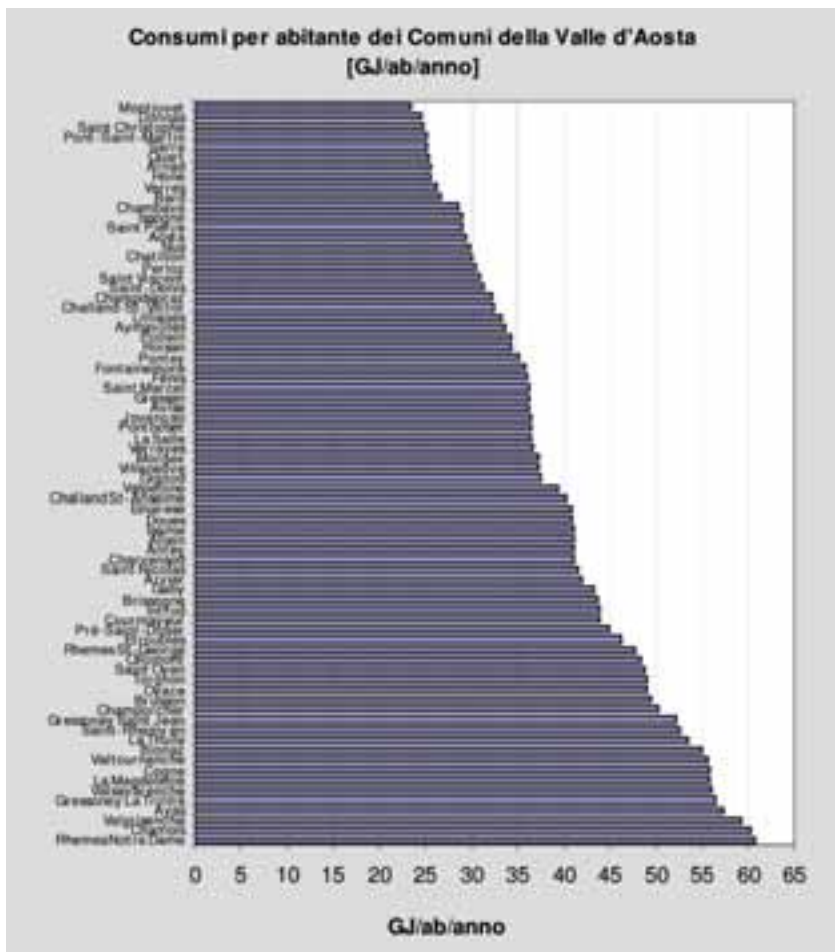


Figura 1.11: consumo energetico annuo per abitante e per Comune in Valle d'Aosta (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Per stimare le emissioni prodotte dagli impianti di riscaldamento si è definito un consumo annuo pro capite per comune. Partendo dai dati di consumo di energia per il riscaldamento e la produzione di acqua calda, aggregati su tutta la Regione, si è definito un valore di riferimento di consumo di 44 GJ/ab all'anno (calcolato su un campione di impianti di riscaldamento a Courmayeur); tale dato è stato poi corretto con fattori che considerano altitudine ed esposizione (Figura 1.11).

In collaborazione con l'Assessorato Regionale dell'Industria, Artigianato ed Energia<sup>3</sup> ed attraverso il censimento effettuato nei Comuni rientranti nel territorio dell'Esp<sup>3</sup>ace Mont-Blanc, è stato costruito un archivio di informazioni relative a circa 22.000 impianti di riscaldamento. I dati del database si riferiscono all'anno 2000 e rappresentano una statistica significativa che ha permesso di definire e differenziare gli impianti oltre che per tipo di combustibile anche in funzione della potenza termica installata.

<sup>3</sup> Attualmente Assessorato delle Attività Produttive e Politiche del Lavoro.

## 1.2\_3 SMALTIMENTO RIFIUTI

Anche il processo di smaltimento dei rifiuti costituisce un fattore di pressione per lo stato della qualità dell'aria, in quanto i rifiuti stoccati nelle discariche emettono diverse sostanze in aria, tra cui le principali sono: metano, anidride carbonica e composti organici volatili non metanici

In Valle d'Aosta i rifiuti urbani ed i rifiuti speciali assimilabili agli urbani confluiscono in un unico impianto di trattamento rifiuti, il Centro Regionale Trattamento Rifiuti nel Comune di Brissogne.

Presso il Centro vengono conferiti tutti i rifiuti solidi urbani prodotti nei 74 Comuni della Regione ed altre tipologie di rifiuti, esclusivamente prodotti nel territorio valdostano, tra cui i rifiuti solidi assimilati agli urbani, i fanghi provenienti dalla depurazione dei reflui civili, il materiale di spazzamento delle strade, le sabbie da depuratori. La maggior parte dei rifiuti viene trattata e smaltita nell'annessa discarica controllata per rifiuti non pericolosi (ex di prima categoria), mentre alcuni materiali provenienti sia dalle raccolte differenziate comunali e private (carta, cartone, vetro, plastica, ferro, alluminio) sia dai trattamenti dei rifiuti eseguiti presso il Centro (acciaio proveniente dalla deferrizzazione dei rifiuti e compost dal trattamento aerobico dell'erba e del legno) sono soggetti a riutilizzo e vengono stoccati e inviati a centri esterni.

La discarica controllata è costituita da tre lotti, ed un quarto in fase di progettazione, realizzati ed uniti fra di loro in sequenza nel tempo, che occupano una superficie di circa 6 ettari e nei quali sono stati conferiti in modo definitivo, a tutto il 2002, circa 900.000 t di rifiuti.

Il fondo della discarica è isolato con un doppio telo in polietilene, in modo che il liquame prodotto dalla decomposizione dei rifiuti (percolato) venga raccolto e pompato all'attiguo depuratore dove viene miscelato ai reflui civili in ingresso e con essi depurato, prima di essere restituito, sotto forma di acqua pulita, al corpo ricettore (Fiume Dora Baltea). Man mano che i lotti della discarica si esauriscono, la parte superficiale viene ricoperta con teli impermeabili e, successivamente, inerbata.

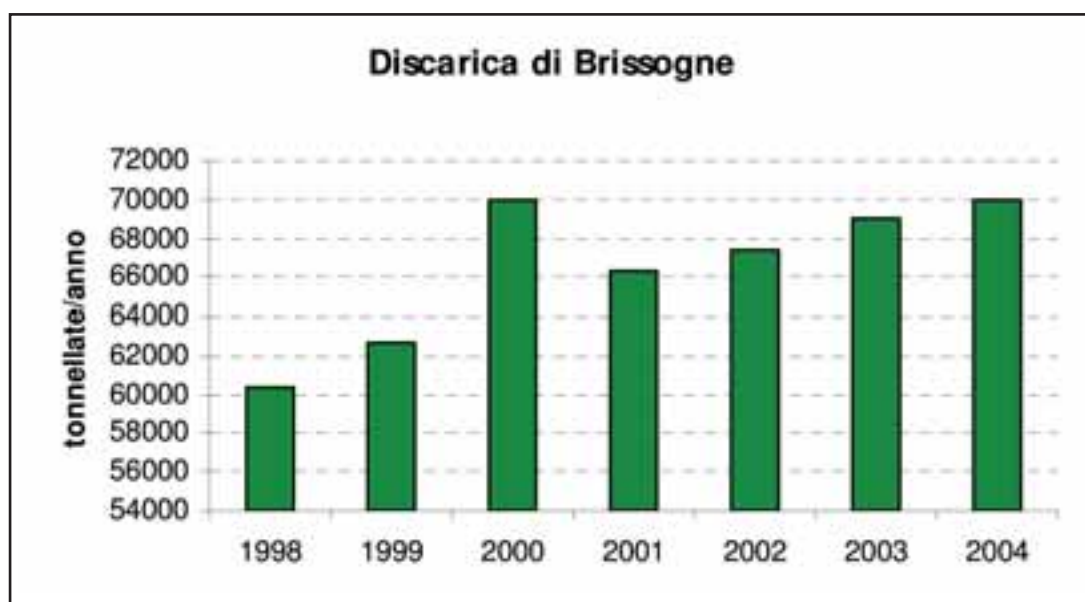


Figura 1.12: rifiuti solidi urbani conferiti nella discarica di Brissogne dal 1998 al 2004 (fonte: VALECO SpA, società di gestione del Centro Regionale Trattamento Rifiuti).

## 1.2\_4 TRASPORTI

L'elevata distribuzione spaziale degli insediamenti abitativi sul territorio e la concentrazione delle attività e dei servizi nel fondovalle centrale e nel capoluogo regionale rendono abbastanza elevata la richiesta di mobilità, anche se il numero di abitanti della Regione è limitato.

Si osserva inoltre una forte predominanza della mobilità privata sulla mobilità pubblica. Questa situazione potrebbe essere spiegata dall'elevata dispersione sul territorio dei centri abitati, da una politica di esenzione fiscale sui carburanti e da un trasporto pubblico particolarmente difficoltoso in una regione di montagna e non sempre in grado di rispondere alle esigenze degli utenti.

### TRASPORTO SU STRADA

Nella figura seguente è rappresentata la struttura principale del reticolo viario valdostano utilizzata per la stima delle emissioni prodotte dai trasporti stradali.

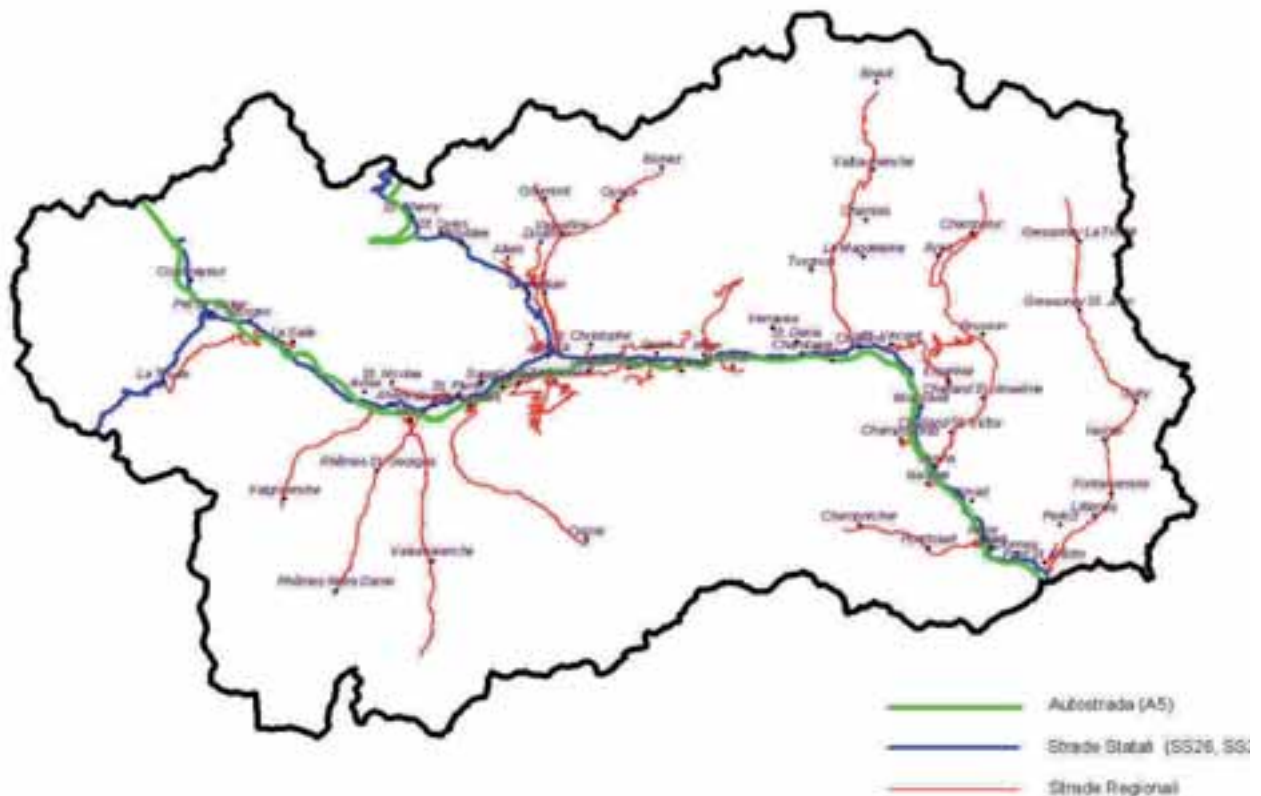


Figura 1.13: rete viaria principale in Valle d'Aosta  
(fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Il volume di traffico circolante sul territorio regionale è fortemente influenzato, soprattutto per quanto riguarda i mezzi pesanti, dalla presenza del Traforo del Monte Bianco e del Traforo del Gran San Bernardo, importanti vie di comunicazione con la Francia e la Svizzera.

Per la valutazione dei volumi di traffico viene utilizzato il parametro Traffico Giornaliero Medio, TGM, che è una stima del numero medio di transiti giornalieri rappresentativo della variabilità annuale del traffico.

## Il Traforo del Monte Bianco

Il Traforo del Monte Bianco, che collega l'Italia alla Francia, è stato inaugurato il 19 luglio 1965 ed ha una lunghezza di 11,6 km.

Il transito di mezzi pesanti attraverso il Traforo del Monte Bianco ha sempre influito significativamente non solo sul traffico ma anche sulla qualità dell'aria dell'intera Regione. I dati relativi ai transiti nel Traforo del Monte Bianco sono registrati mensilmente e forniti ogni anno all'ARPA Valle d'Aosta dal GEIE – TMB, il Gruppo Europeo di Interesse Economico. Nella Figura 1.14 sono riportati i transiti al Traforo del Monte Bianco dal 1965 al 2004; si nota un continuo incremento del numero di transiti fino all'incidente del 24 marzo 1999. Alla riapertura del Traforo, il traffico pesante si è dimezzato mentre il traffico leggero ha mantenuto i valori precedenti la chiusura.

Uno studio eseguito dall'ARPA Valle d'Aosta nel 2003 per valutare gli effetti sulla qualità dell'aria dovuti al traffico pesante attraverso il Traforo ha evidenziato che i livelli di qualità dell'aria nell'intera Regione si mantengono accettabili con il transito di circa 1000 TIR al giorno. Uno studio più recente, presentato dalla società TBridge SpA nel 2005<sup>4</sup>, ha ipotizzato, in base all'evoluzione del parco circolante, la possibilità di incrementare i passaggi giornalieri fino a 1500 TIR senza che questo comporti un superamento dei limiti normativi.

Dai dati forniti dal GEIE TMB (Tabella 1.13) relativi agli ultimi tre anni indicati le percentuali delle tipologie di mezzi pesanti transitati si può osservare l'evoluzione del parco veicoli in transito al Traforo del Monte Bianco.

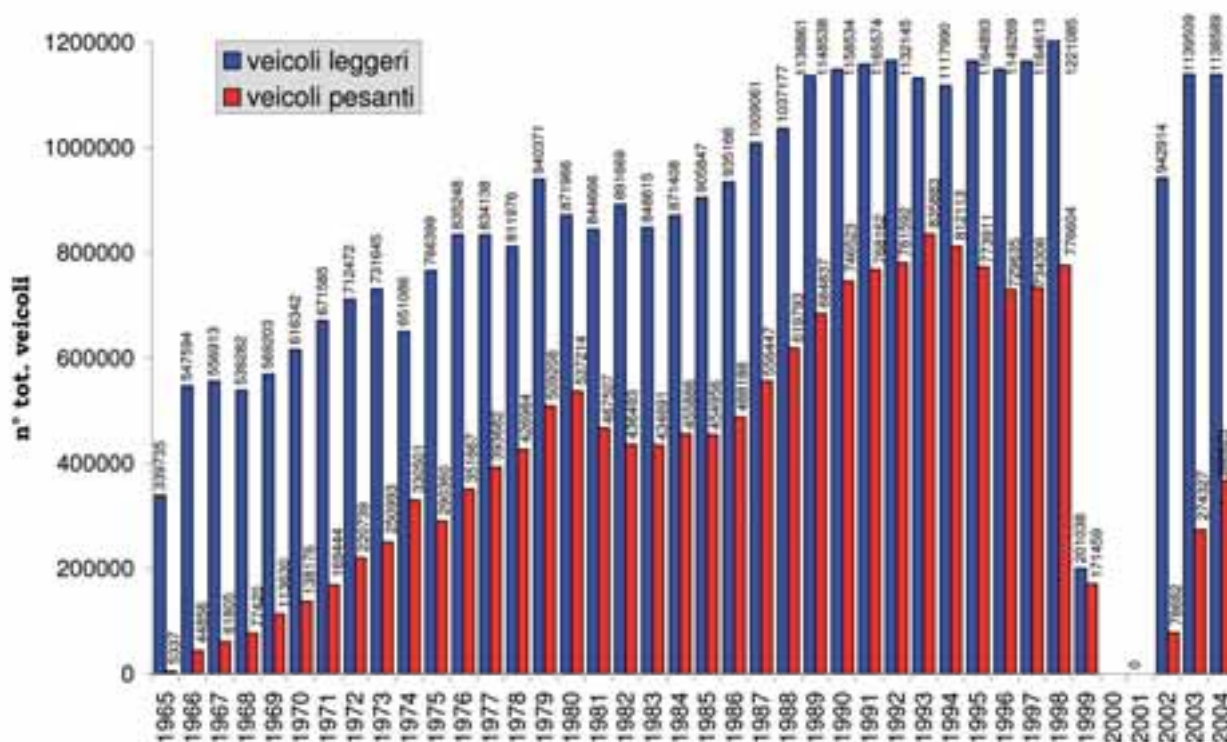


Figura 1.14: numero di transiti al traforo del Monte Bianco dal 1965 al 2004 (fonte: GEIE –TMB).

<sup>4</sup> Cft rapporto TBridge SpA presentato l'11 agosto 2005 in occasione della riunione del Comitato Mercati su Strada.

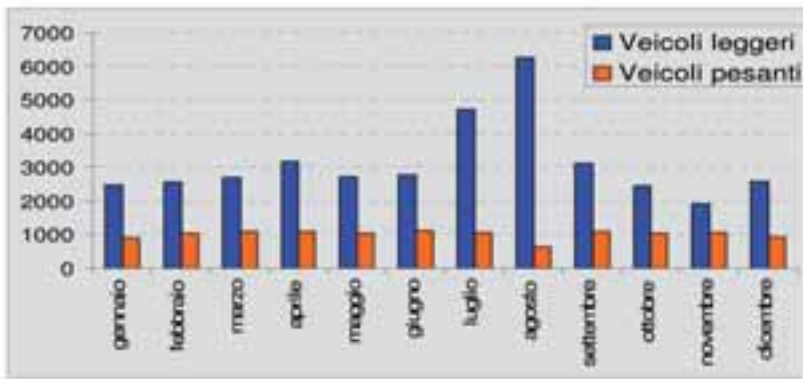


Figura 1.15: TGM mensile per l'anno 2004 al Traforo del Monte Bianco (fonte: elaborazione ARPA Valle d'Aosta su dati GEIE -TMB).

### Il Traforo del Gran San Bernardo

Il Traforo del Gran San Bernardo collega l'Italia alla Svizzera, è stato inaugurato il 19 marzo 1964 ed ha una lunghezza di 5798 metri.

I dati relativi ai transiti al traforo del Gran San Bernardo sono registrati mensilmente e forniti ogni anno all'ARPA Valle d'Aosta dalla SISEX, *Société italo-suisse d'exploitation du Tunnel du Grand-Saint-Bernard*. Nella figura seguente sono riportati i transiti al Traforo del Gran San Bernardo dal 1964 al 2004.

Si nota un continuo incremento del numero di transiti, con dei picchi in corrispondenza del periodo di chiusura del traforo del Monte Bianco soprattutto per il traffico leggero.

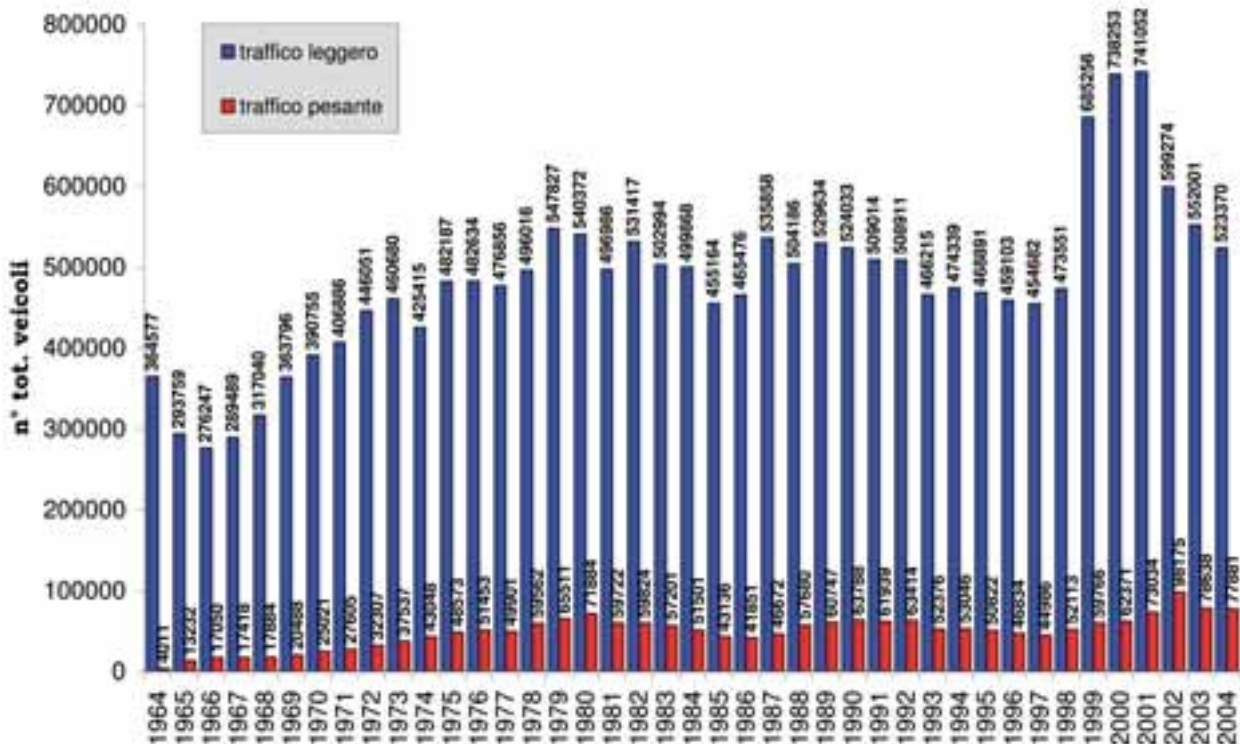


Figura 1.16: numero di transiti al Traforo del Gran San Bernardo dal 1964 al 2004 (fonte: SISEX).

## L'autostrada

Attualmente l'autostrada scorre lungo il solco vallivo principale da Pont-Saint-Martin a Courmayeur per circa 80 km. Utilizzando i dati dei transiti ai caselli forniti dalla Società Autostrade Valdostane (SAV) e dalla Raccordo Autostradale Valdostano (RAV), è stato possibile calcolare il TGM per le varie tratte autostradali per l'anno 2004.

Tratta	Veicoli leggeri	Veicoli pesanti	Totale
Quincinetto – Pont-Saint-Martin	20.410	1.634	22.043
Pont-Saint-Martin – Verrès	19.701	1.617	21.318
Verrès – Chatillon	18.845	1.546	20.392
Chatillon – Nus	15.996	1.508	17.504
Nus – Aosta est	15.291	1.441	16.732
Aosta est – Aosta ovest	5.478	945	6.423
Aosta ovest – Courmayeur	7.252	996	8.248

Tabella 1.8: TGM relativo all'anno 2004 sulle autostrade della Valle d'Aosta (fonte: elaborazione ARPA VDA su dati SAV e RAV).

## Le strade statali, regionali e comunali

Per ovviare alla carenza di informazioni sui transiti lungo le strade statali e regionali<sup>5</sup> è stato utilizzato il modello di traffico tipo pozzi-sorgenti CARUSO<sup>6</sup> (CAR Usage System Optimisation), che ha consentito di stimare i flussi di traffico sulle strade dell'intera Regione e per i principali centri urbani (Aosta, Pont-Saint-Martin, Verrès, Châtillon, Courmayeur).

## Il parco auto

Per la stima delle emissioni di inquinanti da traffico è fondamentale poter disporre delle informazioni riguardanti il parco auto circolante. Le tabelle seguenti riportano, relativamente al 2004, per le diverse tipologie di mezzi circolanti immatricolati in Valle d'Aosta - automobili, motocicli e mezzi pesanti - la distribuzione dei veicoli Euro 0, 1, 2, 3 e 4, in relazione al tipo di alimentazione. Per i mezzi transitanti al traforo del Monte Bianco, sono invece fornite le informazioni relative ai alle tipologie euro dei mezzi pesanti per il periodo 2002-2004.

	Automobili in Valle d'Aosta (2004)					
	EURO 0	EURO 1	EURO 2	EURO 3	EURO 4	Totale
<b>Benzina</b>	18,82 %	13,03 %	19,92 %	16,70 %	-	68,47 %
<b>Gasolio</b>	1,22 %	0,59 %	5,96 %	23,24 %	-	31,01 %
<b>GPL</b>	0,19 %	0,11 %	0,07 %	0,06 %	-	0,43 %
Numero totale						131.047

Tabella 1.9: automobili immatricolate in VDA (dati: ACI 2004).

<sup>5</sup> I passaggi sulle strade statali sono aggiornati ogni 5 anni; sulle strade regionali vengono registrati i passaggi per due giorni all'anno.

<sup>6</sup> Software distribuito dalla società Arianet di Milano.

Motocicli in Valle d'Aosta (2004)			
Convenzionali	STAGE 1	STAGE 2	Totale
76,50 %	22,31 %	1,19 %	100,00 %
Numero totale			11.646

Tabella 1.10: motocicli immatricolati in VDA (dati: ACI 2004).

	Veicoli commerciali leggeri in Valle d'Aosta (2004)				
	Pre-EURO	EURO 1	EURO 2	EURO 3	Totale
<b>Benzina</b>	7,78 %	3,30 %	3,04 %	6,23 %	20,35 %
<b>Gasolio</b>	17,69 %	7,42 %	13,61 %	40,94 %	79,65 %
Numero totale					20.960

Tabella 1.11: autocarri immatricolati in VDA (dati: ACI 2004).

	Veicoli pesanti in Valle d'Aosta (2004)				
	PRE-EURO	EURO 1	EURO 2	EURO 3	Totale
<b>TIR (gasolio)</b>	51,22 %	8,05 %	21,25 %	11,73 %	92,25 %
<b>autobus</b>	2,85 %	0,40 %	2,63 %	1,87 %	7,75 %
Numero totale					3.266

Tabella 1.12: autobus immatricolati in VDA (dati: ACI 2004).

	Tipologia (%) mezzi pesanti al traforo del Monte Bianco		
	2002	2003	2004
<b>EURO 1</b>	7,49 %	4,24 %	2,17 %
<b>EURO 2</b>	70,46 %	62,13 %	51,26 %
<b>EURO 3</b>	22,05 %	33,63 %	46,57 %

Tabella 1.13: tipologie (percentuali) di mezzi pesanti transitati al traforo del Monte Bianco (dati: GEIE 2004).

### Il traffico nel capoluogo regionale

L'elaborazione con il modello CARUSO (paragrafo 2.3.4) dei transiti veicolari misurati in alcune vie della città di Aosta, rilevati nell'ambito del Piano di zonizzazione acustica del 1997/98 e del Piano Urbano del traffico del Comune di Aosta per l'anno 2004, ha permesso di ottenere una stima dei volumi di traffico e di costruire la mappa riportata nella figura seguente.

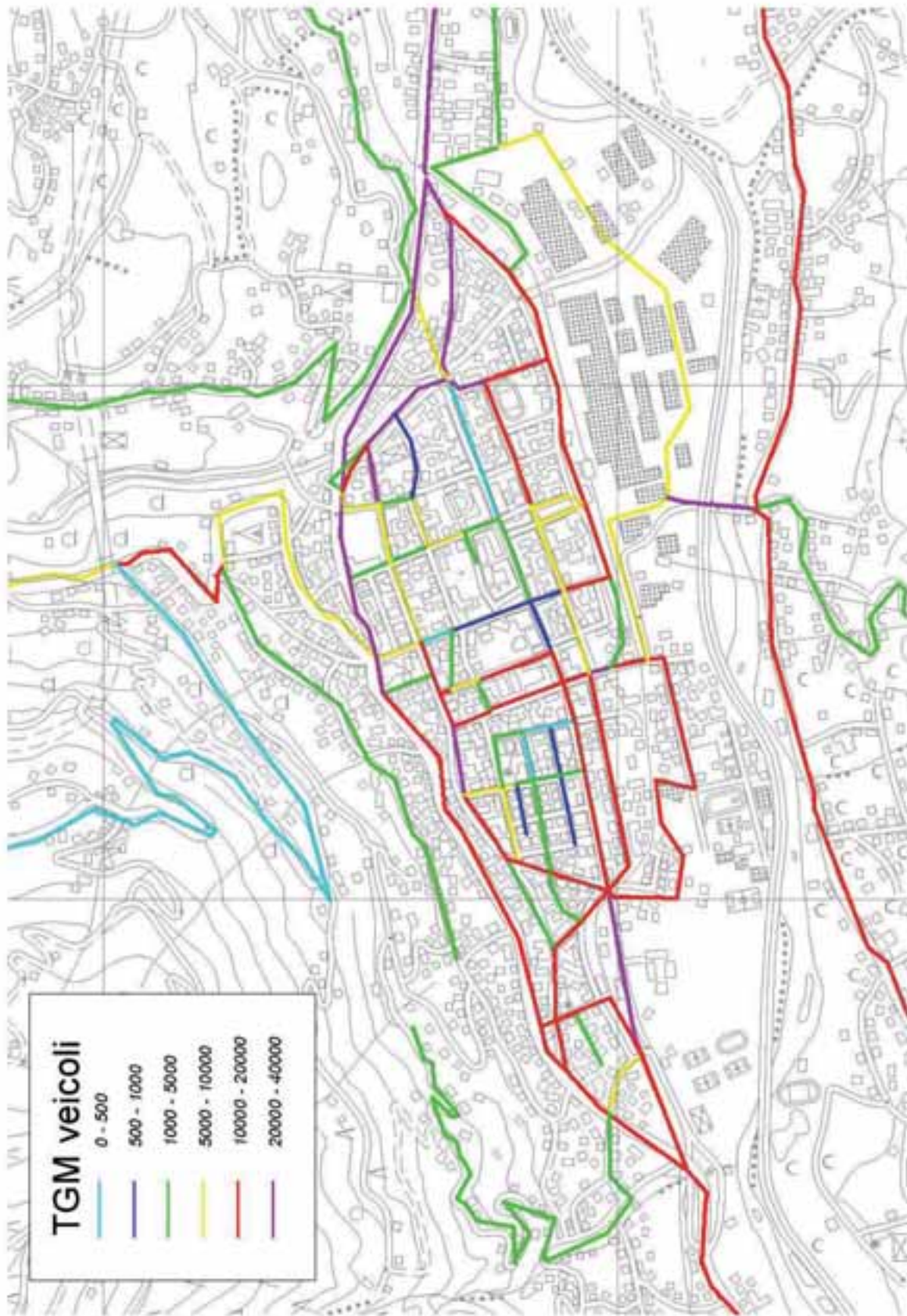


Figura 1.17: passaggi veicolari giornalieri in alcune vie della città di Aosta, con dati aggiornati al 2004 (fonte: ARPA).

## **TRASPORTO FERROVIARIO**

La rete ferroviaria sul territorio valdostano, situata nel solco vallivo principale, da Pont-Saint-Martin a Pré-Saint-Didier per un totale di 83 km, è a binario unico e non elettrificata.

Si possono identificare due linee principali: la Torino – Aosta e la Aosta – Pré-Saint-Didier.

I dati annui relativi al passaggio dei treni in Valle d’Aosta sono quelli forniti dalla Divisione Trasporto regionale delle Ferrovie dello Stato (ora Trenitalia):

- 8194 sulla tratta Torino – Aosta
- 6776 sulla tratta Ivrea – Aosta
- 8232 sulla tratta Aosta – Pré-Saint-Didier

Fino all’anno 2000 sulla linea ferroviaria transitavano ancora un centinaio di treni merci all’anno, diretti allo stabilimento Cogne Acciai Speciali di Aosta, ma il servizio è stato interrotto dopo l’alluvione dell’ottobre 2000.

## **TRASPORTO AEREO**

L’aeroporto Corrado Gex, situato nel Comune di Saint-Christophe, venne realizzato dall’Amministrazione regionale negli anni 1958/59. A seguito di una ristrutturazione avvenuta nel 1987 la pista di volo risulta attualmente lunga 1240 m e larga 32 m, fiancheggiata da una via di rullaggio di 16 m di larghezza. Dal novembre 1995, è stato classificato come aeroporto commerciale ed è iniziata una attività di trasporto passeggeri. Attualmente è effettuato un solo collegamento giornaliero con Roma Fiumicino; nella stagione estiva sono attivi anche alcuni collegamenti con la Sardegna.

Il volume di traffico turistico che gravita sull’aeroporto è dell’ordine di 25000 movimenti (partenze e arrivi) all’anno.

E’ previsto un ampliamento della pista e un potenziamento delle infrastrutture, che saranno probabile premessa ad una intensificazione del traffico aereo commerciale e quindi ad un aumento delle emissioni in atmosfera di inquinanti durante le fasi di decollo ed atterraggio.

## 1.2\_5 ATTIVITÀ PRODUTTIVE

Dallo studio del comparto produttivo effettuato dall'ARPA Valle d'Aosta, nel 2004 le imprese attive erano 12.757. I settori di attività prevalenti sono quelli del commercio, delle costruzioni, dell'agricoltura/silvicoltura e alberghiero.

Di particolare interesse ai fini del presente piano sono i settori legati all'agricoltura ed alle attività manifatturiere.

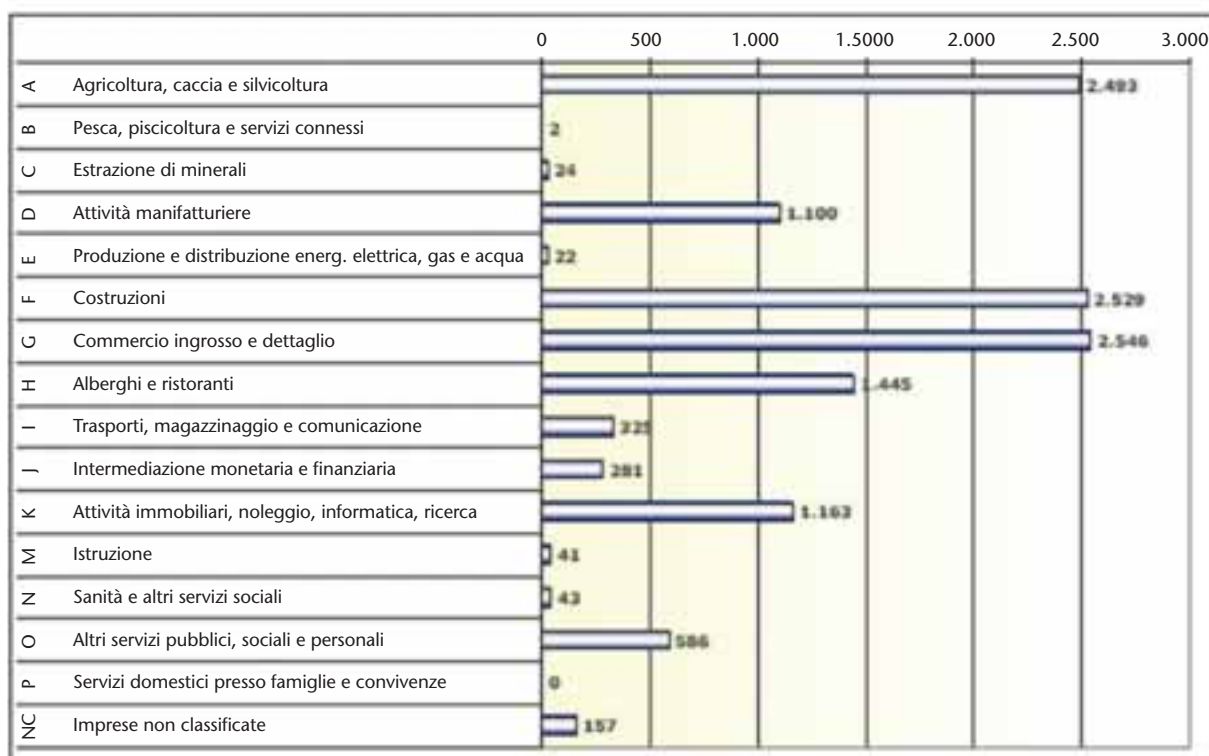


Figura 1.18: imprese attive in Valle d'Aosta suddivise per settore di attività (dati: Infocamere, Movimprese – Elaborazione ARPA VdA).

## ARTIGIANATO E INDUSTRIA

Il comparto industriale valdostano è caratterizzato da microimprese (soprattutto settori edile e metalmeccanico), orientate verso settori "leggeri", con stabilimenti di piccole dimensioni e con produzioni più prossime al mercato dei consumatori finali, pur rimanendo elevato il numero delle imprese specializzate nelle lavorazioni per conto terzi nei settori metalmeccanico e materie plastiche. Le industrie propriamente dette sono concentrate nel solco vallivo principale, dove sono presenti in particolare due poli, nella bassa Valle (Verrès, Arnad, Hône, Issogne, Donnas, Pont-Saint-Martin) e nella media Valle (Aosta, Châtillon, Gignod).



Figura 1.19: principali insediamenti industriali in Valle d'Aosta.

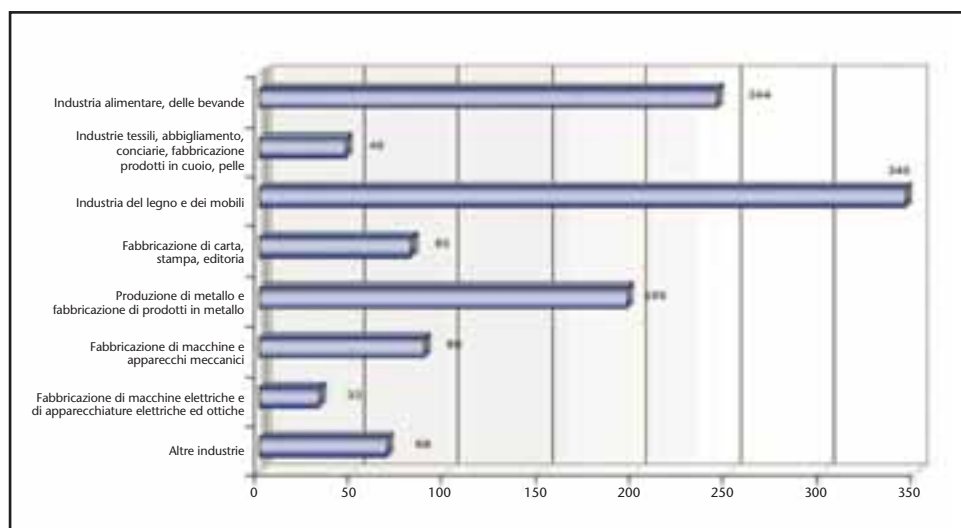


Figura 1.20: distribuzione per settore delle imprese manifatturiere presenti sul territorio (dati: Infocamere, Movimprese - Elaborazione ARPA VdA).

## AGRICOLTURA

Il V Censimento Generale dell'Agricoltura (22 ottobre 2000) ha rilevato in Valle d'Aosta 6.595 aziende agricole, zootecniche e forestali, con superficie totale pari a 190.834 ettari, di cui 71.188 di superficie agricola utilizzata (SAU). Rispetto al Censimento del 1990, il numero delle aziende risulta diminuito del 28,2%, a fronte di riduzioni della superficie totale del 5,2% e della SAU del 26,3%.

La distribuzione delle aziende e delle relative superfici per classi di SAU conferma la prevalenza numerica in Valle d'Aosta delle micro-aziende o di quelle nelle quali la SAU ricopre una parte esigua della superficie totale aziendale. Nella tabella seguente è riportata la SAU per vari tipi di sfruttamento agricolo del terreno.

	SAU (ha)	Variazione dal 1990 (%)
Seminativi (coltivazioni ortive e foraggiere avvicendate)	319,13	-44,4
Coltivazioni legnose (vite, fruttiferi)	1.245,48	-8,8
Prati permanenti e pascoli	69.623,28	-26,4
Colture boschive	43.858,57	-23,9
Altra superficie	75.787,37	60,9
Superficie totale	190.833,83	-5,2

Tabella 1.14: Superficie agricola utilizzata per tipo di sfruttamento agricolo (fonte: V censimento generale dell'agricoltura, 2000).

Nell'ambito delle coltivazioni legnose, i fruttiferi rappresentano la coltivazione più diffusa e rispetto al 1990 le aziende con fruttiferi sono aumentate del 36,9%. Anche la viticoltura risulta abbastanza diffusa, essendo praticata dal 68,4% delle aziende, anche se rispetto al 1990 il numero delle aziende viticole è diminuito del 35,1%. Tale flessione, però, non interessa le produzioni di qualità, che sono al contrario in netta espansione: la vite per la produzione di vini DOC e DOCG, infatti, segna un incremento del 58,3% in termini di aziende coltivatrici e dell'85,5% in termini di superficie investita.

Alla data del 22 ottobre 2000, le aziende agricole che praticano l'allevamento di bestiame risultano essere 2.822, pari al 42,8% del totale. L'allevamento di gran lunga più praticato è quello bovino con poco meno di 40.000 capi.

	Capi di bestiame	Numero aziende
<b>Bovini</b>	38.888	1586
<b>Avicoli</b>	14.515	1489
<b>Caprini</b>	3.399	282
<b>Ovini</b>	2.216	169
<b>Suini</b>	1.072	107
<b>Equini</b>	260	145

Tabella 1.15: capi di bestiame presenti sul territorio regionale (fonte: V censimento generale dell'agricoltura, 2000).

## 1.3 \_ Quadro Normativo

### 1.3\_1 NORMATIVA EUROPEA

#### **Direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente<sup>7</sup>.**

La Direttiva ridisegna, a livello europeo, il quadro di riferimento per quanto concerne la valutazione della qualità dell'aria e l'impostazione delle azioni di pianificazione.

Esso definisce i principi per:

- stabilire gli obiettivi per la qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria ambiente e far sì che siano rese pubbliche, con particolare riferimento al superamento delle soglie d'allarme;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

Essa dispone la progressiva abrogazione di tutte le precedenti norme europee che definivano, per gli specifici inquinanti, i valori di riferimento per il controllo della qualità dell'aria, demandando alla successiva emanazione delle cosiddette "direttive figlie" la fissazione di valori limite, soglie di allarme e valori obiettivo per i diversi inquinanti.

Tra le "direttive figlie" risultano già emanate la Direttiva 1999/30/CE del Consiglio, concernente i valori limite per biossido di zolfo, ossidi di azoto, particelle e piombo<sup>8</sup>, la Direttiva 2000/69/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000, concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente<sup>9</sup>, la Direttiva 2002/3/CE del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria<sup>10</sup>.

Nell'ambito di tali direttive, in riferimento agli specifici parametri inquinanti, vengono in particolare stabiliti:

- diverse tipologie di limiti, riferiti alla protezione della salute, degli ecosistemi, della vegetazione, ecc...;
- i termini entro i quali i limiti devono essere raggiunti e le modalità di monitoraggio del processo di raggiungimento;
- soglie di allarme che se raggiunte rendono necessario un intervento immediato;
- precisi criteri cui conformarsi per la scelta della collocazione delle postazioni di rilevamento, differenti a seconda della tipologia di limite da monitorare.

#### **Direttiva 2003/4/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 28 gennaio 2003 sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale<sup>11</sup>**

Gli obiettivi principali di questa Direttiva sono:

- garantire le modalità e le pratiche per l'esercizio dell'informazione ambientale;
- garantire che l'informazione ambientale sia sistematicamente e progressivamente messa a disposizione del pubblico in modo da ottenere la più ampia diffusione possibile promuovendo inoltre per tali fini l'uso delle tecnologie di telecomunicazione e/o delle tecnologie elettroniche, se disponibili.

<sup>7</sup> In G.U. n. L 296 del 21 novembre 1996

<sup>8</sup> In G.U.C.E. n. L 163 del 29 giugno 1999

<sup>9</sup> In G.U. n. L 313 del 13 dicembre 2000

<sup>10</sup> In G.U.C.E. n. L 67/14 del 9 marzo 2002

<sup>11</sup> In G.U.C.E. n. L 41/26 del 14 febbraio 2003

**Direttiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2001 concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati dai grandi impianti di combustione<sup>12</sup>**

Tale Direttiva si propone di:

- limitare le emissioni delle sostanze inquinanti ad effetto acidificante ed eutrofizzante e dei precursori dell'ozono, onde assicurare nella Comunità una maggiore protezione dell'ambiente e della salute umana;
- mantenere il livello ed il carico di queste sostanze al di sotto dei valori critici;
- garantire un'efficace tutela della popolazione contro i rischi accertati dell'inquinamento atmosferico per la salute stabilendo limiti nazionali di emissione.

## **1.3\_2 NORMATIVA ITALIANA**

**Decreto legislativo del 4 agosto 1999, n. 351 "Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente<sup>13</sup>".**

Il presente Decreto costituisce la base per il riordino dello schema legislativo nazionale sulla qualità dell'aria.

Esso definisce i principi per:

- stabilire gli obiettivi per la qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell'aria ambiente e far sì che siano rese pubbliche, con particolare riferimento al superamento delle soglie d'allarme;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove è buona, e migliorarla negli altri casi.

Il Decreto prevede che, entro dodici mesi dall'emanazione dei decreti relativi ai valori limite, soglie di allarme e valori obiettivo, le Regioni provvedano ad effettuare misure rappresentative, indagini o stime, al fine di valutare preliminarmente la qualità dell'aria ambiente, in continuità con l'attività di elaborazione dei piani di risanamento e tutela della qualità dell'aria.

La valutazione della qualità dell'aria ambiente deve essere effettuata dalle Regioni in maniera integrata:

- con misurazioni negli agglomerati<sup>14</sup> e nelle zone in cui si hanno superamenti dei limiti;
- con misurazioni combinate a tecniche modellistiche nelle zone in cui non si hanno superamenti della soglia di valutazione superiore;
- con tecniche modellistiche nelle zone in cui il livello sia al di sotto della soglia di valutazione inferiore.

La misurazione degli inquinanti deve essere effettuata in siti fissi con campionamento continuo o discontinuo.

Le Regioni devono individuare, sulla base della valutazione della qualità dell'aria:

- le zone in cui adottare Piani di azione contenenti misure da attuare sul breve periodo affinché sia ridotto il rischio di superamento dei valori limite e delle soglie di allarme e per le quali individuare l'autorità competente alla gestione di tali situazioni di rischio;

<sup>12</sup> In G.U. n. L 309/23 del 27 novembre 2001

<sup>13</sup> In G.U. n. 214 del 13 ottobre 1999

<sup>14</sup> Zona con popolazione superiore a 250000 abitanti

- le zone in cui adottare Piani e programmi per il raggiungimento, entro i termini stabiliti, dei valori limite e valori obiettivo;
- le zone in cui i livelli sono inferiori ai valori limite ed in cui adottare piani per il mantenimento della qualità dell'aria.

Il Decreto prevede anche che vi sia una informazione continua al pubblico e ai Ministeri dell'Ambiente e della Sanità sullo stato della qualità dell'aria e sulla realizzazione dei piani e dei programmi.

Il D.Lgs. 351/99 prevede inoltre che sulla base di valutazioni periodiche della qualità dell'aria ambiente possa essere rivista la zonizzazione attuata e che debba essere monitorato l'andamento dei piani e programmi e valutato il processo di raggiungimento dei valori limite.

**Decreto ministeriale 1 ottobre 2002, n. 261 "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351<sup>15</sup>".**

Il presente regolamento stabilisce:

- le direttive tecniche sulla cui base le Regioni provvedono ad attuare misure rappresentative per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente ed effettuare la zonizzazione del territorio secondo gli articoli 7, 8, 9 del D.Lgs. 351/99 e, nel caso in cui non siano disponibili misure rappresentative, le modalità di utilizzo di metodi indicativi, tecniche di stima obiettiva e modelli di dispersione di inquinanti;
- i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi per il raggiungimento, entro i termini stabiliti, dei valori limite nelle zone e negli agglomerati di cui all'articolo del D.Lgs. 351/99;
- le direttive sulla cui base le Regioni adottano un piano per il mantenimento della qualità dell'aria nelle zone con livelli inferiori al limite.

**Decreto ministeriale 2 aprile 2002, n. 60 "Recepimento della Direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della Direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio<sup>16</sup>".**

Tale Decreto recepisce le prime direttive figlie emanate dall'Unione Europea e stabilisce:

- i valori limite e le soglie di allarme per ogni inquinante indicato con i relativi termini temporali entro cui devono essere rispettati;
- le modalità per la raccolta dei dati di qualità dell'aria e per l'informazione al pubblico;
- i tempi per la predisposizione da parte delle Regioni dei piani e programmi per il risanamento della qualità dell'aria.

**Decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 183 "Attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria<sup>17</sup>".**

Il Decreto Legislativo stabilisce:

- i valori bersaglio, vale a dire le concentrazioni fissate al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi entro il 2010;

<sup>15</sup> In G.U. n. 272 del 20 novembre 2002

<sup>16</sup> In Suppl. n. 77 alla G.U. n. 87 del 13 aprile 2002

<sup>17</sup> In G.U. n. 171 del 23 luglio 2004 - Supplemento ordinario n. 127

- gli obiettivi a lungo termine, ossia la concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente;
- la soglia di informazione cioè la concentrazione atmosferica oltre la quale, essendovi un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, devono essere comunicate in modo dettagliato le informazioni relative ai superamenti registrati, le previsioni per i giorni seguenti, le informazioni circa i gruppi della popolazione colpiti e sulle azioni da attuare per la riduzione dell'inquinamento, con la massima tempestività alla popolazione ed alle strutture sanitarie competenti.

### 1.3\_3 NORMATIVA REGIONALE

#### **Delibera del Consiglio Regionale della Valle d'Aosta 8 novembre 1995 n. 1627**

La delibera inserisce l'area urbana del capoluogo regionale tra le aree a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico creando così i presupposti per l'adozione, da parte delle autorità comunali, di provvedimenti urgenti in situazioni di elevata concentrazione di agenti inquinanti in aria. Individua inoltre i Comuni di Courmayeur e Valtournenche come zone meritevoli di particolare tutela ambientale.

#### **Legge regionale 31 marzo 2003, n. 6 "Interventi regionali per lo sviluppo delle imprese industriali e artigiane"<sup>18</sup>**

La legge definisce le norme per lo sviluppo e il consolidamento delle imprese operanti in Valle d'Aosta nei settori dell'industria e dell'artigianato attraverso interventi volti a promuovere:

- la realizzazione di investimenti produttivi da parte di imprenditori singoli o associati;
- la commercializzazione dei prodotti;
- l'associazionismo tra imprese.

Prevede inoltre, nel quadro degli obiettivi programmatici comunitari, nazionali e regionali, l'approvazione, da parte della Regione, del programma triennale per lo sviluppo dell'industria e dell'artigianato il quale contiene le linee politiche da perseguire per uno sviluppo compatibile con le esigenze di tutela dell'ambiente.

#### **Legge regionale 3 gennaio 2006, n. 3 "Nuove disposizioni in materia di interventi regionali per la promozione dell'uso razionale dell'energia"<sup>19</sup>**

Tale legge promuove l'attuazione di iniziative volte a favorire l'uso razionale delle risorse energetiche, attraverso l'incentivazione delle tecnologie che consentono il risparmio dell'energia e lo sfruttamento delle fonti rinnovabili, al fine di ridurre contestualmente l'emissione in atmosfera di gas inquinanti e climalteranti, disciplinando gli strumenti di programmazione e di monitoraggio finalizzati a coordinare e migliorare l'efficacia degli interventi diretti alla diversificazione delle fonti energetiche, anche mediante la razionalizzazione e la semplificazione dei relativi procedimenti amministrativi.

#### **Delibera di Giunta regionale 1° giugno 2006, n. 1619.**

Si tratta della determinazione di una preliminare tipologia delle iniziative oggetto di incentivazione previste dall'art. 5 della legge regionale 3 gennaio 2006, n. 3 ed approvazione delle modalità per la concessione e la liquidazione delle corrispondenti agevolazioni.

<sup>18</sup> In B.U. n. 16 del 15 aprile 2003

<sup>19</sup> In B.U. n. 4 del 24 gennaio 2006

## 2 \_ Elementi di sintesi sull'inquinamento atmosferico

La valutazione della qualità dell'aria aggiornata all'anno 2004 qui presentata è stata realizzata dall'ARPA della Valle d'Aosta utilizzando un approccio integrato: le misure della rete regionale di controllo della qualità dell'aria sono affiancate dai risultati delle elaborazioni dei modelli numerici di dispersione di inquinanti in atmosfera. Le misure della rete di monitoraggio consentono di conoscere con precisione le concentrazioni degli inquinanti in aria nei punti di rilevamento; i modelli consentono di ottenere una stima delle concentrazioni estesa a tutto il territorio regionale. I modelli di dispersione, come descritto dettagliatamente nel paragrafo 2.3.4, sono in grado di calcolare le concentrazioni di inquinanti a partire dai dati di orografia ed uso del suolo, dalla conoscenza delle condizioni meteo-climatiche e delle sorgenti di emissione.

In questo capitolo sono analizzati nel dettaglio:

- la stima della quantità totale di emissioni di inquinanti in aria nel 2004, a partire dall'inventario delle emissioni (paragrafo 2.1);
- l'analisi dei dati meteorologici (paragrafo 2.2);
- la valutazione integrata della qualità dell'aria (paragrafo 2.3).

### 2.1 \_ FONTI DI EMISSIONE DI INQUINANTI DELL'ARIA

L'informazione riguardante le emissioni viene ottenuta attraverso la costruzione e il costante aggiornamento di un inventario delle sorgenti inquinanti presenti sul territorio regionale.

Ai sensi del Decreto ministeriale del 20 maggio 1991<sup>1</sup>, per inventario delle emissioni si intende una serie organizzata di dati relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e da attività antropiche. I dati sono localizzati sul territorio con opportune tecniche di georeferenziazione.

L'inventario delle emissioni è uno strumento dinamico: la sua evoluzione riguarda sia l'aggiornamento delle informazioni sia il miglioramento dell'affidabilità e del grado di dettaglio dei dati.

In Valle d'Aosta l'inventario delle emissioni è gestito dall'ARPA e al momento della redazione del Piano è aggiornato al 2004.

L'inventario delle emissioni è una raccolta dei dati raggruppati per inquinante, per attività, per combustibile, per unità territoriale (Regione, Provincia, Comune, celle), per intervallo temporale (anno, mese, giorno).

Esistono due approcci diversi per compilare un inventario delle emissioni:

- il metodo bottom-up che consiste nel calcolare le emissioni partendo dai dati di dettaglio (ad esempio le emissioni da traffico in una unità territoriale a partire dal numero di passaggi e dal tipo di veicoli);
- il metodo top-down che parte dai dati complessivi di sintesi e li disaggrega in funzione di parametri diversi (ad esempio dal consumo totale di combustibile per riscaldamento risalire al consumo per unità territoriale).

Per la Valle d'Aosta, l'inventario delle emissioni è stato costruito utilizzando in modo integrato entrambi i metodi.

Per quantificare le emissioni degli inquinanti dalle diverse sorgenti sono state effettuate sia misure dirette (ad esempio per gli impianti industriali con misure a camino) sia stime basate sulla definizione di un indicatore di attività e di un

<sup>1</sup> D.M. del 20/05/1991, "Criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria, in G.U. n. 126 del 31 maggio 1991

fattore di emissione (in particolare per sorgenti diffuse come impianti di riscaldamento, piccole attività produttive).

Quando sono stati raccolti i dati relativi agli indicatori dell'attività considerata è possibile stimare le emissioni di inquinanti utilizzando opportuni fattori di emissione tramite la formula  $E=AxF$ , dove:

- E è l'emissione prodotta (espressa come massa in tonnellate o chilogrammi);
- A è un indicatore di attività (ad esempio il combustibile impiegato per gli impianti termici o il numero di veicoli transitanti su di un tratto stradale);
- F è il fattore di emissione per quella attività espresso in grammi/unità di attività.

I fattori di emissione utilizzati sono quelli riportati nel "Atmospheric Emission Inventory Guidebook" redatto nell'ambito del progetto EMEP-CORINAIR.

Gli inquinanti considerati nell'inventario delle emissioni del 2004 della Valle d'Aosta sono:

- ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>);
- monossido di carbonio (CO);
- composti organici volatili non metanici (COVNM);
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>);
- polveri totali sospese e frazione fine (PTS, PM10);
- gas che intensificano l'effetto serra o clima-alteranti (anidride carbonica CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub>, protossido di azoto N<sub>2</sub>O, esafluoruro di zolfo SF<sub>6</sub>);
- ammoniacca (NH<sub>3</sub>).

## 2.1\_1 LE PRINCIPALI SORGENTI DI EMISSIONE PRESENTI SUL TERRITORIO

La presenza di numerose tipologie di sorgenti ha reso necessaria l'elaborazione di una loro classificazione in base a criteri univoci. In particolare, nell'ambito del progetto europeo CORINAIR è stata adottata una nomenclatura unica ed uguale per tutti detta SNAP97 (*Selected Nomenclature for Air Pollution activities*). Tale classificazione si basa sulla ripartizione in undici macrosettori delle attività antropiche e naturali responsabili delle emissioni in atmosfera degli inquinanti monitorati:

Macrosettore	CodiceSNAP
Centrali elettriche pubbliche, cogenerazione, teleriscaldamento	01
Combustione – terziario ed agricoltura	02
Combustione – industria	03
Processi produttivi	04
Estrazione e distribuzione di combustibili fossili	05
Uso di solventi	06
Trasporti stradali	07
Altre sorgenti mobili	08
Trattamento e smaltimento rifiuti	09
Agricoltura	10
Natura	11

Tabella 2.1: macrosettori della classificazione SNAP97.

Di seguito verrà presentata la stima delle emissioni aggiornata al 2004 per ognuno dei macrosettori sopra indicati, specificando le attività considerate, gli indicatori di attività ed i fattori di emissione utilizzati. Gli indicatori di attività sono stati definiti in dettaglio, per ogni fattore che influisce sullo stato della qualità dell'aria, nel capitolo precedente.

## MACROSETTORE 01: CENTRALI ELETTRICHE PUBBLICHE, COGENERAZIONE, TELERISCALDAMENTO<sup>2</sup>

### Attività

- 010200 – teleriscaldamento

### Indicatore

Come indicatore si utilizza l'energia (misurata in GJ) derivante dalla combustione dei vari tipi di combustibile: materiale cippato, biogas, gasolio.

### I fattori di emissione

I fattori di emissione sono stati definiti dall'ARPA e per i Servizi Tecnici, APAT<sup>3</sup>, e dal "Manuale dell'Ufficio Federale per l'Ambiente, Foreste e Paesaggio di Berna" (1995). I suddetti fattori sono espressi in grammi di sostanza emessa per gigajoule di energia consumata.

	Fattori di emissione (g/GJ)							
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Gasolio</b>	160	28	140	3,6	1,2	0,8	73326	7,3
<b>Biogas</b>	1000	300	0	2	200	153	56000	3,0
<b>Cippato</b>	100	300	0	50	20	6	92000	1,6

Tabella 2.2: fattori di emissione in g/GJ per i combustibili degli impianti di teleriscaldamento (fonte: APAT).

### Emissioni stimate

La stima delle emissioni totali per l'anno 2004, distinte per tipologia di combustibile e riferite all'intero territorio regionale, espresse in tonnellate, sono riportate nella tabella seguente.

Impianto	Stima delle emissioni da teleriscaldamento - anno 2004 (t/anno)							
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COV NM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Morgex</b>	18,61	55,83	0	9,30	3,72	1,12	17119,89	0,30
<b>Pollein autoporto</b>	7,14	21,41	0	3,57	1,43	0,43	6565,46	0,11
<b>Brissogne<sup>4</sup></b>	12,96	3,89	0	0,14	2,59	1,98	725,76	0,04
<b>Pila</b>	6,81	1,20	6,02	0,15	0,05	0,03	3130,94	0,31
<b>TOTALE</b>	<b>45,52</b>	<b>82,32</b>	<b>6,02</b>	<b>13,17</b>	<b>7,79</b>	<b>3,56</b>	<b>27542,05</b>	<b>0,76</b>

Tabella 2.3: stima delle emissioni di combustibile (tonnellate) dovute ad impianti di teleriscaldamento in Valle d'Aosta per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

<sup>2</sup> I dati relativi agli impianti di teleriscaldamento non sono stati utilizzati per le simulazioni modellistiche in quanto disponibili solo a simulazioni concluse.

<sup>3</sup> APAT, Manuale dei fattori di emissione nazionali, gennaio 2002.

<sup>4</sup> L'impianto di Brissogne produce anche energia elettrica.

## MACROSETTORE 02: COMBUSTIONE NON INDUSTRIALE

### Attività

- 020200 - impianti di riscaldamento residenziali

### Indicatore

Come indicatore di attività si utilizza il consumo medio di combustibile da riscaldamento per abitante (paragrafo 13.5).

### I fattori di emissione

Sono stati utilizzati i fattori definiti nell'ambito del progetto EMEP-CORINAIR finanziato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente. I fattori sono espressi in g/GJ (grammi di inquinante per GJ di energia prodotta).

	Fattori di emissione (g/GJ)							
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Olio combustibile</b>	150	16	1.470	58,7	12,0	3	74.620	14
<b>Gasolio</b>	47	43	141	3,6	1,5	7	73.274	14
<b>GPL</b>	50	53	0	2,0	3,5	1	62.392	14
<b>Metano</b>	46	25	0	2,0	2,5	3	55.459	3
<b>Legna</b>	50	5.790	0	1.558,0	480,0	320	94.600	14
<b>Carbone</b>	50	4.800	550	439,0	225,0	200	94.072	14

Tabella 2.4: fattori di emissione in g/GJ per i combustibili degli impianti di riscaldamento (fonte: EMEP-CORINAIR).

Come si vede dalla tabella precedente, il biossido di zolfo è prodotto soprattutto dagli impianti che utilizzano olio combustibile (nafta), mentre gli impianti a legna e carbone producono quantitativi piuttosto elevati di polveri e monossido di carbonio. Il metano ha i fattori di emissione più bassi per molti degli inquinanti considerati.

### Emissioni stimate

La stima delle emissioni totali per l'anno 2004, distinte per tipologia di combustibile e riferite all'intero territorio regionale, espresse in tonnellate, sono riportate nella tabella seguente.

	Stima delle emissioni da riscaldamento - anno 2004 (t/anno)							
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Nafta</b>	2,74	0,29	26,82	1,07	0,22	0,05	1.361,20	0,25
<b>Gasolio</b>	164,69	150,68	494,08	12,61	5,26	24,53	256.761,16	49,06
<b>GPL</b>	28,39	30,10	0	1,14	1,99	0,57	35.430,49	7,95
<b>Metano</b>	38,93	21,16	0	1,69	2,12	2,54	46.931,67	2,54
<b>Legna</b>	4,35	503,62	0	135,52	41,75	27,83	8.228,38	1,22
<b>TOTALE</b>	<b>239,10</b>	<b>705,85</b>	<b>520,90</b>	<b>152,03</b>	<b>51,34</b>	<b>55,52</b>	<b>348712,90</b>	<b>61,02</b>

Tabella 2.5: stima delle emissioni di combustibile (tonnellate) dovute ad impianti di riscaldamento in Valle d'Aosta per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## MACROSETTORI 03 - 04: COMBUSTIONE NELL'INDUSTRIA E PROCESSI PRODUTTIVI

### Attività

- 030100 - combustione nelle caldaie, turbine e motori a combustione interna
- 030200 - forni di processo senza contatto
- 030300 - processi di combustione con contatto
- 040200 - processi nelle industrie del ferro e dell'acciaio e nelle miniere di carbone
- 040300 - processi nelle industrie di metalli non ferrosi
- 040400 - processi nell'industria del legno, pasta per la carta, alimenti, bevande e altro

### Emissioni stimate

Sono stati utilizzati i dati ottenuti dagli autocontrolli, effettuati dalle aziende stesse, delle emissioni nei punti autorizzati: la quantità emessa è stata calcolata sulla base delle concentrazioni degli inquinanti misurata al camino (mg/normal m<sup>3</sup>), della portata del punto di emissione, della frequenza e della durata dell'emissione.

Nella tabella seguente sono riportate le stime delle emissioni (tonnellate) prodotte dalle principali industrie valdostane nel 2004.

	Stima delle emissioni da attività produttive – anno 2004 (t/anno)												
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>x</sub>	PM	COV NM	NH <sub>3</sub>	HCl	HF	Pb	Cd	Cr	Ni	SF <sub>6</sub>
<b>TOTALE</b>	<b>302,94</b>	<b>15,49</b>	<b>92,37</b>	<b>34,84</b>	<b>3,75</b>	<b>0,21</b>	<b>0,13</b>	<b>0,43</b>	<b>0,002</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>3,94</b>

Tabella 2.6: stima delle emissioni (tonnellate) prodotte dalle principali industrie presenti sul territorio regionale per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## MACROSETTORE 05: ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE DI COMBUSTIBILI FOSSILI

### Attività

- 050503 - distribuzione di benzina - stazioni di servizio
- 050603 - reti di distribuzione gas.

### Indicatori

I dati sono stati forniti dal *Ministero Attività Produttive - Direzione Generale dell'Energia e delle Risorse Minerarie - Osservatorio Statistico Energetico*. Per la prima attività gli indicatori sono i consumi annuali di benzina e gasolio per autotrasporto, disaggregati poi su scala comunale in base al numero di stazioni di rifornimento presenti; per la seconda l'indicatore è il numero di metri cubi di metano distribuiti sull'intera Regione, disaggregati su scala comunale in base alla potenza installata.

### I fattori di emissione

- Distribuzione di benzina: fattore di emissione definito dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici, APAT<sup>5</sup> per i COVNM<sup>6</sup> pari a 679,6 g/t di carburante;
- Rete di distribuzione del gas: fattori di emissione definiti nel "Manuale dell'Ufficio Federale per l'Ambiente, Foreste e Paesaggio di Berna" (1995) pari a 0,76 g/m<sup>3</sup> per i COVNM e a 7,6 g/m<sup>3</sup> per CH<sub>4</sub> (metano).

### Emissioni stimate

Le emissioni sono riportate nella seguente tabella.

	Stima delle emissioni da combustibili fossili – anno 2004 (t/anno)	
	COVNM	CH <sub>4</sub>
Impianti di distribuzione gas	29,87	298,68
Impianti di distribuzione carburanti	124,41	-
<b>TOTALE</b>	<b>154,28</b>	<b>298,68</b>

Tabella 2.7: stima delle emissioni di COVNM e metano per l'anno 2004 dovute agli impianti di distribuzione di gas e carburanti (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

<sup>5</sup> APAT, Manuale dei fattori di emissione nazionali, gennaio 2002.

<sup>6</sup> COVNM: composti organici volatili non metanici.

## MACROSETTORE 06 - USO DI SOLVENTI

### Attività

- 060100 – verniciatura
- 060200 – sgrassaggio, pulitura a secco e componentistica elettronica

### Indicatori

Nell'ambito del Piano Coordinato di Controllo dell'Ambiente per il triennio 2002-2004 (DGR 1491/02), l'ARPA ha effettuato delle valutazioni sulla qualità delle emissioni in atmosfera prodotte dai comparti produttivi di falegnamerie e carrozzerie.

### I fattori di emissione

Per l'attività 060200, riferita alle attività produttive, sono stati utilizzati i dati ottenuti dagli autocontrolli, effettuati dalle aziende stesse, delle emissioni nei punti autorizzati. La quantità emessa è stata calcolata sulla base delle concentrazioni degli inquinanti misurata al camino (mg/normal m<sup>3</sup>), della portata del punto di emissione, della frequenza e della durata dell'emissione.

Per l'attività 060100:

- 060101 verniciatura di autoveicoli: fattore di emissione definito dall'APAT nel 2001 pari a 605 kg di COVNM per tonnellata di vernice;
- 060107 verniciatura legno: fattore di emissione definito in kg per addetto determinato in seguito ai controlli.

### Emissioni stimate

Stima delle emissioni da attività di verniciatura anno 2004 (tonn/anno)		
	COVNM	NOx
Carrozzerie	14,8	-
Falegnamerie	13,4	-
Industria	5,8	2,4
<b>TOTALE</b>	<b>34,0</b>	<b>2,4</b>

Tabella 2.8: stima delle emissioni di COVNM prodotte per l'uso di solventi nell'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## MACROSETTORE 07: TRASPORTO SU STRADA

### Attività

- 070100 – automobili
- 070200 – veicoli leggeri < 0.75 tonnellate
- 070300 – veicoli pesanti > 0.75 tonnellate e autobus
- 070400 – motocicli e ciclomotori < 50 cm<sup>3</sup>
- 070500 – motocicli > 50 cm<sup>3</sup>

### Indicatori

Per quanto riguarda i trasporti stradali, l'indicatore utilizzato è il numero di km percorsi da un certo tipo di veicolo su un certo tipo di strada. Nel paragrafo 1.1.7 sono riportati nel dettaglio i dati relativi ai flussi di traffico sul reticolo viario regionale e sul parco auto circolante.

### I fattori di emissione

I fattori di emissione (progetto CORINAIR, metodologia COPERT III) per i trasporti sono espressi in termini di massa di inquinante per unità di percorrenza (g/km) e dipendono:

- dal carburante (benzina, gasolio, gas naturale,..);
- dal tipo di veicolo (motociclo, automobile, veicolo commerciale leggero o pesante, autobus, ...);
- dalla velocità media di percorrenza e/o dalle caratteristiche della strada;
- dall'anno di costruzione del veicolo.

Fattori di emissione per il trasporto stradale (g/km)										
Strada	Veicoli	NO <sub>x</sub>	CO	COV NM	SO <sub>2</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
Autostrade	Automobili	1,18	2,85	0,27	0,02	0,10	0,02	155	0,02	0,05
	Comm. leggeri	0,87	1,04	0,08	0,04	0,14	0,01	228	0,02	0,02
	Comm. pesanti	2,98	0,90	0,50	0,13	0,65	0,05	668	0,03	0,003
	Motocicli	0,30	21,80	2,88	0,01	0,11	0,20	102	0,002	0,002
Strade statali	Automobili	0,61	2,83	0,35	0,02	0,10	0,03	166	0,02	0,05
	Comm. leggeri	1,26	1,69	0,23	0,04	0,12	0,01	263	0,02	0,01
	Comm. pesanti	8,45	3,46	2,04	0,16	0,98	0,05	857	0,03	0,003
	Motocicli	0,12	16,45	3,67	0,01	0,11	0,20	83	0,002	0,002
Strade regionali	Automobili	0,61	2,21	0,30	0,02	0,10	0,02	148	0,02	0,05
	Comm. leggeri	1,11	1,18	0,18	0,04	0,17	0,01	214	0,02	0,01
	Comm. pesanti	8,45	3,46	2,04	0,16	0,98	0,05	857	0,03	0,003
	Motocicli	0,15	16,60	3,48	0,01	0,12	0,20	81	0,002	0,002
Strade urbane	Automobili	0,70	11,00	0,98	0,03	0,13	0,08	270	0,04	0,04
	Comm. leggeri	1,66	5,92	0,57	0,06	0,27	0,03	360	0,02	0,01
	Comm. pesanti	9,78	4,84	3,23	0,20	1,27	0,14	1040	0,03	0,003
	Motocicli	0,08	23,30	5,36	0,01	0,16	0,19	131	0,002	0,002

Tabella 2.9: fattori di emissione medi legati al trasporto stradale, per tipologia di veicoli.

#### Emissioni stimate

Le emissioni prodotte dai trasporti in Valle d'Aosta sono stimate moltiplicando il fattore di emissione per i volumi di traffico e per la lunghezza del tratto stradale. Per l'anno 2004 si ottengono i seguenti valori espressi in tonnellate:

Stima delle emissioni da traffico – anno 2004 (t/anno)										
Strada	Veicoli	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	
Autostrade	Automobili	522,62	1.260,06	6,76	45,62	120,25	8,14	68.649,80	10,72	12,03
	Comm. leggeri	39,53	47,11	1,69	6,50	3,56	0,40	10.306,21	0,77	1,10
	Comm. pesanti	168,41	52,30	7,11	36,38	29,09	2,81	37.102,59	1,68	0,17
	Motocicli	0,14	10,45	0,004	0,05	1,38	0,09	48,92	0,001	0,001
	<b>TOTALE</b>	<b>730,70</b>	<b>1369,92</b>	<b>15,56</b>	<b>88,55</b>	<b>154,28</b>	<b>11,44</b>	<b>116107,52</b>	<b>13,17</b>	<b>13,30</b>
Strade statali	Automobili	185,88	865,81	5,82	31,87	107,42	10,10	50.876,02	5,30	15,42
	Comm. leggeri	25,23	33,84	0,82	3,61	4,52	0,23	4.896,22	0,32	0,27
	Comm. pesanti	152,25	62,25	2,95	17,67	36,66	0,92	15.431,93	0,54	0,05
	Motocicli	0,99	133,15	0,06	0,93	29,67	1,58	670,21	0,02	0,02
	<b>TOTALE</b>	<b>364,35</b>	<b>1095,05</b>	<b>9,65</b>	<b>54,08</b>	<b>178,27</b>	<b>12,83</b>	<b>71874,38</b>	<b>6,18</b>	<b>15,76</b>
Strade regionali	Automobili	155,95	506,23	4,12	25,45	68,39	5,41	35.867,59	4,32	12,55
	Comm. leggeri	26,05	26,68	0,84	4,05	3,89	0,24	5.050,09	0,39	0,33
	Comm. pesanti	92,28	37,85	1,82	11,34	21,65	0,61	9.533,85	0,36	0,04
	Motocicli	1,37	144,08	0,06	0,96	28,61	1,62	697,06	0,02	0,02
	<b>TOTALE</b>	<b>275,65</b>	<b>714,84</b>	<b>6,84</b>	<b>41,80</b>	<b>122,54</b>	<b>7,88</b>	<b>51148,59</b>	<b>5,09</b>	<b>12,94</b>
Strade urbane	Automobili	111,21	1.750,05	4,79	19,89	155,28	13,48	42955,74	5,68	5,63
	Comm. leggeri	54,36	193,86	1,92	8,71	18,67	0,92	11788,96	0,68	0,32
	Comm. pesanti	4,36	2,16	0,09	0,57	1,44	0,06	463,85	0,01	0,001
	Motocicli	1,36	386,70	0,18	2,61	88,96	3,17	2174,15	0,03	0,03
	<b>TOTALE</b>	<b>171,29</b>	<b>2332,77</b>	<b>6,98</b>	<b>31,78</b>	<b>264,35</b>	<b>17,63</b>	<b>57382,70</b>	<b>6,40</b>	<b>5,98</b>
TUTTE LE STRADE	Automobili	975,66	4382,15	21,49	122,83	451,34	37,13	198349,15	26,02	45,62
	Comm. leggeri	145,17	301,49	5,27	22,87	30,64	1,79	32041,48	2,16	2,02
	Comm. pesanti	417,30	154,56	11,97	65,96	88,84	4,40	62532,22	2,59	0,26
	Motocicli	3,86	674,38	0,30	4,55	148,62	6,46	3590,34	0,07	0,07
	<b>TOTALE</b>	<b>1541,99</b>	<b>5512,58</b>	<b>39,03</b>	<b>216,21</b>	<b>719,44</b>	<b>49,78</b>	<b>296513,19</b>	<b>30,84</b>	<b>47,96</b>

Tabella 2.10: stime delle emissioni prodotte dai trasporti stradali nella Regione nell'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## MACROSETTORE 08: ALTRE SORGENTI MOBILI E MACCHINARI

### Attività

- 080200 – ferrovie
- 080600 – agricoltura

### Indicatori

Sia per le ferrovie sia per le macchine agricole si utilizzano come indicatori i consumi annuali di combustibile.

### Fattori di emissione

I fattori di emissione, espressi in g di inquinante per kg di combustibile sono:

Fattori di emissione per il trasporto ferroviario (g/kg di combustibile)								
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
Ferrovia	39,62	10,73	1,03	4,57	4,66	0,17	3.133	1,24

Tabella 2.11: fattori di emissione dovuti al trasporto ferroviario.

Per le macchine agricole, i fattori di emissione sono dati in kg per GJ di potenza prodotta (calcolata a partire dal combustibile consumato).

Fattori di emissione per il trasporto agricolo (kg/GJ di potenza prodotta)								
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
Agricoltura	1,121	0,412	0,140	-	0,182	0,004	74,216	0,028

Tabella 2.12: fattori di emissione per i trasporti in agricoltura.

### Emissioni stimate

Nella tabella sono riportate le emissioni stimate in tonnellate, riferite all'anno 2004.

Stima delle emissioni da trasporti ferroviari e agricoli (t/anno)								
	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
Ferrovia	71,24	19,25	1,85	8,24	8,37	0,32	5.637,98	2,23
Agricoltura	192,06	70,59	24,00	-	31,18	0,69	12.715,34	4,80
<b>TOTALE</b>	<b>263,30</b>	<b>89,84</b>	<b>25,85</b>	<b>8,24</b>	<b>39,55</b>	<b>1,01</b>	<b>18.353,32</b>	<b>7,03</b>

Tabella 2.13: stima delle emissioni prodotte in Valle d'Aosta nel 2004 per trasporti ferroviari e agricoli (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## MACROSETTORE 09: TRATTAMENTO E SMALTIMENTO RIFIUTI

### Attività

- 090401 – interrimento di rifiuti solidi
- 091000 – altri trattamenti (produzione biogas)

### Emissioni stimate

Tale macrosetto è stato inserito per la prima volta nell'inventario del 2004; si riportano pertanto nella tabella seguente anche le emissioni stimate per gli anni precedenti in base ai dati sui quantitativi di rifiuti conferiti e forniti dall'ente gestore della discarica.

Stima delle emissioni per trattamento e smaltimento rifiuti (t/anno)			
	COVNM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
1998	7,74	1193,05	2497,77
1999	8,24	1269,69	2658,22
2000	9,80	1510,08	3161,52
2001	9,03	1391,46	2913,17
2002	9,25	1425,95	2985,39
2003	9,59	1478,48	3095,36
<b>2004</b>	<b>9,81</b>	<b>1512,25</b>	<b>3166,06</b>

Tabella 2.14: stima delle emissioni prodotte dallo smaltimento dei rifiuti in Valle d'Aosta nel 2004 (fonte: Arpa Valle d'Aosta).

## MACROSETTORE 10: AGRICOLTURA

### Attività

- 100400 – allevamento animali (fermentazione intestinale)
- 100500 – allevamento animali (composti organici)
- 100900 – allevamento animali (composti azotati)

### Indicatori

Si è utilizzato il numero di capi di bestiame per Comune secondo quanto riportato nei dati del V Censimento Generale dell'Agricoltura dell'ottobre 2000 (tabella 1.15).

### I fattori di emissione

Si sono usati i fattori di emissione proposti da APAT<sup>7</sup> (espressi in kg per capo di bestiame, ad eccezione di quelli dei COVNM definiti in g/capo).

Fattori di emissione per l'allevamento di animali (kg/ capo di bestiame)							
Attività	Inquinante	Bovini	Caprini	Equini	Ovini	Suini	Pollame
100400	CH <sub>4</sub>	117,6	5	18	8	1,5	-
100500	CH <sub>4</sub>	20	0,1	1,4	0,2	8,2	0,1
	NH <sub>3</sub>	43,7	0,6	5,5	0,6	6,5	0,6
	COVNM	60	5	31	5	0,02	-
100900	N <sub>2</sub> O	5,1	0,1	1,1	0,1	0,4	0,01

Tabella 2.15: fattori di emissione per l'allevamento.

### Emissioni stimate

Si riporta di seguito la stima delle emissioni totali, espresse in tonnellate, prodotte dall'allevamento del bestiame in Valle d'Aosta.

Emissioni prodotte dall'allevamento di bestiame – (t/anno)				
	COVNM	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>TOTALE</b>	<b>2,39</b>	<b>5.403,16</b>	<b>1.717,25</b>	<b>199,77</b>

Tabella 2.16: stima delle emissioni (tonn) prodotte dall'allevamento di bestiame (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

<sup>7</sup> APAT, Manuale dei fattori di emissione nazionali, gennaio 2002.

## MACROSETTORE 11: NATURA

### Attività

- 110100 - foreste decidue non gestite
- 110200 - foreste di conifere non gestite
- 111100 - foreste decidue gestite
- 111200 - foreste di conifere gestite
- 112100 - cambiamenti degli stock di carbonio delle foreste e di altre biomasse legnose
- 112300 - abbandono di terre coltivate
- 112400 - emissioni ed assorbimento di CO<sub>2</sub> dei suoli

### Indicatori

Le piante producono composti organici volatili (COV), alcuni dei quali possono partecipare alle reazioni chimiche che portano alla formazione dello smog fotochimico<sup>8</sup>, in maniera anche più efficiente<sup>9</sup> dei corrispondenti composti di origine antropica.

Le conoscenze attuali sulle modalità di produzione di COVNM non sono ancora sufficientemente approfondite e risulta pertanto difficile realizzare un inventario esaustivo delle emissioni prodotte dalla vegetazione. L' indicatore utilizzato è la superficie occupata da ciascuna specie boschiva (i dati provengono dagli archivi forestali dell'Assessorato Regionale dell'Agricoltura e delle Risorse Naturali, 2000).

Per quanto riguarda le attività 1121, 1123 e 1124 l'indicatore da utilizzare è la superficie in ettari.

### I fattori di emissione

Il fattore di emissione (Emission Inventory Guidebook B1101) da utilizzare per la stima delle emissioni di COVNM da parte della vegetazione è il flusso medio annuo calcolato considerando, per ogni specie vegetale presente sul territorio, la densità media fogliare, il tempo di attività ed un coefficiente di emissione potenziale di COVNM.

Attività	Fattore di emissione di COVNM dalla vegetazione (mg/m <sup>2</sup> /anno)	
	Specie vegetale	
110100 110200 111100 111200	Arbusteti	557
	Castagneti	278
	Conifere e latifoglie	1045
	Conifere miste	1800
	Faggeti	399
	Lariceti	522
	Latifoglie miste	457
	Peccete e abetine	3347
	Pino silvestre	1218
	Altri pini	1218
	Querceti	8610

Tabella 2.17: fattori di emissione di COVNM da parte della vegetazione.

<sup>8</sup> Ozono ed altri composti tossici

<sup>9</sup> La maggior parte dei composti emessi dalla vegetazione non è di per sé dannosa, ma può diventarlo in presenza di altri inquinanti di origine antropica.

I fattori di emissione di anidride carbonica per le altre attività sono:

	<b>Fattore di emissione di CO<sub>2</sub> (kg/ha)</b>
1121	-1399,56
1123	-50
1124	73,03 per suolo agricolo 96,48 per suolo forestale

Tabella 2.18: fattori di emissione di CO<sub>2</sub> da parte di sorgenti naturali.

#### Emissioni stimate

Le emissioni di composti organici volatili da parte della vegetazione è:

<b>Attività</b>	<b>Stima delle emissioni di COV dalla vegetazione – anno 2004 (t/anno)</b>	
110100		
110200		
111100	<b>TOTALE</b>	<b>1167</b>
111200		

Tabella 2.19: stima delle emissioni (tonn) di COVNM prodotte nel 2004 dalla vegetazione (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

La stima delle emissioni di anidride carbonica è negativa: la quantità consumata (processo di fotosintesi clorofilliana) è maggiore di quella emessa, come evidenziato dai dati della tabella seguente.

	<b>Stima della CO<sub>2</sub> assorbita – anno 2004 (t/anno)</b>
1121	-104.004
1123	-3.559
1124	12.368
<b>TOTALE</b>	<b>-95.195</b>

Tabella 2.20: stima delle emissioni (tonn) di CO<sub>2</sub> assorbite nel 2004 dalla vegetazione (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.1\_2 QUANTITÀ TOTALE DI EMISSIONI

La tabella seguente riporta le stime delle emissioni totali (tonnellate/anno) per l'anno 2004, suddivise per inquinante e per macrosettore.

Stima delle emissioni totali in Valle d'Aosta –anno 2004 (t/anno)										
Macrosettore	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COV NM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>	SF <sub>6</sub>
Teleriscaldamento	46	82	6	13	8	4	27542	1	-	-
Riscaldamento residenziale	239	706	521	152	51	56	348713	61	-	-
Combustione nell'industria Processi produttivi	303	15	92	35	4	-	n.d.	n.d.	0,21	3,94
Distribuzione combustibili fossili	-	-	-	-	154	299	-	-	-	-
Uso di solventi	2	-	-	-	34	-	-	-	-	-
Trasporti stradali	1542	5513	39	216	719	50	296513	31	48	-
Trasporti ferroviari e agricoli	263	90	26	8	40	1	18353	7	-	-
Smaltimento rifiuti	-	-	-	-	10	1512	3166	-	-	-
Agricoltura – allevamento	-	-	-	-	2	5403	-	200	1717	-
Natura – foreste	-	-	-	-	1167	-	-95195	-	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>2395</b>	<b>6406</b>	<b>684</b>	<b>424</b>	<b>2189</b>	<b>7325</b>	<b>599092</b>	<b>300</b>	<b>1765</b>	<b>4</b>

Tabella 2.21: stima delle emissioni totali prodotte dai vari macrosettori nell'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Le emissioni derivanti dall'industria e dalle attività produttive sono sicuramente sottostimate, in quanto gli unici dati disponibili, relativi agli autocontrolli, al momento non riguardano tutti i punti emissivi autorizzati. Ciò è tanto più vero per le emissioni di polveri poiché i fenomeni di ri-sospensione sono ancora in fase di studio.

Per l'industria, al momento non è stato possibile stimare, per mancanza di dati, le emissioni di CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e COVNM.

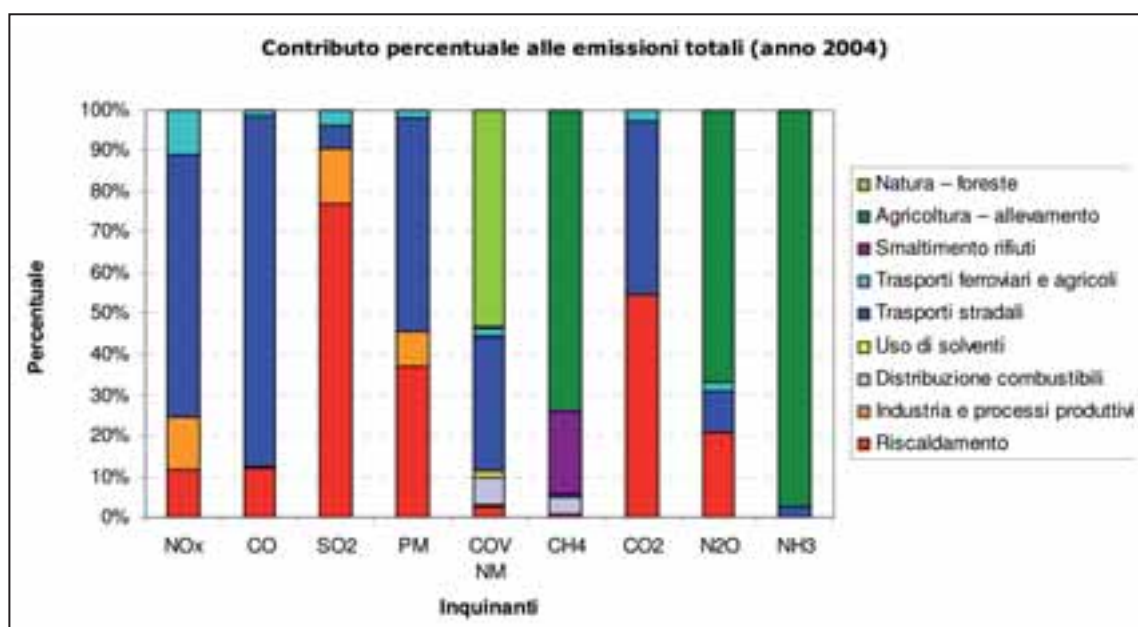


Figura 2.1: contributo percentuale dei vari macrosettori alle emissioni totali nella Regione nel 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta). Sono stati omessi gli assorbimenti di anidride carbonica da parte delle foreste. Le emissioni da teleriscaldamento sono state considerate insieme agli impianti di riscaldamento.

La figura precedente evidenzia la preponderanza del trasporto stradale come fonte di inquinamento sul territorio, soprattutto per gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, le polveri fini e l'anidride carbonica. Gli impianti di riscaldamento sono invece le sorgenti principali di biossido di zolfo ed anidride carbonica. Le foreste sono i principali produttori di composti organici volatili, mentre l'allevamento è la fonte principale delle emissioni di metano, ammoniaca e protossido di azoto.

Nelle pagine seguenti sono riportate le mappe della distribuzione spaziale delle emissioni dei principali inquinanti su tutto il territorio regionale, ottenute disaggregando le emissioni su celle quadrate di 500 metri di lato.

## Emissioni annuali di NOx (2004)

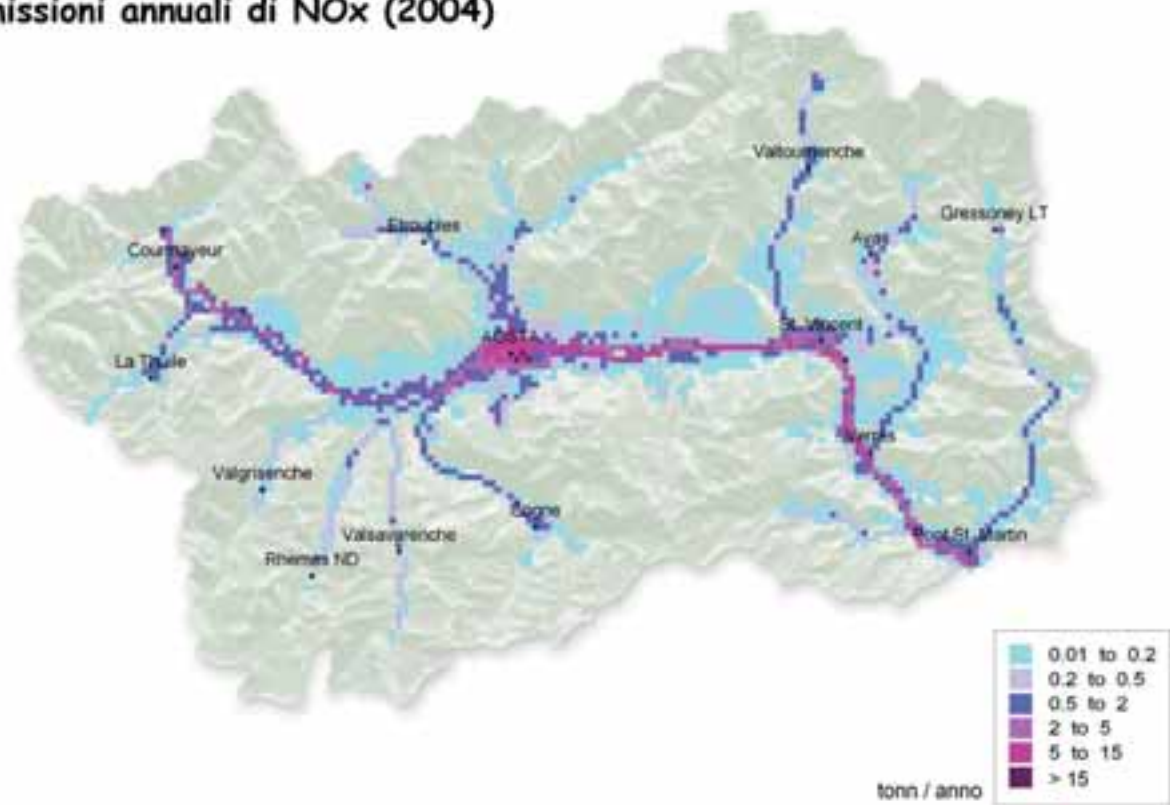


Figura 2.2: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di ossidi di azoto per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di CO (2004)



Figura 2.3: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di monossido di carbonio per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di SO2 (2004)

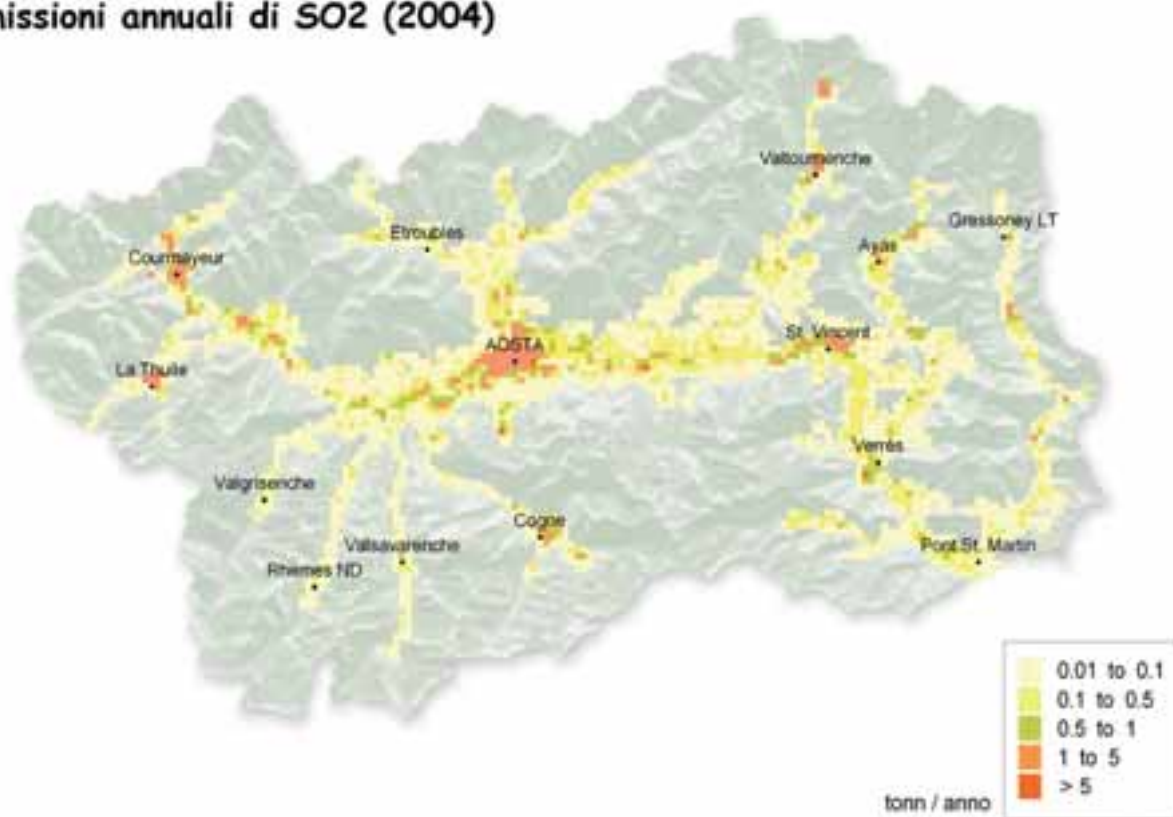


Figura 2.4: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di biossido di zolfo per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di Polveri (2004)

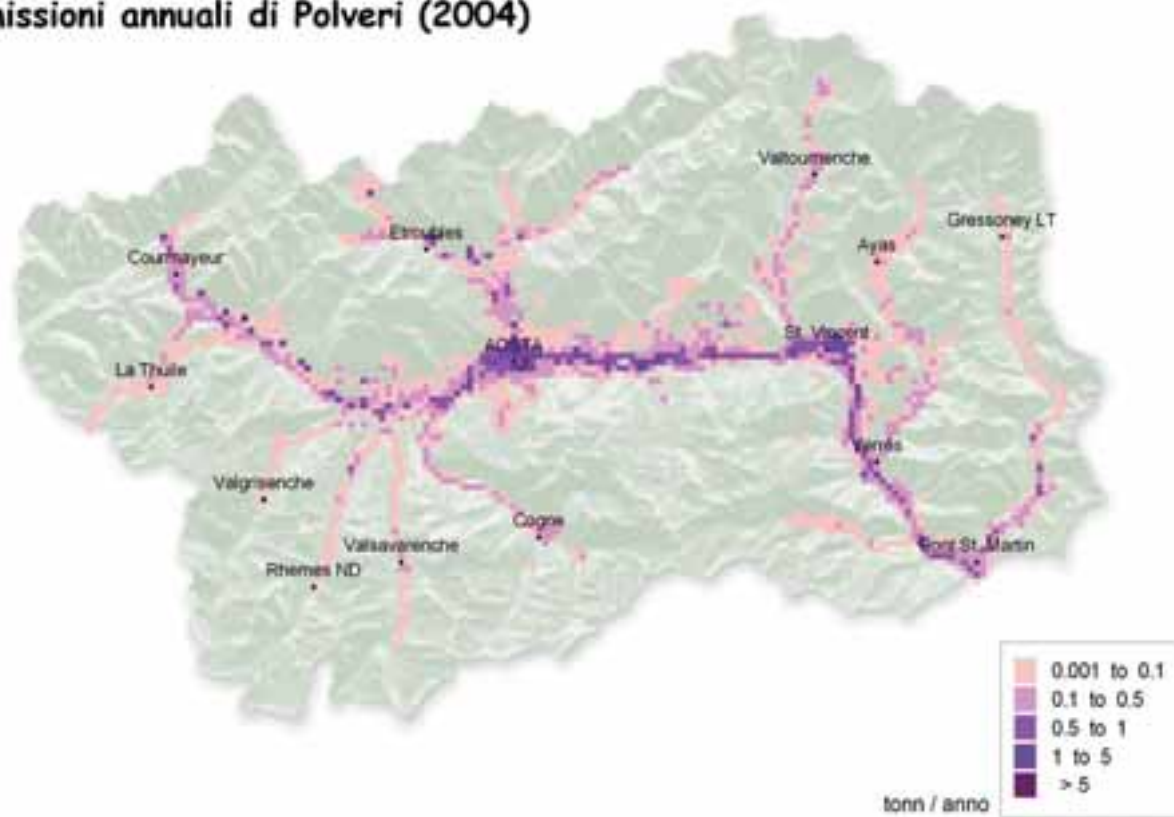


Figura 2.5: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di polveri per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di COVNM (2004)

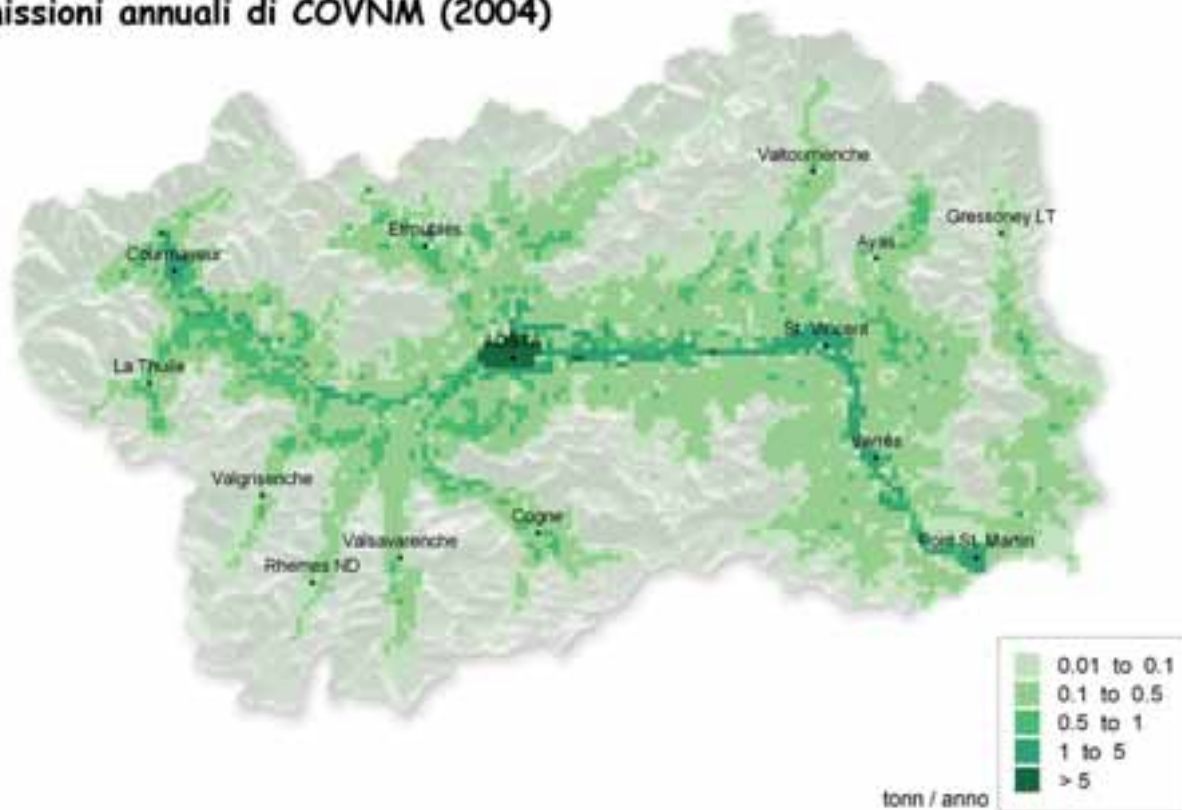


Figura 2.6: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di COVNM per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di CH4 (2004)

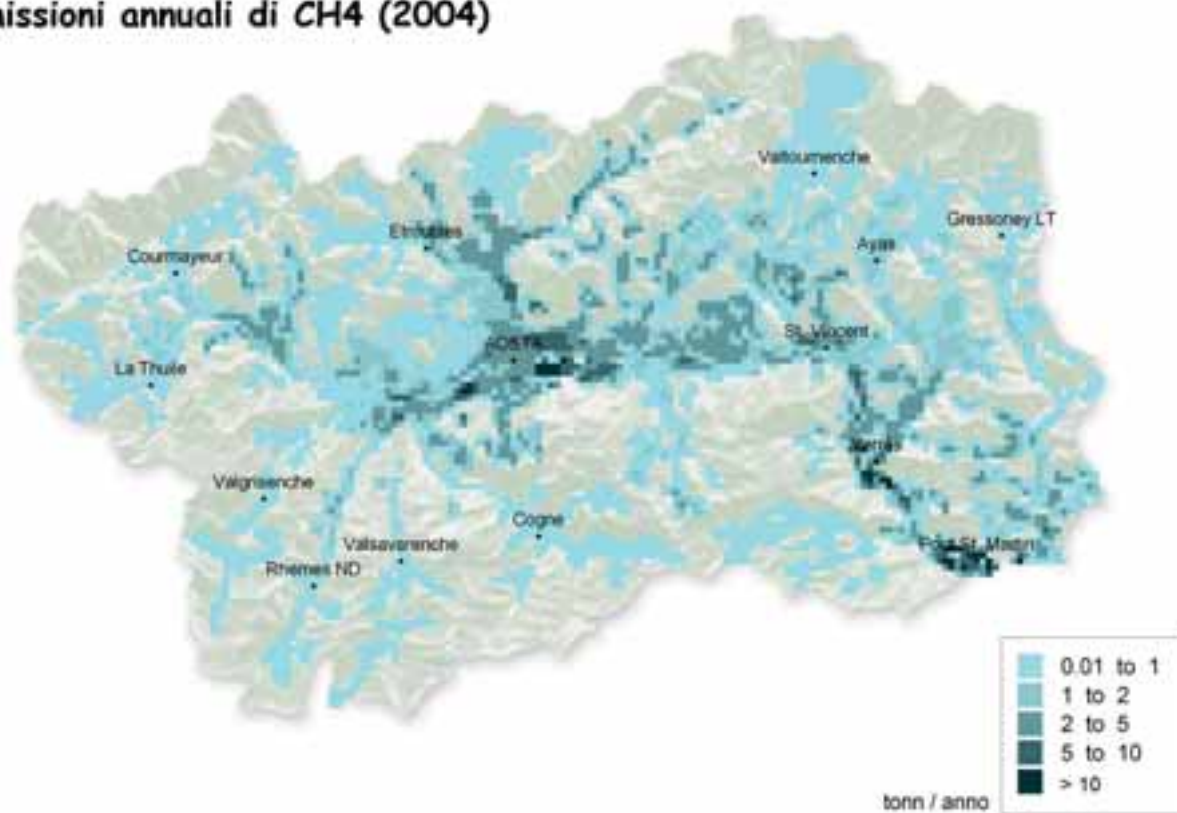


Figura 2.7: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di metano per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di CO2 (2004)

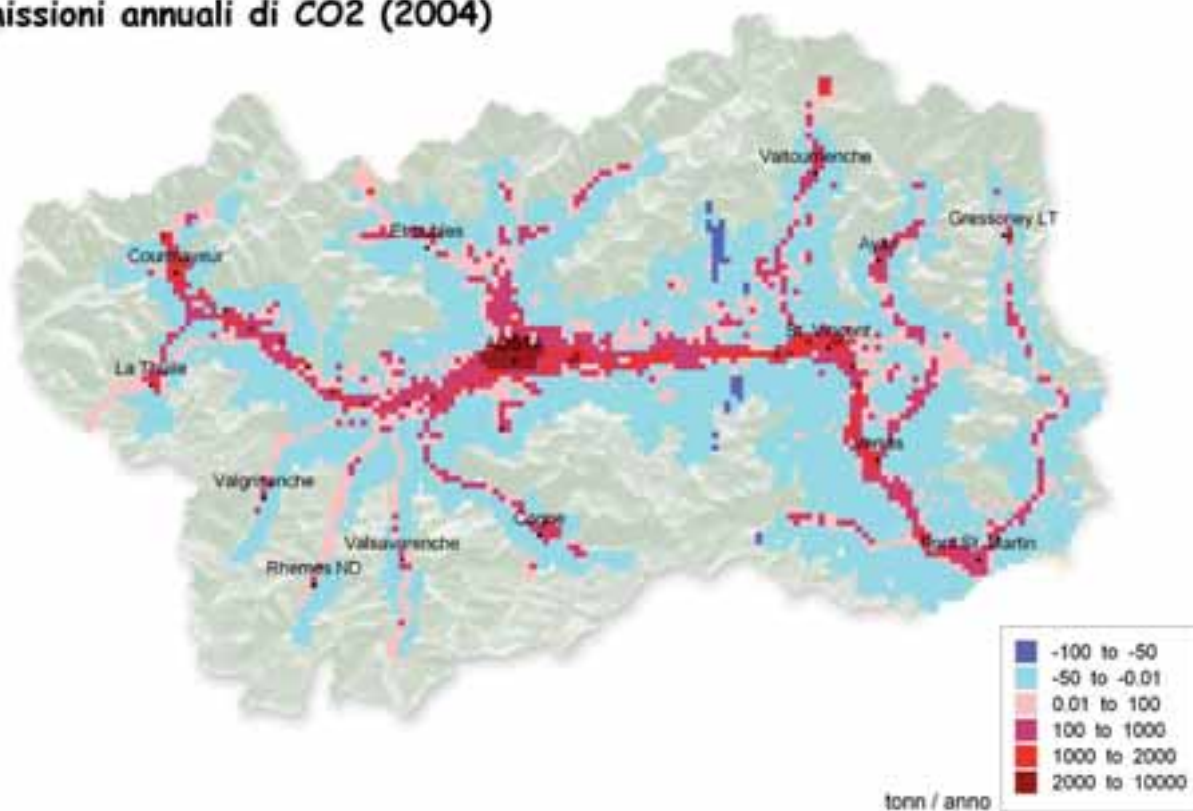


Figura 2.8: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di anidride carbonica per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di N<sub>2</sub>O (2004)

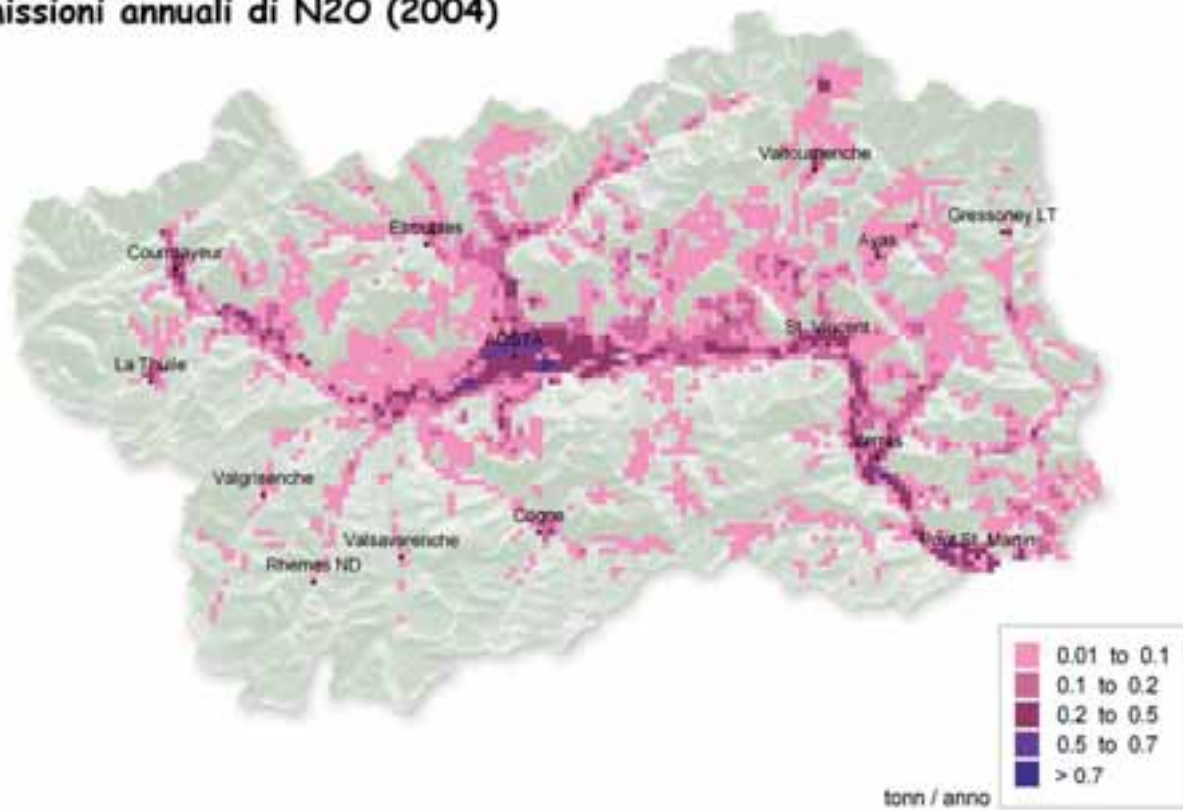


Figura 2.9: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di protossido di azoto per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Emissioni annuali di NH<sub>3</sub> (2004)

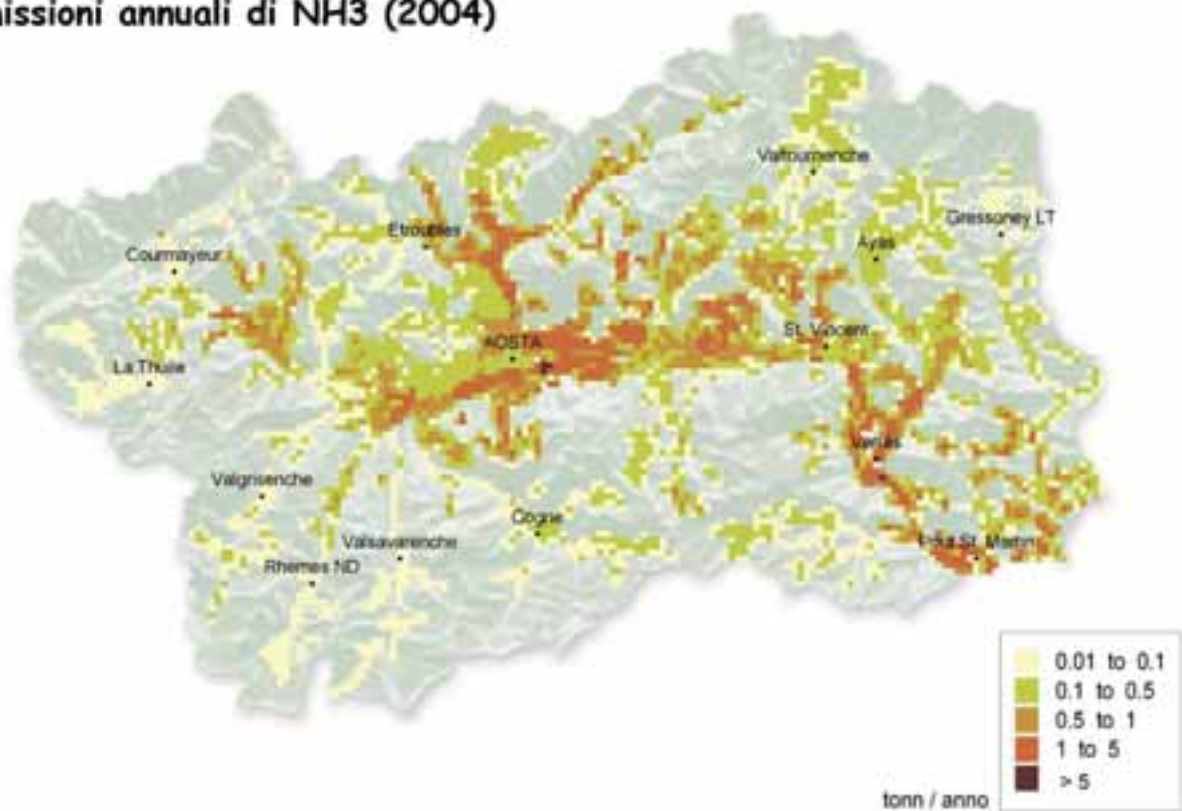


Figura 2.10: distribuzione sul territorio delle emissioni annuali di ammoniaca per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## QUANTITÀ TOTALE DI EMISSIONI NEL CAPOLUOGO REGIONALE

Estraendo dall'inventario delle emissioni le quantità relative al solo capoluogo regionale si ottengono i seguenti risultati:

Stima delle emissioni totali nella città di Aosta –anno 2004 (t/anno)									
Macrosettore	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM	COV NM	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NH <sub>3</sub>
Riscaldamento residenziale	69	62	144	7	4	8	96667	15	-
Combustione nell'industria Processi produttivi	285	15	62	29	-	-	n.d.	n.d.	-
Distribuzione combustibili fossili	-	-	-	-	54	100	-	-	-
Uso di solventi	-	-	-	-	7	-	-	-	-
Trasporti stradali	238	2144	8	40	255	17	65302	7	9
Trasporti ferroviari e agricoli	17	6	2	1	3	-	1165	1	-
Smaltimento rifiuti	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agricoltura – allevamento	-	-	-	-	-	240	-	9	76
Natura – foreste	-	-	-	-	13	-	-572	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>609</b>	<b>2227</b>	<b>216</b>	<b>77</b>	<b>336</b>	<b>365</b>	<b>162562</b>	<b>32</b>	<b>85</b>

Tabella 2.22: stima delle emissioni totali prodotte in Aosta dai vari macrosettori nell'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

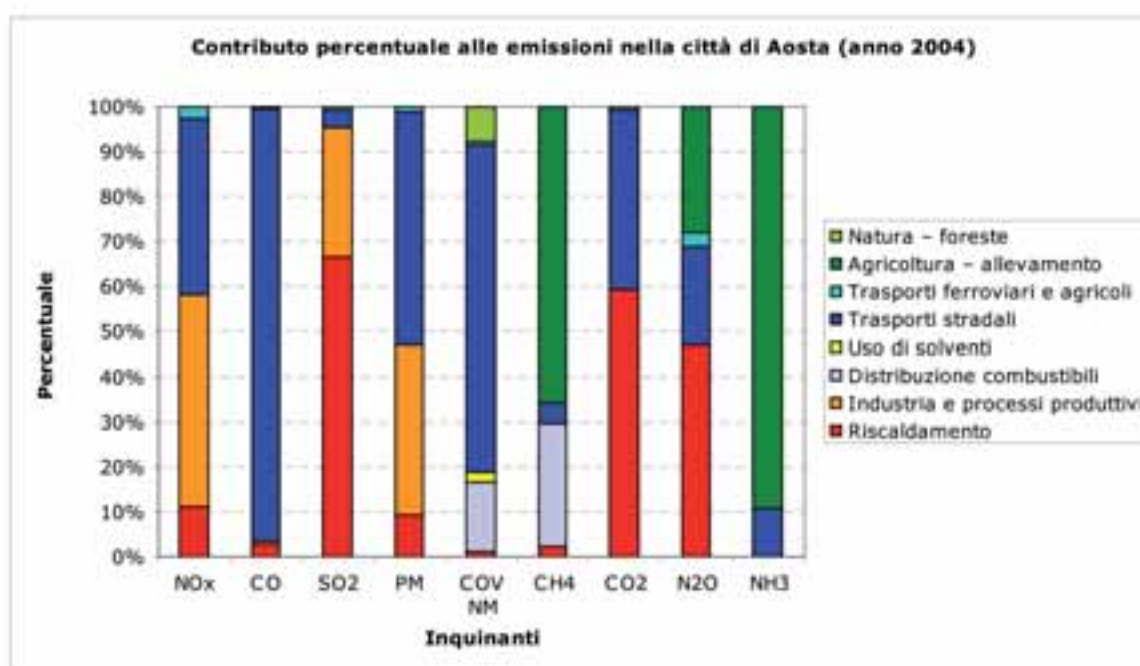


Figura 2.11: contributo percentuale dei vari macrosettori alle emissioni in Aosta nel 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Come si vede dalla tabella e dal grafico precedenti, in Aosta i trasporti stradali e l'industria sono i principali responsabili delle emissioni di ossidi di azoto e di polveri. La principale fonte di inquinamento da monossido di carbonio sono i trasporti stradali, mentre il maggior responsabile della presenza di biossido di zolfo nell'area urbana è il riscaldamento residenziale (soprattutto gli impianti a gasolio ed olio combustibile). I trasporti stradali incidono pesantemente anche sulle emissioni di COVNM. L'anidride carbonica è prodotta prevalentemente da trasporti stradali e riscaldamento. L'agricoltura e l'allevamento sono invece i settori che contribuiscono in maniera preponderante alla produzione di metano ed ammoniaca. Il protossido di azoto deriva principalmente dal riscaldamento, ma contributi importanti sono dovuti anche al traffico ed all'agricoltura.

## EVOLUZIONE DELLE EMISSIONI PRODOTTE DAI TRASPORTI STRADALI

Per quanto riguarda i trasporti stradali, ad oggi sono stati raccolti ed elaborati, per l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni, i dati relativi agli anni 1998 - 2000 - 2002 - 2003 - 2004.

Questo ha permesso di seguire le variazioni delle emissioni sia al variare delle tecnologie e del carburante, sia al variare del flusso di traffico dovuto principalmente alle fasi di chiusura ed apertura del Traforo del Monte Bianco.

Nel diagramma seguente sono riportate le emissioni da traffico per i tre principali inquinanti.

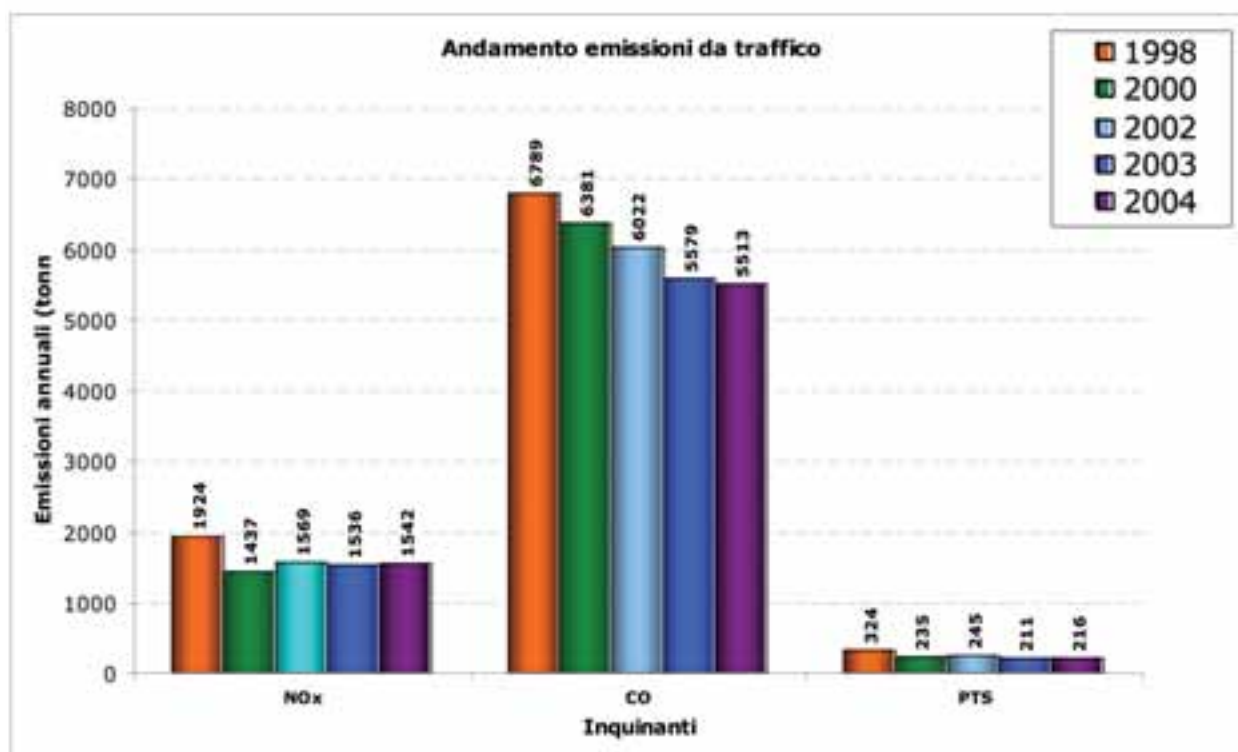


Figura 2.12: evoluzione delle emissioni da trasporti stradali (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Osservando il grafico si possono fare alcune considerazioni:

- la diminuzione continua di emissioni di CO è dovuta al miglioramento tecnologico del parco auto circolante;
- per gli ossidi di azoto e le polveri si osserva una netta diminuzione per l'anno 2000, dovuta principalmente alla chiusura del Traforo del Monte Bianco, ma anche al miglioramento tecnologico. Negli anni successivi, nonostante il continuo miglioramento tecnologico e le limitazioni di transito di mezzi pesanti al traforo del Monte Bianco, non si osserva una tendenza ben definita verso la diminuzione.

## 2.2 \_ Analisi dei dati meteo climatici

Le condizioni meteorologiche sono determinanti per la dispersione degli inquinanti in atmosfera e quindi è particolarmente importante conoscere la variazione delle principali variabili meteorologiche nello spazio e nel tempo (paragrafo 2.2.1). Nel paragrafo 2.2.2 è invece descritta dettagliatamente la relazione esistente tra condizioni meteorologiche e fenomeni di dispersione e trasporto degli inquinanti.

### 2.2\_1 LA RETE DI RILEVAMENTO E L'ANALISI STATISTICA DEI DATI

La sezione ARIA dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Valle d'Aosta gestisce la rete regionale di controllo della qualità dell'aria (paragrafo 2.3.1), le cui stazioni sono dotate di strumenti per la misura di inquinanti atmosferici e delle principali grandezze fisiche di interesse meteorologico (temperatura, intensità e direzione del vento, precipitazioni, umidità relativa, pressione atmosferica, radiazione solare e insolazione).

stazione	Grandezze misurate <sup>10</sup>
Aosta Mont Fleury	T, VV, DV, UR, p
Aosta Piazza Plouves	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Morgex	T, VV, DV, UR, p
La Thuile – Les Granges	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Etroubles – Chevière	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Cogne – Gimillan	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Saint-Christophe, Aeroporto	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Saint-Marcel, – Surpian	T, VV, DV, UR, p
Donnas – Montey	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS
Ayas - Mandriou	T, VV, DV, UR, PREC, p, RS, INS

Tabella 2.23: stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria di interesse meteorologico (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

I dati delle stazioni della rete di monitoraggio dell'ARPA Valle d'Aosta sono disponibili dal 1995; nel seguito sono presentati i valori dei principali indicatori meteo-climatici nel decennio 1995-2004 per alcune stazioni.

#### TEMPERATURA DELL'ARIA

Nelle tabelle seguenti sono riportati i principali parametri calcolati a partire dalle misure di temperatura dell'aria:

- temperatura minima assoluta;
- temperatura media annua;
- temperatura massima assoluta;
- numero di giorni di gelo (con temperatura minima inferiore a 0 °C).

I dati riportati confermano che, anche in Valle d'Aosta, l'anno 2003 è stato il più caldo del periodo considerato, sia per il valore medio annuo sia per la temperatura massima assoluta raggiunta.

È inoltre evidente l'effetto dell'isola di calore urbana: la stazione di Aosta Piazza Plouves, situata nel centro cittadino, registra temperature più elevate della stazione di Aosta Mont Fleury, situata in una zona periferica.

<sup>10</sup> T: temperatura, VV: velocità del vento, DV: direzione di provenienza del vento, UR: umidità relativa, PREC: precipitazioni, p: pressione, RS: radiazione solare, INS: insolazione

	Temperatura minima assoluta (°C)							
	Aosta Piazza Plouves	Aosta Mont Fleury	La Thuile	Cogne	Etroubles	Saint-Christophe	Donnas	Ayas
1995	-7,4	-	-15,8	-16,1	-13,2	-8,2	-5,5	-
1996	-8,7	-	-18,4	-18,4	-16,0	-11,2	-7,3	-
1997	-5,8	-9,2	-12,2	-12,5	-9,0	-11,2	-2,3	-
1998	-7,0	-11,6	-15,1	-15,1	-12,2	-11,9	-4,2	-16,7
1999	-10,7	-12,7	-16,8	-17,2	-13,4	-15,4	-4,9	-19,1
2000	-7,4	-10,6	-14,9	-14,0	-11,8	-10,5	-4,8	-17,0
2001	-8,9	-12,2	-14,9	-14,8	-13,2	-12,8	-5,6	-17,2
2002	-7,5	-10,9	-12,9	-12,6	-10,8	-11,0	-4,6	-15,0
2003	-8,4	-12,1	-15,1	-15,4	-12,8	-7,2	-4,8	-18,4
2004	-8,0	-10,7	-14,8	-14,6	-11,3	-10,5	-3,6	-17,2

Tabella 2.24: temperature minime assolute negli anni 1995-2004 misurate nelle stazioni ARPA (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

	Temperatura media annua (°C)							
	Aosta Piazza Plouves	Aosta Mont Fleury	La Thuile	Cogne	Etroubles	Saint-Christophe	Donnas	Ayas
1995	11,7	-	5,0	4,5	7,0	11,0	12,5	-
1996	10,7	-	4,0	3,7	6,1	9,8	11,7	-
1997	12,4	9,8	5,6	5,4	7,6	10,8	13,3	-
1998	12,2	10,6	-	5,0	7,7	10,8	12,6	3,5
1999	11,6	11,8	5,0	4,9	7,2	10,7	12,8	2,9
2000	11,8	10,4	5,3	5,3	7,5	11,2	14,5	3,5
2001	11,6	11,3	5,2	5,4	7,5	11,0	14,3	3,5
2002	11,7	11,5	5,7	5,5	7,7	12,2	13,0	3,6
2003	12,1	11,7	5,8	6,0	8,0	-	13,7	3,8
2004	11,4	10,6	5,3	5,4	7,4	11,0	13,2	3,5

Tabella 2.25: temperature medie annue negli anni 1995-2004 misurate nelle stazioni ARPA (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

	Temperatura massima assoluta (°C)							
	Aosta Piazza Plouves	Aosta Mont Fleury	La Thuile	Cogne	Etroubles	Saint-Christophe	Donnas	Ayas
1995	33,5	-	27,2	25,3	27,5	32,5	31,2	-
1996	34,1	-	23,6	23,7	26,7	33,0	31,2	-
1997	33,8	30,7	24,2	23,9	25,5	33,3	30,5	-
1998	34,9	32,1	27,8	27,6	29,4	34,4	31,6	24,4
1999	31,9	31,8	24,7	24,4	26,0	31,4	30,3	20,6
2000	35,6	34,1	24,8	26,1	28,0	34,3	31,9	23,1
2001	33,7	34,6	27,3	25,9	27,1	34,3	31,2	21,9
2002	33,6	34,2	27,4	26,5	27,5	33,0	32,1	22,4
2003	36,9	37,3	28,6	29,2	31,6	37,9	36,4	26,3
2004	33,7	33,0	26,0	26,6	27,6	33,8	33,7	22,5

Tabella 2.26: temperature massime assolute negli anni 1995-2004 misurate nelle stazioni ARPA (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

	Numero di giorni di gelo (Tmin<=0°C)							
	Aosta Piazza Plouves	Aosta Mont Fleury	La Thuile	Cogne	Etroubles	Saint-Christophe	Donnas	Ayas
1995	55	-	140	160	117	86	28	-
1996	69	-	129	157	118	104	25	-
1997	54	106	154	167	106	107	12	-
1998	59	95	141	150	113	106	45	181
1999	63	68	153	160	122	95	34	178
2000	53	97	153	161	101	84	20	180
2001	67	97	148	162	100	93	22	186
2002	48	68	149	160	83	-	23	197
2003	76	100	161	165	126	-	43	190
2004	79	105	152	157	119	99	26	172

Tabella 2.27: numero di giorni di gelo negli anni 1995-2004 misurati nelle stazioni ARPA (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## PRECIPITAZIONI

La serie dei dati relativi alle precipitazioni misurate dalle stazioni meteorologiche dell'ARPA, riportata nella tabella seguente, non è completa in quanto per calcolare la precipitazione cumulata (giornaliera, mensile, annuale) è necessario possedere almeno il 90% di dati di precipitazione validi durante il periodo considerato, requisito che non è sempre stato possibile garantire. La stazione di Donnas, in particolare, è stata danneggiata dall'alluvione dell'ottobre del 2000 e di conseguenza abbiamo un periodo di assenza di dati da metà ottobre 2000 fino a marzo 2001. Il dato del 2000 è stato lasciato in quanto indicativo dell'evento alluvionale, anche se non si può considerare come il valore cumulato annuo di precipitazione.

	Precipitazione cumulata annua (in mm)						
	Aosta Piazza Plouves	La Thuile	Cogne	Etroubles	Saint-Christophe	Donnas	Ayas
1995	653	989	424	772	549	1137	-
1996	632	-	575	589	613	-	-
1997	423	703	396	561	428	735	-
1998	400	709	486	531	452	977	572
1999	680	904	640	781	694	1145	682
2000	875	1116	1134	883	859	<b>1445</b>	1137
2001	572	1074	645	729	568	-	730
2002	711	934	951	714	-	1501	1105
2003	458	588	333	416	-	408	506
2004	381	787	526	429	408	863	740

Tabella 2.28: precipitazione cumulata annua negli anni 1995-2004 misurate nelle stazioni ARPA (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

La lettura dei dati evidenzia che in tutte le stazioni durante l'anno 2000 il totale annuo di precipitazione è decisamente superiore alla media.

Le stazioni di Aosta e Saint-Christophe sono quelle in cui, mediamente, si registrano le precipitazioni meno abbondanti, mentre a Donnas è evidente l'effetto di risalita delle correnti calde e umide dalla Pianura Padana.

Da notare la consueta variabilità interannuale e spaziale delle precipitazioni.

Nei grafici seguenti è riportato il regime pluviometrico (distribuzione annuale delle precipitazioni) di alcune località regionali. Si notano i massimi primaverili ed autunnali, ed i minimi invernali ed estivi.

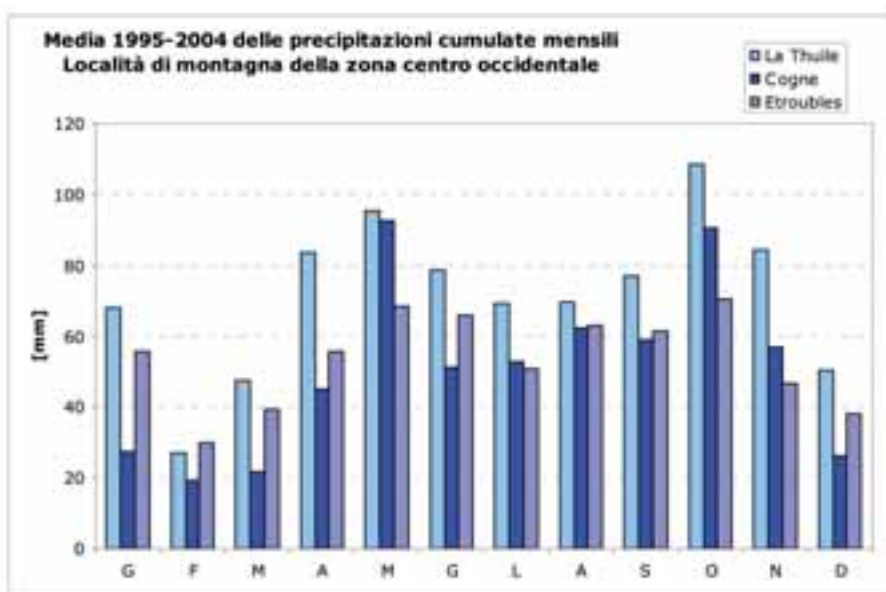


Figura 2.13: regime pluviometrico in alcune località del settore occidentale della Regione (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

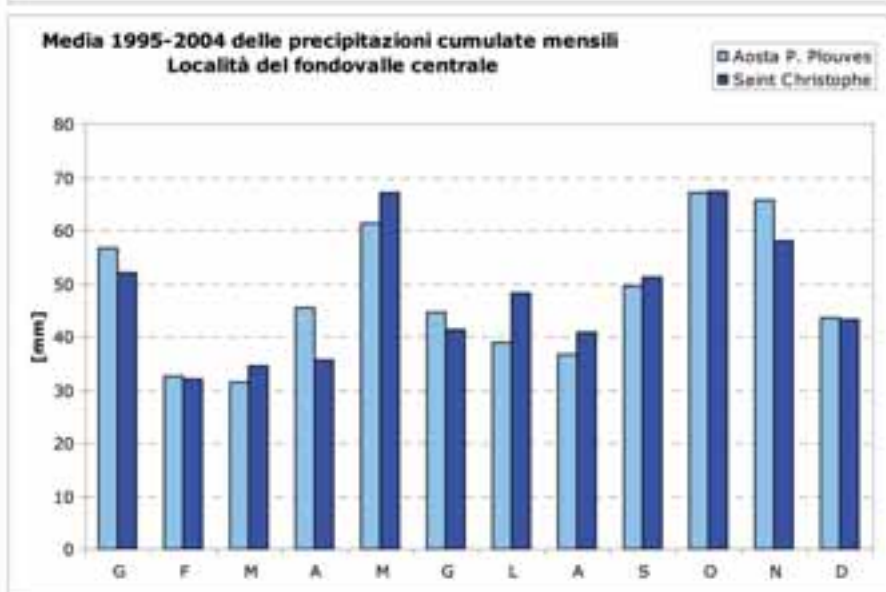


Figura 2.14: regime pluviometrico in alcune località del settore centrale della Regione (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

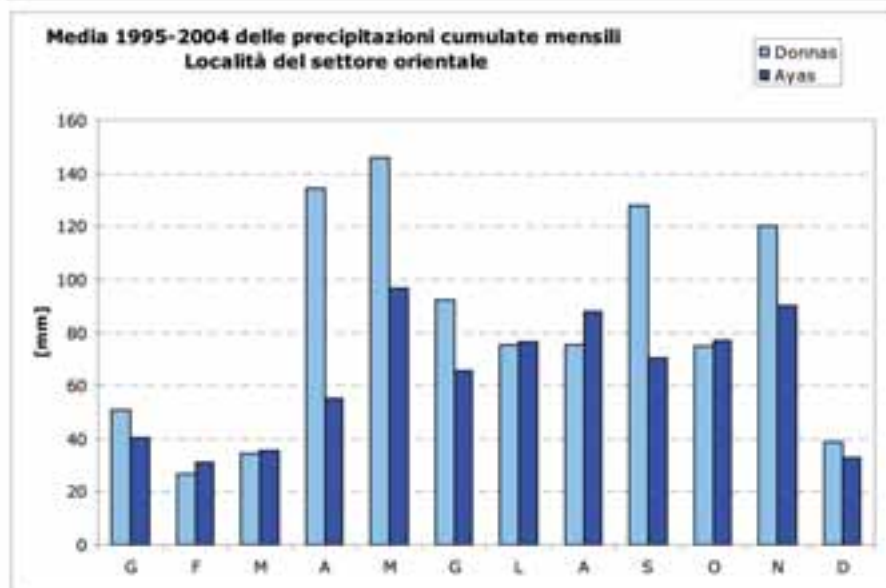


Figura 2.15: regime pluviometrico in alcune località del settore orientale della Regione (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## VENTO

La mappa seguente mostra la frequenza annua percentuale (calcolata per l'anno 2004) della direzione di provenienza del vento. Si nota come le direzioni prevalenti per la maggior parte delle stazioni di rilevamento siano quelle lungo l'asse centrale della Valle, in accordo con la circolazione di brezza tipica delle valli alpine (paragrafo 2.2.3).

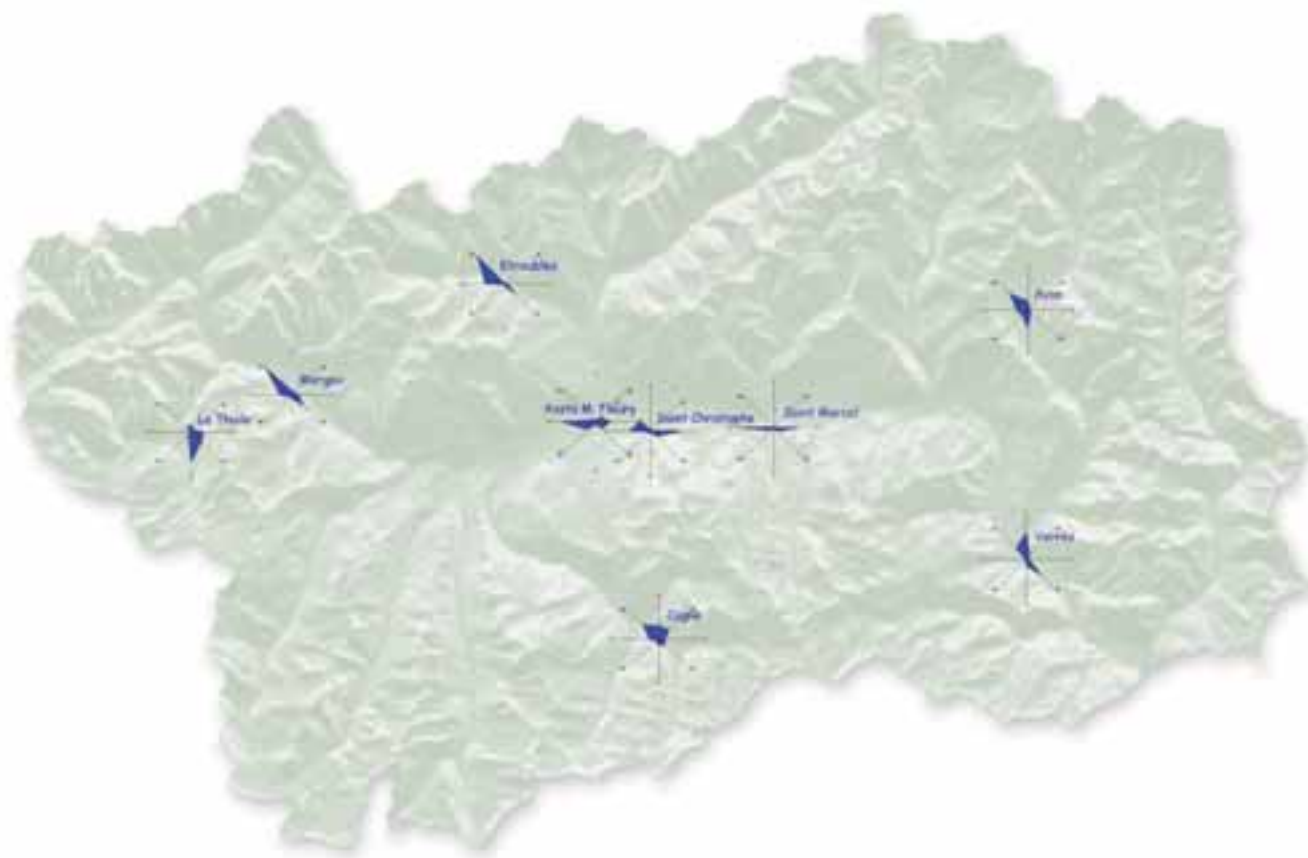


Figura 2.16: frequenza annua percentuale della direzione di provenienza del vento in alcune località regionali (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.2\_2 CONDIZIONI METEOROLOGICHE E DISPERSIONE DI INQUINANTI

### CONDIZIONI METEOROLOGICHE TIPICHE

La Valle d'Aosta, come tutte le Regioni montuose, presenta alcune caratteristiche di circolazione atmosferica tipiche determinate dall'interazione dei flussi a grande scala con la struttura orografica complessa. Ognuna di queste situazioni corrisponde a precise condizioni di stabilità dell'atmosfera e quindi è fondamentale per la dispersione degli inquinanti in aria.

#### Circolazione di brezza

La circolazione di brezza è un fenomeno meteorologico locale tipico delle valli alpine. In ordine decrescente per dimensioni spaziali si distinguono: la circolazione pianura-montagna (tutta la catena alpina), le brezze di monte/valle (a scala della singola valle) e le brezze di versante. Si chiamano anche brezze di bel tempo, in quanto la condizione necessaria per il verificarsi della brezza è la differenza termica tra pianura e montagna che si crea solo in condizioni di forte irraggiamento solare (quando il cielo è coperto e durante l'inverno la radiazione solare che giunge al suolo è troppo debole per creare le differenze termiche necessarie).

La circolazione che si genera all'interno della valle per effetto della radiazione solare è molto complicata, come schematizzato nella figura seguente.

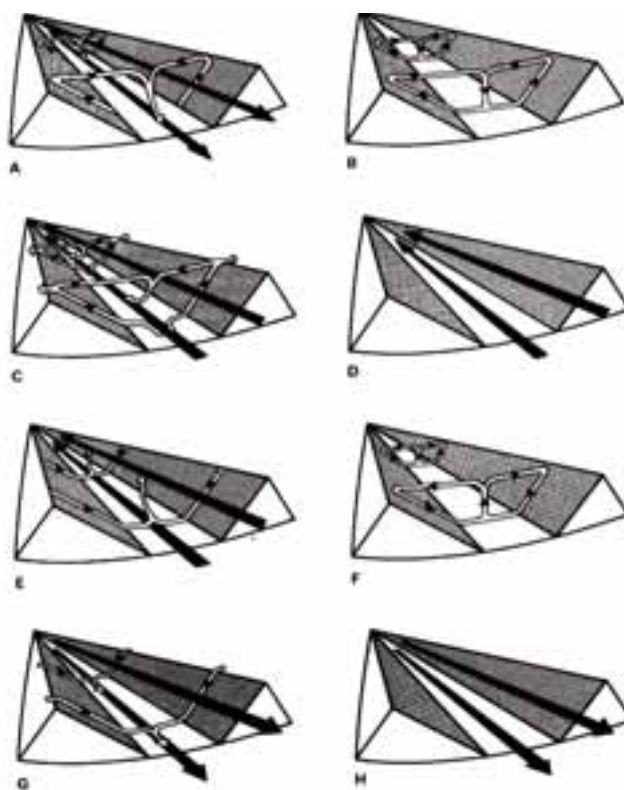


Figura 2.17: circolazione di brezza in una valle alpina. All'alba (A) è ancora presente la brezza notturna ma i versanti iniziano a scaldarsi generando correnti in risalita dai versanti. Nel corso della giornata (B-E) si ha il progressivo riscaldamento dell'aria nella pianura con la nascita di una corrente che risale la valle, la brezza di valle. Al tramonto (F) non vi è più il riscaldamento dovuto alla radiazione solare, i versanti cominciano a raffreddarsi e si innescano delle correnti discendenti di aria fredda. Alla sera (G) e durante la notte (H) l'aria fredda scende dai versanti e dalla parte alta della valle verso la pianura.

L'intensità della brezza di valle è di circa 3-5 m/s, ma nei punti più stretti può essere più intensa e provocare effetti sulla chioma degli alberi (struttura a bandiera); la brezza di notte è meno intensa (1-2 m/s).

In prossimità dei passi le brezze confluiscono dando luogo a moti verticali ed eventuale nuvolosità (cumuli di bel tempo).

La figura seguente mostra l'andamento della velocità e della direzione del vento in una giornata estiva di brezza: da notare l'aumento della velocità e la variazione della direzione del vento quando la radiazione solare inizia a riscaldare il suolo e di conseguenza l'aria.

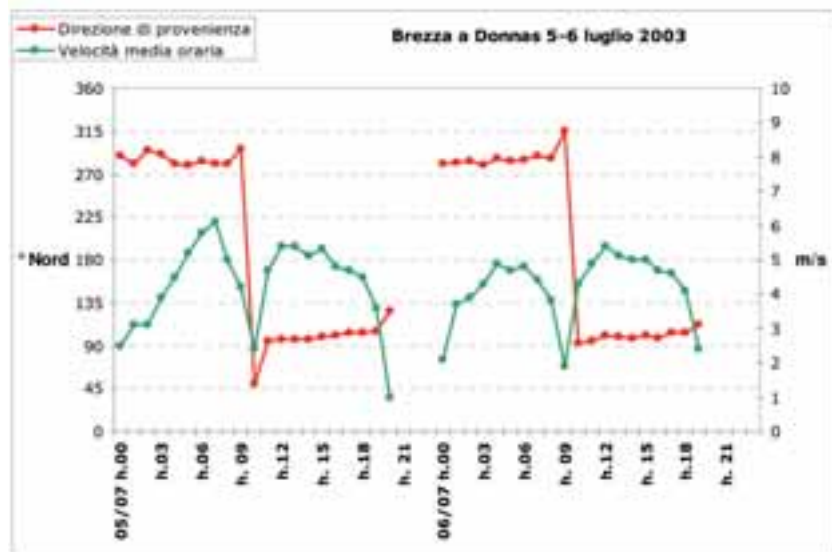


Figura 2.18: andamento dei venti in una giornata di brezza estiva nella stazione di Donnas (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

### Inversione termica

Nelle situazioni di alta pressione invernale il forte irraggiamento notturno dovuto al cielo sereno può portare la temperatura dell'aria vicina al suolo a valori molto bassi e durante il giorno i raggi solari non hanno energia sufficiente per riscaldare il terreno; l'aria raffreddata discende lungo i versanti delle montagne per accumularsi nel fondovalle e si verifica il fenomeno dell'inversione termica: la temperatura dell'aria aumenta con la quota, invece di diminuire (secondo il gradiente adiabatico umido di circa 0.65 °C ogni 100 metri di altezza). L'inversione termica al suolo può durare diversi giorni e portare a differenze di temperatura superiori ai 10 °C in poche centinaia di metri.

Al di sotto dell'inversione termica l'aria è ricca di umidità e possono verificarsi anche episodi di foschia; i moti verticali dell'aria sono praticamente assenti e si ha di conseguenza un accumulo di inquinanti nello strato di inversione; la visibilità è ridotta. Sopra l'inversione l'aria è limpida, la visibilità è ottima. I venti sono molto deboli o assenti.

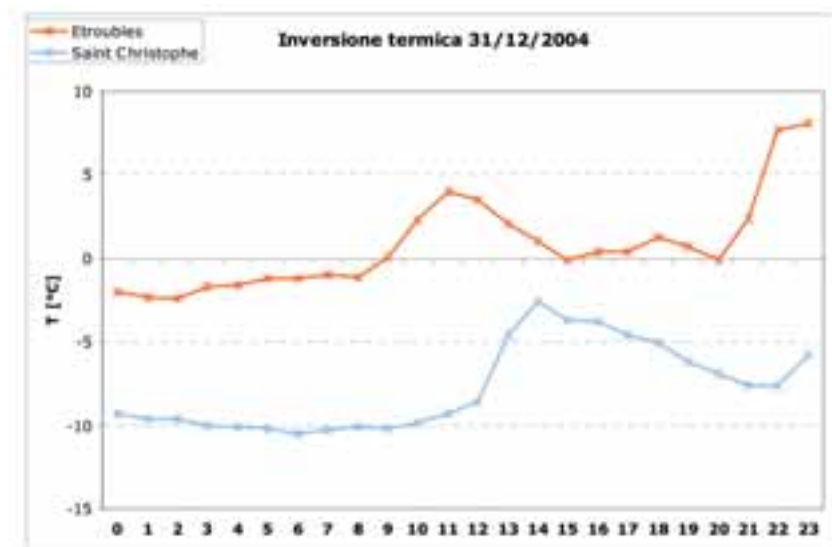


Figura 2.19: temperatura registrata in due località: una in quota (Etroubles, 1330 m) e l'altra nel fondovalle (Saint-Christophe, 545 m) in una giornata di inversione termica (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Venti di foehn

È una situazione tipica delle Regioni a ridosso di catene montuose, che si verifica quando esiste un forte gradiente barico tra i due versanti della catena alpina. La massa d'aria cerca di scavalcare la catena alpina; sul versante sopravvento si ha una risalita della massa d'aria, con umidità elevata, piogge e nevicate anche abbondanti. Sul versante sottovento l'aria è secca, la temperatura aumenta improvvisamente, il vento è forte a raffiche, l'aria è limpida. Si verifica soprattutto in inverno e in primavera.

Il foehn non si presenta allo stesso modo in tutta la Regione: nelle parti più occidentali della valle il tempo può essere perturbato con nevicate e temperature basse, mentre nella parte orientale si hanno condizioni tipiche del versante sottovento. Anche quando il cielo è sereno su tutta la valle, spesso le località in quota registrano comunque temperature basse con vento moderato.

I venti di foehn hanno un notevole effetto di ripulitura dell'aria dagli inquinanti prodotti localmente. Trattandosi però di un vento di caduta, è in grado di trasportare nei bassi strati l'aria proveniente da quote più alte (anche superiori ai 4000 m data l'altezza della catena alpina nella nostra Regione), relativamente più ricca di ozono. In corrispondenza di un evento di foehn si avrà dunque una diminuzione di inquinanti primari, ma contemporaneamente un aumento della concentrazione di ozono.

Le due figure seguenti consentono di vedere il comportamento delle principali variabili che descrivono lo stato dell'atmosfera quando inizia l'episodio di foehn: verso le ore 13 si hanno un improvviso aumento della temperatura dell'aria e della velocità del vento, una rapida diminuzione dell'umidità relativa ed una rotazione dei venti dai quadranti occidentali.



Figura 2.20: variazione della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa durante un episodio di foehn (fonte: ARPA Valle d'Aosta).



Figura 2.21: variazione della velocità e della direzione del vento durante un episodio di foehn (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

### Venti incanalati

La presenza della catena alpina obbliga le correnti atmosferiche occidentali della circolazione sinottica delle medie latitudini ad incanalarsi lungo le valli. Questo fenomeno (diverso dalla circolazione di brezza perché non innescato dalla radiazione solare e dai venti di foehn in quanto il gradiente barico tra i due versanti della catena alpina non è elevato) è caratterizzato dal fatto che il vento mantiene la stessa direzione anche per un'intera giornata, come mostrato nella figura seguente.

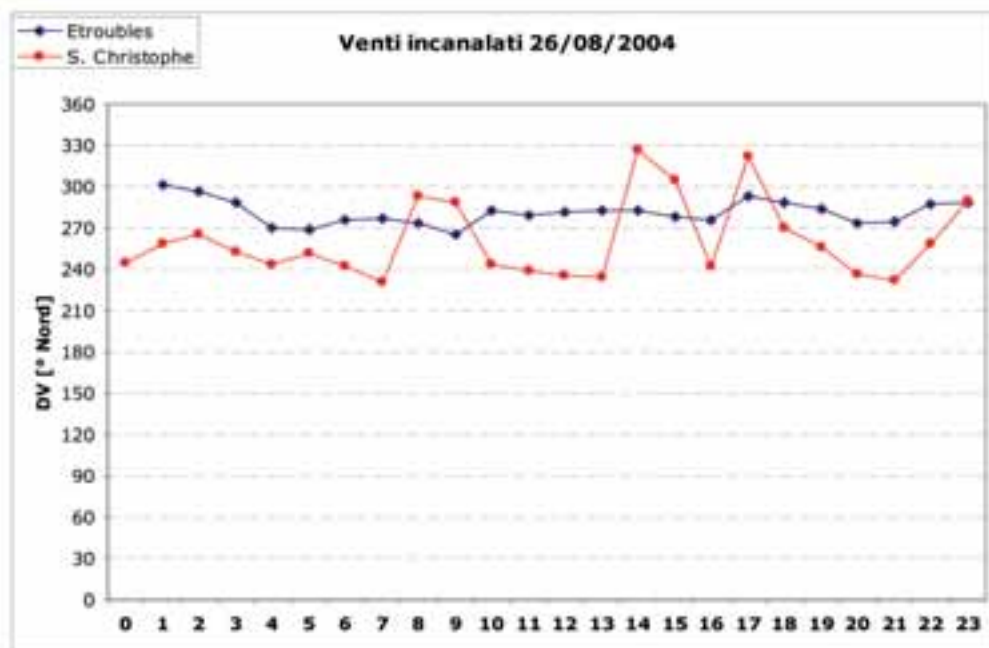


Figura 2.22: direzione di provenienza del vento in due località valdostane in condizione di venti incanalati da nord-ovest (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

### METEOROLOGIA E DISPERSIONE DI INQUINANTI

Le condizioni meteorologiche tipiche individuate sono associate a precise situazioni di dispersione degli inquinanti:

- le condizioni di inversione termica e calma di vento favoriscono l'accumulo di sostanze inquinanti;
- i venti di foehn hanno un notevole effetto di ripulitura dell'aria dagli inquinanti prodotti localmente. Trattandosi però di un vento di caduta, è in grado di trasportare nei bassi strati l'aria proveniente da quote più alte (superiori ai 4000 m data l'altezza della catena alpina nella nostra Regione), relativamente più ricca di ozono. In corrispondenza di un evento di foehn si avrà dunque una diminuzione di inquinanti primari come ossidi di azoto, di zolfo e di carbonio, ma contemporaneamente un aumento della concentrazione di ozono;
- la presenza di fenomeni di precipitazione favorisce la deposizione al suolo degli inquinanti e quindi la diminuzione della loro concentrazione in aria; la precipitazione di tipo convettivo (come quella che si verifica nei temporali) ha un effetto di dilavamento maggiore della precipitazione di tipo stratiforme;
- la circolazione di brezza genera un trasporto di inquinanti primari e secondari, con un effetto di diluizione degli inquinanti prodotti localmente ma anche di trasporto all'interno della Regione di inquinanti provenienti dalla Pianura Padana;
- in situazione di venti incanalati si ha un trasporto di inquinanti, al di fuori della valle in caso di vento incanalato in direzione uscente.

Le simulazioni di dispersione degli inquinanti (paragrafo 2.3.4) devono essere precedute da una ricostruzione dei campi meteorologici sul dominio considerato; generalmente tali simulazioni non vengono effettuate per tutti i giorni dell'anno ma solo su alcuni giorni particolarmente interessanti per le caratteristiche dispersive. I giorni dell'anno vengono classificati in base al tipo meteorologico e, per ogni tipo, si calcola la sua frequenza percentuale nel corso dell'anno. Sulla base di quanto detto in precedenza sono state definite sei classi meteorologiche (stabilità<sup>11</sup>, brezza, venti di foehn, venti incanalati, tempo perturbato, non classificato).

La procedura di classificazione opera sui dati giornalieri e per ogni giorno definisce la classe meteorologica per la singola stazione, poi verifica la presenza di inversione termica ed infine assegna un tipo meteorologico all'intera Regione. Sulla base di considerazioni relative alla posizione geografica ed alla qualità dei dati misurati, si è scelto di utilizzare le stazioni di Aosta Mont Fleury, Saint-Christophe, Morgex, Donnas come stazioni di fondovalle, Etroubles, La Thuile, Cogne, Ayas come stazioni in quota.

Per la città di Aosta si è utilizzata la stazione in località Mont Fleury, particolarmente significativa per le condizioni meteorologiche del capoluogo regionale in quanto situata in un'area lontana da edifici e quindi in grado di fornire valori significativi del campo di vento. La mancanza dei dati di precipitazione e di pressione è stata eliminata ricorrendo ai dati di Aosta Piazza Plouves, stazione situata nel centro cittadino e quindi poco rappresentativa per i valori di temperatura e vento (per effetti di isola di calore, incanalamento dei venti per la presenza di edifici), ma per i valori di pressione e precipitazione (dei quali interessa più l'andamento qualitativo che non i valori esatti) le differenze non sono significative.

Con questa procedura è stata eseguita la classificazione meteorologica per gli anni dal 2000 al 2004 ed i risultati sono riportati nel grafico seguente.

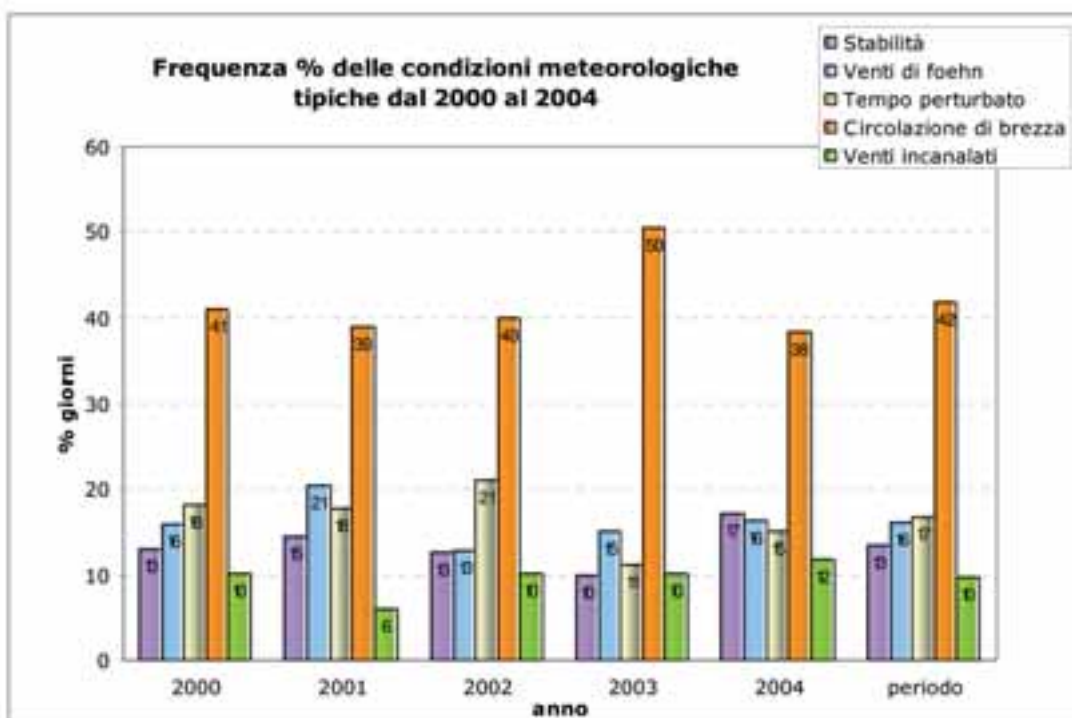


Figura 2.23: frequenza percentuale delle condizioni meteorologiche tipiche in Valle d'Aosta dal 2000 al 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

<sup>11</sup> inversione termica e/o calma di vento.

## CONDIZIONI SFAVOREVOLI ALLA DISPERSIONE DI INQUINANTI

Le condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione di inquinanti sono tipiche del periodo invernale e sono caratterizzate da venti molto deboli o assenti, spesso associati a condizioni di inversione termica (la temperatura aumenta con la quota, invece di diminuire).

Da una analisi effettuata nel periodo 2000-2004, si è visto che in un anno si hanno all'incirca 50 giorni di calma di vento/inversione (Figura 2.23).

I mesi in cui si ha il maggior numero di giorni di stabilità sono dicembre e gennaio; a novembre gli episodi di stabilità sono abbastanza frequenti; altri episodi possono verificarsi in febbraio e ottobre, anche se sono più rari.

In particolare, nell'anno 2004 si sono verificati 63 giorni di inversione: 8 a gennaio, 9 a febbraio, 7 a ottobre, 15 a novembre e 24 a dicembre. È interessante confrontare questi dati con le concentrazioni medie giornaliere di PM10 e con il numero di superamenti del limite normativo per la concentrazione media giornaliera di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :

- nel 2004 vi sono stati 50 giorni in cui si è misurato un superamento del valore limite per la media giornaliera;
- di questi 50 superamenti, il 62 % si è verificato in condizioni di stabilità;
- il 49% dei giorni di stabilità è caratterizzato da superamenti.

Nei due grafici seguenti sono riportate le concentrazioni medie giornaliere di PM10 misurate nella stazione di Aosta Piazza Plouves (nei mesi di gennaio, febbraio, novembre, dicembre 2004) e per ogni giorno è indicato il tipo meteorologico. Si vede come nei giorni di stabilità le concentrazioni medie giornaliere di PM10 sono le più elevate e spesso al disopra del limite normativo mentre nei giorni di foehn le concentrazioni sono molto basse.

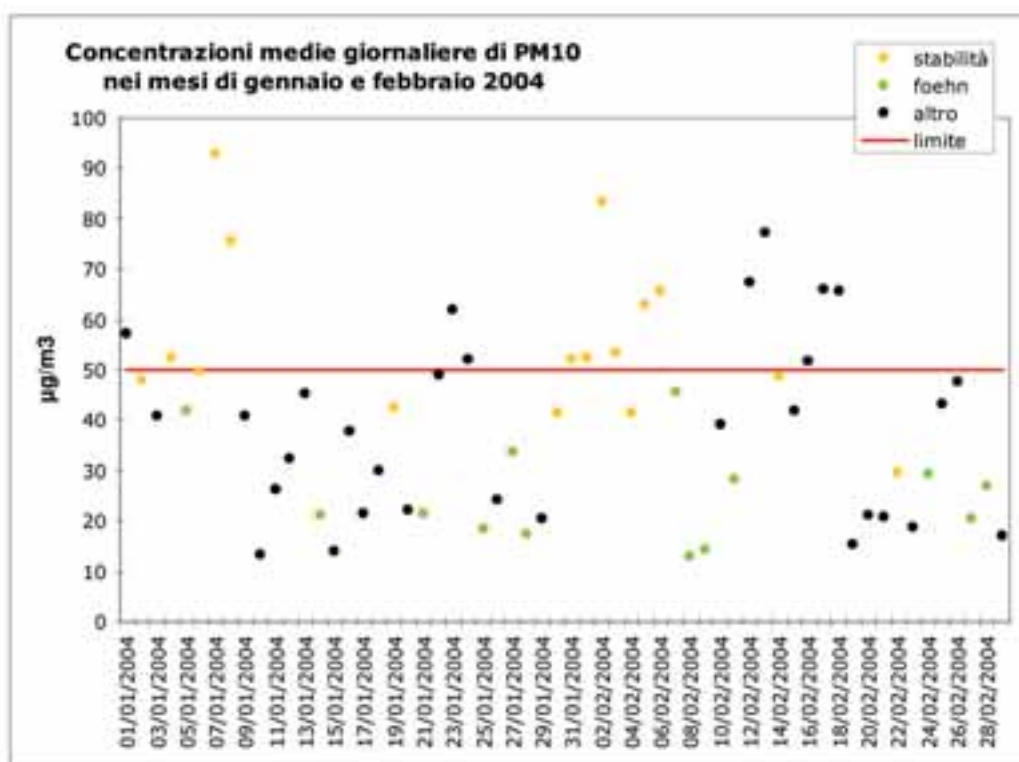


Figura 2.24: concentrazioni medie giornaliere di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nei mesi di gennaio e febbraio 2004 (fonte: ARPA Valled'Aosta).

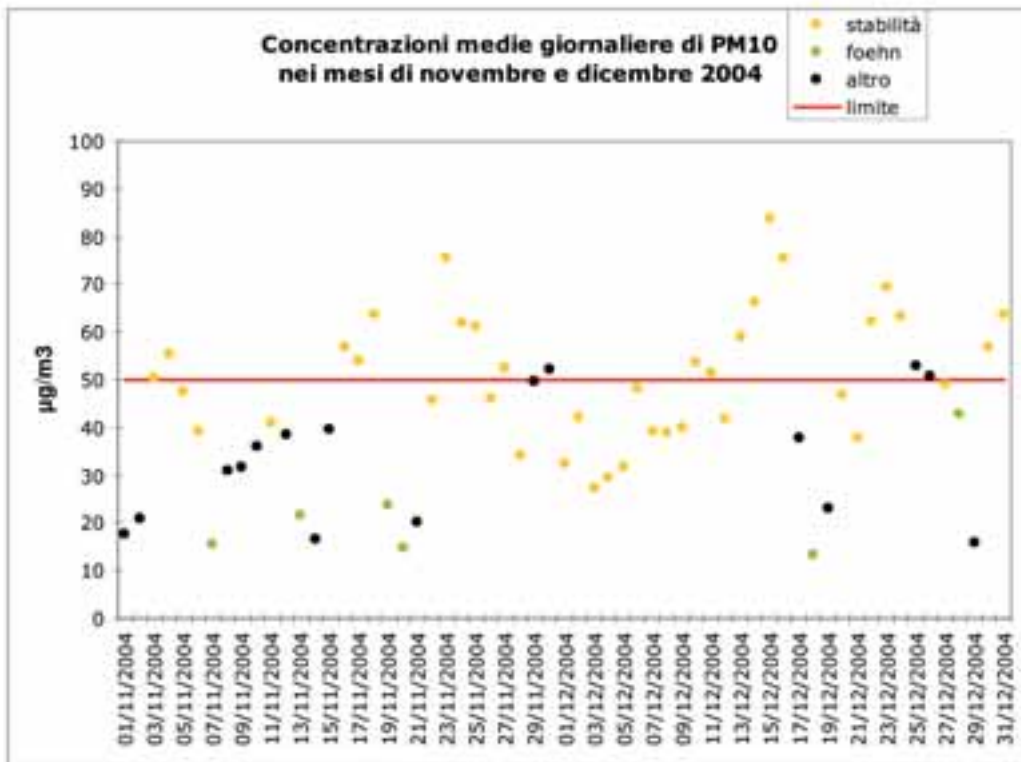


Figura 2.25: concentrazioni medie giornaliere di PM10 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nei mesi di novembre e dicembre 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Sempre riferendosi all'anno 2004, si vede che il valore medio annuo della concentrazione di PM10 è maggiore nei giorni di stabilità.

Tipo di giorno	Valore medio annuo nel 2004 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Stabilità	50
Foehn	21
Altro	31

Tabella 2.29: concentrazioni medie di PM10, nell'anno 2004 in Aosta (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

### CONDIZIONI FAVOREVOLI ALLA FORMAZIONE DI INQUINANTI SECONDARI

Tipicamente nelle giornate estive di bel tempo, l'intensa radiazione solare innesca, in una atmosfera inquinata da ossidi di azoto e composti organici, delle reazioni fotochimiche che portano alla formazione dell'ozono. La presenza di ozono è particolarmente importante in montagna, dove viene trasportato dai venti e dove l'assenza di altri inquinanti (gli ossidi di azoto) ne impedisce la distruzione quando la radiazione solare diminuisce.

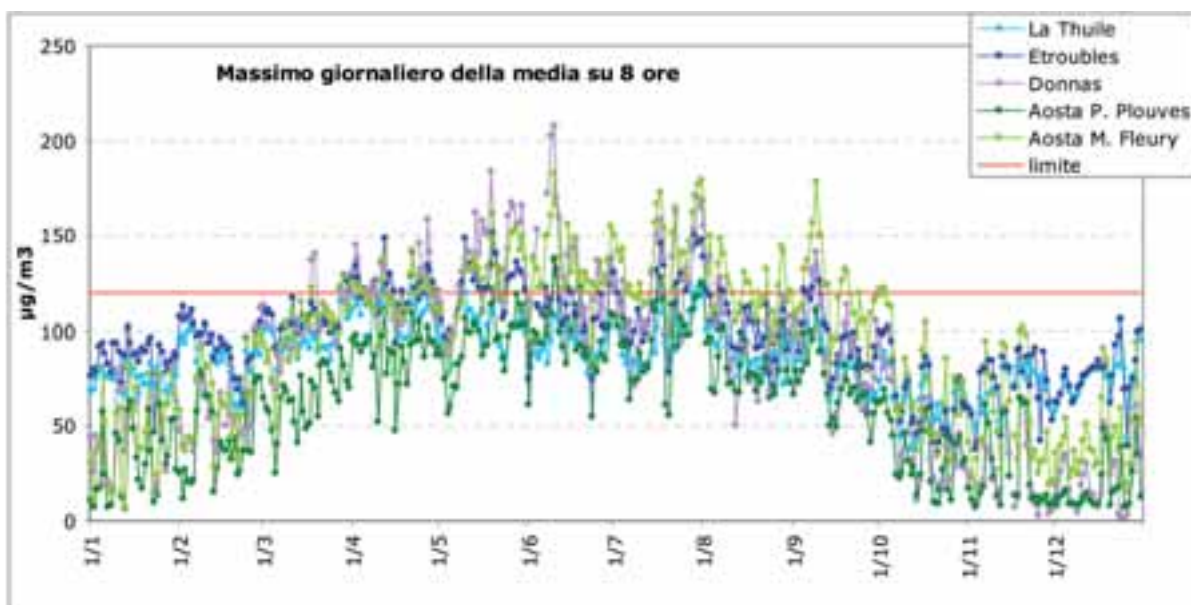


Figura 2.26: andamento annuale del massimo giornaliero della media su 8 ore in alcune stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Valle d'Aosta (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

La figura precedente mostra chiaramente che il problema della formazione dell'ozono è tipicamente estivo. Le stazioni in cui si registrano i valori più elevati (paragrafo 2.3.3) sono Donnas, Aosta Mont Fleury, Etroubles. Da notare anche che nelle stazioni di montagna le oscillazioni sono più contenute ma i valori sono mediamente più alti, a causa della dinamica di formazione e distruzione dell'ozono.

Donnas (371 m) è una località situata allo sbocco della valle verso la pianura canavesana e misura anche gli inquinanti portati dai venti all'interno della Valle d'Aosta. Nella figura seguente si vede che i valori massimi delle concentrazioni di ozono si raggiungono nelle giornate di brezza; in molti di questi giorni si ha addirittura il superamento del limite normativo di 120 µg/m<sup>3</sup> per il valore massimo giornaliero della media mobile calcolata su 8 ore.

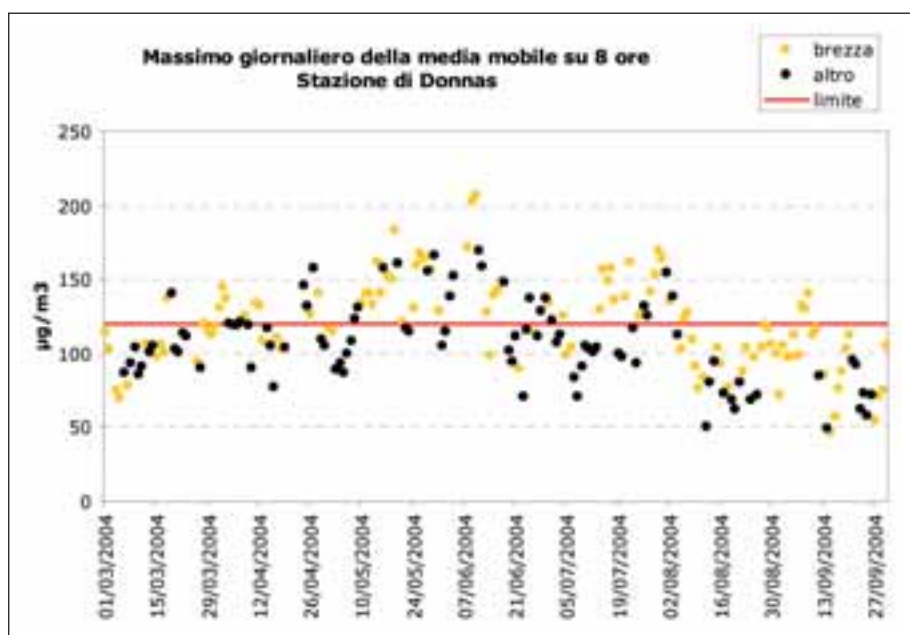


Figura 2.27: valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di ozono nella stazione di Donnas da marzo a settembre 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Anche nella stazione (suburbana) di Aosta Mont Fleury (576 m) si nota come i valori di concentrazione di ozono aumentano nelle giornate estive di brezza, mantenendosi però su livelli inferiori a quelli della stazione di Donnas.

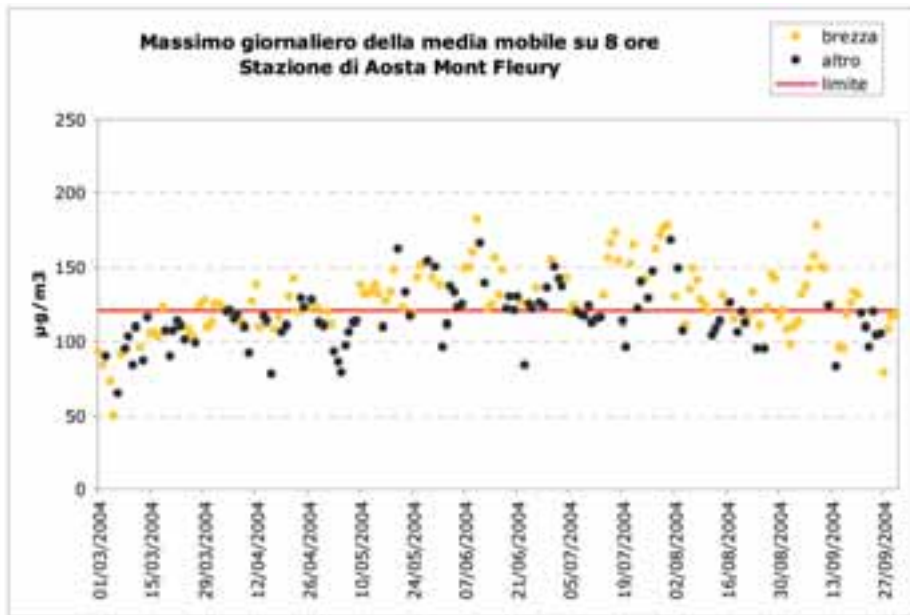


Figura 2.28: valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di ozono nella stazione di Aosta Mont Fleury da marzo a settembre 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Nella stazione di Etroubles (1330 m), i valori della concentrazione di ozono subiscono fluttuazioni meno ampie ma sono mediamente più elevati. Si nota anche in questo caso un aumento della concentrazione in corrispondenza delle giornate di brezza estiva.

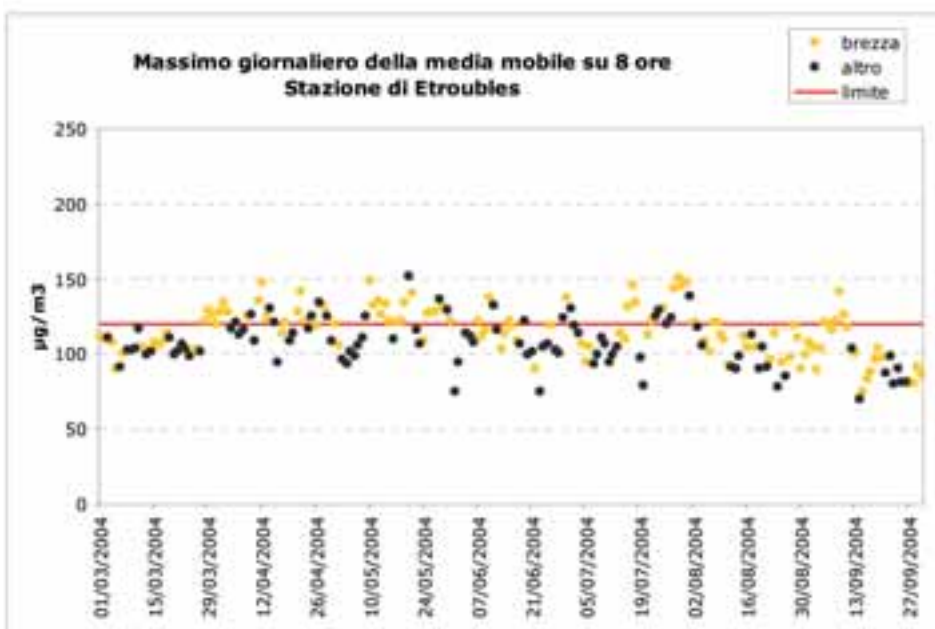


Figura 2.29: valore massimo giornaliero della media mobile su 8 ore delle concentrazioni di ozono nella stazione di Etroubles da marzo a settembre 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.3\_ Valutazione della qualità dell'aria

In questo paragrafo sono presentati il metodo ed il risultato della valutazione della qualità dell'aria in Valle d'Aosta per il 2004. Il primo paragrafo fornisce una descrizione della rete regionale di controllo della qualità dell'aria. I paragrafi 2.3.2 e 2.3.3, illustrano l'analisi dei dati misurati a partire dal 1995, soffermandosi con maggiore attenzione sui dati relativi al 2004. I dati completi, dal 1995 al 2004, per tutte le stazioni e per tutti gli inquinanti, sono riportati nell'allegato 2.

Il paragrafo 2.3.4 descrive la procedura operativa utilizzata da ARPA per le simulazioni di dispersione, i cui risultati sono riportati nel paragrafo 2.3.5.

La valutazione complessiva dello stato della qualità dell'aria è riportata nel paragrafo 2.3.6.

### 2.3\_1 LA RETE REGIONALE DI CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La rete regionale di controllo della qualità dell'aria in Valle d'Aosta, gestita dall'ARPA, è stata studiata sin dalla sua nascita come uno strumento conoscitivo in grado di fornire informazioni sullo stato generale della qualità dell'aria dell'intero territorio regionale e non finalizzato esclusivamente alla verifica del rispetto dei limiti normativi nelle aree più critiche. In quest'ottica sono stati scelti siti di misura che meglio rappresentano le diverse situazioni dal punto di vista dell'orografia, delle condizioni meteo-climatiche, dell'ambiente naturale e della presenza di sorgenti di inquinanti in atmosfera.

La configurazione al 2004 comprende 13 stazioni di misura:

- Le stazioni poste lungo il solco della valle centrale, dove si concentrano i più grandi centri abitati, le più importanti vie di traffico locale e internazionale:
  - Aosta, l'area con la maggiore densità abitativa, sede di attività commerciali e dei principali uffici amministrativi regionali;
  - Morgex, rappresentativo di una area del settore occidentale della valle in cui la presenza dell'asse viario di collegamento internazionale attraverso il Traforo del Monte Bianco rappresenta una fonte di emissioni di inquinanti atmosferici significativa rispetto alle relativamente modeste sorgenti locali;
  - Donnas, rappresentativa della zona iniziale della valle centrale caratterizzata dallo stretto fondovalle percorso da tutti gli assi viari in ingresso alla Regione, sede di alcuni centri abitati tra i più popolosi e industrializzati della Regione, esposta alle immissioni del confinante territorio piemontese.
- Le stazioni ubicate in zone rurali di montagna, lontane da grandi centri abitati e dalle principali vie di traffico, forniscono misure interessanti per valutare il fenomeno del trasporto degli inquinanti e per la determinazione delle concentrazioni di ozono anche in relazione all'effetto sulla vegetazione e sui sistemi forestali:
  - La Thuile, nella parte occidentale della Regione;
  - Etroubles, lungo la valle del Gran San Bernardo;
  - Cogne, nella parte meridionale.

Altre tre stazioni fanno parte della rete, ma contengono solo strumenti per la misura di variabili meteorologiche: una nella Valle di Ayas in località Mandriou e due lungo l'asse della valle principale, Saint-Marcel e Saint-Christophe (zona aeroporto).

Oltre alle stazioni fisse, la Rete comprende anche un laboratorio mobile. Tra le diverse campagne effettuate con questa unità di monitoraggio quelle che hanno fornito le informazioni più utili sono state realizzate secondo il protocollo "una settimana ogni due mesi", in grado di fornire una descrizione dello stato medio della qualità dell'aria nel corso di un anno. In particolare sono state attuate indagini:

- nel Comune di Châtillon (1999 – 2001: 3 siti; dal 2002: 1 sito lungo l'auto-

strada A5). Queste indagini rivestono particolare interesse in quanto forniscono informazioni su un centro abitato di medie dimensioni situato lungo la valle centrale, compreso tra l'asse della strada statale 26 e quello dell'autostrada A5;

- nel Comune di Courmayeur (dal 2003) per valutare l'impatto del traffico pesante in transito nel tunnel del Monte Bianco;
- nel Comune di Etroubles (10/2002-08/2003).

La dotazione strumentale delle stazioni di misura è stata strutturata in modo articolato, per rispondere all'esigenza di fornire informazioni il più possibile complete in termini di rappresentatività degli inquinanti considerati ma anche di dettaglio temporale dell'informazione.

Ogni stazione è dotata di strumentazione automatica per la misura in continuo dei principali inquinanti atmosferici, di sensori per la determinazione di dati meteorologici e dell'intensità di esposizione a radioattività ambientale. Le misure effettuate vengono registrate da un sistema locale di acquisizione dati, che ogni ora ne esegue la media e la trasmette al Centro di raccolta dati. I dati vengono validati e organizzati in un data base per le successive elaborazioni statistiche, costituendo l'archivio storico di tutte le misure eseguite.

Nelle tabelle seguenti sono riportate la descrizione dei siti, la configurazione della rete, l'indicazione dei principi di misura della strumentazione utilizzata.

Stazione	Località	Quota (m)	Coordinate UTM
Aosta	Piazza Plouves	581	32TLR69676638
Aosta	Mont Fleury	576	32TLR67686568
Aosta	Teatro Romano	583	32TLR69476655
Aosta	Piazza Repubblica	580	32TLR68846617
Aosta	Via Torino – S. Orso	590	32TLR69886643
Ayas	Metsan	1950	32TLR98467621
Cogne	Gimillan	1788	32TLR71895288
Donnas	Montey	371	32TMR03875018
Etroubles	Chevrière	1330	32TLR62907536
La Thuile	Les Granges	1640	32TLR41886624
Morgex	Capoluogo	924	32TLR47346923
Saint-Christophe	Aeroporto	545	32TLR72816658
Saint-Marcel	Surpian	542	32TLR79526622

Tabella 2.30: localizzazione dei siti sul territorio regionale (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Stazione	Tipologia	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	O <sub>3</sub>	PTS	PM10	BTX	IPA	METEO
Aosta - Piazza Plouves	URBANA residenziale/commerciale	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aosta - Mont Fleury	URBANA residenziale/commerciale		X		X					X
Aosta - Teatro Romano	URBANA residenziale/commerciale	X	X							X
Aosta - Piazza Repubblica	URBANA residenziale/commerciale			X						
Aosta - Area Arco d'Augusto	URBANA residenziale/commerciale	X	X		X					
Aosta - Area S. Orso	URBANA residenziale/commerciale	X	X		X					
Donnas	RURALE agricolo	X	X	X	X					X
Morgex	SUBURBANO residenziale	X	X	X						X
Etroubles	RURALE naturale	X	X		X					X
Cogne	RURALE naturale	X			X					X
La Thuile	RURALE naturale	X	X		X					X
Saint-Christophe	SUBURBANO commerciale/industriale									X
Saint-Marcel	RURALE commerciale/industriale									X
Ayas	RURALE naturale									X
Laboratorio mobile	-	X	X	X	X	X			X	X

Tabella 2.31: dotazione strumentale delle stazioni della rete di monitoraggio.

Parametro	Unità di misura	Principio di misura
SO <sub>2</sub> biossido di zolfo	µg/m <sup>3</sup>	Fluorescenza UV
NO <sub>2</sub> biossido di azoto	µg/m <sup>3</sup>	Chemiluminescenza
CO monossido di carbonio	µg/m <sup>3</sup>	Assorbimento IR
O <sub>3</sub> ozono	µg/m <sup>3</sup>	Assorbimento UV
PTS polveri totali sospese	µg/m <sup>3</sup>	Attenuazione radiazione beta (misura in continuo); Metodo gravimetrico (misura non in continuo)
PM10 frazione delle polveri con diametro aerodinamico < 10µm	µg/m <sup>3</sup>	Microbilancia a oscillazione (misura in continuo); Metodo gravimetrico (misura non in continuo)
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> benzene	µg/m <sup>3</sup>	Gasromatografia
SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Spettrometria ad assorbimento ottico differenziale DOAS
Metalli su particolato atmosferico	ng/m <sup>3</sup>	Estrazione da filtro in laboratorio e determinazione con tecnica di assorbimento atomico Misura non in continuo

Tabella 2.32: principi di misura dei parametri chimici.

Modello e tipo	Portata (l/min)
Campionatore Tecora mod. Sky Post	5-40
Campionatore Graseby Andersen	405-1620

Tabella 2.33: sistemi di campionamento.

### Rete Regionale di monitoraggio della qualità dell'aria

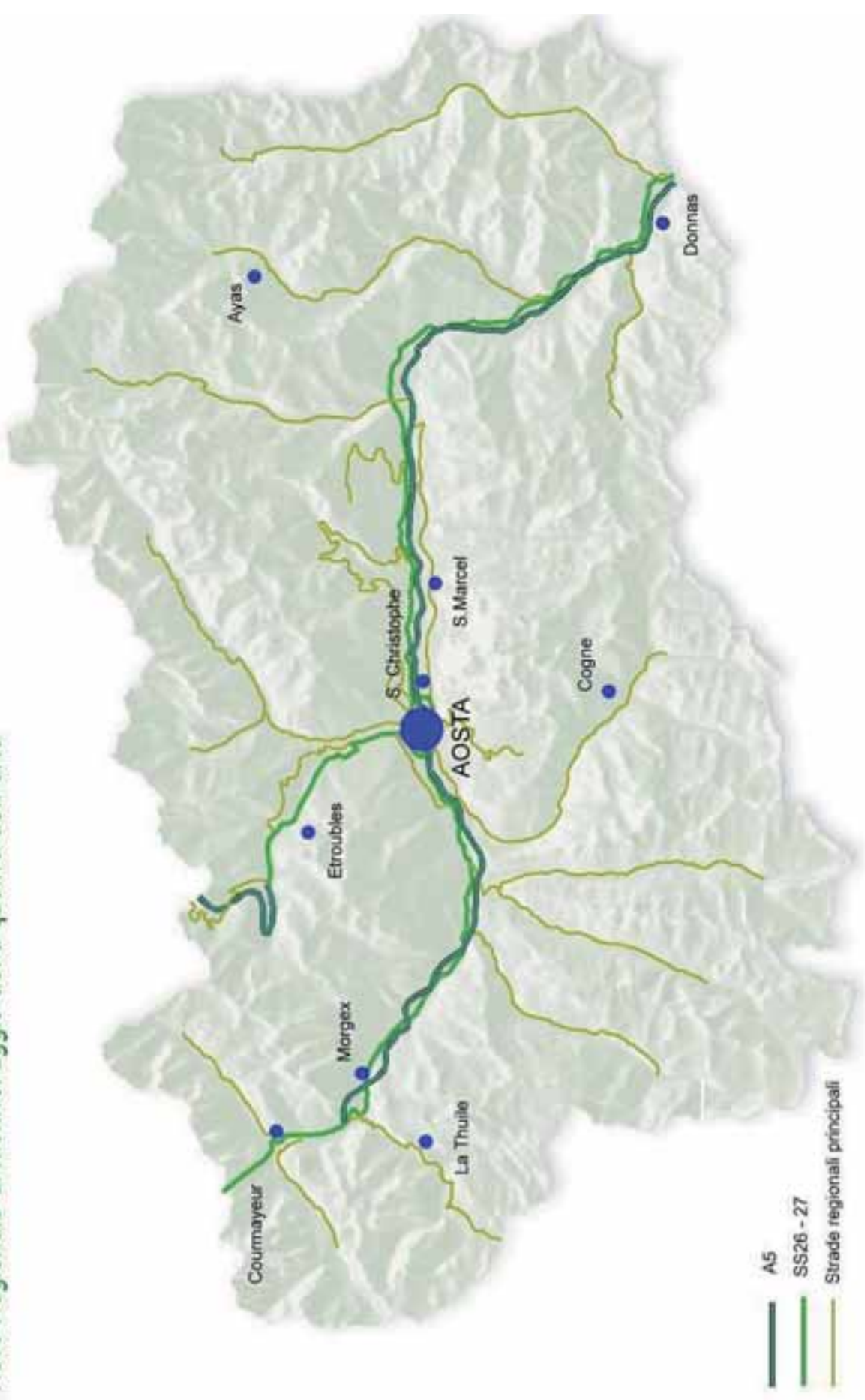


Figura 2.30: distribuzione sul territorio regionale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

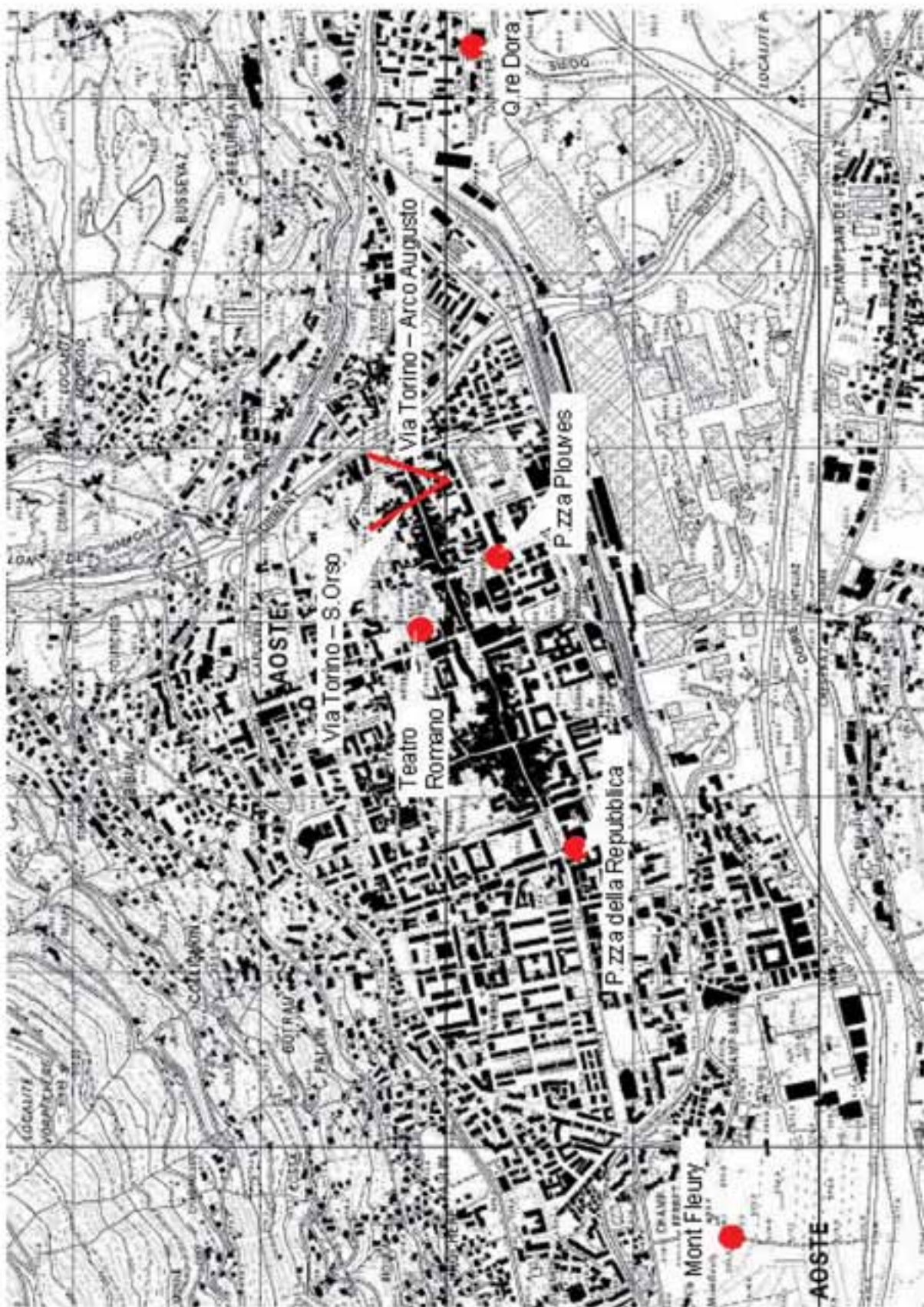


Figura 2.31 - distribuzione sul capoluogo regionale delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.3\_2 I DATI STORICI DI QUALITÀ DELL'ARIA

In questo paragrafo viene riportata una sintesi dei dati di concentrazione dei vari inquinanti misurati dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPA a partire dal 1995. I dati completi sono riportati nell'allegato 2, mentre nell'allegato 1 sono riportati i riferimenti normativi.

### Biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)

Siti di misura :

- AOSTA: Plouves, Teatro Romano, Arco d'Augusto, Sant'Orso
- MORGEX
- COGNE, LA THUILE, ETROUBLES
- DONNAS
- CHATILLON: campagne di misura con laboratorio mobile

Questo inquinante, caratteristico delle emissioni degli impianti di riscaldamento, mostra un andamento stagionale con massimi nei mesi centrali dell'inverno e minimi nei mesi estivi tanto più accentuato quanto più la stazione di misura ha carattere urbano o di prossimità a centri abitati.

Le medie annuali mostrano una tendenza alla diminuzione che appare più accentuata nelle stazioni di Aosta, Donnas e Morgex dove si ha una riduzione ad un terzo dei livelli. Nonostante ciò, nel centro cittadino di Aosta, al pari dei siti di monitoraggio di Châtillon, si rilevano i valori medi annuali più elevati.

La tendenza alla diminuzione delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> in aria è dovuta alla riduzione del tenore di zolfo nei combustibili usati nel riscaldamento e nella diffusione di combustibili privi di zolfo (GPL e soprattutto metano).

I livelli di concentrazione riscontrati negli ultimi 5 anni sono molto bassi e lontani rispetto ai livelli di riferimento normativi.

Gli ultimi superamenti dei valori soglia si sono registrati ad Aosta, in Piazza Plouves, nel 1998: un giorno con media giornaliera superiore a 125 µg/m<sup>3</sup> (soglia di attenzione).

Con riferimento ai nuovi limiti stabiliti dal DM 60/02 la massima media oraria di 382 µg/m<sup>3</sup> rilevata nel 1998 risulterebbe superiore al valore limite per la protezione della salute umana.

Attualmente i livelli ambientali di concentrazione di SO<sub>2</sub> non costituiscono un problema con riferimento al rispetto dei limiti.

Nelle zone rurali di montagna i livelli di SO<sub>2</sub> sono bassissimi e prossimi al limite della rilevabilità strumentale. Anche in queste situazioni si osserva una tendenza al decremento.

Indicatore	Stazione	Valore (µg/m <sup>3</sup> )								
		1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Aosta P. Plouves	30	25	24	23	11	12	9	8	13
	Teatro Romano	28	20	15	15	8	8	8	8	9
	Morgex	14	-	12	9	12	10	8	-	4
	Cogne	14	15	7	8	8	6	4	5	6
	Etroubles	-	14	7	8	6	8	6	7	5
	La Thuile	-	13	6	9	7	5	6	5	3
	Donnas	13	16	11	9	7	-	-	7	3

Tabella 2.34: concentrazioni di biossido di zolfo misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Siti di misura :

- AOSTA: Plouves, Teatro Romano, Arco d'Augusto, Sant'Orso, Mont Fleury
- MORGEX
- COGNE (1995 e 1997), LA THUILE, ETRoubles
- DONNAS
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- COURMAYEUR campagne di misura con laboratorio mobile

Questo inquinante emesso dal traffico e, in misura minore, dal riscaldamento domestico mostra nelle stazioni urbane e di prossimità stradale una marcata stagionalità, con minimi estivi e massimi invernali, dinamica riconducibile a:

- contributo degli impianti di riscaldamento nella stagione invernale;
- condizioni di maggiore stabilità atmosferica nei mesi invernali che favoriscono l'accumulo degli inquinanti in aria.

La nuova regolamentazione (DM 60/02) stabilisce il valore limite di 40 µg/m<sup>3</sup> per la media annuale da raggiungere entro il 2010. Con riferimento a tale limite, si osserva che le medie annuali di NO<sub>2</sub> rilevate in Aosta a Piazza Plouves e Mont Fleury nel 2001 e nel 2002 sono state ad esso superiori. Analoga situazione si riscontrava a Morgex nel 1998, prima della chiusura del Tunnel, e a Donnas negli anni 1997 e 1998.

Con riferimento ai valori guida, in vigore sino al 2001, si osservano superamenti del valore fissato per il 98° percentile delle medie orarie nell'arco di un anno in Aosta a Piazza Plouves nel 1997 e nel 2001, e a Donnas nel 1998.

Le concentrazioni rilevate nelle diverse stazioni di monitoraggio non mostrano una chiara tendenza. La stazione di Morgex presenta una netta diminuzione nel 1999 facilmente collegabile con la riduzione di traffico sulla statale 26 conseguente alla chiusura del Tunnel del Monte Bianco.

A Châtillon, nel periodo di monitoraggio 1999 – 2001 risultano rispettati sia i valori limite che i valori guida con riferimento agli indici stimati su base annuale.

Per quanto riguarda i livelli di attenzione e di allarme della vecchia normativa riferiti alle singole medie orarie, si segnalano numerosi superamenti ad Aosta, Piazza Plouves, del livello di attenzione; qualche superamento nel 1997 anche nelle zone dell'Arco d'Augusto (5 superamenti) e di Sant'Orso (2 superamenti). Si sono registrati inoltre superamenti del livello di attenzione a Donnas, nel solo anno 1998 e, sporadicamente (4 superamenti) a Etroubles nel 1999.

Nelle stazioni rurali, risulta superato il limite per la vegetazione in vigore dal 19.07.2001 (30 µg/m<sup>3</sup> per la media annuale di ossidi di azoto – NO + NO<sub>2</sub> calcolati come NO<sub>2</sub>) a Etroubles nel 1999. A Donnas, tale valore risulta superato in tutti gli anni di monitoraggio.

Tabella 2.35: concentrazioni di biossido di azoto misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

Indicatore	Stazione	Valore (µg/m <sup>3</sup> )								
		1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Pizza Plouves	40	51	41	31	41	51	44	30	25
	Teatro Romano	49	-	33	19	-	27	30	36	31
	Mont Fleury	-	35	-	-	34	41	45	34	28
	Morgex	-	-	43	29	26	26	29	-	20
	Etroubles	-	15	11	18	14	10	14	15	14
	La Thuile	-	9	12	10	9	10	11	10	6
	Donnas	27	45	51	25	25	26	-	-	-
Massima media oraria nell'anno	Pizza Plouves	225	234	242	170	302	345	325	190	203
	Teatro Romano	212	-	134	139	-	245	416	130	177
	Mont Fleury	-	154	-	-	137	160	168	165	115
	Morgex	-	-	199	107	99	113	104	-	154
	Etroubles	-	135	76	299	88	84	14	73	107
	La Thuile	-	46	95	56	46	53	51	43	72
	Donnas	128	192	312	110	91	110	-	-	-

## Ozono (O<sub>3</sub>)

Siti di misura:

- AOSTA: Piazza Plouves, Mont Fleury, Area Arco d'Augusto e Sant'Orso
- DONNAS
- ETROUBLES Stazione e campagne con laboratorio mobile
- COGNE
- LA THUILE
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- COURMAYEUR campagne di misura con laboratorio mobile

A differenza di tutti gli altri inquinanti considerati, l'ozono non è emesso direttamente dalle sorgenti di inquinamento, ma la sua formazione è indotta dai raggi solari su un'atmosfera inquinata da NO<sub>x</sub> e COV. Si tratta quindi di un inquinante secondario.

Per la sua dinamica di formazione, questo inquinante raggiunge le sue concentrazioni più elevate nei mesi a maggiore insolazione (da aprile a settembre).

L'andamento complessivo nel corso degli anni non mostra una tendenza particolare.

Per ciò che concerne l'ozono si fa riferimento al D.Lgs. 21 maggio 2004, n. 183 che stabilisce:

- i valori bersaglio, vale a dire le concentrazioni fissate al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi entro il 2010. I parametri interessati sono la massima giornaliera della media mobile sulle 8 ore per la protezione della salute umana e l'AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio per la protezione della vegetazione;
- gli obiettivi a lungo termine, ossia la concentrazione di ozono nell'aria al di sotto della quale si ritengono improbabili effetti nocivi diretti sulla salute umana e sull'ambiente. I parametri interessati sono la massima giornaliera della media mobile sulle 8 ore nell'arco di un anno civile per la protezione della salute umana e l'AOT40 calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio per la protezione della vegetazione;
- la soglia di informazione cioè la concentrazione atmosferica oltre la quale, essendovi un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata, devono essere comunicate in modo dettagliato le informazioni relative ai superamenti registrati, le previsioni per i giorni seguenti, le informazioni circa i gruppi della popolazione colpiti e sulle azioni da attuare per la riduzione dell'inquinamento, con la massima tempestività alla popolazione ed alle strutture sanitarie competenti. Il parametro interessato è la media oraria.

Nelle stazioni di Aosta si sono rilevati giorni con superamento del livello del valore bersaglio per la protezione della salute umana solo nella stazione di Mont Fleury. Si ricorda a tal proposito che la normativa prevede la possibilità di superare il valore per 25 volte nell'anno civile (come media su 3 anni). Per quanto riguarda l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, il limite di 120 µg/m<sup>3</sup> sulla massima media mobile su 8 ore in un anno è stato superato in entrambi i siti tutti gli anni, ad eccezione di Piazza Plouves nel 1997.

La soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup> per la media oraria) è stata superata a Piazza Plouves, Sant'Orso e Arco di Augusto solo nel 1999 e a Mont Fleury negli anni 1998, 2003 e 2004. La soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup> per la media oraria) non è mai stata superata.

Tramite le campagne con il laboratorio mobile sono state stimate le concentrazioni medie annuali nei siti di Châtillon, Etroubles e Courmayeur che risultano essere in linea con i valori registrati nelle stazioni di Aosta a evidenziare la loro caratteristica di zone urbanizzate.

Nelle stazioni rurali i livelli di concentrazione di ozono si mantengono più elevati lungo tutto il corso dell'anno, mesi invernali compresi, determinando in questo modo medie annuali nettamente più elevate.

Il valore bersaglio per la protezione della salute umana è generalmente superato a Cogne, La Thuile, Etroubles e Donnas così come l'obiettivo a lungo termine. La soglia di informazione è superata ripetutamente nella stazione di Donnas. In queste stazioni appare significativo anche il confronto con il valore bersaglio per la protezione della vegetazione: esso è superato sempre nella stazione di Donnas, mentre a Etroubles solo nel 2004, a La Thuile nel 2002 e 2003 e a Cogne dal 2001.

Date le caratteristiche di formazione dell'ozono, l'inquinamento da esso prodotto è un fenomeno generale a larga scala, comune a tutte le aree di montagna in prossimità di zone fortemente antropizzate. La riduzione dei livelli di ozono non è direttamente perseguibile con azioni sulle sorgenti di emissione locale, ma richiede politiche a largo raggio di riduzione di tutti gli inquinanti precursori.

Indicatore	Stazione	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )								
		1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Pzza Plouves	36	35	46	45	43	41	42	42	44
	Mont Fleury	-	42	47	57	57	50	58	62	64
	Cogne	75	71	76	66	74	77	82	83	-
	Etroubles	-	-	65	68	64	64	63	65	84
	La Thuile	-	71	82	78	79	76	79	84	75
	Donnas	51	35	64	51	66	-	59	77	59
Numero di giorni con media su 8 ore maggiore di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Pzza Plouves	18	1	33	21	18	14	7	16	6
	Mont Fleury	-	38	50	79	98	47	70	121	114
	Cogne	45	13	37	4	22	48	30	50	-
	Etroubles	-	-	33	55	18	10	2	14	69
	La Thuile	-	23	24	33	15	18	16	44	3
	Donnas	65	15	118	67	69	-	67	157	78

Tabella 2.36: concentrazioni di ozono misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Monossido di carbonio (CO)

Siti di misura:

- AOSTA: Plouves, Piazza della Repubblica
- MORGEX
- DONNAS
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- COURMAYEUR campagne di misura con laboratorio mobile
- ETRoubles campagne di misura con laboratorio mobile

Il monossido di carbonio è emesso nei processi di combustione in condizioni di carenza di ossigeno, in particolare dagli autoveicoli in condizioni di traffico rallentato e congestionato.

Il suo andamento mostra un profilo stagionale con massimi nella stagione invernale e valori più contenuti d'estate.

Nelle aree con traffico particolarmente intenso tale andamento è meno marcato che per l' $\text{SO}_2$ , in quanto influenzato direttamente dal traffico.

In Aosta a Piazza Plouves e a Piazza della Repubblica il suo andamento mostra una chiara tendenza alla diminuzione, a partire rispettivamente dal 1997 e 1998. Analogo andamento si riscontra a Morgex, più marcato negli anni immediatamente successivi alla chiusura del Tunnel del Monte Bianco, avvenuta nell'aprile del 1999, e con andamento stabile successivamente. I pochi dati relativi a Donnas non permettono di rilevare una tendenza sul medio termine.

I vecchi riferimenti normativi prevedevano un valore limite sulla media oraria di 40 mg/m<sup>3</sup>, che non è mai stato superato in tutti i rilievi eseguiti, e di 10 mg/m<sup>3</sup> sulla media di 8 ore consecutive. Rispetto a questo limite si sono registrati diversi superamenti ad Aosta in Piazza Plouves nel 1997 e in Piazza della Repubblica nel 1998 e nel 2000.

Gli stessi riferimenti prevedevano inoltre un livello di attenzione sulle singole medie orarie di 15 mg/m<sup>3</sup> che è stato superato in Aosta in Piazza Plouves, nel 1997 e, sporadicamente nel 1998 e 1999 e in Piazza della Repubblica nel 1998 e, sporadicamente, nel 1999 e nel 2000. Non è mai stato riscontrato nessun superamento del livello di allarme di 30 mg/m<sup>3</sup>.

A Châtillon i livelli rilevati si sono sempre mantenuti molto bassi, anche nel sito di Piazza Duc, più centrale e trafficata, nonché nei rilievi eseguiti a Etroubles e Courmayeur in prossimità stradale.

La nuova normativa riprende il valore limite di 10 mg/m<sup>3</sup> sulla media di 8 ore.

Questo inquinante caratteristico delle aree urbane mostra una incoraggiante tendenza alla diminuzione, forse anche da attribuire all'introduzione del metano per il riscaldamento domestico e all'uso generalizzato di marmitte catalitiche sugli automezzi.

Indicatore	Stazione	Valore (mg/m <sup>3</sup> )								
		1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Pizza Plouves	2.2	2.8	1.7	1.6	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9
	Repubblica	-	-	2.9	2.2	-	2.1	1.8	1.7	1.5
	Morgex	1.2	-	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0	-	1.0
Massimo annuale media su 8 ore	Pizza Plouves	7.8	14.7	8.9	9.8	7.2	6.5	5.3	4.0	3.9
	Repubblica	-	-	17.2	9.8	12.8	8.8	7.9	7.1	7.2
	Morgex	4.5	-	8.8	4.5	4.2	3.9	3.6	-	3.1

Tabella 2.37: concentrazioni di monossido di carbonio misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

### **Polveri totali sospese e particolato fine (PM10)**

Siti di misura:

- AOSTA: Piazza Plouves
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- MORGEX campagna di misura Air Espace Mont Blanc
- LA THUILE campagna di misura Air Espace Mont Blanc
- COURMAYEUR campagne di misura con laboratorio mobile

Le polveri in sospensione sono originate dai processi di combustione e dalla risospensione da superfici libere.

La frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron (PM10) costituita principalmente da materiale carbonioso incombusto, particolarmente nociva per la salute, è oggetto di specifiche e recenti norme di riferimento. Le polveri totali sospese non sono più oggetto di riferimento per la definizione degli standard di qualità dell'aria nella recente normativa.

Le polveri totali sospese e la frazione fine sono misurate in continuo nella sola stazione di Aosta Piazza Plouves. Dal 2005 è stata interrotta la misura delle polveri totali.

Campagne di misura per la stima dei valori medi annuali sono state realizzate con un laboratorio mobile e campionatori portatili a Châtillon, Morgex, La Thuile e Courmayeur.

I rilievi in continuo effettuati in Aosta Piazza Plouves mostrano una marcata stagionalità per entrambi i parametri, con valori massimi invernali e minimi estivi. L'andamento delle medie annuali non è facilmente interpretabile: di fronte ad una tendenza alla diminuzione per le polveri totali a partire dal 1998, con l'eccezione della ripresa del 2003, si è osservata una crescita del particolato PM10 fino al 2000, con una successiva diminuzione non costante nei diversi anni.

Per le polveri totali sospese non sono mai stati superati i valori limite imposti dalla normativa nazionale in vigore fino al 2002 (DPCM 03/83).

Al contrario i valori guida per la media annuale (40 – 60 µg/m<sup>3</sup>) e per ogni media giornaliera (100 – 150 µg/m<sup>3</sup>) sono stati costantemente superati in tutti gli anni di monitoraggio.

Anche il livello di attenzione per la media giornaliera (150 µg/m<sup>3</sup>) ha fatto registrare superamenti fino al 2000.

A Châtillon si è stimato il superamento dei valori guida in due punti di misura su tre, in uno dei quali è stato superato anche il valore limite. Questo ultimo sito di misura aveva risentito della presenza nelle vicinanze di un cantiere stradale. Tale situazione è da considerare con attenzione in quanto rappresentativa di condizioni che si possono riscontrare frequentemente in aree urbane. Anche il sito posto in prossimità dell'autostrada A5 mostra superamenti per gli anni 2003 e 2004. I valori stimati per la media annuale risultano superiori al valore guida per l'anno 2003 a Courmayeur capoluogo.

Per quanto riguarda il particolato PM10 la normativa italiana prevedeva un valore di riferimento, obiettivo di qualità per la media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> sin dal 1994. Tale valore costituisce il limite in vigore dal 01/01/2005. Esso è stato raggiunto in Piazza Plouves nel 2000 e superato nella stima per il sito di prossimità autostradale di Châtillon (sito A5, anno 2004).

Il valore stimato a Morgex nell'ambito della campagna Air Espace Mont Blanc nell'anno 2000 – 2001 (in condizioni di assenza di traffico attraverso il Tunnel del Monte Bianco), e pari 36,3 µg/m<sup>3</sup>, è di poco inferiore a tale limite. A La Thuile i rilievi effettuati nell'ambito della stessa campagna hanno fatto registrare un valore nettamente inferiore, pari a 19.7 µg/m<sup>3</sup>.

La nuova normativa prevede per il PM10 (fase 1) un limite anche per le singole medie giornaliere (50 µg/m<sup>3</sup>), rispetto al quale in Piazza Plouves si sono avuti superamenti in tutti gli anni considerati.

Le campagne realizzate a Morgex e La Thuile consentono di considerare probabile un superamento del limite nel sito di Morgex.

Il particolato fine PM10 si presenta attualmente come uno degli inquinanti più problematici, sia in area urbana che nelle zone in prossimità ad assi stradali. Un contributo alla concentrazione di polveri fini in atmosfera è dato dal fondo naturale, di cui non esistono al momento determinazioni specifiche ma che sulla base dell'analisi dei dati misurati da ARPA e dalla letteratura, si stima compreso tra 5 e 10 µg/m<sup>3</sup>.

Indicatore	Stazione	Valore (µg/m <sup>3</sup> )							
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Aosta Pzza Plouves	34	37	39	40	35	32	35	33
Numero di superamenti della media giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Aosta Pzza Plouves	-	75	50	84	63	48	51	50

Tabella 2.38: concentrazioni di polveri fini misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Siti di misura :

- AOSTA: Piazza Plouves, Area Arco d'Augusto e Sant'Orso
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- ETROUBLES campagne di misura con laboratorio mobile
- COURMAYEUR campagne di misura con laboratorio mobile

Il benzene è emesso per la quasi totalità dal traffico autoveicolare.

I profili di concentrazione annuali rilevati in Aosta, mostrano una stagionalità con massimi in inverno e minimi in estate.

Questo fatto sembra potersi ricondurre all'effetto delle condizioni meteorologiche che favoriscono nella stagione invernale l'accumulo al suolo delle sostanze inquinanti.

Le medie annuali lasciano intravedere una tendenza alla diminuzione negli ultimissimi anni, forse da attribuire alla diffusione dell'uso della marmitta catalitica.

La vecchia normativa prevedeva un valore obiettivo per la media annuale di 10 µg/m<sup>3</sup>, valore sempre rispettato nelle tre stazioni di Aosta.

La nuova normativa prevede un valore limite per la protezione della salute umana di 5 µg/m<sup>3</sup> da raggiungere a partire dal 2010. Rispetto a tale limite i valori misurati in Aosta, sono stati sempre superiori, fatta eccezione per la media annua dal 2001 a Piazza Plouves.

In una prospettiva di raggiungimento del livello europeo, il benzene richiederà attente azioni di riduzione delle emissioni ottenibili agendo sia con misure di riduzione del traffico, sia con interventi di miglioramento delle caratteristiche dei combustibili che con interventi tecnici di abbattimento delle emissioni.

Indicatore	Stazione	valore (µg/m <sup>3</sup> )					
		1999	2000	2001	2002	2003	2004
Media annua	Pizza Plouves	5,3	5,3	3,9	4,8	4,4	4,0

Tabella 2.39: concentrazioni di benzene misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1995 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## Metalli pesanti

Siti di misura:

- AOSTA : Piazza Plouves
- CHATILLON campagne di misura con laboratorio mobile
- MORGEX campagna di misura Air Espace Mont Blanc
- LA THUILE campagna di misura Air Espace Mont Blanc
- ETROUBLES campagne di misura con laboratorio mobile

Queste sostanze non sono oggetto di monitoraggio in continuo ma di determinazioni quantitative effettuate in laboratorio su campioni di particolato atmosferico.

Questo tipo di campionamento viene effettuato con continuità con cadenza bi-tri giornaliera presso la stazione di Piazza Plouves dal 1999 sul particolato PM10. Sono state realizzate campagne di misura anche a Châtillon, Morgex e La Thuile.

### CADMIO (Cd)

Fonti: industrie di Zn e di Pb in quanto ne è un sottoprodotto, industrie automobilistiche e quelle che producono batterie, leghe e piombo tetraetile. Molto Cadmio si trova in natura anche in seguito all'utilizzo dei fertilizzanti fosfatici e dei pesticidi, alla combustione di carbone, petrolio, carta e rifiuti urbani.

#### CROMO (Cr)

Fonti: impianti di cromatura, produzione di vernici, concerie, cartiere, tintorie, lavorazione dell'acciaio e di altri metalli.

#### FERRO (Fe)

Fonti: industrie chimiche, metallurgiche, petrolifere e scarichi delle miniere che, in presenza di ossigeno, danno precipitati di idrossido ferrino sotto forma di depositi giallastri.

#### MANGANESE (Mn)

Fonti: fonderie (nei fumi è presente il 4% di ossido di manganese), carburanti che lo contengono come additivo, la combustione di petrolio e carbone, l'incenerimento di rifiuti.

#### NICHEL (Ni)

Fonti: combustione del carbone, del petrolio e del gasolio, gli inceneritori, le fonderie, le acciaierie.

#### PIOMBO (Pb)

Fonti: fonderie, combustione di carbone, come costituente degli antidetonanti nella benzina (vietato dal 1 gennaio 2002).

#### RAME (Cu)

Fonti: produzione di leghe, pitture, lastre fotografiche, additivi alimentari usati nell'allevamento dei suini e nella preparazione dei pesticidi, industria del ferro e dell'acciaio, combustione di carbone, petrolio, incenerimento dei rifiuti urbani.

#### ZINCO (Zn)

Fonti: fonderie, miniere (dove è presente come solfuro), inceneritori, combustione di carbone, traffico veicolare, uso di fertilizzanti e pesticidi.

I tipici modelli di dispersione dei metalli pesanti prevedono che le sorgenti rilascino livelli anche modesti di tali inquinanti ma con continuità nel tempo. Si può quindi parlare di una forma di inquinamento di tipo cronico per la quale bisogna considerare due aspetti fondamentali. Innanzitutto, trattandosi di sostanze persistenti, si deve tener presente che il loro destino ambientale è particolarmente complesso ed influenzato dai fattori meteo-climatici tipici della zona in esame. Si rende perciò necessario valutare la loro presenza su aree vaste, anche remote rispetto alle sorgenti principali.

In secondo luogo, poi, è importante considerare che questi inquinanti non saranno mai, in condizioni naturali, responsabili di effetti macroscopici su animali e vegetali che invece sono causati dal prolungato accumulo di queste molecole negli organismi. Gli effetti saranno ovviamente più deleteri a seconda delle modalità di esposizione, delle caratteristiche tossicologiche intrinseche alle differenti sostanze ed alla possibilità che esse interagiscano con altri inquinanti presenti nell'aria.

Analizzando i grafici relativi alle concentrazioni medie mensili di metalli pesanti su particolato fine rilevate in Piazza Plouves è possibile fare le seguenti osservazioni:

- l'andamento delle concentrazioni di tutti i metalli mostra un profilo stagionale con valori più elevati nei mesi invernali. I profili annuali dei diversi metalli sono confrontabili tra loro;
- nel corso degli anni non si osserva una marcata tendenza ad eccezione del Cd e del Pb. Il Cd a partire dal 1999 è progressivamente diminuito fino a raggiungere nel 2004 un terzo del valore del 1999. Per il Pb la diminuzione è più marcata. A partire dal 2002, anno in cui è stato bandito l'uso delle benzine addizionate di Pb, si è registrata una sostanziale diminuzione che ha portato a far registrare nel 2004 un valore medio annuo pari al 14% del valore del 1999;
- con riferimento ai limiti la normativa fissa per il Pb il valore di  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per la media annuale che risulta ampiamente rispettato in tutti gli anni considerati. Per il Cd ed il Ni, attualmente non presi in considerazione dalla normativa nazionale, la proposta di direttiva europea prevede una soglia di valutazione rispettivamente di  $5 \text{ ng}/\text{m}^3$  e  $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Le concentrazioni di Cd risultano in

tutti gli anni di molto inferiore a tale riferimento, per il Ni i valori registrati risultano inferiori al limite pur essendo dello stesso ordine di grandezza;

- dallo studio condotto sulle serie di dati di concentrazione dei diversi metalli, è emersa una correlazione piuttosto buona tra Ni e Zn, Ni e Pb, Zn e Pb. Per gli altri metalli, invece, la correlazione risulta piuttosto modesta (vedi tra Mn e Cu, tra Pb e Cd ecc.) se non addirittura inesistente (vedi tra Cr e Cd, tra Fe e Zn ecc.). L'eventuale correlazione tra metalli può indicare la loro provenienza da una medesima fonte di emissione o la loro dipendenza da analoghi fattori meteorologici: nel caso in cui si verificano l'una o l'altra condizione (o entrambe, ovviamente) è possibile che metalli diversi possiedano cammini di dispersione simili.

Attraverso le campagne di misura del laboratorio mobile si è effettuata una stima delle medie annuali dei metalli pesanti riferite ad anni diversi. Per quanto riguarda le concentrazioni di Pb, esse risultano più elevate nelle zone interessate da un traffico autoveicolare sostenuto (Châtillon ed Etroubles lungo la strada statale). Si osserva anche che dai primi rilievi eseguiti nel 1999 le concentrazioni diminuiscono negli anni successivi. Un'analoga tendenza, sebbene non così marcata, si ritrova per il Cd a Châtillon. Con riferimento ai limiti in tutti i siti essi risultano rispettati e valgono le considerazioni espresse per Aosta. Per quanto riguarda altri metalli pesanti, alcuni dei quali sono anche di origine naturale (Fe, Cu) si hanno valori che non permettono allo stato attuale di esprimere dettagliate valutazioni, ma costituiscono una base di informazioni per una caratterizzazione del territorio.

Metallo	Valore medio annuo (ng/m <sup>3</sup> ) a Aosta P. Plouves					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Piombo	34,9	29,66	26,1	9,5	6,7	4,8
Cadmio	0,54	0,32	0,28	0,24	0,24	0,22
Ferro	138	143	139	134	155	130
Zinco	27,2	30,2	45,5	40,7	35,3	38,4
Rame	5,7	6,2	5,7	7,9	7,5	6,3
Nichel	9,9	8,9	9,0	12,4	13,2	9,1
Cromo	7,4	4,5	7,7	10,9	6,2	6,0
Manganese	9,2	11,4	13,3	11,7	13,0	15,3

Tabella 2.40: concentrazioni di metalli pesanti misurate in Valle d'Aosta a partire dal 1999 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.3\_3 I DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA NEL 2004

Nelle tabelle seguenti sono riportate in forma sintetica le misure eseguite dalla rete di monitoraggio dell'ARPA Valle d'Aosta per l'anno 2004 per i principali inquinanti. I dati completi, per tutti gli inquinanti e per tutte le stazioni a partire dal 1995, sono riportati nell'allegato 2. Nell'allegato 1 sono riportati i limiti di legge cui si è fatto riferimento per la valutazione della qualità dell'aria.

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
PM10	Media annua	Pzza Plouves	33 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup> (protezione della salute umana)	01/01/2005
	Numero di superamenti della media giornaliera di 50 µg/m <sup>3</sup>	Pzza Plouves	<b>50</b>	35 (protezione della salute umana)	01/01/2005
PTS	Media annua	Pzza Plouves	43 µg/m <sup>3</sup>	Non definito	-

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
O <sub>3</sub>	Media annua	Piazza Plouves	44 µg/m <sup>3</sup>	Non definito	-
		Mont Fleury	64 µg/m <sup>3</sup>		
		Etroubles	84 µg/m <sup>3</sup>		
		La Thuile	75 µg/m <sup>3</sup>		
		Donnas	59 µg/m <sup>3</sup>		
	Numero di giorni con media su 8 ore maggiore di 120 µg/m <sup>3</sup>	Pzza Plouves	6	25 (valore bersaglio per la protezione della salute umana)	01/01/2010
		Mont Fleury	<b>114</b>		
		Etroubles	<b>69</b>		
		La Thuile	3		
		Donnas	<b>78</b>		
	AOT40 (maggio/luglio)	Pzza Plouves	11289	18000 (valore bersaglio per la protezione della vegetazione)	01/01/2010
		Mont Fleury	<b>45620</b>		
		Etroubles	<b>33250</b>		
		La Thuile	13719		
		Donnas	<b>39459</b>		

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Media annua	Pzza Plouves	4.0 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup> (protezione della salute umana)	01/01/2010

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
<b>NO<sub>2</sub></b>	Media annua	Aosta P. Plouves	25 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup> (protezione della salute umana)	01/01/2010
		Aosta Teatro R.	31 µg/m <sup>3</sup>		
		Aosta M. Fleury	28 µg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	20 µg/m <sup>3</sup>		
		Etroubles	14 µg/m <sup>3</sup>		
		La Thuile	6 µg/m <sup>3</sup>		
	Massima media oraria nell'anno	Aosta P. Plouves	<b>203 µg/m<sup>3</sup></b>	200 µg/m <sup>3</sup> (protezione della salute umana)	01/01/2010
		Aosta Teatro R.	177 µg/m <sup>3</sup>		
		Aosta M. Fleury	115 µg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	154 µg/m <sup>3</sup>		
		Etroubles	107 µg/m <sup>3</sup>		
		La Thuile	72 µg/m <sup>3</sup>		
	Numero di superamenti della media oraria di 200 µg/m <sup>3</sup>	Aosta P. Plouves	1		
		Aosta Teatro R.	0		
		Aosta M. Fleury	0		
Morgex		0			
Etroubles		0			
La Thuile		0			
<b>NO<sub>x</sub></b>	Media annua	Etroubles	18 µg/m <sup>3</sup>	30 µg/m <sup>3</sup> (protezione vegetazione)	19/07/2001
		La Thuile	10 µg/m <sup>3</sup>		

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
<b>CO</b>	Media annua	Pzza Plouves	0,9 mg/m <sup>3</sup>	Non definito	-
		Pzza Repubblica	1,5 mg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	1,1 mg/m <sup>3</sup>		
	Massimo annuale media su 8 ore	Pzza Plouves	3,9 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup> (protezione della salute umana)	01/01/2005
		Pzza Repubblica	7,2 mg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	3,1 mg/m <sup>3</sup>		

Metalli pesanti	Indicatore	Stazione	Valore	Soglia di valutazione	
				valore	data
<b>Cadmio</b>	Media annua	Pzza Plouves	0,22 ng/m <sup>3</sup>	5 ng/m <sup>3</sup>	01/01/2005
<b>Cromo</b>	Media annua	Pzza Plouves	6.0 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Ferro</b>	Media annua	Pzza Plouves	130 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Manganese</b>	Media annua	Pzza Plouves	15,9 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Nichel</b>	Media annua	Pzza Plouves	9,5 ng/m <sup>3</sup>	20 ng/m <sup>3</sup>	01/01/2005
<b>Piombo</b>	Media annua	Pzza Plouves	4,8 ng/m <sup>3</sup>	500 ng/m <sup>3</sup>	01/01/2005
<b>Rame</b>	Media annua	Pzza Plouves	6,3 ng/m <sup>3</sup>	-	-
<b>Zinco</b>	Media annua	Pzza Plouves	38,4 ng/m <sup>3</sup>	-	-

Inquinante	Indicatore	Stazione	Valore	Limite	
				valore	data
SO <sub>2</sub>	Media annua	Pzza Plouves	13 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup> (protezione degli ecosistemi)	19/07/2001
		Teatro R.	9 µg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	4 µg/m <sup>3</sup>		
		Cogne	6 µg/m <sup>3</sup>		
		Etroubles	5 µg/m <sup>3</sup>		
		La Thuile	3 µg/m <sup>3</sup>		
		Donnas	3 µg/m <sup>3</sup>		
	Media semestre invernale (ottobre 2004 – marzo 2005)	Pzza Plouves	<b>23 µg/m<sup>3</sup></b>	20 µg/m <sup>3</sup> (protezione degli ecosistemi)	19/07/2001
		Teatro R.	18 µg/m <sup>3</sup>		
		Morgex	5 µg/m <sup>3</sup>		
		Cogne	6 µg/m <sup>3</sup>		
		Etroubles	6 µg/m <sup>3</sup>		
		La Thuile	3 µg/m <sup>3</sup>		
		Donnas	3 µg/m <sup>3</sup>		
	Numero di superamenti della media oraria di 350 µg/m <sup>3</sup>	Pzza Plouves	0	24 (protezione della salute umana)	01/01/2005
		Teatro R.	0		
		Morgex	0		
		Cogne	0		
		Etroubles	0		
		La Thuile	0		
		Donnas	0		
	Numero di superamenti della media giornaliera di 125 µg/m <sup>3</sup>	Pzza Plouves	0	3 (protezione della salute umana)	01/01/2005
		Teatro R.	0		
		Morgex	0		
		Cogne	0		
		Etroubles	0		
		La Thuile	0		
		Donnas	0		

Tabella 2.41: sintesi dei dati di concentrazione misurati della rete regionale di controllo della qualità dell'aria in Valle d'Aosta nel 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

## 2.3\_4 MODELLI DI DISPERSIONE

I modelli numerici che simulano la dispersione degli inquinanti in atmosfera sono uno strumento utile per:

- ottenere campi di concentrazione anche in quelle zone del territorio dove non sono presenti stazioni di misura;
- estendere la rappresentatività spaziale delle misure della rete di monitoraggio;
- ottenere informazioni sulle relazioni esistenti tra emissioni e immissioni (matrici sorgenti-recettori) distinguendo i contributi delle diverse sorgenti;
- valutare gli effetti sulla qualità dell'aria di inquinanti non misurati dalla rete di monitoraggio;
- simulare scenari di qualità dell'aria conseguenti a diverse ipotesi di condizioni emissive.

I risultati che si ottengono dalle simulazioni numeriche sono affette da un certo grado di incertezza, dovuto sia al modello (difficoltà nel descrivere esattamente i fenomeni fisico – chimici che determinano la dispersione degli inquinanti) sia ai dati di ingresso (emissioni e variabili meteo-climatiche).

Inoltre, la corretta applicazione della modellistica non può prescindere da un rigoroso confronto tra i risultati prodotti con le simulazioni e le misure, per la taratura e la verifica dei modelli. Questa procedura richiede una buona costruzione della rete di monitoraggio, affidabilità, accuratezza e rappresentatività delle misure ed una buona conoscenza delle emissioni.

Dalla considerazione che i fenomeni di dispersione degli inquinanti sono determinati, oltre che dal tipo e dalla quantità degli inquinanti presenti in atmosfera (inventario delle emissioni) anche dalle condizioni meteorologiche e dalle caratteristiche del territorio (orografia, copertura ed uso del suolo), risulta evidente che le simulazioni modellistiche sono piuttosto complesse e richiedono l'utilizzo di diversi moduli.

ARPA Valle d'Aosta nelle simulazioni modellistiche utilizza la suite ARIA Regional (sviluppata dalla società francese ARIA Technologies, distribuita in Italia dalla società ARIANET) creata appositamente per lo studio dell'inquinamento atmosferico a scala regionale in territorio complesso.

Questa suite consente di operare su domini variabili da 30 a 1000 km di lato, utilizzando come ingresso per la meteorologia i dati misurati dalle stazioni al suolo, i radiosondaggi e i dati prodotti dai modelli di previsione meteorologica a scala globale o a mesoscala; per le emissioni tutti i dati di emissione di tutte le specie chimiche coinvolte di sorgenti puntuali, lineari ed areali. Nella figura seguente è schematizzata la procedura operativa che consente di effettuare le simulazioni, con l'indicazione dei programmi utilizzati nelle varie fasi: EMISSION MANAGER, MINERVE, SURFPRO, SPRAY.

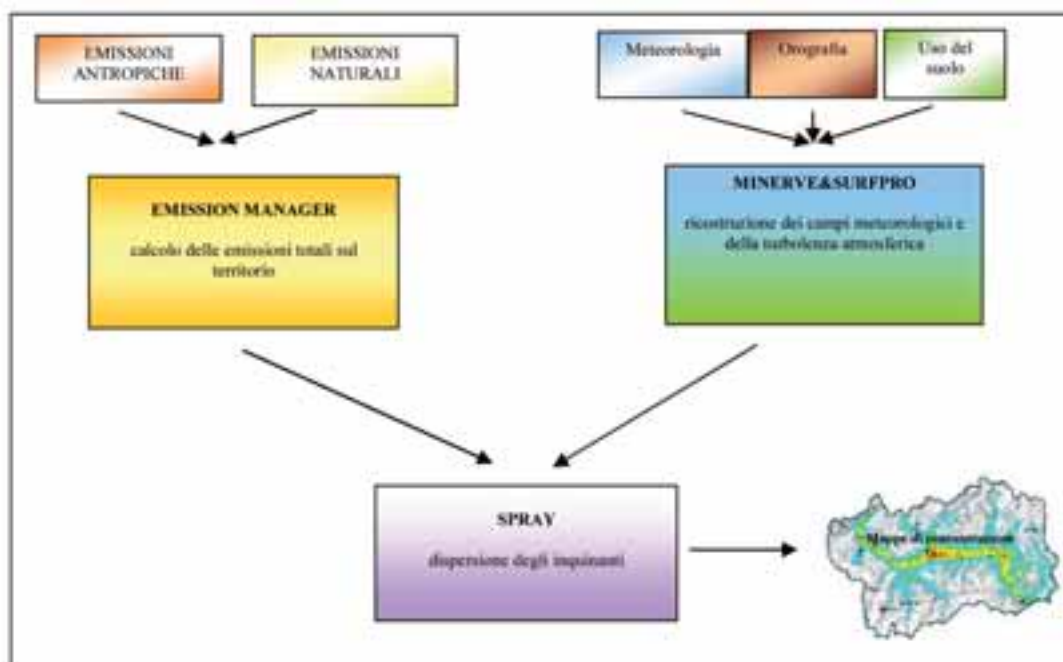


Figura 2.32: procedura operativa per simulazioni di qualità dell'aria adottata da ARPA Valle d'Aosta.

Il modulo EMISSION MANAGER è un codice che consente di rappresentare la distribuzione territoriale e temporale delle sostanze emesse dalle sorgenti inquinanti presenti su tutto il territorio, censite nell'inventario delle emissioni, in una forma adatta ad essere utilizzata dai modelli di dispersione. I dati sono organiz-

zati per inquinante, unità territoriale, attività emissiva (a sua volta eventualmente separata in sotto-attività e combustibile).

Il modulo MINERVE è un modello meteorologico diagnostico per la ricostruzione dei campi di vento, temperatura, umidità specifica a partire dai dati al suolo provenienti dalle stazioni meteorologiche sul territorio e dai profili verticali ottenuti con radiosondaggi dell'atmosfera, utilizzando i file precedentemente creati che contengono i dati di orografia e uso del suolo.

Il modulo SURFPRO, SURface-atmosphere interface PROcessor, si utilizza per stimare parametri geofisici (altezza di rugosità, albedo), flussi superficiali (calore, radiazione), parametri di scala del Planetary Boundary Layer (altezza di rimescolamento, velocità di frizione, lunghezza di Monin-Obukhov, classi di stabilità), diffusività turbolente orizzontali e verticali, velocità di deposizione per diverse specie chimiche. Il calcolo di questi campi si basa sui dati di uso del suolo (altezza di rugosità), sull'orografia (esposizione dei versanti), sulle condizioni atmosferiche (stabilità, velocità del vento, radiazione solare) e sulle proprietà delle specie chimiche considerate (reattività in fase gassosa).

Il modulo SPRAY è un modello lagrangiano a particelle per la simulazione della dispersione di inquinanti in atmosfera in grado di tenere conto delle variazioni del flusso e della turbolenza atmosferica sia nello spazio (condizioni disomogenee) che nel tempo (condizioni non stazionarie). È in grado di ricostruire campi di concentrazione considerando sorgenti puntiformi, lineari, areali o volumetriche. L'inquinante è simulato da "particelle virtuali" il cui movimento è definito sia dal vento medio locale sia da velocità casuali che riproducono le caratteristiche statistiche della turbolenza atmosferica. In questo modo, differenti parti del pennacchio emesso possono "vedere" differenti condizioni atmosferiche, permettendo simulazioni più realistiche in condizioni difficili da riprodurre con modelli tradizionali (calma di vento, inversione di temperatura con la quota, impatto con orografia complessa, dispersione in siti con forti discontinuità spaziali tipo terra-mare o città-campagna).

Le due mappe seguenti mostrano la stima della distribuzione della concentrazione di ossidi di azoto sul territorio regionale in condizioni meteorologiche differenti: la stabilità invernale (calma di vento e inversione termica) e i venti di foehn. È immediato notare l'elevato valore delle concentrazioni in condizioni di stabilità e l'effetto di pulitura dei venti di foehn.

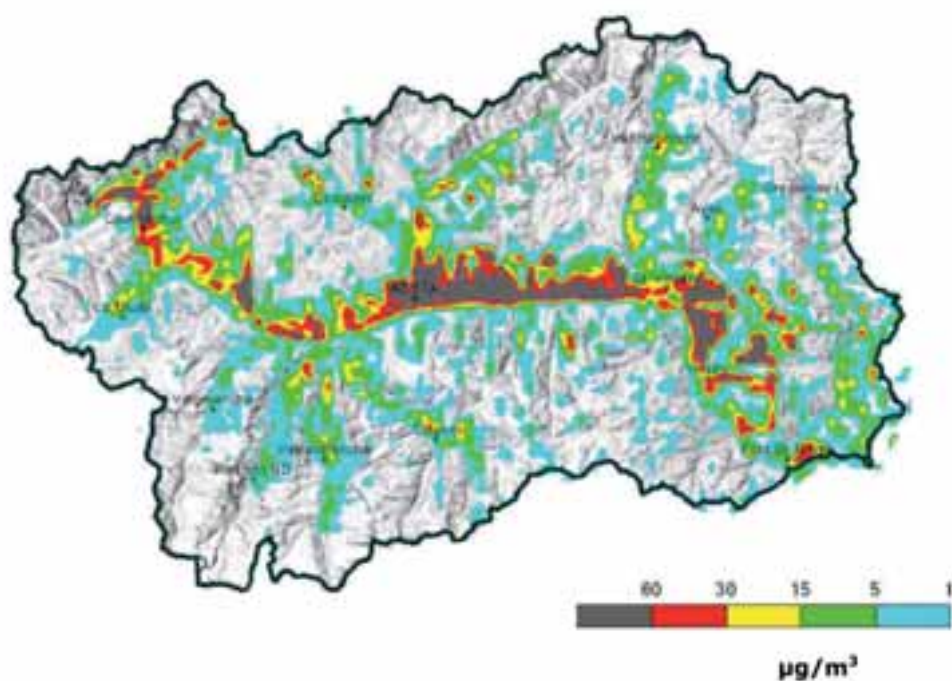


Figura 2.33: stima delle concentrazioni di ossidi di azoto in condizioni di stabilità atmosferica (fonte: ARPA VdA).

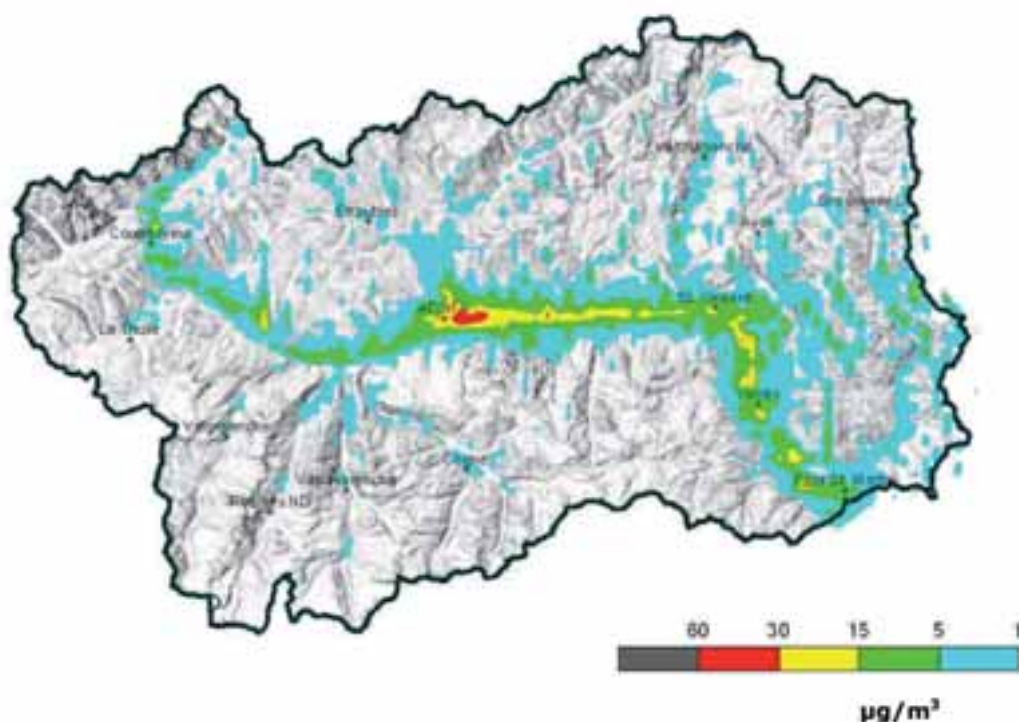


Figura 2.34: stima delle concentrazioni di ossidi di azoto in condizioni di foehn (fonte: ARPA VdA).

## VERIFICA DEL MODELLO

Per valutare la bontà di una simulazione è indispensabile confrontare le concentrazioni stimate dai modelli numerici con quelle misurate dalle stazioni. Per effettuare tale confronto sono stati considerati due indici statistici: il fractional bias (FB) per i valori orari e lo scarto percentuale per le medie annue.

Il *fractional bias* è un indice che consente di valutare se il modello sovrastima ( $FB < -0.3$ ) o sottostima ( $FB > 0.3$ ) ed è definito come la metà del rapporto tra la media delle differenze e la somma delle medie:

$$FB = \frac{1}{2} \frac{C_m - C_c}{C_m + C_c}$$

dove  $C_c$  e  $C_m$  sono, rispettivamente, le concentrazioni calcolate e misurate.

Le due figure seguenti mostrano il confronto tra i valori orari stimati e misurati in ambito urbano (Figura 2.35) ed in ambito rurale (Figura 2.36): si nota un buon accordo nelle zone urbane ( $FB = 0,03$ ), mentre è evidente una sottostima del modello nelle zone rurali ( $FB = 0.37$ ). Tale sottostima deve essere attribuita alla necessità di definire, per le zone lontane dai centri urbani, un valore di fondo imputabile alla sorgenti emissive regionali non ancora stimate e a quelle delle Regioni confinanti (Piemonte, Svizzera, Francia) di cui, al momento della redazione del Piano, non erano disponibili i dati degli inventari. Considerando la serie annuale delle misure è stato possibile calcolare tale fondo; ad esempio per il sito di Etroubles si ottiene un fondo di  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , che sommato ai valori calcolati conduce ad un  $FB = -0,002$ , valore che indica una buona stima.

In entrambi i casi si può notare che non sempre tutti i picchi misurati sono previsti dai modelli in quanto un evento accidentale non può rientrare nella modulazione temporale delle emissioni che necessariamente rappresenta una cronologia "media".

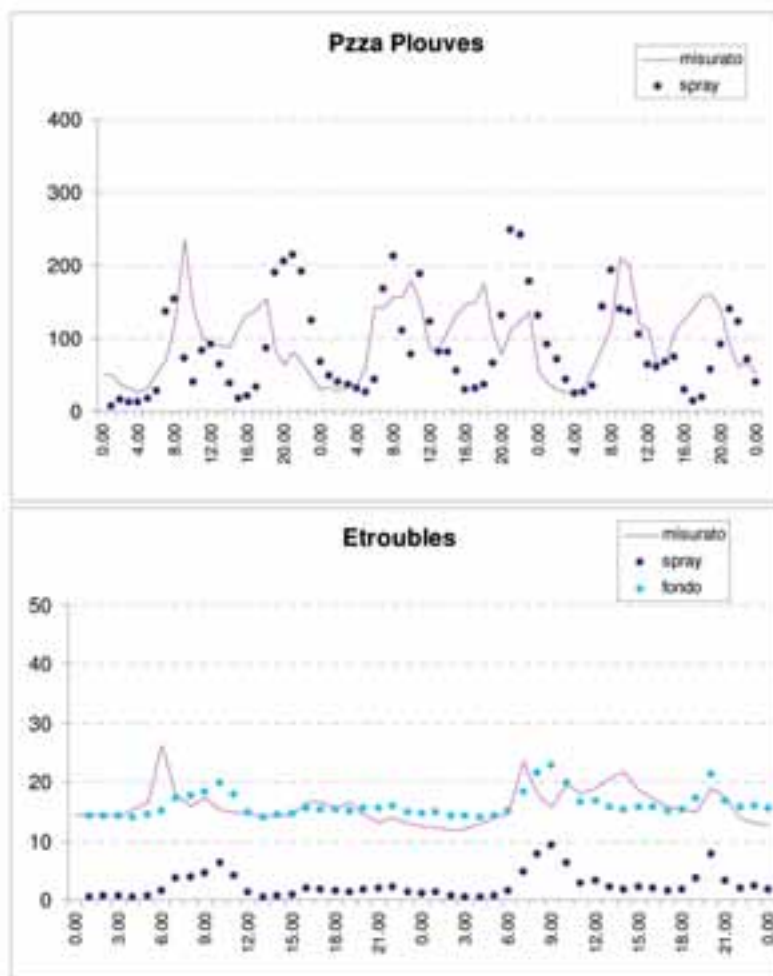


Figura 2.35: esempio di confronto orario con le misure: stazione di Aosta Piazza Plouves.

Figura 2.36: esempio di confronto orario con le misure: stazione di Etroubles.

Per quanto riguarda le medie annue delle concentrazioni di ossidi di azoto i risultati del confronto sono riassunti nella tabella seguente, in cui si vede che per NO<sub>x</sub> lo scarto si mantiene al di sotto del 30% indicato dalla normativa (DM 60/2002), mentre per NO<sub>2</sub> il modello sovrastima per Piazza Plouves.

Stazione	NO <sub>x</sub>				NO <sub>2</sub>			
	Media misurata	Media calcolata	Media con fondo	Scarto misurato-calcolato	Media misurata	Media calcolata	Media con fondo	Scarto misurato-calcolato
Piazza Plouves	66	87	-	32%	25	41	-	64%
Teatro romano	61	80	-	31%	31	38	-	23%
Mont Fleury	66	38	80	21%	28	22	-	-21%
Etroubles	18	3	18	0%	14	2	14	0%
Morgex	47	16	37	-21%	20	10	21	5%
La Thuile	10	3	12	20%	6	2	7	17%

Tabella 2.42: confronto delle medie annuali calcolate e misurate per l'anno 2004 (fonte: ARPA Valle d'Aosta).

In conclusione si possono fare alcune osservazioni:

- il confronto è fatto tra valori misurati in un punto e valori stimati su celle di 500 metri di lato e quindi è naturale avere delle discrepanze;
- per NO<sub>x</sub> i valori di superamento del limite annuale di 30 µg/m<sup>3</sup> sono stati correttamente previsti dal modello;
- per NO<sub>2</sub> il modello stima un superamento del limite annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> per la stazione di Piazza Plouves: i valori misurati (con tutte le incertezze dovute al metodo e agli strumenti di misura) hanno rilevato valori leggermente al di sotto del limite, ma la zona urbana della città di Aosta è comunque da ritenere a rischio di superamenti;
- le misure delle stazioni possono essere affette da errori.

## 2.3\_5 MAPPE DI CONCENTRAZIONE PER I DIVERSI INQUINANTI

Le simulazioni modellistiche per la valutazione della qualità dell'aria in Valle d'Aosta sono state effettuate su un dominio spaziale contenente l'intero territorio regionale (un rettangolo di 101x67 km<sup>2</sup>); l'orografia, la meteorologia e la turbolenza atmosferica vengono elaborate su una griglia di passo 1 km, mentre il modello di dispersione SPRAY è in grado di operare su una griglia con passo pari a 500 metri.

Le simulazioni modellistiche effettuate con l'inventario delle emissioni aggiornato al 2004 e riferite all'anno meteorologico 2004 producono i risultati riportati di seguito per le concentrazioni di biossido di azoto e di ossidi di azoto.

### Concentrazione media annua di NO<sub>2</sub> - anno 2004

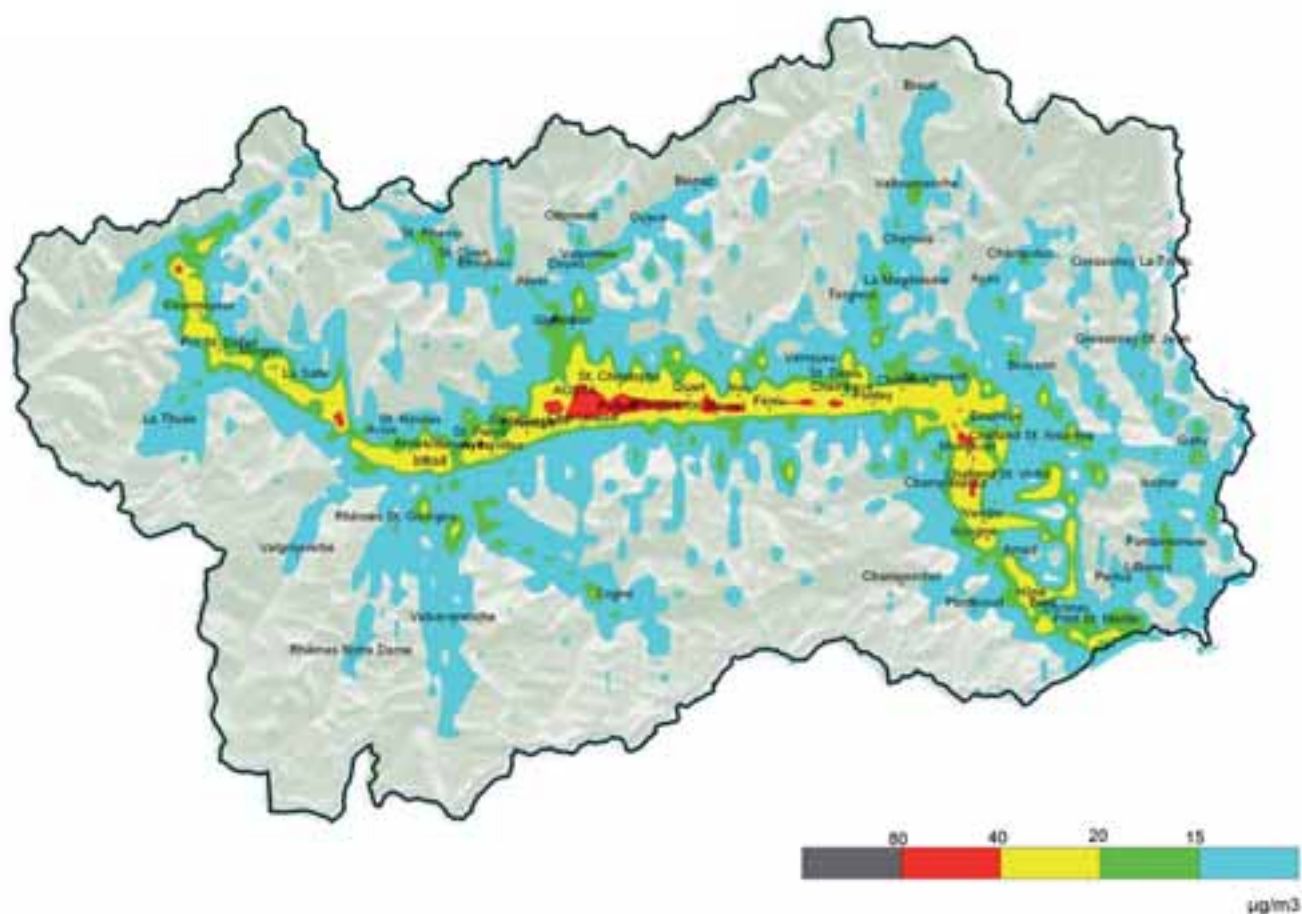


Figura 2.37: distribuzione delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> in Valle d'Aosta nel 2004, prodotta con simulazioni numeriche (fonte: ARPA Valle d'Aosta).



## 2.3\_6 CONCLUSIONI SULLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

In sintesi, la valutazione della qualità dell'aria per il 2004 evidenzia le seguenti criticità:

- superamento del valore limite per il PM10, misurato nella stazione di Aosta Piazza Plouves;
- superamento dei valori bersaglio per la protezione della salute umana e della vegetazione per l'ozono, misurati in Aosta Mont Fleury, Etroubles e Donnas;
- criticità nel rispetto del valore limite per la protezione della salute umana per il biossido di azoto nella città di Aosta e che, sulla base delle simulazioni modellistiche, interessa prioritariamente tutta l'area della "Plaine" e può condizionare l'intero solco vallivo principale (Figura 2.37);
- superamento del valore limite per la protezione degli ecosistemi per gli ossidi di azoto, stimato con simulazioni modellistiche in tutta la zona del fondovalle della valle centrale.

Nel 2005 è stato registrato anche un superamento del limite normativo per la concentrazione media annua ( $1 \text{ ng/m}^3$ ) del benzo(a)pirene:  $1,36 \text{ ng/m}^3$ .

Ne consegue che il Piano per il risanamento, il miglioramento e il mantenimento della qualità dell'aria si propone di operare essenzialmente per la riduzione delle emissioni di polveri fini (e dei microinquinanti da esse veicolati) e di ossidi di azoto. Per l'ozono, un inquinante secondario prodotto in buona parte al di fuori del territorio regionale, non è possibile prevedere misure specifiche per la sua riduzione, anche se agendo sui precursori si può ottenerne una diminuzione.

