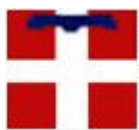


Metodologia di verifica dei fabbisogni lordi nei comprensori irrigui della Regione Piemonte



REGIONE PIEMONTE

Direzione Regionale
Pianificazione delle risorse idriche



UNIVERSITÀ DI TORINO

Dipartimento di Economia e Ingegneria
agraria, forestale e ambientale

LAVORO EFFETTUATO IN REGIME DI CONVENZIONE
TRA
REGIONE PIEMONTE E UNIVERSITÀ DI TORINO

**METODOLOGIA DI VERIFICA
DEI FABBISOGNI LORDI NEI COMPENSORI IRRIGUI
DELLA REGIONE PIEMONTE**

Torino, febbraio 2001

Regione Piemonte

Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche*
Via Principe Amedeo, 17
10153 Torino

Università degli Studi di Torino

Dipartimento di Economia e Ingegneria agraria, forestale e ambientale**

Autori dei testi:

Carlo Merlo**
Lorenzo Allavena**

Responsabili scientifici:

Carlo Merlo**
Fabio Robotti*

Serie storiche dei dati termo-pluviometrici ricavate da:

- CD allegato alla "Collana studi climatologici in Piemonte - Distribuzione regionale di piogge e temperature". Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino (1998), Ages Arti Grafiche, Torino;
- Volumi 1, 2 del "Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese". Regione Piemonte (1980), Litografia Rotostampa Silvestri, Torino.

Dati delle stazioni meteorologiche automatiche regionali:

- per gli anni 1988 e 1989 ricavati dagli "annali meteorologici" della Regione Piemonte;
- per gli anni dal 1990 al 1998 ricevuti in forma elettronica dal Servizio Meteo-Idrografico della Regione Piemonte.

Fotografie di copertina: Valentina Abello, Giuseppe Carra, Carlo Merlo

- derivazione dalla Dora Baltea per l'alimentazione del Naviglio d'Ivrea;
- canale Loreto derivato dal Maira, in comune di Busca;
- irrigazione per scorrimento, in provincia di Cuneo;
- ponte canale Ceaglia sul rio Talutto, in comune di Busca;
- impianto irriguo "pivot", in provincia di Alessandria;
- sommersione permanente, in provincia di Vercelli;
- microirrigazione, in comune di Maglione.

La maturata consapevolezza che l'acqua è una risorsa limitata e vulnerabile ha stimolato a livello europeo, nazionale e regionale la promulgazione di disposizioni legislative atte a governare i prelievi dai corpi idrici in modo da garantire sia la tutela del patrimonio ambientale per le generazioni future, sia lo sviluppo economico e sociale delle popolazioni.

L'impegno della Amministrazione regionale è quello di mantenere e tutelare una buona condizione ecologica nei corsi d'acqua superficiali e negli acquiferi sotterranei temperando le esigenze d'ordine economico di sviluppo dei settori produttivi idroesigenti.

L'impegno dei comparti produttivi agricoli e industriali di utilizzare in maniera efficiente i volumi d'acqua che occorrono alle esigenze di processo, senza inutili sprechi di risorsa, è la condizione primaria per assicurare l'equilibrio degli ecosistemi acquatici.

In Piemonte mediante le pratiche irrigue viene apportato alle colture agricole un volume di circa sei miliardi di metri cubi, gran parte dei quali sono destinati all'alimentazione dell'imponente sistema delle risaie dell'areale orientale della nostra Regione.

La presente pubblicazione illustra una metodologia di calcolo che consente di stimare i fabbisogni lordi d'acqua a livello di comprensori agrari omogenei tenendo conto delle differenti specie vegetali coltivate, delle diverse caratteristiche dei terreni e del clima, nonché delle peculiari modalità di trasporto e di distribuzione dell'acqua alle colture.

Lo studio si rivolge sia agli utilizzatori della risorsa idrica, che possono richiedere alla Autorità concedente volumi d'acqua dimensionati sui fabbisogni effettivi, sia alla Pubblica Amministrazione che dispone così di uno strumento per la verifica ed il controllo dei prelievi idrici.

Le informazioni che scaturiscono dal presente studio circa i potenziali fabbisogni delle differenti colture agrarie su base stagionale e mensile sono state rese possibili dalla utilizzazione dei dati forniti dal Servizio Meteo-Idrografico Regionale.

La metodologia adottata è stata verificata grazie alla proficua collaborazione con l'Ordine regionale degli agronomi del Piemonte e della Valle d'Aosta.

Il contributo tecnico - scientifico che viene qui fornito è il frutto di una fattiva collaborazione tra L'Università, l'Ordine dei Liberi Professionisti e la Pubblica Amministrazione per la disciplina del corretto utilizzo della risorsa acqua.

Salvatore De Giorgio

*Responsabile Direzione Regionale
Pianificazione delle Risorse Idriche*

Ugo Cavallera

Assessore Regionale all'Ambiente

INDICE

	Pagina
1 - Introduzione	1
2 - Impostazione della metodologia	3
3 - Taratura della formula di Blaney-Criddle	5
4 - Bilanci idrici e fabbisogni netti parcellari	9
4.1 - Dati termo-pluviometrici	9
4.2 - Bilanci idrici per le irrigazioni umettanti	9
4.2.1 - Impostazione dei bilanci	9
4.2.2 - Applicazione dei bilanci idrici ai diversi casi	11
4.2.3 - Valori medi e valori frequenziali della evapotraspirazione e dei fabbisogni	12
4.3 - Bilanci idrici per la sommersione permanente del riso	18
4.3.1 - Impostazione dei bilanci	18
4.3.2 - Applicazione dei bilanci	20
4.3.3 - Valori medi e valori frequenziali	21
4.4 - Limitazioni derivanti dal periodo mensile dei bilanci idrici	21
5 - Presentazione dei risultati	25
5.1 - Carte tematiche	26
6 - Altre colture	27
7 - Falda freatica	29
8 - Efficienze irrigue	31
9 - Calcolo dei fabbisogni lordi comprensoriali	33
9.1 - Precisazioni ed istruzioni	33
9.2 - Esempio di calcolo	44
BIBLIOGRAFIA	49

APPENDICE

CARATTERISTICHE delle STAZIONI	55
TABELLE e GRAFICI sintetici della ETo e dei FABBISOGNI NETTI	57
CARTE TEMATICHE	73
Base cartografica	75

CARTE TEMATICHE DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO	77
Valori medi	79
Valori con frequenza di superamento 20%	91
CARTE TEMATICHE DEI FABBISOGNI NETTI DI VALORE MEDIO	103
Potenziali	105
Prato	115
Mais	125
Frutteto	133
Riso F = 1.000 mm	143
Riso F = 3.000 mm	151
CARTE TEMATICHE DEI FABBISOGNI NETTI CON FREQUENZA DI SUPERAM. 20% ..	159
Potenziali	161
Prato	171
Mais	181
Frutteto	189
Riso F = 1.000 mm	199
Riso F = 3.000 mm	207

1 - Introduzione

Il territorio della Regione Piemonte presenta un'elevata variabilità climatica, sia sul piano spaziale sia dal punto di vista temporale. In particolare, le precipitazioni non sono uniformemente distribuite nel corso dell'anno e normalmente scarseggiano durante il periodo estivo, proprio quando i consumi idrici delle colture irrigue sono maggiori.

L'irrigazione rappresenta perciò un fattore di produzione indispensabile, in molte zone, per garantire un adeguato livello produttivo delle colture a ciclo estivo e per consentire la specializzazione delle coltivazioni.

Si osserva, infatti, che la discreta disponibilità estiva d'acque fluenti superficiali, e in alcune aree, d'acque sotterranee naturalmente risorgenti, ha permesso alla pratica irrigua di affermarsi e diffondersi a partire da antica data, tanto da interessare, al momento del 4° censimento generale dell'agricoltura (1990), una superficie irrigabile pari a 455.615 ha (40% della SAU) ed una superficie irrigata eguale a 372.741 ha.

In Piemonte, così come in Italia e nel mondo in genere, il settore agricolo è pertanto stato, e continua ad essere, il principale utilizzatore d'acqua dolce.

I prelievi e le utilizzazioni dell'acqua per le diverse attività umane sono evidentemente soggetti a regolamentazione. Per quanto ci riguarda più da vicino, si può affermare che subito dopo l'unità d'Italia la legislazione sulle acque ha avuto un carattere prevalentemente di polizia, per tutelare gli usi comuni, prevalenti nella società agricola dell'epoca.

Successivamente, con il Testo Unico 25 luglio 1904, n. 523, fu sviluppata una legislazione particolare sulle opere idrauliche, mentre con il Regio Decreto 11 luglio 1913, n. 959, si disciplinarono a parte l'uso delle acque per la navigazione e le opere relative.

Andavano intanto maturando il riassetto dell'agricoltura e lo sviluppo dell'industria, con nuove esigenze di carattere produttivo: irrigazioni, produzione di forza motrice, derivazioni per industrie tessili, chimiche, pesanti, ecc. Il Legislatore si preoccupò quindi dei diritti d'utenza idrica, attraverso una serie di provvedimenti sfociati nel Testo Unico 11 dicembre 1933, n. 1775.

Più recentemente è maturata la consapevolezza dell'importanza dell'acqua quale risorsa fondamentale e limitata; nello stesso tempo sono emersi gli effetti ambientali negativi provocati dai prelievi idrici eccessivi e dagli inquinamenti. Per questi motivi, e sotto lo stimolo delle direttive emanate dall'Unione Europea, a partire dagli anni '70 del XX secolo sono state messe a punto, a livello sia nazionale sia regionale, disposizioni legislative e normative nel campo dei prelievi idrici, delle utilizzazioni, degli scarichi.

Per quanto concerne gli usi irrigui, le modifiche al Testo Unico del 1933, introdotte dal Decreto Legislativo 12 luglio 1993, n. 275, impongono che in occasione del rinnovo delle con-

cessioni di grandi e piccole derivazioni d'acqua sia verificato l'effettivo fabbisogno idrico in funzione di vari parametri, tra cui: l'estensione della superficie da irrigare, le colture praticate ed i loro consumi, i metodi irrigui adottati.

Al fine di rendere possibile la realizzazione di tale verifica in conformità a dati oggettivi, è stata messa a punto una metodologia di valutazione dei fabbisogni lordi d'acqua irrigua alla fonte d'approvvigionamento, con specifico riferimento ai comprensori irrigui della Regione Piemonte.

Questo procedimento consente di tenere conto della variabilità dei fabbisogni delle colture, delle perdite che occorrono durante le fasi di trasporto e distribuzione dell'acqua irrigua, nonché delle perdite connesse con le operazioni di adacquamento.

2 - Impostazione della metodologia

Con una superficie territoriale pari a 2.539.891 ha, il Piemonte si posiziona al primo posto tra le regioni della penisola, ed al secondo posto, dopo la Sicilia, tra le regioni Italiane. Quasi la metà della regione è montuosa (43,2%); ambienti collinari (30,3%) e pianure (26,4%) si spartiscono il resto del territorio.

Del totale di 372.741 ha che costituiscono la superficie irrigata piemontese all'anno 1990, la stragrande maggioranza (84,7%) è situata in pianura, il 12,0% in collina ed il 3,3% in territori montani.

Alla luce di questi dati, tenendo anche conto del fatto che le irrigazioni montane sono in diminuzione, si è preferito escludere dalla metodologia generale le aree di montagna, a vantaggio di una migliore definizione dei fabbisogni relativi alle aree irrigate di pianura e di collina, le quali rappresentano il 96,7% del totale regionale. I fabbisogni delle zone escluse andranno pertanto valutati diversamente.

Secondo uno studio sui Consorzi irrigui piemontesi (ESAP, 1986) risulta poi che nei territori di pianura e di collina circa l'80% della superficie irrigabile è servita da organismi collettivi. Per tale motivo la metodologia in parola fa esplicito riferimento ai comprensori irrigui serviti in forma collettiva.

Il procedimento può comunque essere utilizzato anche per le irrigazioni interessanti singole aziende agrarie dotate di approvvigionamento idrico in forma autonoma.

Venendo ora alla sostanza del discorso, l'algoritmo utilizzato prevede un percorso avente verso opposto rispetto al cammino compiuto dall'acqua irrigua a partire dalla fonte di approvvigionamento.

Sinteticamente si può ricordare che la fase iniziale comporta la formulazione di bilanci idrici relativi alla parcella irrigua, condotti con riferimento a diverse colture e per una lunga serie di anni, al fine di tenere conto della variabilità climatica. In base ai risultati dei bilanci si definiscono quindi i fabbisogni netti parcellari di valore medio e quelli aventi una data frequenza di superamento.

Successivamente, mettendo in conto le superfici interessate dalle varie colture irrigue e le perdite legate all'adacquamento, al trasporto, alla distribuzione dell'acqua, si quantificano i fabbisogni lordi alla fonte di approvvigionamento; anche per questi fabbisogni lordi comprensoriali si ottengono sia i valori medi sia quelli con una data frequenza di superamento.

A questo punto si rendono necessarie alcune precisazioni aggiuntive. In primo luogo, si è deciso di mettere a punto una metodologia di agevole impiego da parte dei tecnici e valida per tutto il territorio di pianura e di collina della Regione Piemonte. Quest'assunzione iniziale comporta l'adozione di alcune semplificazioni nella procedura di calcolo e conseguenti limitazioni nella precisione dei risultati, come si vedrà meglio nei successivi capitoli.

Merita poi ricordare che l'agricoltura piemontese, come quella dell'Europa Unita in genere, è attualmente soggetta ad una complessa e mutevole serie di norme e regolamentazioni, con vincoli e divieti, incentivi e penalità. Ne deriva che i fattori produttivi, tra cui l'acqua irrigua, sono impiegati con livelli variabili da coltura a coltura e da anno ad anno, in funzione degli obiettivi produttivi che l'imprenditore agricolo imposta anche in dipendenza da quanto testé evidenziato.

Di tutto questo la metodologia in parola non può tenere conto con precisione; i fabbisogni netti parcellari e quelli lordi comprensoriali che ne derivano vanno pertanto intesi come valori di limite superiore, piuttosto che come valori adeguati alle contingenti situazioni che condizionano, di volta in volta, le scelte degli agricoltori.

Il riferimento a valori di limite superiore deriva in pratica dall'introduzione, nei bilanci idrici, dell'evapotraspirazione massima delle colture, senza coefficienti riduttivi o di carenamento idrico. Una certa riduzione, per tenere conto delle normali ragioni dell'economia aziendale, è in ogni modo introdotta successivamente, al momento dell'individuazione dei valori dei fabbisogni con data frequenza.

Alle limitazioni accennate fanno da contrappeso alcuni innegabili e non secondari aspetti positivi. Ad esempio, l'impiego di questa metodologia di verifica dei fabbisogni lordi comprensoriali consente di istituire rapidi ed efficaci confronti fra comprensori vicini, confronti utili nel caso si debba attuare, per scarsità di risorse idriche, una riduzione delle derivazioni lungo uno stesso corso d'acqua.

Il procedimento messo a punto consente poi di valutare in modo semplice ed in tempi brevi come, in un dato comprensorio, i fabbisogni irrigui lordi ed i collegati prelievi variano per effetto delle modifiche negli indirizzi produttivi, nei metodi irrigui, nei sistemi di trasporto e consegna. Questo permette di indirizzare oculatamente le scelte degli imprenditori e gli interventi pubblici nel campo della corretta utilizzazione e gestione della risorsa acqua.

Infine si segnala che alcuni risultati rivestono validità ed utilità generale, indipendentemente dalle contingenze dell'agricoltura, ed anche al di fuori del settore agricolo, come ad esempio la taratura della formula di Blaney-Cridde per l'impiego specifico in Piemonte e le carte regionali dell'evapotraspirazione di riferimento e dei fabbisogni netti potenziali.

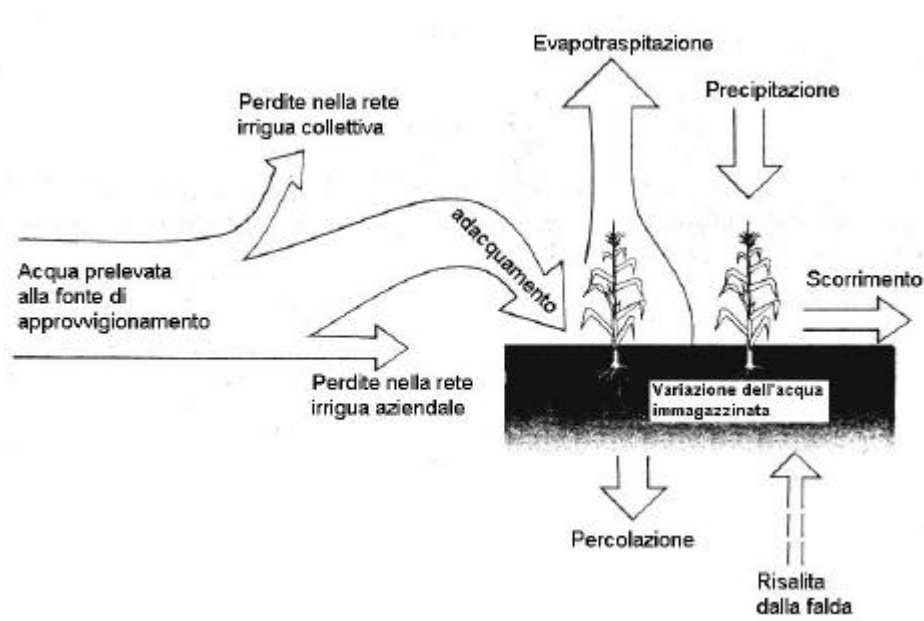


Fig. 2.1 - Flussi idrici, e relative perdite, a partire dall'approvvigionamento collettivo. Nella parte destra: componenti del bilancio idrico relativo alla parcella irrigua, per le irrigazioni umettanti.

3 - Taratura della formula di Blaney-Criddle

L'evapotraspirazione massima relativa ad una data coltura (ETM) si ha quando la sua entità è limitata solamente dalle condizioni climatiche locali, ed in particolare dall'energia disponibile per il cambiamento di stato fisico dell'acqua; quando lo sviluppo vegetativo della coltura è influenzato anche da altri fattori limitanti, quali: alimentazione idrica carente, insufficiente disponibilità di elementi nutritivi, malattie, ricoprimento incompleto della superficie del suolo, ecc., è dato riscontrare perdite per evapotraspirazione inferiori a quella massima.

La stima dell'ETM relativa ad un dato intervallo di tempo (p. es. mensile) si basa per lo più sulla determinazione dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_o) moltiplicata per un opportuno "coefficiente colturale" (kc) variabile in funzione dello stadio fenologico.

La ET_o è definita (Doorenbos e Pruitt, 1977) come *“altezza di evapotraspirazione da un'ampia superficie ricoperta da un prato in pieno sviluppo, fitto, omogeneo, di uniforme altezza, compresa fra gli otto ed i 15 cm, che ombreggi completamente la superficie del suolo ed al quale sia assicurato il pieno soddisfacimento delle proprie esigenze idriche”*.

Per la stima dell'ET_o sono stati messi a punto diversi metodi di calcolo alcuni dei quali più precisi, in quanto basati sui valori dei parametri meteorologici che hanno rilevante influenza sul fenomeno; questi ultimi sono però di rado applicabili su scala regionale per la mancanza di serie dei parametri medesimi adeguatamente estese nel tempo.

Per la Regione Piemonte, poiché solamente il valore della temperatura dell'aria è disponibile per un adeguato numero di stazioni con serie temporali di durata prossima o superiore al trentennio, è stato necessario procedere alla taratura del metodo di Blaney-Criddle mod. FAO. L'operazione è stata condotta sulla base dei valori di ET_o ottenuti con un metodo più preciso, vale a dire con quello di Penman mod. FAO, che richiede la disponibilità dei valori dei seguenti parametri meteorologici: radiazione globale o eliofanìa assoluta, temperatura e umidità relativa dell'aria, velocità del vento.

Merita segnalare che, nell'ambito della letteratura scientifica sull'argomento, viene attualmente proposto (Smith et Al., 1996) di calcolare l'ET_o tramite il modello di combinazione di Penman-Monteith nella versione proposta dalla FAO (FAO Penman-Monteith equation). Tale equazione, però, non è ancora stata sottoposta a controlli nell'ambito della Regione Piemonte: nelle elaborazioni si è preferito pertanto adottare la formula di Penman mod. FAO.

Nel territorio piemontese, come anche altrove, il fattore di correzione previsto nella monografia di Doorenbos e Pruitt per il calcolo di ET_o assume, durante il periodo estivo, valori anche sensibilmente superiori all'unità e ciò porterebbe ad una sovrastima dell'effettivo valore della evapotraspirazione di riferimento (Allavena, 1989; Allen et Al., 1994). In sede applicativa tale fattore è stato quindi sistematicamente posto pari all'unità.

Alla luce di quanto sopra si è proceduto come segue. Nell'ambito del territorio di pianura e di collina della Regione Piemonte sono state individuate 13 stazioni meteorologiche automatiche per le quali sono disponibili i valori medi mensili delle grandezze meteorologiche necessarie per calcolare il valore di ETo con la formula di Penman mod. FAO. Per ogni stazione il periodo utilizzato risulta compreso tra il 1988 ed il 1998 ed ha una durata minima di cinque anni (47 mesi non consecutivi) ed una durata massima di 11 anni (105 mesi non consecutivi) con una media pari a 78 mesi/stazione.

Per tali serie di valori mensili sono stati poi calcolati i valori del termine: $p(0,46t+8)$ che compare nella formula di Blaney-Criddle mod. FAO, ove "t" è il valore medio mensile della temperatura dell'aria e "p" è il rapporto percentuale tra il valore medio mensile dell'eliofania astronomica giornaliera ed il totale annuo della stessa.

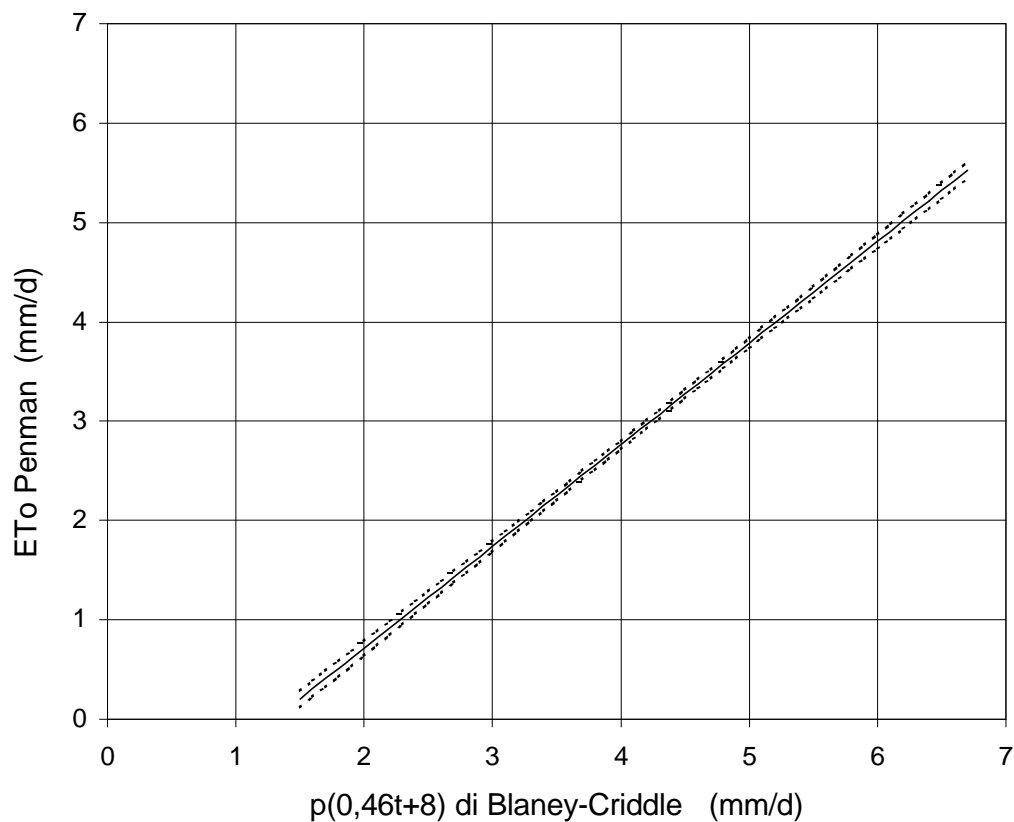
È stato così possibile determinare, secondo quanto già descritto in precedenza (Allavena e Merlo, 1986), i coefficienti della regressione lineare tra i dati della ETo Penman ed i valori del termine $p(0,46t+8)$ della formula di Blaney-Criddle. L'equazione di Blaney-Criddle così tarata:

$$ETo \text{ (mm/d)} = -1,3315 + 1,0235 p(0,46t+8) \quad (1)$$

è utilizzata per il calcolo della evapotraspirazione di riferimento e quindi della evapotraspirazione massima delle colture da introdurre nei bilanci idrici.

TABELLA 3.1 - Fattore "p" della formula di Blaney-Criddle.

Mesi	Latitudine Nord						
	44° 00'	44° 20'	44° 40'	45° 00'	45° 20'	45° 40'	46° 00'
Gennaio	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20
Febbraio	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
Marzo	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Aprile	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Maggio	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34
Giugno	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Luglio	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Agosto	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
Settembre	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Ottobre	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
Novembre	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21
Dicembre	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20



Numero di stazioni meteo utilizzate:	13
Numero di coppie di valori xy utilizzati:	1014
Retta di regressione (linea continua):	$y = -1,3315 + 1,0235x$
Coefficiente di determinazione (r^2):	0,894
Intervallo di confidenza della retta (P = 0,01):	linee tratteggiate
Controllo di significatività della retta (test F):	altamente significativa

Fig. 3.1 - Regressione lineare tra i valori di ETo calcolati per intervalli di tempo mensili col metodo Penman mod. FAO ed i corrispondenti valori del fattore $p(0,46t+8)$ della formula di Blaney-Cridle, con relative statistiche.



Fig. 3.2 - Stazioni meteorologiche automatiche regionali utilizzate per la taratura della formula di Blaney-Cridde (i numeri rappresentano i codici delle stazioni).

4 - Bilanci idrici e fabbisogni netti parcellari

4.1 - Dati termo-pluviometrici

Per l'analisi dei fabbisogni netti parcellari d'acqua irrigua su scala regionale, mediante il metodo dei bilanci idrici, è richiesta la disponibilità dei valori mensili di temperatura media dell'aria e di precipitazione atmosferica, valori estesi per una lunga serie di anni e per un insieme di stazioni tale da consentire un'adeguata rappresentazione cartografica.

A questo fine sono state individuate 20 stazioni termo-pluviometriche situate nella parte di pianura e di collina del territorio piemontese, oppure nelle immediate vicinanze. Dette stazioni presentano un numero di anni di osservazione variabile da un minimo di 24 ad un massimo di 35 (media pari a 33) nel periodo 1931-1986.

4.2 - Bilanci idrici per le irrigazioni umettanti

4.2.1 - Impostazione dei bilanci

Nel caso delle irrigazioni umettanti, per le quali si sfrutta la possibilità di immagazzinare l'acqua irrigua nello strato di terreno interessato dall'apparato radicale, il calcolo dei fabbisogni netti di acqua irrigua si basa sulla formulazione di bilanci idrici concatenati relativi ad una successione di intervalli di tempo Δt_i di durata mensile.

I bilanci riguardano lo strato di terreno il cui contenuto idrico può ritenersi utilizzabile da parte del sistema radicale di una determinata coltura ("strato utile").

Con riferimento ad un volume di terreno avente superficie unitaria e profondità L , nell'ipotesi che gli scambi d'acqua attraverso la superficie verticale di contorno del predetto volume siano nulli o trascurabili, si può scrivere:

$$(FN_i + C_i P_i + R_i) - (ETM_i + Q_i) = \Delta H_i \quad (2)$$

Le grandezze che compaiono nell'eguaglianza, espresse in mm di altezza d'acqua, sono:

FN_i = fabbisogno netto di acqua irrigua;

$C_i P_i$ = frazione dell'afflusso meteorico P_i che s'infiltra attraverso la superficie del suolo (indicando con C_i il coefficiente di infiltrazione dell'afflusso meteorico);

R_i = apporto idrico per fenomeni di risalita capillare attraverso la superficie che delimita inferiormente lo "strato utile";

$ETM_i (= kc_i \cdot ET_{O_i})$ = evapotraspirazione massima della coltura in esame, realizzabile nell'ipote-

si di pieno soddisfacimento delle sue esigenze idriche, essendo k_c il relativo valore del coefficiente colturale;

Q_i = perdita per percolazione negli strati profondi;

ΔH_i = variazione del contenuto idrico del terreno nell'intervallo Δt_i considerato.

Indicato con h_i (mm) il valore dell'altezza d'acqua facilmente utilizzabile presente nello strato utile all'inizio dell'intervallo di tempo Δt_i e con h_{i+1} (mm) l'analogo valore presente alla fine, si ha:

$$\Delta H_i = h_{i+1} - h_i \quad (3)$$

Sostituendo quindi nell'equazione (2) risulta:

$$(FN_i + C_i P_i + R_i) - (ETM_i + Q_i) = h_{i+1} - h_i \quad (4)$$

da cui:

$$FN_i = ETM_i - (C_i P_i + R_i + h_i) + Q_i + h_{i+1} \quad (5)$$

Il massimo valore dell'acqua facilmente utilizzabile AFU (mm), competente allo strato di terreno considerato, è definito dalla seguente espressione:

$$AFU = 10^3 \cdot L \cdot (C.C. - P.C.C.) \quad (6)$$

dove:

L = profondità dello strato utile (m);

$C.C.$ = contenuto idrico volumico corrispondente alla «capacità di campo» (m^3/m^3);

$P.C.C.$ = contenuto idrico volumico corrispondente al «punto critico colturale» (m^3/m^3).

Nel caso di suoli con volume di scheletro (V_{sc}) non trascurabile rispetto al volume totale apparente del terreno (V_t), occorre procedere alla correzione come segue:

$$AFU_{corretto} = AFU (1 - V_{sc}/V_t) \quad (7)$$

La determinazione dell'apporto idrico (indicato con R_i) che perviene allo strato utile per fenomeni di risalita capillare dalla falda, non è facile. Tale apporto avviene, infatti, tramite un processo di moto in mezzo insaturo e dipende sostanzialmente dalla posizione del livello freatico, dalle caratteristiche idrodinamiche del terreno, dai valori del potenziale idrico dello strato entro il quale avviene il moto.

In Piemonte l'apporto idrico per risalita capillare durante la stagione estiva assume valori di rilevanza pratica quasi esclusivamente nei territori in cui è praticata l'irrigazione per sommersione permanente della coltura del riso. Nei bilanci il termine R_i è quindi stato sistematicamente posto eguale a zero, con l'avvertenza che il contributo della falda, ove presente, andrà valutato diversamente.

Con tale semplificazione l'equazione (5) si riduce alla:

$$FN_i = ETM_i - (C_i P_i + h_i) + Q_i + h_{i+1} \quad (8)$$

Diventa così possibile calcolare il termine D_i (mm) definito dalla differenza:

$$D_i = ETM_i - (C_i P_i + R_i + h_i) \quad (9)$$

In funzione dei risultati di tale differenza, e con l'aiuto del sottostante prospetto, si giunge infine ad individuare i valori assunti dalle incognite che compaiono nell'equazione (8).

Possibili valori di D_i (mm)	Corrispondenti valori di:		
	FN_i (mm)	h_{i+1} (mm)	Q_i (mm)
$D_i \geq 0$	D_i	0	0
$D_i < 0$ con $ D_i < AFU$	0	$ D_i $	0
$D_i < 0$ con $ D_i \geq AFU$	0	AFU	$ D_i - AFU$

Per esigenze di concatenazione dei bilanci mensili, qualora il ciclo della coltura abbia durata inferiore ad un anno è necessario estendere il bilancio idrico anche ai mesi al di fuori del ciclo colturale medesimo, adottando valori di kc_i che tengano conto delle perdite idriche per evaporazione dalla superficie del suolo e per traspirazione dalla copertura vegetale spontanea.

Per il calcolo dei fabbisogni netti "potenziali", invece, per tutti i mesi dell'anno si utilizza un valore del coefficiente colturale pari all'unità.

Esempi di verifica sperimentale, e di applicazione del metodo allo studio dei problemi inerenti la programmazione dell'irrigazione, sono riportati in letteratura (Allavena, 1982; Allavena e Merlo, 1986; Merlo e Allavena, 1991).

4.2.2 - Applicazione dei bilanci idrici ai diversi casi

Con il metodo illustrato si determinano i valori dei fabbisogni netti, sia potenziali sia relativi alle principali colture interessate dalle irrigazioni umettanti in Piemonte, vale a dire: prato, mais, frutteto.

Per i calcoli si è fatto riferimento ai valori del coefficiente di infiltrazione dell'afflusso meteorico (C_i) e del coefficiente colturale (kc_i) indicati in tabella. Si tratta di valori stimati per la Regione Piemonte partendo da quanto sull'argomento è riportato in letteratura scientifica.

Un dato che richiede qualche riflessione è il massimo valore dell'acqua facilmente utilizzabile (AFU); si tratta della differenza intercorrente tra la quantità d'acqua che lo strato utile del

terreno può contenere alla capacità di campo e la quantità che lo stesso strato contiene nella condizione di umidità ridotta, ma sufficiente a garantire una buona alimentazione idrica delle piante (punto critico colturale).

In altre parole, si può affermare che il valore di AFU corrisponde al massimo quantitativo netto d'acqua che può essere immagazzinato ad ogni adacquamento nelle irrigazioni turnate di tipo tradizionale.

Osservando la struttura delle formule (6) (7) appare evidente che AFU dipende dalle caratteristiche idropedologiche del suolo (C.C., P.C.C., eventuale presenza di scheletro) e dalla coltura, alla quale è legato il valore della profondità dello strato utile (L). Ne consegue che, per ogni coltura, il valore di AFU è variabile nell'ambito del territorio regionale.

Per mantenere la facilità d'uso della metodologia, di cui si è detto nelle premesse, è però giocoforza individuare un unico valore di AFU per ogni coltura o tipologia colturale, cercando di mediare le diverse caratteristiche idropedologiche del territorio regionale.

Al fine di quantificare l'imprecisione connessa alla scelta di un unico valore di AFU, è stata condotta un'apposita elaborazione interessante l'intero semestre estivo (aprile-settembre).

Con riferimento ai fabbisogni potenziali ed alla frequenza di superamento del 20% (valore frequenziale di maggiore interesse pratico) risulta che una variazione nel valore di AFU compresa tra il +50% ed il -50% conduce a valori del fabbisogno idrico sensibilmente diversi in aprile (intorno a $\pm 15\%$); lo scarto si riduce in maggio ($\pm 5\%$ circa) per diventare trascurabile (minore di $\pm 3\%$) da giugno in avanti.

Lo scarto però aumenta considerando i valori dei fabbisogni con frequenza di superamento maggiore del 20% (come ad esempio i valori medi) e/o le aree in cui le precipitazioni sono più abbondanti. Naturalmente, la sottovalutazione di AFU porta ad una sovrastima dei fabbisogni, e viceversa.

In funzione di queste considerazioni sono stati individuati i seguenti valori di AFU da utilizzare nei bilanci idrici.

- Potenziali: AFU = 50 mm
- Prato: AFU = 45 mm
- Mais: AFU = 65 mm
- Frutteto: AFU = 75 mm

4.2.3 - Valori medi e valori frequenziali della evapotraspirazione e dei fabbisogni

Ottenuti, col metodo dei bilanci idrici estesi a serie storiche, i valori mensili della ETo e dei fabbisogni netti parcellari, si possono immediatamente calcolare (per singoli mesi dell'anno oppure per intervalli di tempo maggiori) i valori medi aritmetici della ETo e dei fabbisogni.

Gli analoghi valori aventi una data frequenza di superamento si ottengono invece disponendo i dati in ordine decrescente ed associando ad ognuno di essi una frequenza di supera-

mento (f) calcolata come:

$$f = j/(n+1) \quad (10)$$

dove:

j = numero d'ordine nella serie decrescente (variabile da uno a n);

n = numero totale degli elementi della serie.

Mediante procedimenti d'interpolazione è successivamente possibile determinare i valori della ETo e dei fabbisogni associati a specifici valori della frequenza di superamento.

Come ben evidenziato da Tournon a proposito delle dotazioni irrigue aziendali e comprensoriali (Tournon, 1996) considerazioni di carattere economico sconsigliano di impostare le irrigazioni verso obiettivi di soddisfacimento pieno e sistematico delle esigenze idriche delle colture. Nello stesso verso agiscono, per talune colture, le esigenze legate alla qualità della produzione.

Ai fini della verifica dei fabbisogni lordi nei comprensori irrigui della Regione Piemonte si farà pertanto riferimento alla frequenza di superamento dello 0,2 (20%). In pratica, i valori con frequenza di superamento del 20% sono quelli eguagliati o superati nel 20% dei casi (vale a dire, in media, 20 anni ogni 100, oppure due anni ogni 10, un anno ogni cinque, e così via).

TABELLA 4.1 - Valori del coefficiente di infiltrazione dell'afflusso meteorico (C_i) e del coefficiente colturale (kc_i) utilizzati: i numeri tra parentesi sono relativi al suolo nudo o con copertura vegetale spontanea.

Mesi	Valori di C_i	Valori di kc_i			
		Potenziali	Prato	Mais	Frutteto
Gennaio	0,40	1	0,60	(0,50)	0,50
Febbraio	0,40	1	0,60	(0,50)	0,50
Marzo	0,40	1	0,70	(0,50)	0,60
Aprile	0,60	1	1,00	(0,50)	0,65
Maggio	0,65	1	0,90	0,60	0,75
Giugno	0,80	1	0,85	0,80	0,85
Luglio	0,85	1	0,80	1,15	1,05
Agosto	0,85	1	0,75	1,00	0,95
Settembre	0,75	1	0,75	0,75	0,90
Ottobre	0,70	1	0,70	(0,70)	0,75
Novembre	0,50	1	0,70	(0,60)	0,60
Dicembre	0,40	1	0,70	(0,60)	0,60



Fig. 4.1 - Stazioni termo-pluviometriche con serie storiche di conveniente durata utilizzate per il calcolo della ETo e dei bilanci idrici.

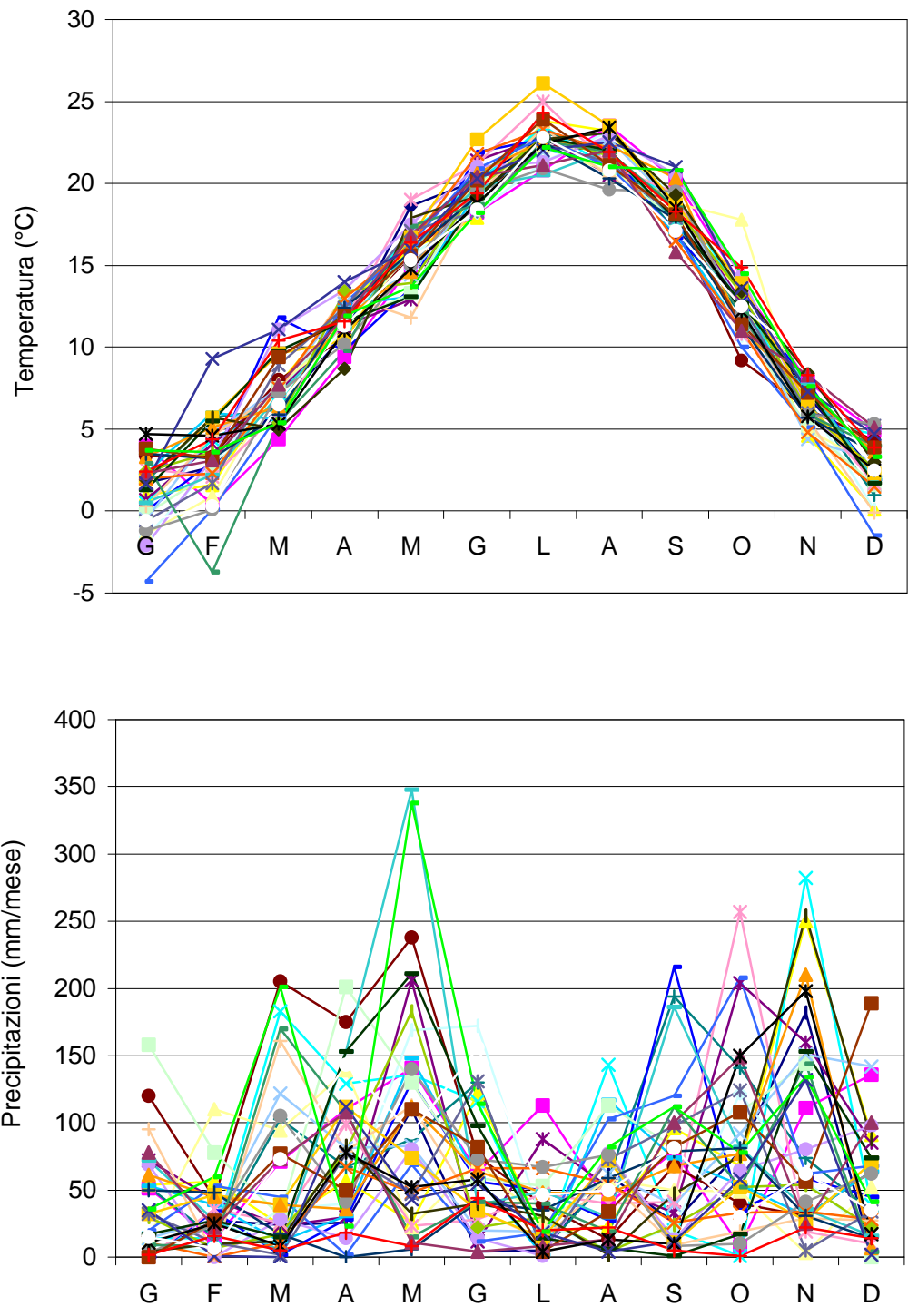


Fig. 4.2 - Esempio di dispersione dei valori mensili della temperatura media dell'aria e delle precipitazioni atmosferiche. Stazione di Fossano (35 anni).

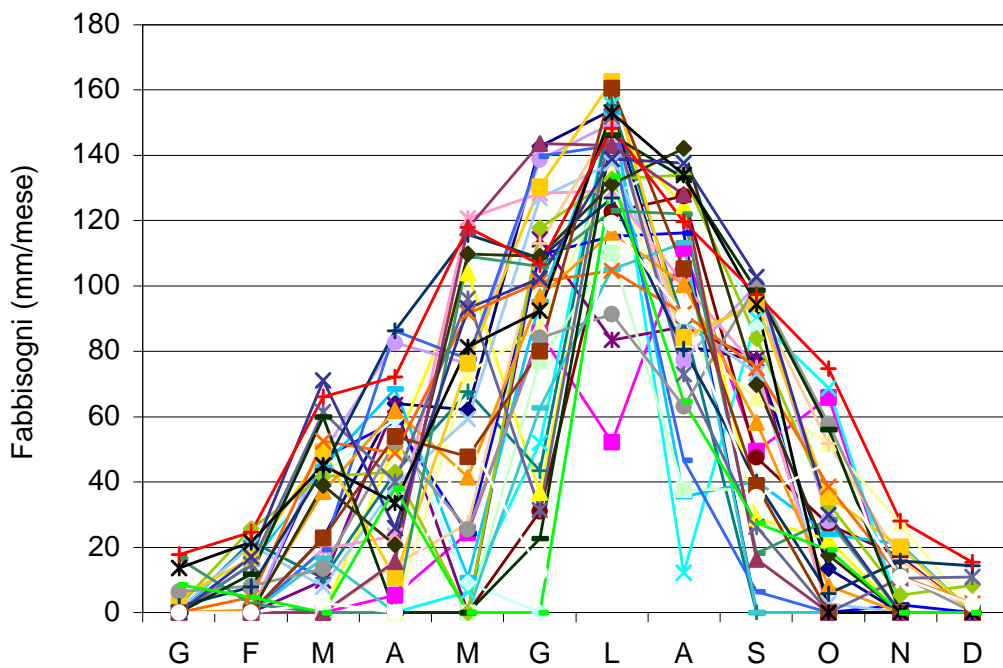
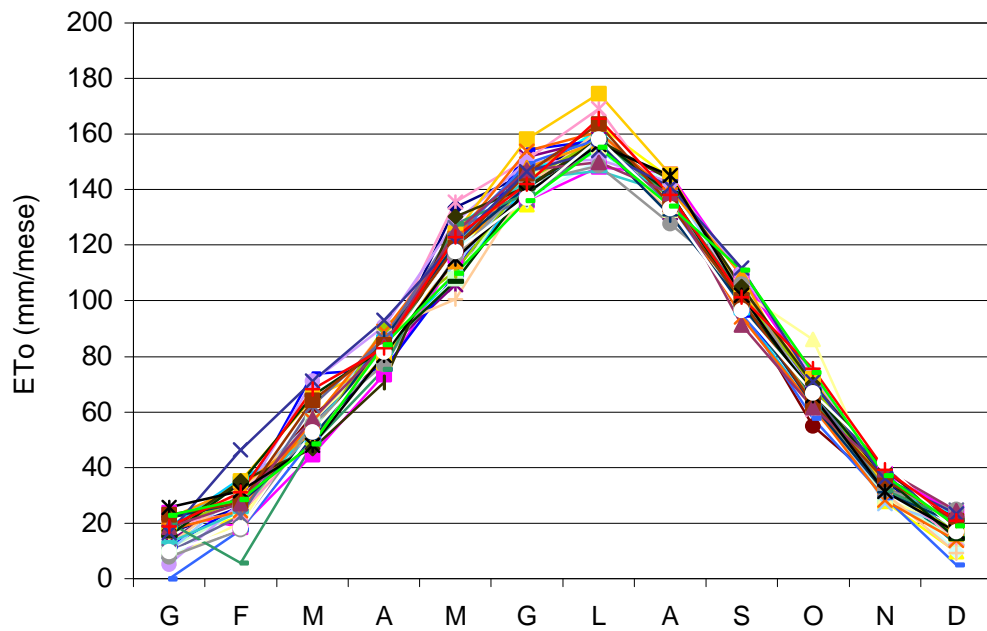


Fig. 4.3 - Esempio di dispersione dei valori mensili dell'evapotraspirazione di riferimento (ETo) e dei fabbisogni netti potenziali per AFU = 50 mm. Stazione di Fossano (35 anni).

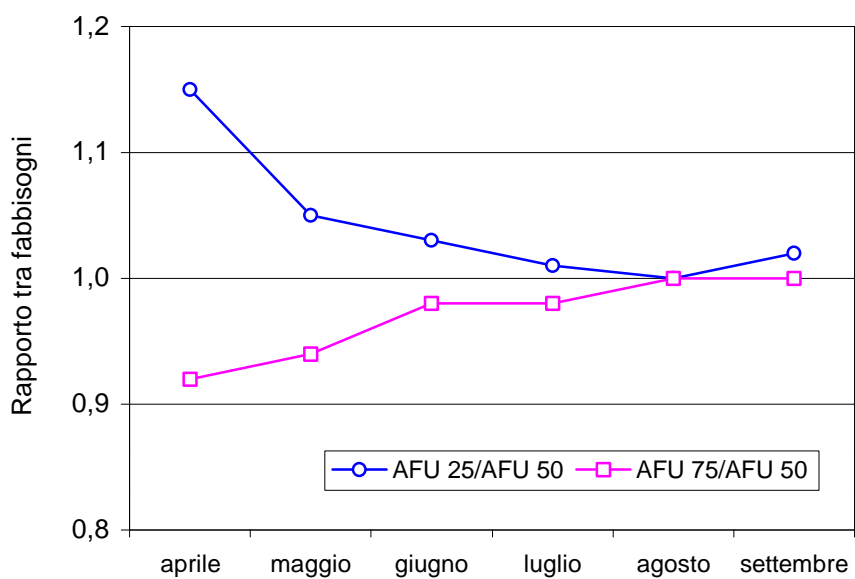


Fig. 4.4 - Andamento mensile dei rapporti tra fabbisogni netti potenziali calcolati per AFU = 25 e 75 mm e gli analoghi fabbisogni calcolati per AFU = 50 mm. Media dei valori relativi a tutte le stazioni per la frequenza di superamento del 20%.

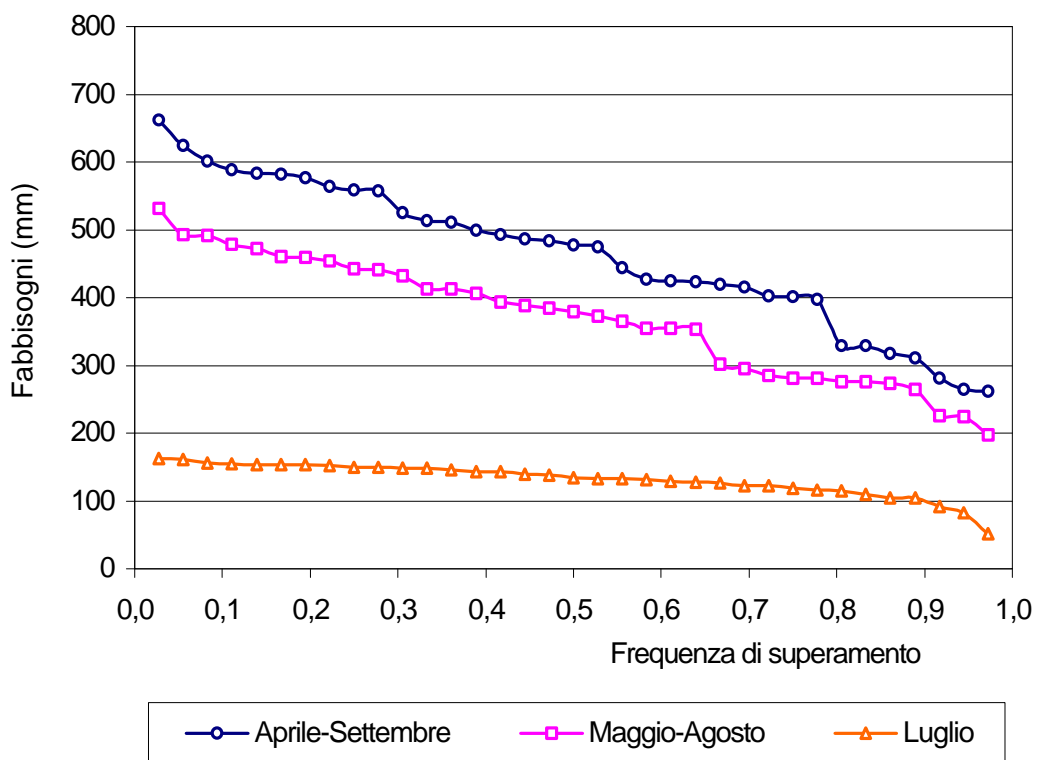


Fig. 4.5 - Esempio di valori frequenziali dei fabbisogni netti potenziali per AFU = 50 mm. Stazione di Fossano (35 anni).

4.3 - Bilanci idrici per la sommersione permanente del riso

4.3.1 - Impostazione dei bilanci

Nel caso della coltura del riso irrigata per sommersione permanente, lo strato di terreno interessato dall'apparato radicale della coltura è praticamente saturo per gran parte del suo ciclo; in tale condizione non sono da contabilizzare variazioni di contenuto idrico all'interno dello strato medesimo e non è necessario concatenare i bilanci da un anno all'altro mediante la loro continuazione al di fuori della stagione irrigua.

Attraverso lo strato saturo sottostante la superficie del suolo vi è un moto continuo di filtrazione al quale è addebitabile la parte maggiore delle uscite del bilancio idrico.

La superficie del suolo, infine, è ricoperta da una coltre d'acqua, di altezza variabile durante la stagione irrigua, la quale viene a mancare nei periodi di "asciutta".

I fabbisogni netti di acqua irrigua relativi ad una successione di intervalli di tempo Δt_i di durata mensile possono essere determinati mediante bilanci idrici del tipo:

$$(FN_i + C_i P_i) - (ETM_i + F_i) = \Delta H_i \quad (11)$$

Le grandezze che compaiono nell'eguaglianza, espresse in mm di altezza d'acqua, sono:

FN_i = fabbisogno netto di acqua irrigua, vale a dire quantitativo che deve essere fornito, al netto delle perdite connesse con le operazioni di trasporto, consegna ed erogazione agli scomparti;

$C_i P_i$ = frazione utile dell'afflusso meteorico P_i (indicando con C_i il coefficiente di utilizzazione delle precipitazioni);

$ETM_i (= kc_i \cdot ET_{o_i})$ = evapotraspirazione massima della coltura, essendo kc_i il valore del coefficiente colturale del riso;

F_i = perdita per filtrazione che va per lo più ad alimentare la falda freatica;

ΔH_i = variazione dell'altezza dello strato d'acqua sovrastante la superficie del suolo.

I bilanci sono condotti utilizzando i valori mensili dei coefficienti colturali kc_i determinati sperimentalmente (Allavena, 1972) nell'area risicola piemontese-lombarda e precisamente:

- $kc_i = 0,9$ per i mesi di aprile, maggio, giugno;
- $kc_i = 1,15$ per i mesi di luglio ed agosto.

Il termine $C_i P_i$ rappresenta quella parte degli afflussi meteorici mensili P_i che risulta utile al fine di ridurre i quantitativi di acqua necessari per l'irrigazione col metodo della sommersione permanente ("pioggia utile per una coltura di riso irrigata per sommersione permanente").

Tenuto conto delle particolari condizioni delle risaie, si può ritenere che in assenza di coltura, ed anche nei periodi in cui parte delle risaie non risultano ancora sommerse, la parte "utile" della pioggia sia maggiore che nel rimanente della stagione irrigua. Sono stati pertanto assunti, quali valori del coefficiente di utilizzazione delle precipitazioni:

- $C_i = 0,8$ per il mese di aprile;

- $C_i = 0,6$ per il mese di maggio;
- $C_i = 0,4$ per i mesi di giugno, luglio, agosto.

Consideriamo ora le modalità di determinazione della perdita per filtrazione attraverso la superficie del suolo, cioè del termine indicato con F_i . La perdita dipende in primo luogo dalla permeabilità, funzione della tessitura e del grado di "intasamento" del terreno, il quale può variare in modo notevole durante la stagione irrigua (Allavena, 1971; Allavena, 1978).

La valutazione di tale parametro del bilancio idrico, relativamente all'intervallo di tempo ($\Delta t_i =$ mese) considerato nei calcoli, può essere fatta sulla base della semplice relazione:

$$F_i = k_i (F/m) \quad (12)$$

dove:

F = valore delle perdite per filtrazione relativo all'intera stagione irrigua (mm);

m = durata della stagione irrigua espressa in mesi (numero);

k_i = coefficiente di ripartizione delle perdite per filtrazione nei diversi mesi (adimensionale).

I comprensori risicoli piemontesi comprendono terreni con granulometria e stratigrafia assai differenziate; le perdite stagionali per filtrazione variano perciò fortemente in un campo che comprende valori minimi dell'ordine di 1.000 mm e valori massimi dell'ordine di 4.000 mm.

Tali comprensori sono per lo più caratterizzati, durante la stagione irrigua, da livelli della superficie freatica poco variabili da un anno all'altro, fatta eccezione per il mese di aprile; questo consente di adottare, per tutta la serie di anni presa in considerazione nei bilanci idrici, valori costanti della perdita stagionale per filtrazione.

Per quanto riguarda invece i valori mensili del coefficiente di ripartizione di tale perdita (k_i) alcune indagini sperimentali interessanti le aree risicole vercellesi (Allavena, 1982) ne hanno posto in evidenza la dipendenza dalla permeabilità e quindi dai valori stagionali della perdita per filtrazione; in particolare, come si osserva nella relativa tabella, risulta che all'aumentare della permeabilità s'ingrandisce la variabilità, da un mese all'altro, del coefficiente di ripartizione.

Occorre ancora considerare che in concomitanza delle "asciutte", necessarie alle normali pratiche agronomiche, non si verificano perdite per filtrazione.

Indicato con N_i il numero dei giorni componenti l'intervallo di tempo Δt_i e con n_i la durata in giorni delle asciutte nell'intervallo medesimo, il valore delle perdite per filtrazione F_i sarà allora determinabile per mezzo della relazione:

$$F_i = (1 - n_i/N_i) k_i (F/m) \quad (13)$$

in cui si porrà $n_i =$ zero se nell'intervallo di tempo Δt_i considerato non si hanno "asciutte".

Il termine ΔH_i dell'equazione (11) rappresenta l'incremento o la diminuzione dell'altezza dello strato di sommersione presente sulla superficie del suolo alla fine dell'intervallo considerato, rispetto all'analogha altezza presente all'inizio. Di norma le variazioni in parola sono di modesta entità e con riferimento ad intervalli mensili possono essere trascurate.

Nei bilanci idrici devono invece essere considerate:

- l'altezza d'acqua necessaria per la sommersione operata all'inizio della stagione irrigua;
- l'altezza d'acqua necessaria per sensibili innalzamenti dello strato di sommersione;
- l'altezza d'acqua necessaria per la risommersione delle risaie a seguito delle "asciutte" connesse con le pratiche agronomiche.

Nelle zone in cui i terreni sono caratterizzati da permeabilità molto elevata, tale da richiedere lavorazioni meccaniche atte a ridurre l'entità delle perdite per filtrazione, di solito le asciutte non si attuano, per non compromettere l'efficacia delle lavorazioni medesime.

Nei bilanci idrici della coltura del riso la contabilizzazione dei suddetti quantitativi idrici può essere attuata indicando con S_i (mm) il valore complessivo dell'altezza d'acqua necessaria, nell'ambito di un dato intervallo Δt_i , per la sommersione iniziale, l'innalzamento sensibile dello strato di sommersione, la risommersione a seguito di asciutta.

Nei bilanci idrici, infine, non si prende in considerazione il maggior quantitativo d'acqua che è immesso negli scomparti allo scopo di garantire idonee caratteristiche fisico-chimiche delle acque, in quanto esso trova di norma una riutilizzazione nell'ambito degli appezzamenti limitrofi ed altimetricamente sottostanti.

Alla luce di queste precisazioni, il calcolo dei fabbisogni netti di acqua irrigua per il riso sommerso può essere attuato mediante la trasformazione della relazione (11) nella seguente:

$$FN_i = kc_i ETO_i + (1 - n_i/N_i) k_i (F/m) + S_i - C_i P_i \quad (14)$$

4.3.2 - Applicazione dei bilanci

L'equazione (14) è stata utilizzata per la determinazione dei valori dei fabbisogni netti del riso sommerso con riferimento a due valori della perdita stagionale per filtrazione (1.000 mm e 3.000 mm) e ad una stagione irrigua estesa dal 1° aprile al 31 agosto. Lo schema di governo dell'acqua cui si fa riferimento conduce ai valori mensili dei termini S_i e n_i riportati nel prospetto che segue.

Mese	S_i (mm)	n_i (giorni)
Aprile	140	0
Maggio	100	5
Giugno	100	6
Luglio	0	0
Agosto	0	0

Il valore di $S_i = 140$ mm, considerato per il mese di aprile, si riferisce all'altezza d'acqua necessaria per la prima sommersione della risaia. Tale valore è sensibilmente più elevato dello spessore dello strato di acqua che s'intende realizzare nelle camere (5÷10 cm) in relazione alla necessità di saturare il terreno ed in relazione della maggiore permeabilità che il terreno presenta all'inizio della stagione irrigua (p.es. per la presenza di vie preferenziali per la percolazione).

Il valore di $S_i = 100$ mm, considerato nel mese di maggio, tiene conto dell'altezza d'acqua necessaria alla risommersione della risaia a seguito dell'asciutta di radicamento: tale asciutta è a tutt'oggi indispensabile in relazione alla povertà di ossigeno che caratterizza le acque di irrigazione erogate nei comprensori risicoli ed ha durata variabile, secondo le diverse situazioni, da tre a sette giorni (si è assunto un valore medio di $n_i = 5$ giorni).

Il valore di S_i è inferiore al precedente a seguito della riduzione delle vie preferenziali operata dalle lavorazioni meccaniche realizzate su terreno sommerso (p.es. lavori di livellamento) e dal deposito di materia organica e di particelle inorganiche trasportate dall'acqua di sommersione.

Infine, il valore di $S_i = 100$ mm, considerato nel mese di giugno, è relativo alla risommersione della risaia a seguito degli interventi di diserbo e di concimazione. La durata di questa seconda asciutta è variabile in relazione ai formulati delle sostanze chimiche utilizzate; si è assunto un valore orientativo di $n_i = 6$ giorni.

4.3.3 - Valori medi e valori frequenziali

Dopo l'applicazione dei bilanci idrici a serie storiche, anche nel caso della coltura del riso irrigata per sommersione permanente si possono determinare i valori medi ed i valori frequenziali dei fabbisogni netti parcellari relativi ad intervalli mensili o di maggiore durata, utilizzando i procedimenti già specificati per il caso delle irrigazioni umettanti.

4.4 - Limitazioni derivanti dal periodo mensile dei bilanci idrici

L'uso dell'intervallo mensile come modulo temporale per i bilanci idrici comporta qualche problema pratico quando la stagione irrigua, comprensoriale o delle singole colture, non ha inizio e termine esattamente col cambio di mese.

Nel caso del riso irrigato col metodo della sommersione permanente si osserva poi che lo schema di bilancio idrico adottato ipotizza una stagione irrigua estesa dal primo aprile al 31 agosto, mentre in realtà ragioni tecniche ed altre portano, all'interno di uno stesso comprensorio risicolo, a differenziazioni sia dell'inizio sia del termine della stagione irrigua.

Nel caso del riso, infine, un parametro di grande rilevanza è il valore della perdita stagionale per filtrazione, valore che deve essere preventivamente stimato e quindi utilizzato per determinare i fabbisogni irrigui sulla base dei risultati dei bilanci idrici condotti con riferimento a due soli valori (1.000 e 3.000 mm) della suddetta perdita stagionale.

Le modalità con le quali procedere per tenere conto di questi problemi saranno illustrate nel capitolo relativo al calcolo dei fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte di approvvigionamento.

TABELLA 4.2 - Valori stagionali della perdita per filtrazione (F) e valori mensili del coefficiente di ripartizione di tale perdita (k_i) adottati nei bilanci idrici per la sommersione permanente del riso, in funzione della permeabilità dei suoli. (Rielaborazione da Allavena, 1982).

Permeabilità del suolo	F (mm)	k_i				
		Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto
Bassa	1.000	1,05	1,05	1,00	0,95	0,95
Alta	3.000	1,25	1,15	1,00	0,85	0,75

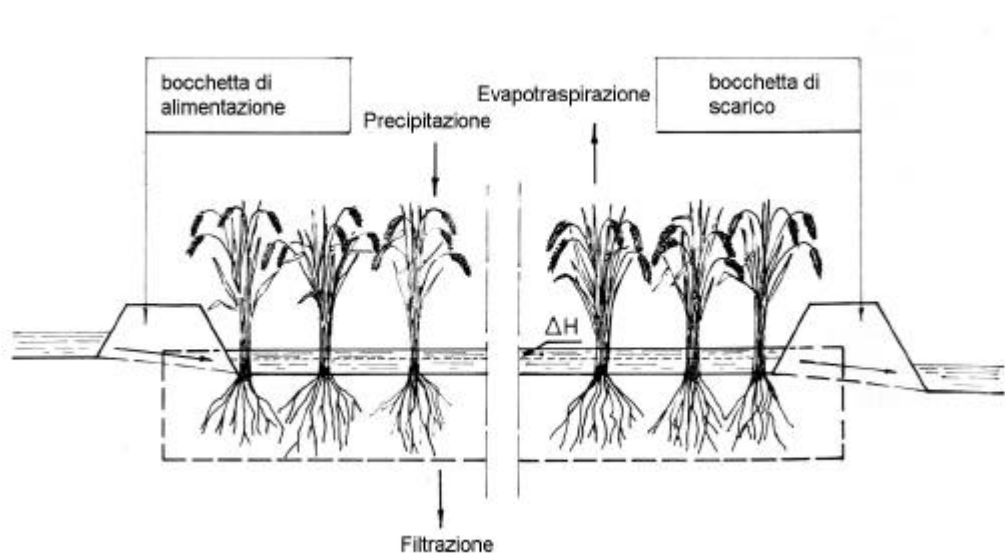


Fig. 4.6 - Schema di bilancio idrico di una parcella irrigua (scomparto) nel caso del riso irrigato col metodo della sommersione permanente.

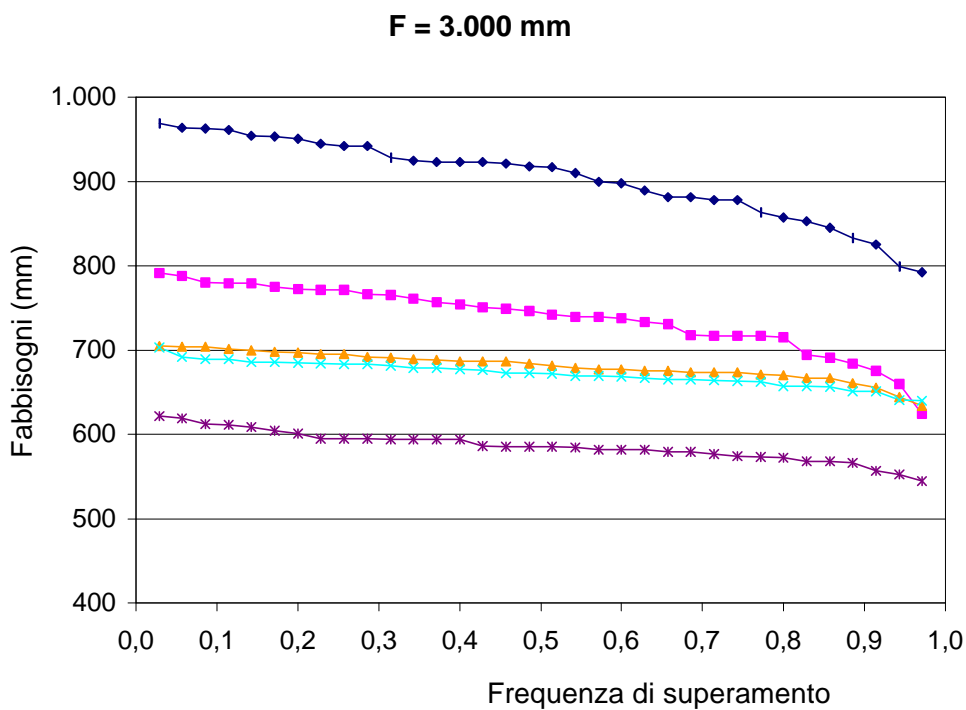
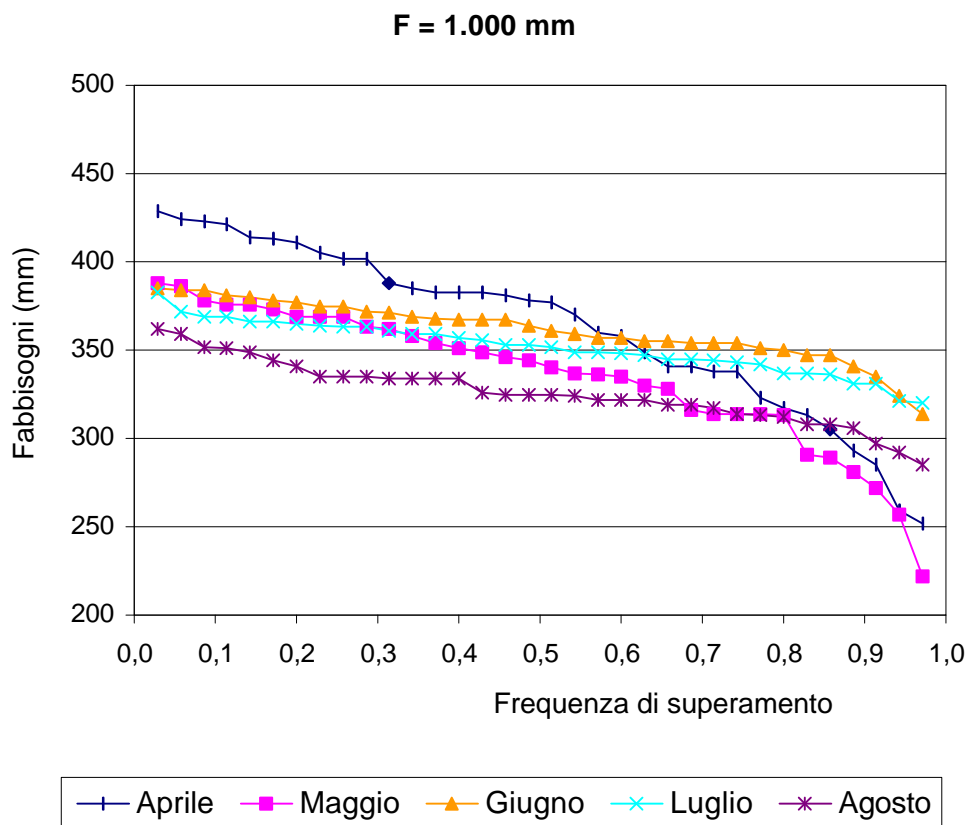


Fig. 4.7 - Coltura del riso irrigata col metodo della sommersione permanente: esempio di valori frequenziali dei fabbisogni netti mensili per due valori della perdita stagionale per filtrazione (F). Stazione di Vercelli (34 anni).

5 - Presentazione dei risultati

I risultati delle elaborazioni relative all'evapotraspirazione di riferimento (ET_o) ed ai fabbisogni idrici netti (FN) delle diverse colture sono riportati in appendice sotto forma di tabelle, grafici, carte tematiche. Le tabelle ed i grafici sintetizzano i dati puntuali relativi alle 20 stazioni termo-pluviometriche utilizzate, mentre le carte tematiche rappresentano i valori numerici su di una base grafica costituita dal territorio della Regione Piemonte.

Con riferimento a singoli mesi dell'anno o ad intervalli di maggiore durata, sono riportati sia i valori medi sia quelli aventi frequenza di superamento pari al 20%, secondo il prospetto sottostante.

Il periodo aprile-settembre corrisponde al cosiddetto "semestre estivo", entro il quale si situa la quasi totalità degli interventi irrigui per le colture agrarie, in Piemonte.

Nei mesi da maggio ad agosto ricade la stragrande maggioranza degli interventi irrigui per le colture annuali a ciclo estivo o primaverile-estivo, salvo il caso del riso irrigato con il metodo della sommersione permanente per il quale la stagione irrigua corrisponde approssimativamente al periodo aprile-agosto.

Parametro	Mesi dell'anno												Mag-Ago	Apr-Ago	Apr-Set	Anno
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D				
ET _o	x*	x*	x*	x	x	x	x	x	x	x*	x*	x*	x		x	x
FN potenziali	x*	x*	x*	x	x	x	x	x	x	x*	x*	x*	x		x	x*
FN prato				x	x	x	x	x	x				x			
FN mais					x	x	x	x					x			
FN frutteto				x	x	x	x	x	x				x			
FN riso F = 1.000				x	x	x	x	x					x			
FN riso F = 3.000				x	x	x	x	x					x			

x* = solo tabelle e grafici.

5.1 - Carte tematiche

Per la costruzione delle carte tematiche, riportanti i valori dell'evapotraspirazione di riferimento e dei fabbisogni idrici netti, sono stati utilizzati una base grafica ed un software di carto-

grafia automatica il quale consente di sovrapporre alla base grafica le curve aventi eguale valore di evapotraspirazione e di fabbisogno. Tali curve sono generate, con il metodo Kriging, a partire dai valori puntuali relativi alle 20 stazioni termo-pluviometriche.

La base grafica è costituita dal territorio della Regione Piemonte con la sua rete idrografica principale, le suddivisioni provinciali, i capoluoghi di provincia.

La parte di montagna del territorio, esclusa dalla metodologia per i motivi indicati nel capitolo due, è stata tratteggiata.

Per facilitare l'utilizzazione delle carte, la base grafica riporta anche le indicazioni relative a latitudine e longitudine.

6 - Altre colture

Per le colture irrigue diverse da quelle prese in considerazione nel calcolo dei fabbisogni col metodo dei bilanci idrici, la contabilizzazione delle esigenze irrigue deve essere condotta mediante stime ottenute per vie diverse.

Per le colture erbacee annue si può evidenziare che durante il periodo centrale del ciclo colturale (in pratica dal termine del periodo di sviluppo sino all'inizio della maturazione) il valore del coefficiente moltiplicativo di trasformazione dell'ET_o in ETM (coefficiente colturale, k_c) assume valori poco discosti dall'unità.

Per tale periodo si possono pertanto assumere valori del fabbisogno netto parcellare pari a quelli potenziali (calcolati appunto ponendo $k_c = 1$), mentre per i periodi del ciclo vegetativo della coltura antecedenti e seguenti il periodo centrale suddetto occorre assegnare valori del fabbisogno sensibilmente inferiori a quelli potenziali.

Un aiuto può provenire, ad esempio, dal quaderno 24 della FAO, il quale fornisce i valori del coefficiente colturale di alcune colture agrarie in funzione dei diversi stadi del loro ciclo vegetativo (Doorenbos e Pruitt, 1997). Gli stessi valori sono rintracciabili anche altrove (ad es. Cavazza e Toderi, 1992; Tournon, 1996).

7 - Falda freatica

L'entità dell'apporto idrico alle colture proveniente dalla falda freatica può essere considerato nullo o trascurabile quando la sua superficie libera si trova ad oltre 80 cm di profondità dalle radici (Merlo, 1999) vale a dire ad una profondità, rispetto al piano di campagna, maggiore di 150 cm per le colture erbacee, oppure maggiore di 250 cm per le colture arboree.

La valutazione del contributo idrico per risalita capillare da una falda freatica superficiale è difficile ed incerta in quanto dipende da numerosi fattori tra i quali i principali sono: *le caratteristiche idrauliche del terreno*, variabili con la tessitura; *la profondità della superficie libera della falda freatica*, variabile nel tempo; *la profondità ed il contenuto idrico dello strato radicale*, essi pure variabili nel tempo.

Giardini e Finocchio indicano, ad esempio, che una falda profonda 120 cm, in un terreno con media granulometria e privo di scheletro, può fornire il seguente contributo rispetto ai valori dell'evapotraspirazione massima delle colture: pioppo 62%; pero 58%; bietola 55%; pomodoro 53%; mais e melo su portainnesto nanizzante 42%; soia e peperone 36%; patata 33% (Giardini e Finocchio, 1987).

Appare quindi evidente che per una data profondità della falda il suo contributo all'alimentazione idrica delle colture è tanto maggiore quanto più grande è l'approfondimento dell'apparato radicale delle medesime, a parità d'altre condizioni.

L'intensità del flusso idrico di risalita dalla falda, oltre che dalla distanza della medesima dalle radici, dipende dal tipo di suolo. In funzione della tessitura e della profondità della falda sotto la zona radicale si stimano infatti i valori di risalita capillare riportati nel prospetto sottostante (Renger e Strebel, 1980). Si tratta di valori riferiti alla condizione di scheletro assente o trascurabile: essi sono minori in presenza di scheletro.

Profondità falda sotto lo strato radicale (cm)	Risalita capillare (mm/d) in funzione del tipo di suolo			
	Sabbioso	Franco-sabbioso	Argilloso	Argilloso compatto
30	5,0	5,0	2,0	0,7
50	3,0	5,0	0,7	0,3
70	0,5	3,5	0,4	0,2
90	0,1	1,5	0,3	0,1
110	---	0,5	0,2	< 0,1
150	---	0,1	0,1	---

Nelle aree risicole piemontesi, ove è praticata la sommersione permanente su vasta scala, nel periodo maggio-agosto si osserva comunemente la presenza di falda freatica avente la superficie libera posta anche a meno di 100 cm di profondità dal piano di campagna.

In tali condizioni l'alimentazione idrica delle colture arboree è in pratica completamente assicurata, sempre che la falda superficiale non costituisca addirittura un fattore limitante a causa della mancanza di un adeguato franco di coltivazione.

Sempre nelle medesime condizioni, il contributo della falda all'alimentazione idrica delle colture erbacee può non essere completo, ma è certamente rilevante; ne consegue che i valori dei fabbisogni, derivanti dai bilanci idrici condotti non considerando la risalita dalla falda, devono essere sensibilmente diminuiti.

8 - Efficienze irrigue

Le quantità d'acqua necessarie ai punti d'approvvigionamento devono essere maggiorate, rispetto ai fabbisogni netti parcellari, per tenere conto delle inevitabili perdite che avvengono lungo le reti irrigue e durante le operazioni di adacquamento (salvo il caso della sommersione permanente in cui i valori dei fabbisogni netti parcellari comprendono anche le perdite d'adacquamento).

Con riferimento al processo di trasporto, distribuzione, utilizzazione dell'acqua irrigua, indicato con "V" il volume entrante in uno «stadio» generico del processo, e con "P" le perdite nello «stadio» medesimo, per efficienza irrigua "E" s'intende il rapporto:

$$E = \frac{V - P}{V}$$

I dati da introdurre nella formula, al fine di quantificare l'efficienza irrigua per un dato comprensorio, sono però normalmente mancanti e in ogni caso difficilmente determinabili con buona precisione.

Nella maggior parte dei casi ci si deve pertanto accontentare di valori dell'efficienza irrigua desunti dalla letteratura scientifica, quali ad esempio i seguenti (Tournon, 1996).

Efficienza di adacquamento (Ea)

Metodi ad espansione superficiale (escluso il metodo per sommersione permanente)	0,45-0,80
Aspersione	0,60-0,85
Microirrigazione	0,75-0,90

Efficienza delle reti aziendali (Eaz)⁽¹⁾

Con canali in terra	0,70-0,95
Con canali rivestiti	0,90-0,98

Efficienza delle reti collettive, cioè delle fasi di trasporto, distribuzione e consegna (Et,c)

Con canali in terra	0,45-0,85
Con canali rivestiti	0,70-0,90
Con condotte in pressione	0,85-0,95

Efficienza globale (Eg)

$$Eg = Ea \cdot Eaz \cdot Et,c$$

⁽¹⁾ I valori dell'efficienza delle reti aziendali costituite da condotte in pressione, non indicati da Tournon, si possono considerare compresi tra 0,95 e 0,99.

Al fine di individuare, all'interno dei suddetti campi di variazione, i valori più confacenti ad uno specifico comprensorio irriguo, valgono le seguenti indicazioni e considerazioni.

Efficienza di adacquamento (Ea)

Le perdite che condizionano l'efficienza di adacquamento sono attribuibili principalmente alla percolazione al di sotto dello strato radicale ed allo scorrimento superficiale. Nell'irrigazione per aspersione, ed in misura minore nella microirrigazione con spruzzatori, perdite più o meno sensibili possono essere causate anche dall'evaporazione durante il tragitto che l'acqua compie nell'atmosfera e dalla deriva operata dal vento.

Tutti i fattori e le circostanze che riducono le perdite di cui sopra conducono quindi verso un'efficienza elevata.

Per i metodi ad espansione superficiale i valori maggiori si ottengono con terreni adeguatamente sistemati e con l'impiego di volumi di adacquamento correttamente dimensionati; tra le cause di un'efficienza ridotta figurano invece: la sensibile pendenza e l'elevata permeabilità dei terreni, la mancanza di sistemazione, l'impiego di volumi di adacquamento eccessivi.

Nel caso dell'irrigazione a pioggia i valori minori dell'efficienza di adacquamento riguardano per lo più gli ambienti aridi e ventosi (non è il caso del Piemonte).

Con riferimento infine alla microirrigazione, si può osservare che si raggiungono facilmente efficienze elevate, e che i valori più bassi sono imputabili ad errori di progettazione o di gestione degli impianti, in rapporto col tipo di suolo e con la coltura da irrigare.

Efficienza delle reti aziendali (Eaz)

Nel caso di reti aziendali a pelo libero, le perdite che si hanno durante la distribuzione dell'acqua irrigua sono attribuibili principalmente ad infiltrazione dai canali, ad invasi non utilizzabili, a manovre intempestive.

Sul valore di quest'efficienza un ruolo fondamentale compete allo sviluppo complessivo della rete (sviluppo modesto = perdite ridotte = efficienza alta). Nel caso dei canali in terra riveste importanza anche il tipo di suolo (suoli poco permeabili = perdite ridotte = efficienza elevata).

Nell'ambito dei campi di variazione sopra riportati per l'efficienza delle reti aziendali, i valori minori sono quindi da associare ad aziende accorpate con grandi dimensioni e, nel caso dei canali in terra, con suoli molto permeabili. Per le aziende di piccole dimensioni e/o frammentate, lo sviluppo della rete aziendale si riduce fino al limite in cui le parcelle irrigue sono servite direttamente, o quasi, dalla rete collettiva. In queste situazioni l'efficienza delle reti aziendali deve essere assunta prossima o pari all'unità.

Efficienza delle reti collettive (Et,c)

Nelle irrigazioni collettive si verificano perdite durante le fasi di trasporto, distribuzione, consegna. Se le reti sono a pelo libero tali perdite sono attribuibili ad infiltrazione, messa in acqua dei canali, invasi non utilizzabili ed altro.

In linea di massima, all'interno dei campi di variazione dell'efficienza delle reti collettive i valori maggiori sono associabili ai comprensori aventi superficie dell'ordine delle centinaia di ettari, mentre i valori minori sono relativi ai grandi comprensori, con superficie di alcune migliaia di ettari o più.

9 - Calcolo dei fabbisogni lordi comprensoriali

Per l'esecuzione dei calcoli relativi alla verifica dei fabbisogni lordi alla fonte d'approvvigionamento, è stato messo a punto un foglio elettronico (nome file calfab4). Si consiglia di copiare il file e di lavorare quindi con la copia.

La compilazione del foglio elettronico è guidata dalle istruzioni che seguono, la cui comprensione è facilitata dall'esempio di calcolo presentato al termine del presente capitolo (paragrafo 9.2). Un aiuto può inoltre derivare dall'esecuzione di una semplice ripetizione, a scopo di apprendimento, dell'esempio medesimo.

9.1 - *Precisazioni e istruzioni*

Il file "calfab4" funziona con le versioni 4.0 e superiori del foglio elettronico Microsoft Excel.

I numeri vanno introdotti usando come separatore decimale l'apposito tasto del tastierino numerico.

Le "impostazioni internazionali" del computer devono essere su "Italiano (standard)" e con i seguenti formati dei "Numeri".

Separatore decimale:	,
Cifre decimali:	2
Simbolo raggruppamento cifre:	.
Numero di cifre in un gruppo:	3
Simbolo numeri negativi:	-
Formato numeri negativi:	-1,1
Zeri iniziali:	0,7
Sistema di misura:	Metrico decimale
Separatore di elenco:	;

Per controllare (o modificare) le impostazioni internazionali, in Windows 95/98/NT il percorso è il seguente:

Avvio > Impostazioni > Pannello di controllo > Impostazioni internazionali > Numeri

Il foglio elettronico presenta due tipi di caselle: bloccate e libere.

- ◆ ***Le caselle bloccate*** contengono spazi, oppure testo, valori, formule, ecc., i quali non devono essere modificati (e non lo possono, essendo le relative caselle bloccate).
- ◆ ***Le caselle libere*** sono invece modificabili e quindi possono essere scritte o soprascritte (sono vuote oppure contengono caratteri o valori, in ogni caso modificabili).

La distinzione tra le caselle bloccate e quelle libere è visibile: queste ultime sono comprese entro riquadri delimitati da linee punteggiate.

Note

Qualora si debbano correggere *errori di immissione*, occorre evitare di farlo mediante operazioni di copia/incolla, taglia/incolla o mediante operazioni di trascinamento col mouse, perché si possono provocare errori irrimediabili nei collegamenti automatici tra le caselle, collegamenti presenti in gran quantità.

Gli errori d'immissione possono essere corretti, senza problemi, utilizzando i tasti di cancellazione dei singoli caratteri ("BackSpace", "Canc" o "Del") oppure riscrivendo il contenuto delle celle.

Il foglio elettronico è predisposto per le irrigazioni collettive, con riferimento al caso di una fonte d'approvvigionamento a servizio di un comprensorio irriguo.

Il caso più frequente è quello suddetto, ma esistono altre situazioni per le quali ci si regola nel modo seguente.

- ◆ ***Una captazione a servizio di più comprensori irrigui:*** occorre compilare un foglio elettronico per ogni comprensorio irriguo, salvo che per la sezione 10, la quale dev'essere compilata su uno solo dei fogli, sommando nella stessa le esigenze di tutti i comprensori. È inoltre necessario specificare la situazione in un documento a parte, da presentare come allegato.
- ◆ ***Un comprensorio irriguo con più captazioni:*** in tale caso si compila un solo foglio elettronico, compresa la sezione 10, e quindi si chiarisce la suddivisione delle portate tra le diverse fonti d'approvvigionamento in un documento a parte, da presentare come allegato.
- ◆ ***Una captazione a servizio di un'azienda:*** il foglio elettronico può essere utilmente impiegato anche per il caso dell'approvvigionamento effettuato autonomamente da un'azienda agricola, con l'avvertenza di mantenere pari a 1,00 i valori dell'efficienza delle reti collettive (Et,c) che figurano in sezione 2.

Il foglio elettronico è suddiviso in undici sezioni, numerate e intestate come segue.

Sezione 1

Caratteristiche generali

In questa sezione si identificano:

- ◆ *l'Ente irriguo* (denominazione, sede);
- ◆ *il comprensorio servito* (la provincia(e) e il comune(i) interessati; i limiti comprensoriali espressi come valori di Longitudine a Est di Greenwich e di Latitudine a Nord dell'equatore);
- ◆ *le caratteristiche dell'approvvigionamento idrico* (la fonte di approvvigionamento, vale a dire l'origine delle acque: nome del corso d'acqua superficiale o dell'invaso, oppure indicazione del prelievo da falda, sorgente, fontanile; le opere esistenti o da costruire per rendere possibile la captazione o prelievo, il codice identificativo dell'opera di captazione ai sensi della Legge Regionale n. 22 del 9 agosto 1999, da riportare se già attribuito; la durata giornaliera della captazione medesima);
- ◆ *le caratteristiche degli impianti idrici e della gestione irrigua* (indicare il tipo di condotti della rete irrigua collettiva e aziendale: canali in terra, oppure rivestiti o prefabbricati, condotti tubati, ecc.; le modalità di consegna o dispensa: continua, turnata, a domanda, ecc.);
- ◆ *le caratteristiche dei suoli e della falda idrica* (tipo prevalente di tessitura dei suoli; presenza e percentuale media di scheletro o sua assenza; altre caratteristiche dei suoli, quali profondità, stratificazione, ecc.; eventuale presenza di falda freatica superficiale e profondità della sua superficie libera durante la stagione irrigua).

Note

L'identificazione dei *limiti comprensoriali nei termini di latitudine e di longitudine* serve per individuare i valori dei fabbisogni sulle carte tematiche. Per i comprensori irrigui di limitata estensione sono sufficienti i valori di latitudine e di longitudine riferiti al baricentro del comprensorio: basterà quindi compilare le due caselle relative al "valore minimo o baricentrico", tralasciando le caselle "val. massimo".

Per quanto riguarda la *durata giornaliera della captazione*, vale a dire la durata del prelievo alla fonte d'approvvigionamento nell'ambito del giorno, il valore impostato nella relativa casella è di 24 (ore). In tutti i casi in cui il prelievo idrico è continuo nella giornata tale valore non dev'essere modificato.

Nel caso, meno comune, di prelievo discontinuo nell'arco delle 24 ore, occorre immettere il valore (in ore) corrispondente alla durata media giornaliera del prelievo. Un esempio può essere quello di un comprensorio irriguo con reti tubate nel quale si attua la sospensione notturna (per 9 ore) sia della consegna agli utenti sia della captazione; il valore da immettere è 15 (derivante da 24-9).

Il *valore numerico della casella che contiene la "durata giornaliera captazione"* è automaticamente riportato nelle sezioni 5, 8, 10 del foglio elettronico e precisamente nelle sei caselle numeriche situate in corrispondenza della riga "Durata giornaliera captazione alla fonte"; i valori

così automaticamente riportati possono essere modificati (solo nelle sezioni 5 e 10 del foglio) per tenere conto di esigenze che saranno esemplificate più avanti.

Sezione 2

Colture irrigate, metodi di adacquamento, stagione irrigua, efficienze

Nel riquadro di sinistra si riportano i dati relativi alle colture irrigate ed in particolare:

- ◆ *il nome della coltura o del gruppo colturale omogeneo* per esigenze irrigue (es.: mais, prato, ortive, frutteti);
- ◆ *il metodo irriguo* (sommersione permanente o temporanea, scorrimento, infiltrazione da solchi, aspersione, microirrigazione, ecc.);
- ◆ *la superficie irrigata* (valore medio negli ultimi tre anni);
- ◆ *la stagione irrigua della singola coltura o del gruppo colturale* (valore medio consuetudinario di giorno e mese di inizio e di fine stagione, immettendo per il mese le prime tre lettere, es. 15 mag).

Per ognuna delle righe in cui sono state riportate colture, nel riquadro di destra, si immettono poi i valori numerici relativi alle efficienze irrigue, sostituendo i valori 1,00 preimpostati.

In particolare si devono introdurre i valori di:

- ◆ *Ea* = efficienza di adacquamento;
- ◆ *Eaz* = efficienza delle reti aziendali;
- ◆ *Et,c* = efficienza delle reti collettive (mantenere i valori pari a 1,00 nel caso dell'approvvigionamento autonomo aziendale).

Note

Qualora nel comprensorio siano utilizzati *più metodi irrigui per una stessa coltura* o gruppo colturale, occorre compilare una riga per ciascuna combinazione coltura - metodo irriguo, in quanto variano i valori di *Ea*. Similmente si può agire se nel comprensorio irriguo vi sono situazioni ben identificabili che conducono a valori di *Eaz* oppure di *Et,c* sensibilmente diversi (ad esempio per causa della rete irrigua collettiva od aziendale a pelo libero in una zona e tubata in un'altra).

Per la *coltura del riso* occorre indicare il valore di *F* (perdita stagionale per filtrazione, mm) individuato secondo quanto indicato nelle istruzioni relative alla sezione 3. Immettere quindi nella colonna "Coltura" anche il valore di *F*, ad esempio "Riso F 2.000".

Nel caso di *aree risicole aventi diversi tipi di terreno*, e quindi diversi valori di *F*, si devono utilizzare più righe per la coltura del riso, vale a dire una riga per ogni valore di *F*.

Il *nome della coltura* (o del gruppo colturale) ed il metodo irriguo associato sono automaticamente riportati, con la medesima posizione, nelle sezioni 3, 4, 5, 6, 7, 8 del foglio elettronico.

I valori numerici della *superficie irrigata* sono automaticamente riportati, con la medesima posizione, nelle sezioni 5, 8 del foglio elettronico.

I valori della *efficienza globale* (E_g) sono automaticamente calcolati, nell'ultima colonna della sezione 2, come prodotto dei valori relativi alle tre efficienze parziali e sono automaticamente riportati nella quinta colonna delle sezioni 5, 8 del foglio elettronico.

Per la *scelta dei valori di efficienza* da introdurre nelle relative caselle un ausilio può venire da quanto indicato nel capitolo 8.

Nel caso della *coltura del riso* il valore di E_a deve essere mantenuto pari a 1,00 in quanto, per tale coltura, i valori dei fabbisogni netti parcellari calcolati col metodo dei bilanci idrici sono comprensivi delle perdite connesse con le operazioni di adacquamento.

Nel comprensorio irriguo possono essere presenti, in numero consistente, *appezzamenti o parcelle serviti direttamente dalla rete irrigua collettiva* (manca o quasi la rete aziendale quando le aziende sono di piccola dimensione e frammentate); in questa situazione i valori della E_{az} si assumono vicini o pari ad 1,00.

Il numero di *righe disponibili per le colture* è pari a 10; nel caso non siano sufficienti occorre compilare separatamente più "fogli" unificandone i risultati nella sezione 10 di uno solo, specificando la situazione nella sezione 11 (annotazioni).

Sezione 3

Fabbisogni netti parcellari di valore medio (altezze mensili)

Nel riquadro delimitato da linee puntinate occorre immettere, in corrispondenza di ogni riga in cui compaiono colture o gruppi omogenei di colture, i valori mensili (mm) dei fabbisogni netti parcellari di valore medio, per ogni mese della stagione irrigua indicata alla sezione 2.

S'introduce il valore mensile del fabbisogno anche quando la parte iniziale e/o finale della stagione irrigua occupa solo una porzione di mese (ad esempio, se l'inizio stagione è il 15 maggio, si deve immettere il valore del fabbisogno corrispondente all'intero mese di maggio).

Per *prato, mais, frutteto*, i fabbisogni netti parcellari di valore medio sono deducibili dalle corrispondenti carte tematiche riportate in appendice.

Se il comprensorio irriguo è di modesta estensione risulta sufficiente la determinazione effettuata sulla base delle coordinate geografiche del suo baricentro.

Nel caso dei comprensori più grandi, la determinazione accurata dei valori dei fabbisogni, sempre partendo dai valori rappresentati sulle carte tematiche, può richiedere l'impiego dei procedimenti normalmente utilizzati per il calcolo della quota media di un'area partendo da rappresentazioni a curve di livello.

Per la *coltura del riso* irrigata col metodo della sommersione permanente occorre preliminarmente stimare il valore locale (od i valori locali) della perdita stagionale per filtrazione (F) in mm, eventualmente suddividendo l'area risicola del comprensorio in più zone omogenee per caratteristiche dei suoli e quindi per valore di F . Successivamente, sulla base delle carte tematiche dei fabbisogni netti parcellari di valore medio, si ricavano i valori mensili dei fabbisogni sia per $F = 1.000$ mm sia per $F = 3.000$ mm, operando analogamente a quanto indicato per *prato, mais, frutteto*.

Per ogni singolo mese della stagione irrigua si calcola infine il valore del fabbisogno per il valore di F stimato valido localmente (o per ognuno dei valori di F stimati) mediante procedimenti di interpolazione od estrapolazione lineare tra i due valori di fabbisogno ricavati per $F = 1.000$ e per $F = 3.000$ mm.

I valori di F sono variabili, in funzione delle caratteristiche dei suoli, in un campo molto ampio; per l'area risicola vercellese, ad esempio, si possono distinguere quattro zone (Allavena, 1982): - *zona settentrionale* costituita dai terreni baraggivi poco permeabili ($F = 600$ mm); - *zona centro-meridionale* caratterizzata da media permeabilità ($F = 1.750$ mm); - *zona sud-occidentale* di origine morenica con elevata permeabilità ($F = 2.700$ mm); - *zona sud-orientale* di origine alluvionale con perdite di filtrazione tali da richiedere trattamenti meccanici atti a ridurre la permeabilità ($F = 4.500$ mm).

Ancora per la coltura del riso, nella sezione in esame del foglio elettronico è possibile tenere conto delle **modalità di conduzione della sommersione** diverse da quelle ipotizzate nel paragrafo 4.3.2. In particolare risulta semplice contabilizzare differenti valori delle altezze (S_i) dell'acqua necessaria per la sommersione o la risommersione: nel caso in cui il valore di S_i localmente utilizzato sia inferiore a quello ipotizzato occorre detrarre la differenza dal valore mensile del fabbisogno, mentre nel caso contrario occorre aggiungere la differenza al valore mensile del fabbisogno.

Per **le colture diverse da prato, mais, frutteto, riso**, non essendo disponibili le relative carte tematiche, la valutazione dei fabbisogni netti parcellari può essere condotta secondo quanto suggerito nel capitolo 6.

Nei comprensori in cui si ha la presenza di **falda freatica superficiale durante la stagione irrigua**, i fabbisogni netti parcellari di valore medio determinati per le irrigazioni umettanti con una delle modalità suddette devono essere diminuiti (fino al limite dell'annullamento) per tenere conto del contributo derivante dal flusso idrico di risalita dalla falda medesima. A questo proposito si rimanda al capitolo 7.

Le riduzioni effettuate devono essere chiarite nella sezione 11 (annotazioni).

Note

Nell'ultima colonna della sezione 3 del foglio elettronico sono automaticamente riportati i valori stagionali dei fabbisogni netti parcellari di valore medio (mm), ottenuti come somma aritmetica, riga per riga, dei valori mensili. Moltiplicando tali valori per 10 si ottengono i valori stagionali dei fabbisogni espressi in m^3/ha .

Sezione 4

Fabbisogni netti parcellari di valore medio (portate areiche continue fittizie)

In questa sezione i fabbisogni netti parcellari di valore medio sono indicati sotto forma di portate areiche continue fittizie (l/s.ha), portate automaticamente calcolate sulla base dei valori immessi nelle corrispondenti caselle della sezione precedente.

La formula di trasformazione è la seguente:

$$q = h \cdot 10^4 \cdot 86.400^{-1} \cdot n^{-1}$$

dove:

h (mm) = altezza mensile del fabbisogno netto;

q (l/s.ha) = corrispondente portata areica continua fittizia;

n (giorni) = durata del mese.

Sezione 5

Fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte di valore medio

In questa sezione, nelle righe che iniziano con la numerazione da 1 a 10 e per i mesi da aprile a settembre, sono riportati automaticamente i valori dei fabbisogni lordi alla fonte di valore medio espressi sotto forma di portate continue Q (l/s).

Tali portate sono calcolate mettendo in conto le portate areiche continue fittizie (q) della sezione precedente, le superfici irrigate S (ha), i valori dell'efficienza globale Eg, mediante la formula:

$$Q = q \cdot S \cdot Eg^{-1}$$

Nelle righe della sezione che seguono sono inoltre automaticamente riportati:

- ◆ il valore totale della superficie irrigata (ha) ed i totali mensili dei fabbisogni lordi alla fonte di valore medio (l/s);
- ◆ la durata giornaliera della captazione alla fonte (ore), eguale per tutti i mesi e pari a quella impostata nella sezione 1;
- ◆ i valori mensili dei fabbisogni lordi alla fonte di valore medio (l/s) corretti in funzione della durata giornaliera della captazione;
- ◆ i volumi mensili dei fabbisogni lordi alla fonte di valore medio (migliaia di m³) e la loro somma, vale a dire il volume stagionale.

I **volumi mensili del fabbisogno lordo alla fonte** di valore medio sono calcolati con l'espressione:

$$V = Q \cdot 86.400 \cdot n \cdot 10^{-6}$$

dove:

V (10³ m³) = volume mensile del fabbisogno lordo alla fonte di valore medio;

Q (l/s) = portata corrispondente al valore mensile totale del fabbisogno lordo alla fonte di valore medio, prima dell'eventuale correzione;

n (giorni) = durata del mese.

Note

È possibile modificare i valori della "durata giornaliera captazione alla fonte" per contabilizzare eventuali sospensioni giornaliere del prelievo diverse secondo i mesi.

Nel caso in cui la durata giornaliera della captazione alla fonte sia pari a 24 ore/giorno i valori mensili delle portate non subiscono correzioni; in caso contrario, invece, i valori sono automaticamente corretti con l'espressione:

$$\text{portata corretta} = (\text{portata fittizia continua}) \cdot 24 / (\text{ore di durata della captazione nella giornata})$$

A seguito della correzione i valori della portata risultano ovviamente maggiorati, in quanto occorre prelevare lo stesso volume giornaliero in un tempo più breve rispetto a quello occorrente nel caso di captazione ininterrotta.

Sezione 6

Fabbisogni netti parcellari con frequenza di superamento 20% (altezze mensili)

Sezione 7

Fabbisogni netti parcellari con freq. di superamento 20% (portate areiche continue fittizie)

Sezione 8

Fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte con frequenza di superamento 20%

Le sezioni 6, 7, 8 del foglio elettronico contengono i dati relativi ai fabbisogni netti parcellari con frequenza di superamento pari al 20% e per esse valgono le istruzioni fornite per le analoghe sezioni 3, 4, 5, con tre differenze.

La prima differenza concerne il fatto che ora si tratta dei valori con frequenza di superamento 20% in luogo dei valori medi (occorre quindi utilizzare le carte tematiche dei fabbisogni netti parcellari con frequenza di superamento 20%).

La seconda differenza riguarda la riga "Durata giornaliera captazione alla fonte (ore)" i cui valori numerici nella sezione 8 non sono modificabili e ripetono automaticamente i valori presenti nella stessa riga della sezione 5.

La terza differenza è relativa all'ultima riga della sezione 8 (riga non presente nella sezione 5) nella quale sono automaticamente calcolati i rapporti tra i fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte con frequenza di superamento del 20% e gli analoghi fabbisogni di valore medio.

I rapporti derivano dalla semplice divisione tra i valori numerici presenti nella penultima riga della sezione 8 e quelli presenti nell'ultima riga della sezione 5.

Sezione 9

Sintesi

La riga che inizia con "a)" nella sezione 9 contiene due caselle accessibili nelle quali, con riferimento ai fabbisogni di valore medio ed a quelli con frequenza di superamento del 20%, occorre introdurre il massimo dei valori mensili della portata lorda alla fonte corretta in funzione della durata giornaliera della captazione.

In pratica:

- ◆ nella prima casella accessibile della suddetta riga, vale a dire nella casella di sinistra, si deve immettere il massimo tra i valori numerici presenti nella penultima riga della sezione 5;
- ◆ nella seconda casella accessibile (quella di destra) si deve immettere il massimo tra i valori numerici presenti nella terzultima riga della sezione 8.

Sempre con riferimento alla sezione 9 in esame, nella riga che inizia con "b)" sono automaticamente riportati i due valori di portata continua fittizia, estesa sull'arco dell'intero anno, che darebbero luogo a prelievi pari:

- ◆ al volume stagionale dei fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte di valore medio, in un caso;
- ◆ al volume stagionale degli analoghi fabbisogni con frequenza di superamento del 20%, nell'altro caso.

Tali valori di portata Q (l/s) sono calcolati con l'equazione:

$$Q = 10^6 \cdot V_{st} \cdot 365^{-1} \cdot 86.400^{-1}$$

dove:

V_{st} (10^3 m^3) = volume stagionale del fabbisogno lordo comprensoriale alla fonte.

Sezione 10

Valori delle portate prelevabili che si richiedono

I calcoli sinora condotti soffrono di una certa rigidità, causata sia dall'intervallo mensile adottato nei bilanci idrici, sia da altre condizioni.

In questa sezione è possibile introdurre le **correzioni** necessarie per tenere conto delle **diversità esistenti tra le situazioni reali e quelle schematizzate**, quali ad esempio:

- ◆ stagione irrigua avente inizio e/o termine non esattamente coincidente con l'inizio o la fine di un mese;
- ◆ impossibilità pratica di modulare esattamente la portata derivata e/o la consegna agli utenti al fine di adattarle, durante la stagione irrigua, alle variazioni delle esigenze idriche delle colture.

Sempre in questa sezione si devono contabilizzare le cosiddette "riproduzioni" che si verificano nei comprensori risicoli di rilevante estensione, vale a dire la riutilizzazione di una parte

dell'acqua localmente perduta per filtrazione al fine dell'alimentazione idrica di aree altimetricamente soggiacenti. Questa riutilizzazione avviene per effetto di risorgenze e di emungimenti vari dalla falda freatica superficiale la quale è alimentata dalla stessa acqua di sommersione.

La conseguenza pratica è che i fabbisogni idrici comprensoriali si riducono rispetto a quelli determinati con i calcoli precedenti.

In testa alla sezione è richiesta la specificazione della data di inizio e di fine del prelievo idrico: immetterle sotto forma di giorno (numero) e di mese (lettere), ad es. 20 aprile.

Seguono tre righe nelle quali occorre introdurre (o modificare) dei valori numerici, secondo quanto segue.

Nella riga "**Portata prelevabile richiesta**" si devono immettere, mese per mese, i valori della portata (l/s) che si richiede di poter prelevare: questi valori possono essere pari a quelli risultanti dai calcoli dei fabbisogni con frequenza di superamento 20% (vale a dire quelli della terzultima riga della sezione 8) oppure possono essere minori o maggiori, spiegando le motivazioni nello spazio "annotazioni" della sezione 11.

A questo proposito si ricorda che, secondo quanto specificato nel capitolo 2, i valori dei fabbisogni derivanti dall'impiego della presente metodologia sono da intendere come valori di limite superiore. Una diminuzione dei valori delle portate prelevabili che si richiedono, rispetto a quelli calcolati, è quindi sovente opportuna al fine di tenere conto di fattori quali: gestione delle coltivazioni impostata su livelli produttivi inferiori a quello massimo; elevati costi dell'irrigazione, scarsità di risorse idriche.

Per quanto riguarda i mesi iniziali e finali della stagione irrigua sono invece accettabili aumenti delle portate prelevabili richieste rispetto a quelle calcolate, per esigenze legate al tipo di rete e/o alle modalità di consegna dell'acqua irrigua alle utenze.

Tali maggiorazioni, salvo casi particolari, non devono portare le portate prelevabili a valori superiori alla metà del massimo tra i valori mensili calcolati con riferimento alla frequenza di superamento del 20%; questo valore massimo compare, in sezione 9, nella parte destra della riga iniziante con "a").

Nella riga "**Numero giorni di prelievo nel mese**" si devono immettere, mese per mese, le durate dei prelievi (espresse in giorni). Salvo casi particolari (da spiegare nello spazio "annotazioni") solo per i mesi iniziale e finale della stagione irrigua potrà trattarsi di un numero inferiore ai giorni che nel calendario compongono ogni mese.

Nella riga "**Durata giornaliera captazione alla fonte**" sono automaticamente riportati i valori che già compaiono nella riga avente eguale dicitura delle sezioni 5, 8. Questi valori possono comunque essere modificati manualmente nella sezione 10 per motivazioni particolari (da spiegare nello spazio "annotazioni" della sezione 11).

Segue quindi una riga che inizia con "**Volumi prelevabili**". Essa contiene i valori dei volumi mensili e del volume stagionale prelevabili, valori automaticamente calcolati in funzione delle caratteristiche dei prelievi che sono state indicate nelle tre righe precedenti.

I valori mensili di tali volumi V (10^3 m^3) sono calcolati con l'espressione:

I valori mensili di tali volumi V (10^3 m^3) sono calcolati con l'espressione:

$$V = Q \cdot n \cdot 86.400 \cdot t \cdot 24^{-1} \cdot 10^{-6}$$

dove:

Q (l/s) = portata prelevabile richiesta;

n (giorni) = durata del prelievo nel mese;

t (ore) = durata del prelievo nel giorno.

Il valore stagionale del volume di cui si tratta deriva poi dalla somma aritmetica dei valori mensili.

Vi sono ancora tre righe, in questa sezione:

- ◆ la prima inizia con "**a) Valore massimo della portata prelevabile richiesta**" e contiene una casella numerica accessibile, nella quale occorre introdurre il massimo tra i valori mensili inseriti appena sopra, alla riga "Portata prelevabile richiesta";
- ◆ la seconda riga contiene il **valore annuo continuo fittizio della portata prelevabile**, valore di portata Q (l/s) calcolato con l'equazione:

$$Q = V_{st} \cdot 10^6 \cdot 365^{-1} \cdot 86.400^{-1}$$

dove:

V_{st} (10^3 m^3) = valore stagionale del volume prelevabile;

- ◆ la terza ed ultima riga contiene il **valore stagionale continuo fittizio della portata prelevabile**, valore di portata Q (l/s) calcolato con l'equazione:

$$Q = V_{st} \cdot 10^6 \cdot N^{-1} \cdot 86.400^{-1}$$

dove:

V_{st} (10^3 m^3) = valore stagionale del volume prelevabile;

N (giorni) = durata del prelievo nella stagione irrigua (sommatoria del numero giorni di prelievo nei mesi componenti la stagione).

Sezione 11

Annotazioni

Qualora la dimensione dello spazio disponibile in questa sezione non sia sufficiente per contenere tutte le annotazioni, si deve continuare su di un documento a parte, da presentare come allegato.

Rimangono infine le ultime caselle da completare con la data e con il nome, il cognome e la qualifica del responsabile della compilazione.

9.2 - Esempio di calcolo

Le pagine che seguono contengono un esempio di utilizzo del foglio elettronico per il calcolo dei fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte di approvvigionamento.

Si tratta della simulazione di un caso ipotetico per il quale le caratteristiche dell'Ente irriguo e del comprensorio servito sono immaginarie. Ogni eventuale riferimento a condizioni e denominazioni reali è pertanto da ritenere frutto del caso.

Solamente le altezze dei fabbisogni netti parcellari che compaiono nella sezione 3 e nella sezione 6 sono effettivamente desunte dalle carte tematiche dell'appendice, in base alle coordinate dell'ipotetico comprensorio immesse nella sezione 1.

Calcolo dei fabbisogni lordi alla fonte di approvvigionamento

[Revisione 4 - protetta, calfab4]

1 - Caratteristiche generali

Denominazione Ente irriguo: Consorzio irriguo Esempio di calcolo
Sede (indirizzo): Via Nuova Scozia, 22/A - 67086 Collefiorente (BB)

Comprensorio servito, provincia(e): Asti
comune(i): Primo di sopra, Primo di sotto, Secondo di destra, Secondo di sinistra, Altopiano, Bassocolle

Limiti comprensoriali

- **Longitudine Est:** valore minimo o baricentrico = 08° 00' **val. massimo =** ????

- **Latitudine Nord:** valore minimo o baricentrico = 45° 00' **val. massimo =** ????

Fonte di approvvigionamento: torrente Pasano
Opere di captazione: traversa fissa
Codice della captazione: non attribuito
Durata giornaliera captazione (ore): 24

Tipo di rete irrigua collettiva: canali rivestiti (1/4 della rete), canali in terra (3/4)
Tipo di rete irrigua aziendale: canali in terra (90% della rete), condotte in pressione (10%)
Modalità di consegna: prevalentemente turnata, continua per le risaie

Tessitura dei suoli: da media ad argillo-sabbiosa
Scheletro (particelle > 2 mm): praticamente assente
Altri caratteri dei suoli: suoli profondi, strato impermeabile a oltre 30 m di profondità
Falda freatica: profonda, quota superficie libera sempre a profondità > 15 m

2 - Colture irrigate, metodi di adacquamento, stagione irrigua, efficienze

	Coltura	Metodo irriguo	Superf. irrigata (ha)	Stagione irrigua		Efficienze irrigue			
				inizio	fine	Ea	Eaz	Et,c	Eg
1	prato stabile	scorrimento	180	15 apr	31 ago	0,70	0,90	0,80	0,50
2	mais	scorrimento	245	15 giu	15 ago	0,70	0,90	0,80	0,50
3	mais	aspersione	112	15 giu	15 ago	0,80	0,97	0,80	0,62
4	frutteto	microirrigazione	53	10 mag	15 set	0,85	0,97	0,80	0,66
5	riso F 2000	sommersione	42	10 apr	10 set	1,00	0,95	0,80	0,76
6	ortive	infiltraz. solchi	21	01 giu	15 ago	0,80	0,90	0,80	0,58
7	????	????	0	????	????	1,00	1,00	1,00	1,00
8	????	????	0	????	????	1,00	1,00	1,00	1,00
9	????	????	0	????	????	1,00	1,00	1,00	1,00
10	????	????	0	????	????	1,00	1,00	1,00	1,00

Totale (ha) 653

3 - Fabbisogni netti parcellari di valore medio (altezze mensili)

Coltura	Metodo irriguo	Fabbisogni netti parcellari (mm)						Somma
		apr	mag	giu	lug	ago	set	
1 prato stabile	scorrimento	34	62	76	83	61	0	316
2 mais	scorrimento	0	0	56	137	96	0	289
3 mais	aspersione	0	0	56	137	96	0	289
4 frutteto	microirrigazione	0	30	68	122	90	53	363
5 riso F 2000	sommersione	645	547	531	518	462	410	3.113
6 ortive	infiltraz. solchi	0	0	66	119	48	0	233
7 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
8 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
9 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
10 ????	????	0	0	0	0	0	0	0

4 - Fabbisogni netti parcellari di valore medio (portate areiche continue fittizie)

Coltura	Metodo irriguo	Fabbisogni netti parcellari (l/s.ha)					
		apr	mag	giu	lug	ago	set
1 prato stabile	scorrimento	0,13	0,23	0,29	0,31	0,23	0,00
2 mais	scorrimento	0,00	0,00	0,22	0,51	0,36	0,00
3 mais	aspersione	0,00	0,00	0,22	0,51	0,36	0,00
4 frutteto	microirrigazione	0,00	0,11	0,26	0,46	0,34	0,20
5 riso F 2000	sommersione	2,49	2,04	2,05	1,93	1,72	1,58
6 ortive	infiltraz. solchi	0,00	0,00	0,25	0,44	0,18	0,00
7 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5 - Fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte di valore medio

Coltura	Metodo irriguo	Superf. ir-rigata (ha)	Eg (effic. globale)	Fabbisogni lordi alla fonte (l/s)						
				apr	mag	giu	lug	ago	set	
1 prato stabile	scorrimento	180	0,50	47	83	105	111	81	0	
2 mais	scorrimento	245	0,50	0	0	105	249	174	0	
3 mais	aspersione	112	0,62	0	0	39	92	65	0	
4 frutteto	microirrigazione	53	0,66	0	9	21	37	27	16	
5 riso F 2000	sommersione	42	0,76	138	113	113	107	95	87	
6 ortive	infiltraz. solchi	21	0,58	0	0	9	16	7	0	
7 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
8 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
9 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
10 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
Totale (ha)		653		-----						
Totali (l/s)				184	205	392	611	449	104	
Durata giornaliera captazione alla fonte (ore)				24	24	24	24	24	24	
Totali corretti secondo durata captazione (l/s)				184	205	392	611	449	104	
Volumi (migliaia di metri cubi)				478	548	1.017	1.637	1.203	269	
									Somma	5.152

6 - Fabbisogni netti parcellari con frequenza di superamento 20% (altezze mensili)

Coltura	Metodo irriguo	Fabbisogni netti parcellari (mm)						Somma
		apr	mag	giu	lug	ago	set	
1 prato stabile	scorrimento	69	97	109	112	91	0	478
2 mais	scorrimento	0	0	90	172	127	0	389
3 mais	aspersione	0	0	90	172	127	0	389
4 frutteto	microirrigazione	0	62	104	154	120	85	525
5 riso F 2000	sommersione	683	578	548	532	477	432	3.250
6 ortive	infiltraz. solchi	0	0	87	145	63	0	295
7 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
8 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
9 ????	????	0	0	0	0	0	0	0
10 ????	????	0	0	0	0	0	0	0

7 - Fabbisogni netti parcellari con freq. di superamento 20% (portate areiche continue fittizie)

Coltura	Metodo irriguo	Fabbisogni netti parcellari (l/s.ha)					
		apr	mag	giu	lug	ago	set
1 prato stabile	scorrimento	0,27	0,36	0,42	0,42	0,34	0,00
2 mais	scorrimento	0,00	0,00	0,35	0,64	0,47	0,00
3 mais	aspersione	0,00	0,00	0,35	0,64	0,47	0,00
4 frutteto	microirrigazione	0,00	0,23	0,40	0,57	0,45	0,33
5 riso F 2000	sommersione	2,64	2,16	2,11	1,99	1,78	1,67
6 ortive	infiltraz. solchi	0,00	0,00	0,34	0,54	0,24	0,00
7 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 ????	????	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

8 - Fabbisogni lordi comprensoriali alla fonte con frequenza di superamento 20%

Coltura	Metodo irriguo	Superf. ir-rigata (ha)	Eg (effic. globale)	Fabbisogni lordi alla fonte (l/s)						
				apr	mag	giu	lug	ago	set	
1 prato stabile	scorrimento	180	0,50	95	129	150	149	121	0	
2 mais	scorrimento	245	0,50	0	0	169	312	230	0	
3 mais	aspersione	112	0,62	0	0	63	116	86	0	
4 frutteto	microirrigazione	53	0,66	0	19	32	46	36	26	
5 riso F 2000	sommersione	42	0,76	146	119	117	110	98	92	
6 ortive	infiltraz. solchi	21	0,58	0	0	12	20	9	0	
7 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
8 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
9 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
10 ????	????	0	1,00	0	0	0	0	0	0	
Totale (ha)		653		-----						
Totali (l/s)				241	267	543	753	580	118	
Durata giornaliera captazione alla fonte (ore)				24	24	24	24	24	24	
Totali corretti secondo durata captazione (l/s)				241	267	543	753	580	118	
				Somma						
Volumi (migliaia di metri cubi)				624	716	1.407	2.017	1.554	307	6.625
(Fabb. freq. sup. 20%) / (Fabb. medi)				1,31	1,31	1,38	1,23	1,29	1,14	1,29

9 - Sintesi

	Con riferimento ai fabbisogni:	
	di valore medio	con frequenza di super. 20%
a) Valore massimo della portata alla fonte, corretta secondo durata captazione (l/s):	611	753
b) Valore annuo continuo fittizio della portata alla fonte (l/s):	163	210

10 - Valori delle portate prelevabili che si richiedono

Inizio prelievo : 15 aprile
Termine prelievo: 15 settembre

	apr	mag	giu	lug	ago	set	
Portata prelevabile richiesta (l/s)	350	350	540	750	580	250	
Numero giorni di prelievo nel mese (giorni)	16	31	30	31	31	15	
Durata giornaliera captazione alla fonte (ore)	24	24	24	24	24	24	
Volumi prelevabili (migliaia di metri cubi)	484	937	1.400	2.009	1.553	324	Somma 6.707

a) Valore massimo della portata prelevabile richiesta (l/s): 750
b) Valore annuo continuo fittizio della portata prelevabile (l/s): 213
c) Valore stagionale continuo fittizio della portata prelevabile (l/s): 504

11 - Annotazioni

- 1) Per la coltura del riso il fabbisogno (mm) del mese di settembre introdotto nelle sezioni 3 e 6 proviene da stima, mancando le carte tematiche del mese di settembre.
- 2) Per le colture ortive il fabbisogno (mm) introdotto nelle sezioni 3 e 6 è stato stimato pari a: fabbisogno potenziale in luglio; 2/3 del potenziale in giugno; 1/2 del potenziale in agosto.
- 3) Per i mesi di aprile, maggio, settembre, la portata prelevabile richiesta è superiore a quella derivante dai calcoli per esigenze legate al tipo di rete ed al turno fisso durante la stagione irrigua (per le utenze a dispensa turnata).
- 4) Non esiste riutilizzazione delle acque dispensate per la sommersione permanente delle risaie a motivo delle modeste e frazionate superfici investite a riso.

Data: 12 gennaio 2000

Il responsabile della compilazione:

(Nome e Cognome) Gino Verotta
(Qualifica) Dottore Agronomo

BIBLIOGRAFIA

- ALLAVENA L. (1971) - *Indagini sperimentali sulla riduzione delle perdite per infiltrazione dalle risaie sommerse ottenibile a mezzo di particolari lavorazioni meccaniche*. Rivista di Ingegneria Agraria, II, 4, 207-236.
- ALLAVENA L. (1972) - *Indagini sperimentali sulla evapotraspirazione del riso*. Il Riso, XXI, 3, 209-227.
- ALLAVENA L. (1980) - *Indagini sperimentali sul bilancio idrico di una coltura di riso irrigata con sommersione permanente*. Il Riso, XXIX, 2, 83-92.
- ALLAVENA L. (1982) - *Metodologia di calcolo dei fabbisogni di acqua irrigua a livello territoriale (Applicazione al territorio della Provincia di Vercelli)*. Atti del Convegno "Disponibilità e utilizzazione delle risorse idriche in provincia di Vercelli", Vercelli 30 gennaio 1982. Tipografia Chiais, Vercelli.
- ALLAVENA L. (1982) - *Indagini su diversi metodi di stima dell'evapotraspirazione potenziale con riferimento al clima della pianura padana nord-occidentale*. Atti del Convegno "Dinamica dell'acqua nel terreno e bilancio idrologico nei bacini agroforestali", Padova, 19 novembre, 179-190
- ALLAVENA L., MERLO C. (1986) - *Valutazione di parametri irrigui negli impianti collettivi mediante simulazione numerica del bilancio idrico del terreno*. Atti del Convegno A.I.G.R. sulle irrigazioni consortili, Pescara, 24-25-26 aprile 1986. Tipolitografia Galatea, Acireale.
- ALLAVENA L., (1989) - *Valutazione della evapotraspirazione di riferimento mediante il metodo di Penman*. Irrigazione e Drenaggio, XXXVI, 3, 197-201.
- ALLAVENA L. (1989) - *Valutazione della evapotraspirazione di riferimento mediante metodi basati su dati evaporimetrici*. Irrigazione e Drenaggio, XXXVI, 3, 203-205
- ALLAVENA L. (1995) - *Coefficienti colturali per la stima della evapotraspirazione del riso nell'ambiente climatico della pianura padana nord-occidentale*. Irrigazione e Drenaggio, XLII, 4, 28-35.
- ALLAVENA L. (1998) - *Studi su problematiche connesse con l'irrigazione realizzata tramite la sommersione permanente o temporanea*. Irrigazione e Drenaggio, XLV, 3, 19-28.
- ALLEN R.G., PRUITT W.O. (1986) - *Rational Use of the FAO Blaney-Criddle Formula*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 112, 2, 139-155.
- ALLEN R.G., SMITH M., PEREIRA, L.S., PERRIER A. (1994) - *An Update for the Calculation of Reference Evapotranspiration*. ICID BULLETIN, 43, 2, 35-92.
- AUTORI VARI (1986) - *Schede irrigue. Consorzio di Bonifica di secondo grado per il Canale Emiliano Romagnolo*. Edagricole, Bologna.
- AUTORI VARI (1991) - *Manuale di agricoltura*. Hoepli, Milano.

- BALDONI R., GIARDINI L. (1982) - *Coltivazioni erbacee*. Pàtron Editore, Bologna.
- BATCHELOR C.H. (1984) - *The Accuracy of Evapotranspiration Estimated with the FAO Modified Penman Equation*. Irrigation Science, 4, 5, 223-233
- BONSEMBIANTE M. (1983) - *Il mais*. Liviana Editrice, Padova.
- BOS M.G. (1979) - *Standards for Irrigation Efficiencies of ICID*. Journal of the Irrigation and Drainage Division Proceedings of the ASCE, 105, **IR1**, 37-43.
- BURT C.M., CLEMMENS A.J., STRELKOFF T.S., SOLOMON K.H., BLIESNER R.D., HARDY L.A., HOWELL T.A., EISENHAUER D.E. (1997) - *Irrigation Performance Measures: Efficiency and Uniformity*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123, 6, 423-442.
- CAMUSSI A., MÖLLER F., OTTAVIANO E., SARI GORLA M. (1995) - *Metodi statistici per la sperimentazione biologica*. Seconda edizione, Zanichelli, Bologna.
- CAVAZZA L., TODERI G. (1992) - "*Produzione vegetale agraria*", in: *Manuale Cremonese del Geometra*. Edizioni Cremonese, Roma.
- CLEMMENS A.J., BURT C.M. (1997) - *Accuracy of Irrigation Efficiency Estimates*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123, 6, 443-453.
- COSTANTINIDIS C. (1998) - *IDRAULICA APPLICATA Generale e Agraria*. Edagricole, Bologna.
- CUENCA R.H. (1989) - *IRRIGATION SYSTEM DESIGN. An Engineering Approach*. PRETICE HALL, Englewood Cliffs, New Jersey.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O. (1977) - *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24 revised 1977. FAO, Roma.
- ESAP (1986) - *Censimento dei consorzi irrigui*. Tipolitografia Turingraf, Torino.
- GIARDINI L., FINOCCHIO E. (1987) - *Piano generale di bonifica irrigua. Consorzio per la Bonifica e lo Sviluppo Agricolo della Bassa Friulana*. Arti Grafiche Fiulane, Udine.
- GIODA A., MERLO C., DE CARMANTRAND B., SIMON J.C., JAMET P. (1992) - *Efeitos da agricultura sobre o abastecimento d'água*. Brazilian/European Community International Symposium on Agriculture and the Environment. Belo Horizonte, May 3-6.
- GRATTAN S.R., BOWERS W., DONG A., SNYDER R.L., CARROL J.S., GEORGE W. (1998) - *Crop Coefficients. The Keys To Improving Crop Yield*. Irrigation Journal, 48, 6, 13-18.
- KATUL G.G., CUENCA R.H., GREBET P., WRIGHT J.L., PRUITT W.O. (1992) *Analysis of Evaporative Flux Data for Various Climates*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 118, 4, 601-618
- KRINNER W., GARCIA A., ESTRADA F. (1994) - *Method for Estimating Efficiency in Spanish Irrigation Systems*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 120, 5, 979-986.
- MERLO C., VEZZA S. (1988) - *Problemi dei piccoli comprensori irrigui in Piemonte. Indagini su di un consorzio dell'Albese*. Ann. Fac. Sci. Agr. Univ. Torino, Vol. XV, 129-152. Tipografia Emilio Bono, Torino.

- MERLO C., ALLAVENA L. (1991) - *Applicazione di un modello di simulazione numerica alla valutazione dei fabbisogni idrici e delle modalità di erogazione dell'acqua negli impianti irrigui collettivi*. Rivista di Ingegneria Agraria, XXII, **3**, 139-150.
- MERLO C. (1992) - *L'irrigazione nella valle del São Francisco (Brasile). Caratteristiche e prospettive*. Irrigazione e Drenaggio, XXXIX, **1**, 9-18.
- MERLO C., ROBOTTI F. (1994) - *Consistenza e caratteristiche dell'irrigazione in Piemonte*. Irrigazione e Drenaggio, XLI, **3**, 3-11.
- MERLO C. (1998) - *Aspetti tecnici, gestionali, economici, del primo grande consorzio piemontese per l'irrigazione a pioggia*. Atti del Convegno Nazionale «IRRIGAZIONE E RICERCA: Progressi nell'uso della risorsa acqua». BARI, 1-2 ottobre.
- MERLO C. (1999) - *Movimenti dell'acqua nel suolo*, in GIORDANO G. - *Pedologia*. UTET, Torino.
- PEREIRA L.S. (1990) - *Proposed procedures for revision of guideline for predicting crop water requirements*. FAO, Roma.
- RAVELLI F., ROTA P. (1994) - *Carta frequenziale della evapotraspirazione mensile di riferimento irriguo (ET_o) delle pianure litoranee del mezzogiorno d'Italia*. Irrigazione e Drenaggio XLI, **1**, 5-97.
- REGIONE PIEMONTE (1980) - *Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese*. Volumi "Relazione" e "Atlante delle Carte Tematiche". Litografia Rotostampa Silvestri, Torino.
- REGIONE PIEMONTE, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO (1988) - *Distribuzione regionale di piogge e temperature*. Collana studi climatologici in Piemonte, Volume 1 e allegato CD. Ages Arti Grafiche, Torino.
- REGIONE PIEMONTE (1990) - *Annale meteorologico anno 1988*. Centro stampa della Giunta regionale.
- REGIONE PIEMONTE (1990) - *Annale meteorologico anno 1989*. Centro stampa della Giunta regionale.
- RENGER M., STREBEL O. (1980) - *Beregnungsbedarf landwirtschaftlicher kulturen, Abhängigkeit vom Boden*. Wasser und Boden, **32**, 572-576.
- RIO M., PEREIRA L.S. (1987) - *Measuring conveyance efficiencies to improve irrigation water management*. Irrigation and Drainage systems, **3**, 267-276.
- SMITH M. (1992) - *CROPWAT. A computer program for irrigation planning and management*. FAO Irrigation and Drainage Paper 46. FAO, Roma.
- SMITH M., ALLEN R.G., PEREIRA L.S. (1996) - *Revised FAO Methodology for Crop Water Requirements*. Atti del Convegno "Evapotranspiration and Irrigation Scheduling", San Antonio, Texas, 116-123
- THIALT J., CROCHON M., FAYDY C., GAUTHIER M., PANINE M., HEVIN R., LE BOURDELLES J., NIEL P. (1979) - *L'irrigazione dei frutteti in Francia*. Frutticoltura **3/4**, 27-38.

TOURNON G., RAVELLI F., ALLAVENA L., MERLO C. (1977) - *Potential Evapotranspiration and water deficit in Italy. Considerations on the use of climatic formulae*. ICID International Round Table Conference on Evapotranspiration, Budapest, 26-28 May.

TOURNON G. (1996) - *Irrigazioni*. Volume 1, capitolo IV, del "Manuale di ingegneria civile". Zanichelli/Esac, Bologna.

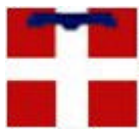
WOLTERS W. (1992) - *Influences on the Efficiency of Irrigation Water Use*. ILRI Publication 51, Wageningen.

Ringraziamenti

Si ringraziano vivamente tutti coloro che hanno collaborato per la realizzazione di questo lavoro.

Metodologia di verifica
dei fabbisogni lordi nei comprensori irrigui
della Regione Piemonte

APPENDICE



REGIONE PIEMONTE

Direzione Regionale
Pianificazione delle risorse idriche



UNIVERSITÀ DI TORINO

Dipartimento di Economia e Ingegneria
agraria, forestale e ambientale

CARATTERISTICHE delle STAZIONI

Stazioni termo-pluviometriche	Latitudine N	Longitudine W Roma	Longitudine E Greenwich	Altitudine (m)
Alessandria	44°55'	3° 52'	8° 35'	95
Asti	44° 54'	4° 17'	8° 10'	152
Bra	44° 42'	4° 38'	7° 49'	290
Casale Monferrato	45° 08'	4° 01'	8° 26'	113
Casteldelfino	44° 35'	5° 23'	7° 04'	1.296
Cuneo	44° 24'	4° 56'	7° 31'	536
Fossano	44° 33'	4° 44'	7° 43'	376
Isola del Cantone	44° 39'	3° 30'	8° 57'	300
Ivrea	45° 28'	4° 35'	7° 52'	267
Luserna S.Giovanni	44° 48'	5° 12'	7° 15'	476
Novara	45° 27'	3° 51'	8° 36'	164
Ormea	44° 09'	4° 33'	7° 54'	730
Oropa	45° 38'	4°30'	7° 57'	1.180
Pallanza	45° 55'	3° 53'	8° 34'	241
Spigno Monferrato	44° 33'	4° 06'	8° 21'	258
Torino (Uff. Idr.)	45° 04'	4° 47'	7° 40'	238
Usseglio (Centrale)	45° 14'	5° 15'	7° 12'	1.310
Varallo	45° 49'	4° 12'	8° 15'	453
Vercelli (Risicoltura)	45° 20'	4° 05'	8° 22'	135
Voghera	44° 59'	3° 27'	9° 00'	93

**TABELLE e GRAFICI sintetici
della ETo e dei FABBISOGNI NETTI**

Evapotraspirazione di riferimento (ET_o)

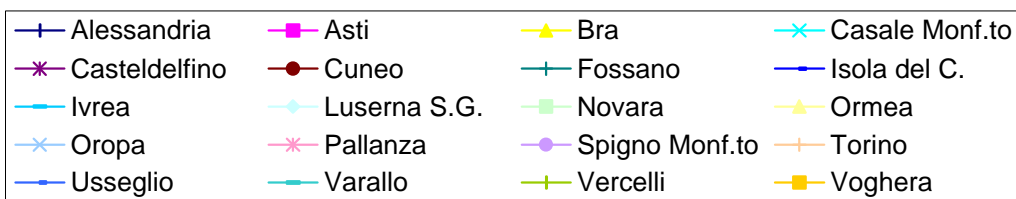
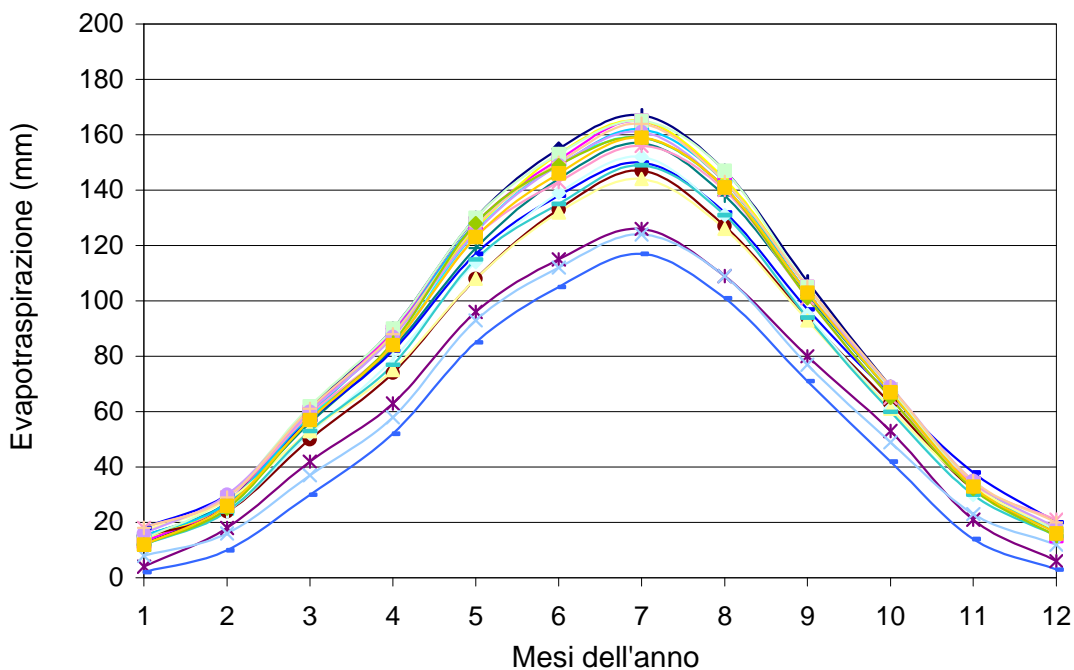
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno												Quadri- mestre Mag- Ago	Se- mestre Apr-Set	ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D			
ALESSANDRIA	12	27	61	90	130	155	167	147	107	69	34	15	599	796	1.011
ASTI	13	27	60	89	128	151	165	143	105	68	34	15	587	781	998
BRA	14	27	59	88	126	153	165	144	105	68	34	17	588	781	998
CASALE MONF.TO	12	25	58	84	125	149	159	141	103	67	33	16	574	761	971
CASTELDEFINO	4	18	42	63	96	115	126	109	80	53	21	6	446	589	733
CUNEO	15	24	50	74	108	133	147	127	94	63	32	17	515	683	884
FOSSANO	15	27	56	83	119	144	157	138	102	67	34	17	558	743	959
ISOLA DEL CANT.	18	30	57	82	117	138	150	132	97	66	38	20	537	716	943
IVREA	15	27	59	88	128	149	162	143	103	67	33	17	582	773	990
LUSERNA S. G.	12	24	52	79	114	139	152	131	95	61	30	16	536	710	905
NOVARA	14	29	62	90	130	153	165	147	105	68	34	17	595	790	1.012
ORMEA	17	28	53	75	108	132	144	126	93	61	33	18	510	678	887
OROPA	8	16	37	58	93	112	124	109	77	49	23	12	438	573	718
PALLANZA	18	29	59	84	123	143	156	140	101	65	34	21	562	747	973
SPIGNO MONF.TO	16	30	60	87	125	149	161	141	103	69	35	18	576	766	993
TORINO	18	29	61	88	127	150	164	143	105	69	35	20	584	777	1.009
USSEGLIO	2	10	30	52	85	105	117	101	71	42	14	3	408	531	633
VARALLO	12	24	53	77	115	135	149	131	94	60	30	15	530	701	895
VERCELLI	12	25	57	85	128	149	159	141	101	65	32	15	577	763	971
VOGHERA	12	26	57	84	123	146	159	141	103	67	33	16	569	756	966

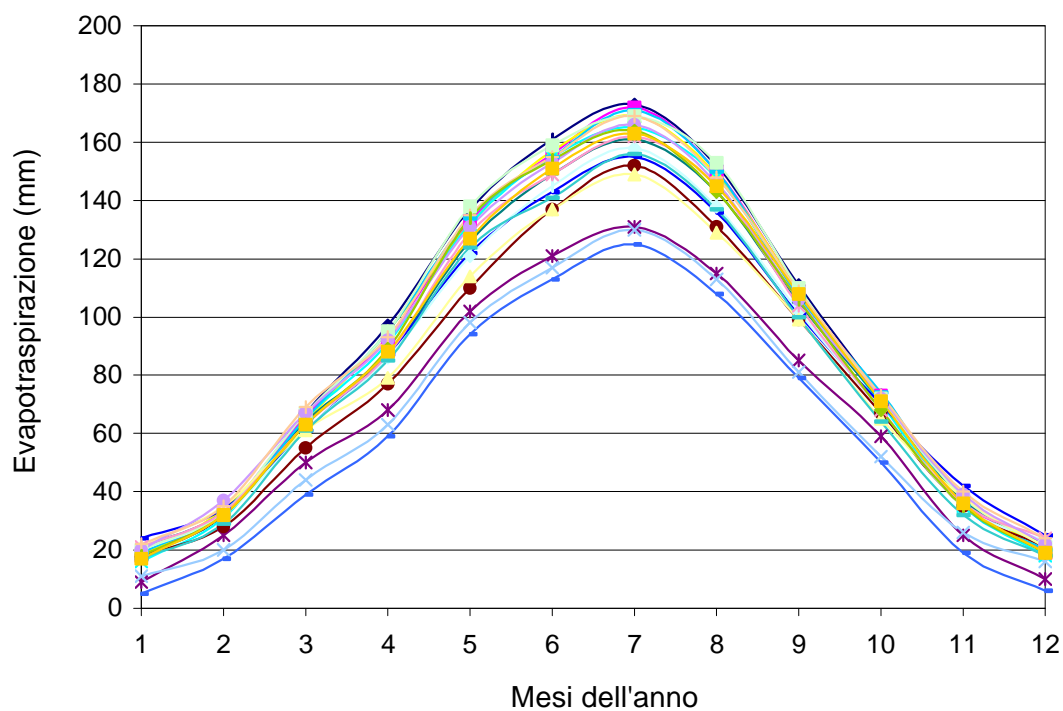
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno												Quadri- mestre Mag- Ago	Se- mestre Apr-Set	ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D			
ALESSANDRIA	18	32	67	97	137	161	173	152	111	73	37	19	626	830	1.047
ASTI	18	33	66	93	133	156	172	150	109	73	37	19	604	800	1.032
BRA	18	34	64	95	132	157	169	149	109	71	38	20	598	800	1.022
CASALE MONF.TO	16	31	65	91	132	155	165	148	108	70	35	18	591	781	993
CASTELDEFINO	9	25	50	68	102	121	131	115	85	59	25	10	463	612	754
CUNEO	18	28	55	77	110	137	152	131	99	67	35	21	527	700	906
FOSSANO	21	33	64	87	126	149	161	143	105	71	37	22	571	753	977
ISOLA DEL CANT.	24	34	61	87	122	143	155	136	101	70	42	25	551	735	969
IVREA	19	33	65	95	134	155	171	150	107	74	35	20	602	796	1.032
LUSERNA S. G.	20	32	61	86	121	145	158	138	102	68	35	23	561	741	967
NOVARA	20	33	67	95	138	159	169	153	110	72	38	21	617	812	1.044
ORMEA	21	35	61	79	114	137	149	129	99	65	38	21	524	692	908
OROPA	11	20	44	63	98	117	130	113	81	52	26	16	454	591	740
PALLANZA	21	33	63	87	129	149	162	145	104	68	36	24	577	769	995
SPIGNO MONF.TO	20	37	67	92	131	153	166	146	106	72	39	22	586	780	1.016
TORINO	22	35	69	93	135	155	169	148	109	73	40	24	597	793	1.031
USSEGLIO	5	17	39	59	94	113	125	108	79	50	19	6	438	576	698
VARALLO	17	29	61	85	124	141	156	137	100	64	32	18	552	734	932
VERCELLI	18	32	63	89	134	154	164	143	106	68	35	19	587	780	994
VOGHERA	17	32	63	88	127	151	163	145	108	71	36	19	578	768	985

ETo - valori medi



ETo - valori con frequenza di superamento 20%



Fabbisogni netti (FN) potenziali AFU 50

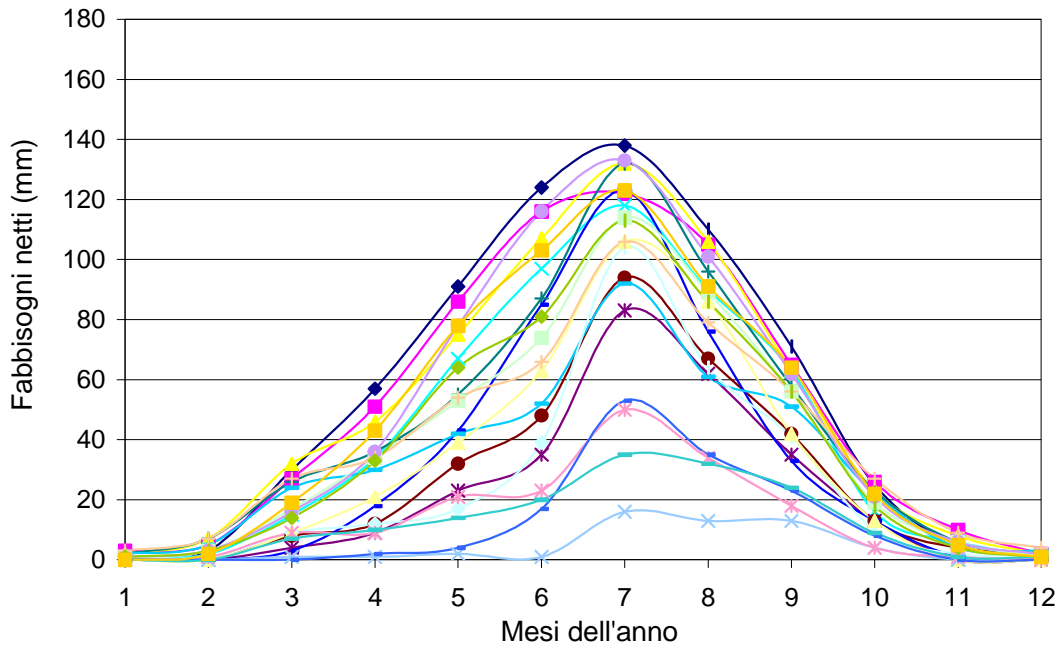
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno												Quadri- mestre Mag- Ago	Se- mestre Apr-Set	ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D			
ALESSANDRIA	1	3	30	57	91	124	138	110	71	25	5	2	463	591	657
ASTI	3	5	27	51	86	116	122	105	65	26	10	2	429	545	618
BRA	2	7	32	46	75	107	132	106	63	23	8	2	420	529	603
CASALE MONF.TO	1	2	15	34	67	97	118	90	63	16	6	1	372	469	510
CASTELDEFINO	0	0	4	9	23	35	83	62	35	13	0	0	203	247	263
CUNEO	1	0	8	12	32	48	94	67	42	13	4	2	241	295	323
FOSSANO	2	7	26	36	55	87	132	96	58	23	6	2	370	464	528
ISOLA DEL CANT.	0	0	3	18	43	85	123	76	33	13	1	0	327	378	396
IVREA	2	5	24	30	42	52	92	61	51	22	4	3	247	328	388
LUSERNA S. G.	1	1	9	12	17	39	104	64	41	10	2	2	224	277	303
NOVARA	1	3	17	34	53	74	114	89	56	19	6	1	330	420	469
ORMEA	0	0	9	21	39	63	106	86	42	13	0	0	294	357	379
OROPA	0	0	1	1	2	1	16	13	13	4	0	0	32	46	52
PALLANZA	0	1	9	9	21	23	50	34	18	4	1	0	128	155	170
SPIGNO MONF.TO	1	3	16	36	78	116	133	101	62	21	6	2	428	526	575
TORINO	3	7	27	34	54	66	106	79	56	27	9	4	305	395	473
USSEGLIO	0	0	0	2	4	17	53	35	23	8	0	0	109	134	143
VARALLO	0	0	7	10	14	20	35	32	24	9	1	1	101	135	153
VERCELLI	1	3	14	33	64	81	113	86	56	18	4	1	344	433	474
VOGHERA	0	2	19	43	78	103	123	91	64	22	5	1	395	502	553

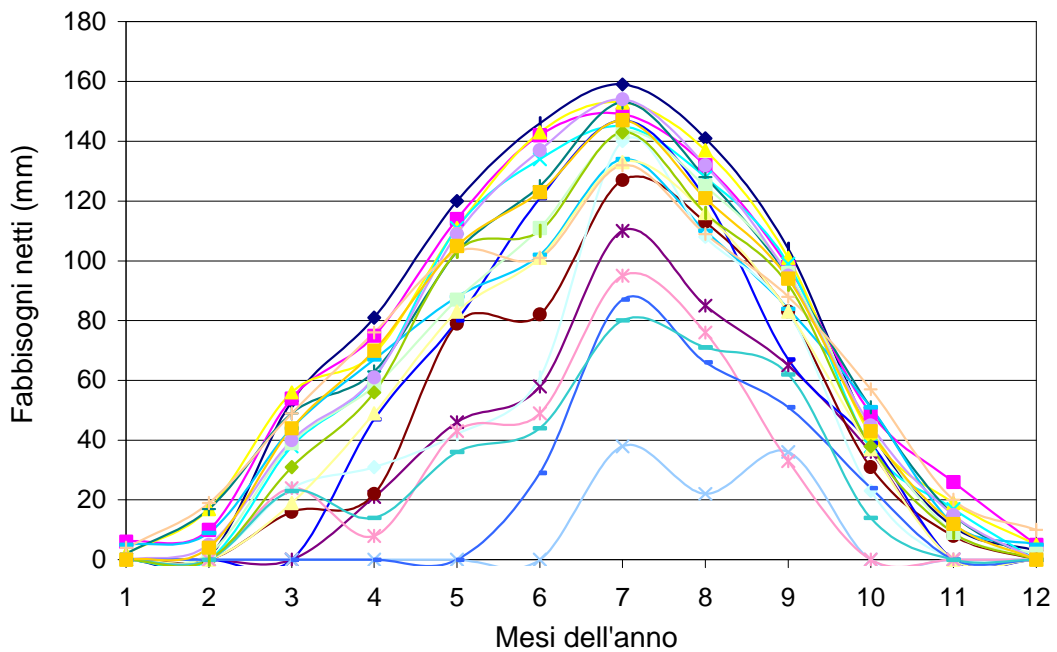
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno												Quadri- mestre Mag- Ago	Se- mestre Apr-Set	ANNO
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D			
ALESSANDRIA	0	1	53	81	120	146	159	141	104	43	11	3	531	678	747
ASTI	6	10	54	75	114	142	149	132	98	49	26	5	487	614	693
BRA	2	17	56	69	111	143	153	137	101	42	19	5	497	620	697
CASALE MONF.TO	0	0	38	61	111	134	145	128	99	38	17	0	453	573	616
CASTELDEFINO	0	0	0	21	46	58	110	85	65	36	0	0	286	349	362
CUNEO	0	0	16	22	79	82	127	113	83	31	8	0	311	424	446
FOSSANO	2	17	49	63	103	125	153	128	95	51	15	0	459	574	637
ISOLA DEL CANT.	0	0	0	47	80	121	147	121	67	39	0	0	396	444	457
IVREA	5	9	44	67	88	102	134	110	84	51	12	5	345	447	510
LUSERNA S. G.	0	0	24	31	42	61	140	108	83	23	0	0	290	387	387
NOVARA	0	2	39	58	87	111	143	125	96	44	9	2	414	518	576
ORMEA	0	0	19	49	83	101	133	116	83	37	0	0	374	436	443
OROPA	0	0	0	0	0	0	38	22	36	0	0	0	62	93	115
PALLANZA	0	0	24	8	43	49	95	76	33	0	0	0	193	239	273
SPIGNO MONF.TO	0	5	40	61	109	137	154	132	95	45	15	0	471	607	634
TORINO	4	19	49	76	103	101	132	109	88	57	20	10	380	517	592
USSEGLIO	0	0	0	0	0	29	87	66	51	24	0	0	183	213	241
VARALLO	0	0	23	14	36	44	80	71	62	14	0	0	167	222	235
VERCELLI	0	0	31	56	103	110	143	116	92	38	9	0	418	537	572
VOGHERA	0	4	44	70	105	123	147	121	94	43	12	0	446	588	629

FN potenziali AFU 50 - valori medi



FN potenziali AFU 50 valori con frequenza di superamento 20%



Fabbisogni netti (FN) prato AFU 45

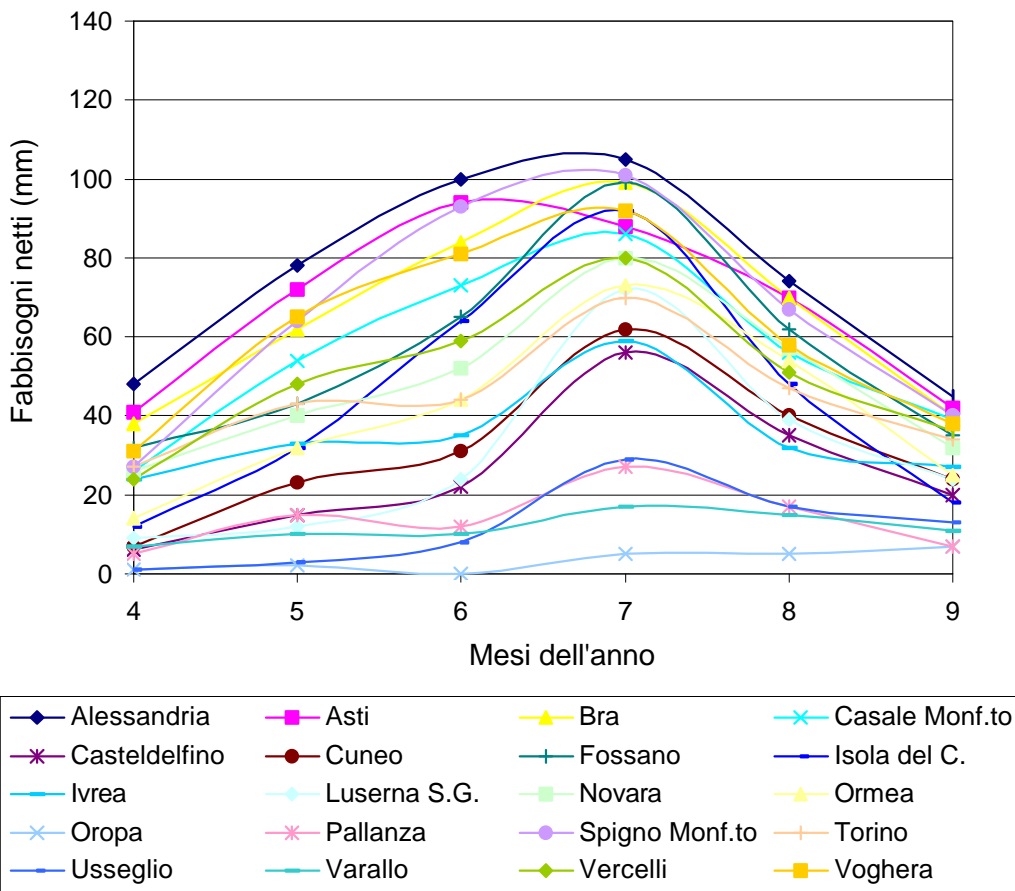
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno						Quadri- mestre Mag-Ago	Semestre Apr-Set
	A	M	G	L	A	S		
ALESSANDRIA	48	78	100	105	74	45	357	450
ASTI	41	72	94	88	70	42	324	407
BRA	38	62	84	99	70	40	315	393
CASALE MONF.TO	26	54	73	86	56	39	269	334
CASTELDEFINO	6	15	22	56	35	20	128	154
CUNEO	7	23	31	62	40	24	156	187
FOSSANO	32	43	65	99	62	35	269	336
ISOLA DEL CANT.	12	32	64	92	48	18	236	266
IVREA	24	33	35	59	32	27	159	210
LUSERNA S. G.	9	12	24	72	39	24	147	180
NOVARA	26	40	52	80	57	32	229	287
ORMEA	14	32	44	73	54	25	203	242
OROPA	1	2	0	5	5	7	12	20
PALLANZA	5	15	12	27	17	7	71	83
SPIGNO MONF.TO	27	64	93	101	67	40	325	392
TORINO	27	43	44	70	47	34	204	265
USSEGLIO	1	3	8	29	17	13	57	71
VARALLO	7	10	10	17	15	11	52	70
VERCELLI	24	48	59	80	51	36	238	298
VOGHERA	31	65	81	92	58	38	296	365

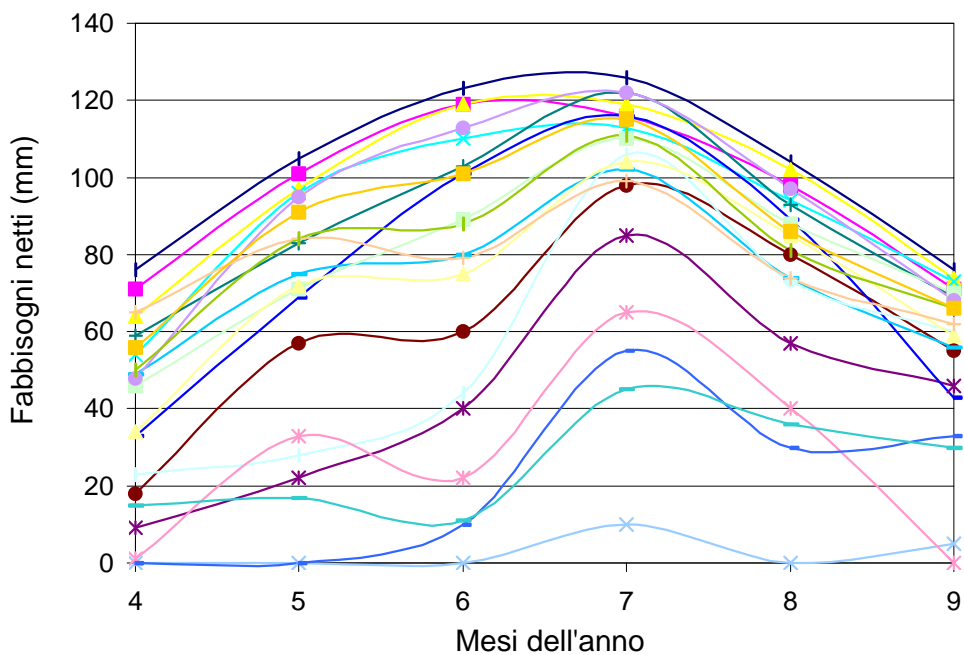
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno						Quadri- mestre Mag-Ago	Semestre Apr-Set
	A	M	G	L	A	S		
ALESSANDRIA	76	105	123	126	104	76	423	535
ASTI	71	101	119	116	98	71	381	477
BRA	64	97	119	119	102	74	390	483
CASALE MONF.TO	54	96	110	113	94	73	350	425
CASTELDEFINO	9	22	40	85	57	46	202	235
CUNEO	18	57	60	98	80	55	219	277
FOSSANO	59	83	103	122	93	69	346	438
ISOLA DEL CANT.	33	69	101	116	89	43	296	319
IVREA	49	75	80	102	74	56	245	328
LUSERNA S. G.	23	28	44	106	73	60	207	264
NOVARA	46	71	89	110	88	70	308	380
ORMEA	34	72	75	104	85	59	281	303
OROPA	0	0	0	10	0	5	22	54
PALLANZA	1	33	22	65	40	0	128	149
SPIGNO MONF.TO	48	95	113	122	97	68	370	453
TORINO	65	84	79	99	74	62	273	369
USSEGLIO	0	0	10	55	30	33	101	134
VARALLO	15	17	11	45	36	30	90	130
VERCELLI	50	84	88	111	81	66	306	376
VOGHERA	56	91	101	115	86	66	345	440

FN prato AFU 45 - valori medi



**FN prato AFU 45
valori con frequenza di superamento 20%**



Fabbisogni netti (FN) mais AFU 65

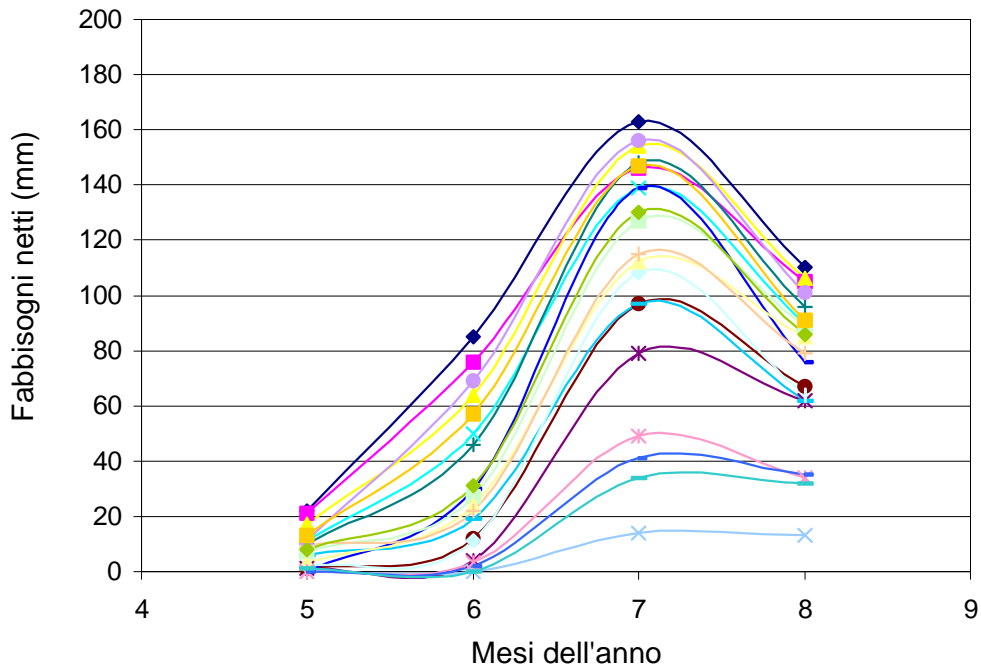
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno				Quadrimestre Maggio-Agosto
	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	22	85	163	110	380
ASTI	21	76	146	105	348
BRA	17	64	154	106	341
CASALE MONF.TO	11	50	139	90	290
CASTELDEFINO	1	4	79	62	146
CUNEO	1	12	97	67	177
FOSSANO	10	46	148	96	300
ISOLA DEL CANT.	0	30	139	76	245
IVREA	6	19	97	62	184
LUSERNA S. G.	2	11	108	64	185
NOVARA	7	27	127	89	250
ORMEA	3	24	112	85	224
OROPA	0	0	14	13	27
PALLANZA	0	3	49	34	86
SPIGNO MONF.TO	11	69	156	101	337
TORINO	9	22	115	79	225
USSEGLIO	0	2	41	35	78
VARALLO	1	0	34	32	67
VERCELLI	8	31	130	86	255
VOGHERA	13	57	147	91	308

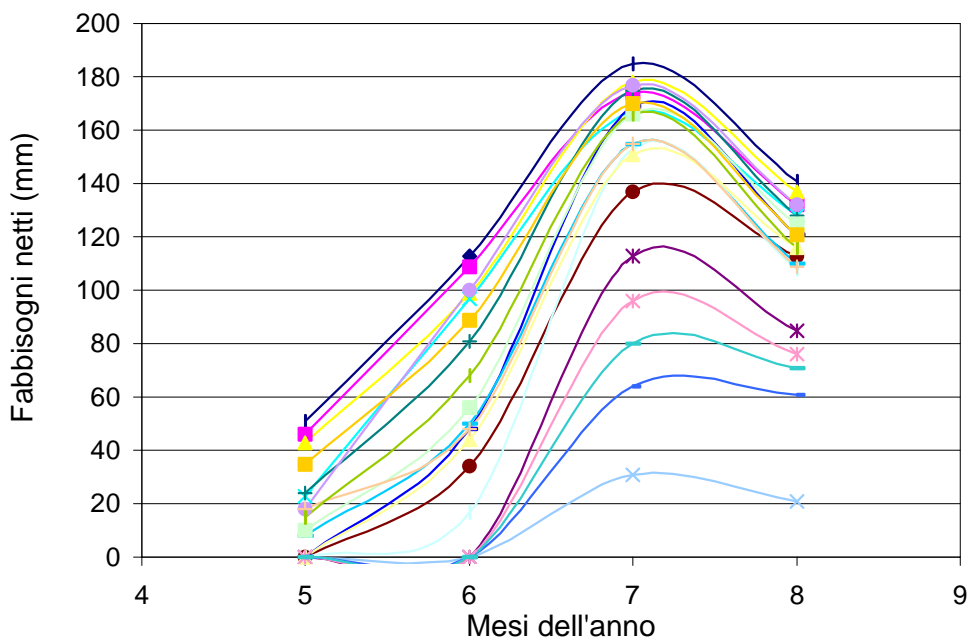
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno				Quadrimestre Maggio-Agosto
	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	51	113	185	141	449
ASTI	46	109	174	132	403
BRA	43	99	178	137	403
CASALE MONF.TO	23	97	167	128	368
CASTELDEFINO	0	0	113	85	205
CUNEO	0	34	137	113	247
FOSSANO	24	81	175	128	377
ISOLA DEL CANT.	0	48	169	121	312
IVREA	8	50	155	110	273
LUSERNA S. G.	0	17	153	108	248
NOVARA	10	56	166	125	345
ORMEA	0	44	151	116	287
OROPA	0	0	31	21	57
PALLANZA	0	0	96	76	176
SPIGNO MONF.TO	18	100	177	132	390
TORINO	18	48	155	109	306
USSEGLIO	0	0	64	61	127
VARALLO	0	0	80	71	132
VERCELLI	15	68	166	116	324
VOGHERA	35	89	170	121	358

FN mais AFU 65 - valori medi



**FN mais AFU 65
valori con frequenza di superamento 20%**



Fabbisogni netti (FN) frutteto AFU 75

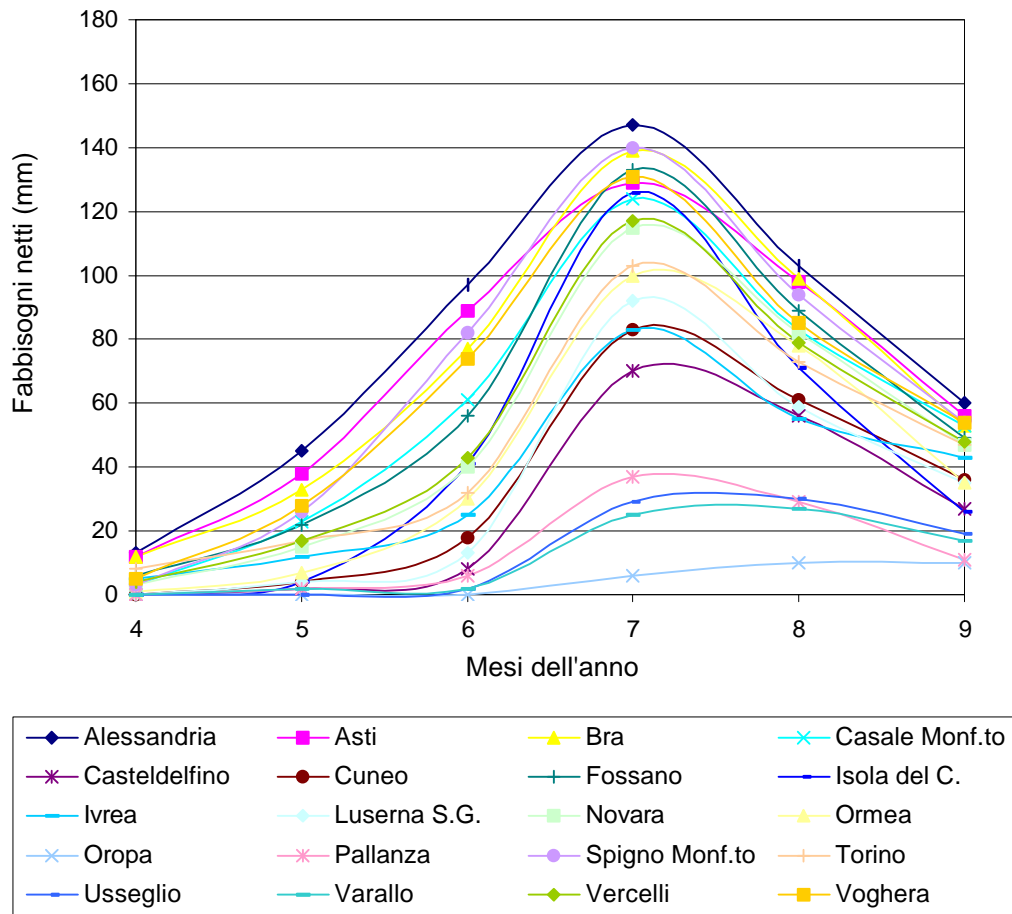
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno						Quadri- mestre Mag-Ago	Semestre Apr-Set
	A	M	G	L	A	S		
ALESSANDRIA	13	45	97	147	103	60	392	465
ASTI	12	38	89	129	98	56	354	422
BRA	12	33	77	139	99	53	348	413
CASALE MONF.TO	3	23	61	124	83	53	291	347
CASTELDEFINO	0	2	8	70	56	27	136	163
CUNEO	0	4	18	83	61	36	166	202
FOSSANO	6	22	56	133	89	49	300	355
ISOLA DEL CANT.	0	4	41	126	71	26	242	268
IVREA	5	12	25	83	55	43	175	223
LUSERNA S. G.	0	4	13	92	59	35	168	203
NOVARA	3	15	40	115	82	47	252	302
ORMEA	1	7	30	100	78	35	215	251
OROPA	0	0	0	6	10	10	16	26
PALLANZA	0	2	6	37	29	11	74	85
SPIGNO MONF.TO	3	26	82	140	94	54	342	399
TORINO	8	17	32	103	73	47	225	280
USSEGLIO	0	0	2	29	30	19	61	80
VARALLO	0	2	2	25	27	17	56	73
VERCELLI	4	17	43	117	79	48	256	308
VOGHERA	5	28	74	131	85	54	318	377

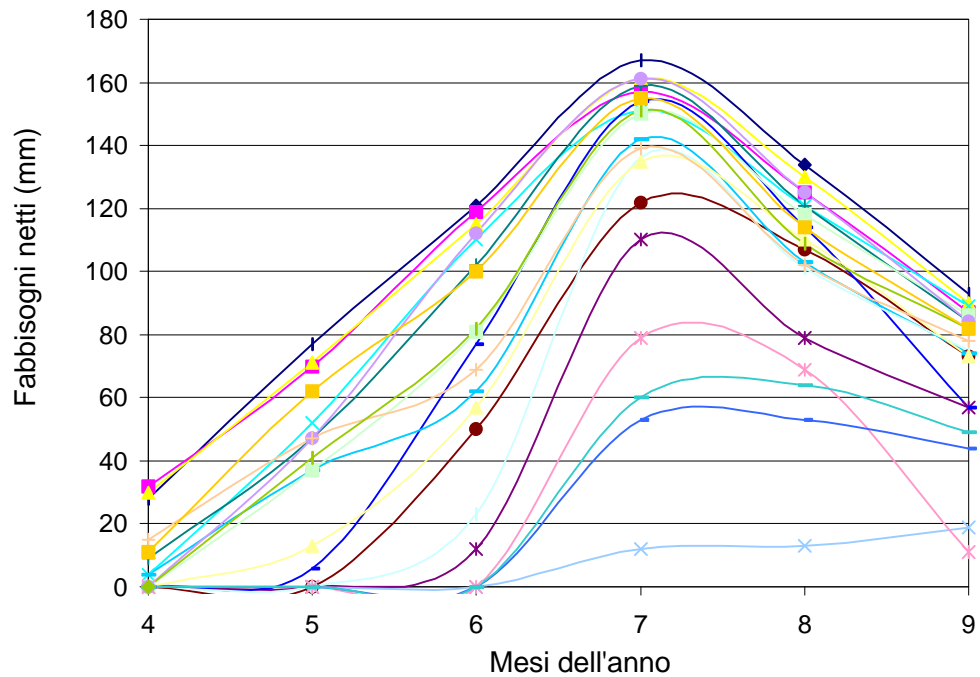
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno						Quadri- mestre Mag-Ago	Semestre Apr-Set
	A	M	G	L	A	S		
ALESSANDRIA	28	77	121	167	134	93	465	559
ASTI	32	70	119	157	125	87	410	511
BRA	30	71	115	161	130	90	425	508
CASALE MONF.TO	4	52	110	151	121	89	378	451
CASTELDEFINO	0	0	12	110	79	57	208	252
CUNEO	0	0	50	122	107	73	244	299
FOSSANO	9	47	102	159	121	84	383	460
ISOLA DEL CANT.	0	6	77	154	114	57	308	328
IVREA	4	37	62	142	103	74	276	343
LUSERNA S. G.	0	0	23	136	101	75	222	274
NOVARA	0	37	81	150	118	86	351	390
ORMEA	0	13	57	135	110	73	274	316
OROPA	0	0	0	12	13	19	30	61
PALLANZA	0	0	0	79	69	11	149	169
SPIGNO MONF.TO	0	47	112	161	125	84	400	463
TORINO	15	47	69	139	102	78	309	386
USSEGLIO	0	0	0	53	53	44	106	137
VARALLO	0	0	0	60	64	49	112	159
VERCELLI	0	41	82	151	109	82	319	399
VOGHERA	11	62	100	155	114	82	373	455

FN frutteto AFU 75 - valori medi



**FN frutteto AFU 75
valori con frequenza di superamento 20%**



Fabbisogni netti (FN) riso F 1.000

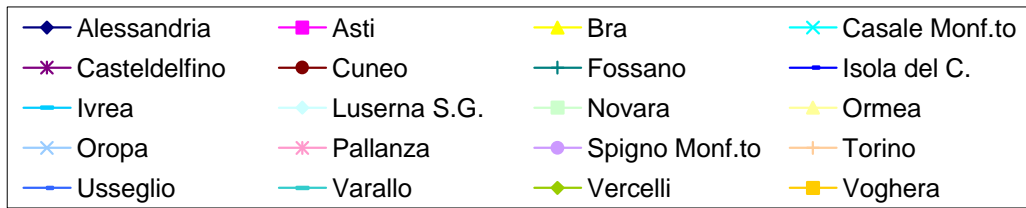
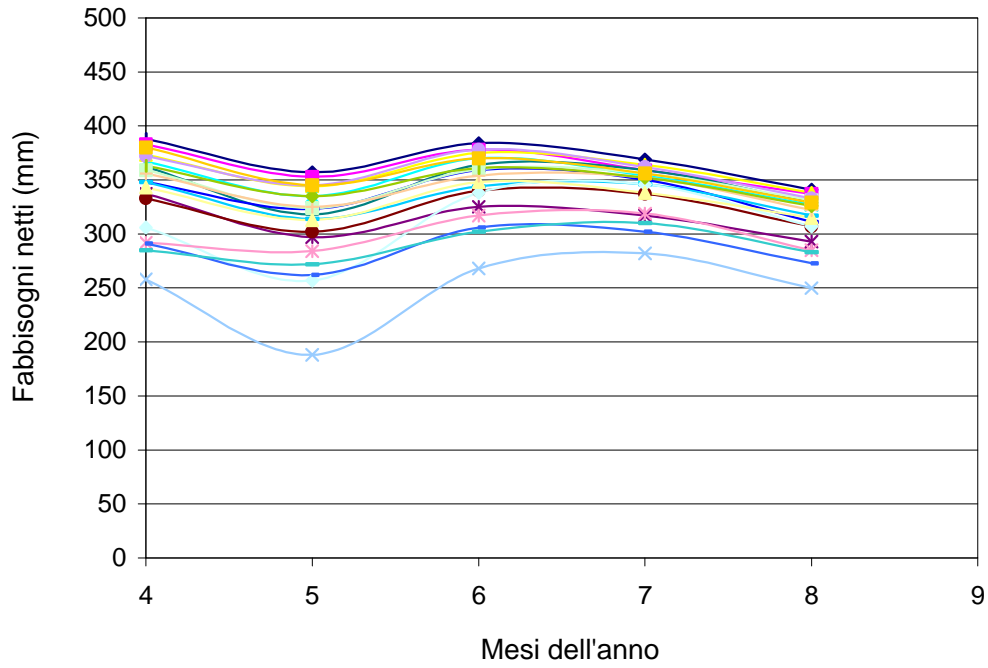
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno					Stagione Aprile-Agosto
	A	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	388	357	384	369	341	1.839
ASTI	383	353	378	359	337	1.811
BRA	373	344	375	364	338	1.794
CASALE MONF.TO	367	335	370	354	327	1.753
CASTELDEFINO	337	297	325	317	293	1.570
CUNEO	333	302	340	337	307	1.618
FOSSANO	362	318	364	359	329	1.732
ISOLA DEL CANT.	348	323	359	350	311	1.691
IVREA	348	314	344	346	317	1.668
LUSERNA S. G.	306	257	338	346	307	1.555
NOVARA	359	324	360	356	331	1.730
ORMEA	343	313	348	338	315	1.658
OROPA	258	188	268	282	250	1.245
PALLANZA	292	284	317	319	285	1.498
SPIGNO MONF.TO	372	345	378	362	333	1.790
TORINO	356	325	354	352	322	1.709
USSEGLIO	291	262	306	302	273	1.434
VARALLO	285	272	302	310	283	1.452
VERCELLI	363	335	361	352	326	1.737
VOGHERA	380	345	370	356	329	1.780

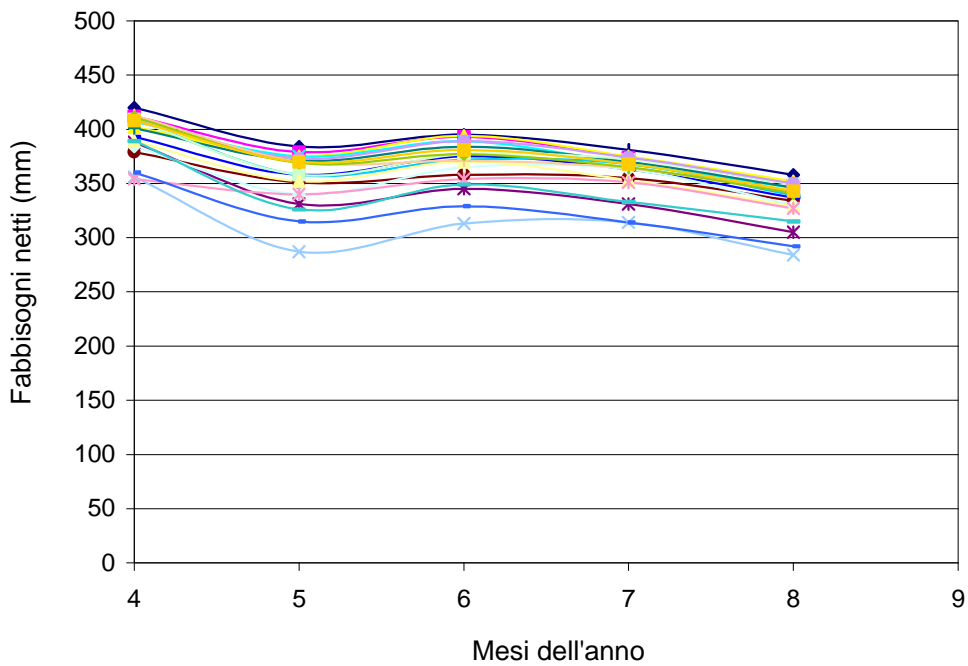
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno					Stagione Aprile-Agosto
	A	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	420	384	395	381	358	1.901
ASTI	412	379	393	374	349	1.860
BRA	402	375	394	375	352	1.851
CASALE MONF.TO	407	375	389	368	346	1.817
CASTELDEFINO	388	331	345	331	305	1.627
CUNEO	379	351	358	355	334	1.696
FOSSANO	401	371	384	370	346	1.808
ISOLA DEL CANT.	393	358	375	363	337	1.731
IVREA	409	358	372	368	339	1.768
LUSERNA S. G.	384	340	365	363	330	1.666
NOVARA	409	358	377	372	349	1.796
ORMEA	389	352	370	353	329	1.716
OROPA	356	287	313	314	284	1.422
PALLANZA	354	340	354	351	327	1.597
SPIGNO MONF.TO	408	373	389	374	350	1.833
TORINO	413	370	371	364	342	1.788
USSEGLIO	360	315	329	314	292	1.532
VARALLO	389	326	349	333	315	1.579
VERCELLI	411	369	377	365	341	1.790
VOGHERA	408	370	381	368	343	1.816

FN riso F 1000 - valori medi



**FN riso F 1000
valori con frequenza di superamento 20%**



Fabbisogni netti (FN) riso F 3.000

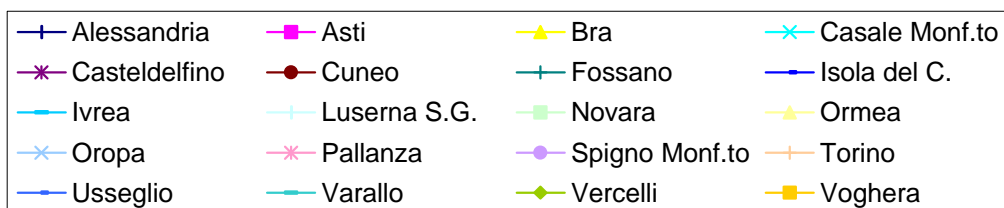
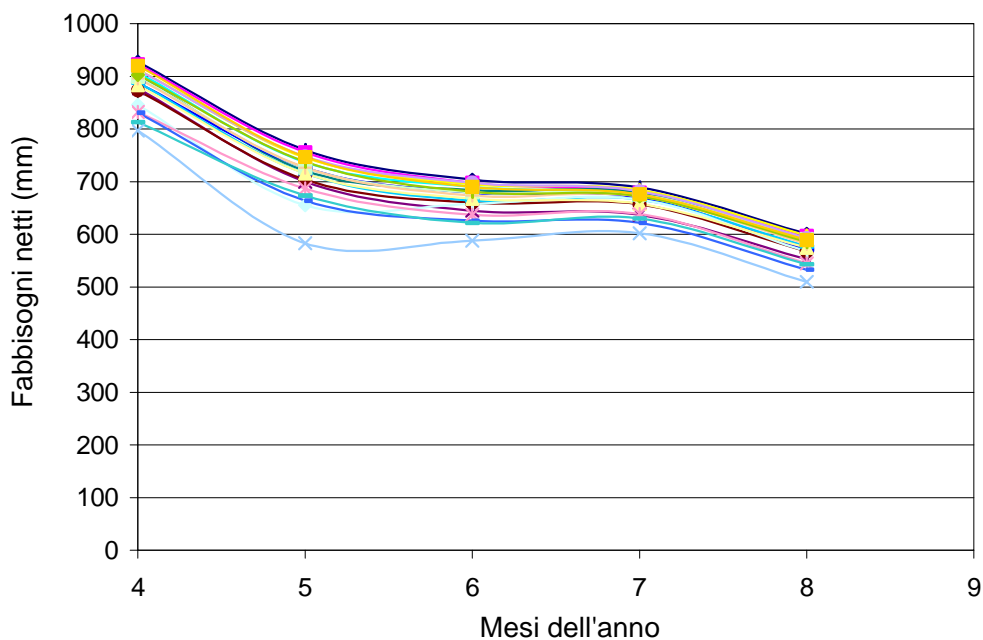
Valori medi (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno					Stagione Aprile-Agosto
	A	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	928	760	704	689	601	3.681
ASTI	923	756	698	679	597	3.653
BRA	913	746	695	684	598	3.636
CASALE MONF.TO	907	737	690	674	587	3.596
CASTELDEFINO	877	700	645	637	553	3.413
CUNEO	873	704	660	657	567	3.461
FOSSANO	902	721	684	679	589	3.575
ISOLA DEL CANT.	888	726	679	670	571	3.533
IVREA	888	716	664	666	577	3.511
LUSERNA S. G.	846	655	658	666	567	3.393
NOVARA	899	726	680	676	591	3.572
ORMEA	883	716	668	658	575	3.500
OROPA	797	583	588	602	510	3.080
PALLANZA	832	687	637	639	545	3.340
SPIGNO MONF.TO	912	748	698	682	593	3.633
TORINO	896	727	674	672	582	3.552
USSEGLIO	831	664	626	622	533	3.277
VARALLO	813	674	622	630	543	3.282
VERCELLI	903	738	681	672	586	3.580
VOGHERA	920	747	690	676	589	3.622

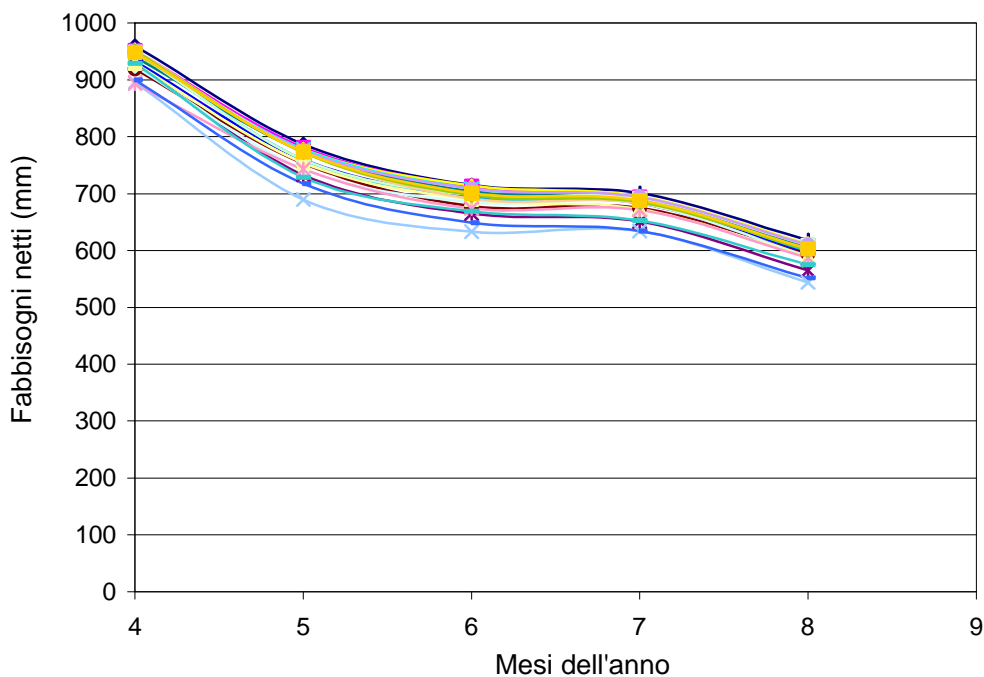
Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

Stazioni termo-pluviometriche	Mesi dell'anno					Stagione Aprile-Agosto
	A	M	G	L	A	
ALESSANDRIA	960	787	715	701	618	3.743
ASTI	952	781	713	694	609	3.703
BRA	942	778	714	695	612	3.694
CASALE MONF.TO	947	778	709	688	606	3.660
CASTELDEFINO	928	733	665	651	565	3.470
CUNEO	919	753	678	675	594	3.538
FOSSANO	941	774	704	690	606	3.651
ISOLA DEL CANT.	933	760	695	683	597	3.573
IVREA	949	760	692	688	599	3.611
LUSERNA S. G.	924	743	685	683	590	3.509
NOVARA	949	760	697	692	609	3.638
ORMEA	929	754	690	673	589	3.559
OROPA	896	690	633	634	544	3.264
PALLANZA	894	743	674	671	587	3.439
SPIGNO MONF.TO	948	776	709	694	610	3.676
TORINO	953	773	691	684	602	3.631
USSEGLIO	900	718	649	634	552	3.375
VARALLO	929	729	669	653	575	3.422
VERCELLI	951	772	697	685	601	3.633
VOGHERA	948	773	701	688	603	3.659

FN riso F 3000 - valori medi



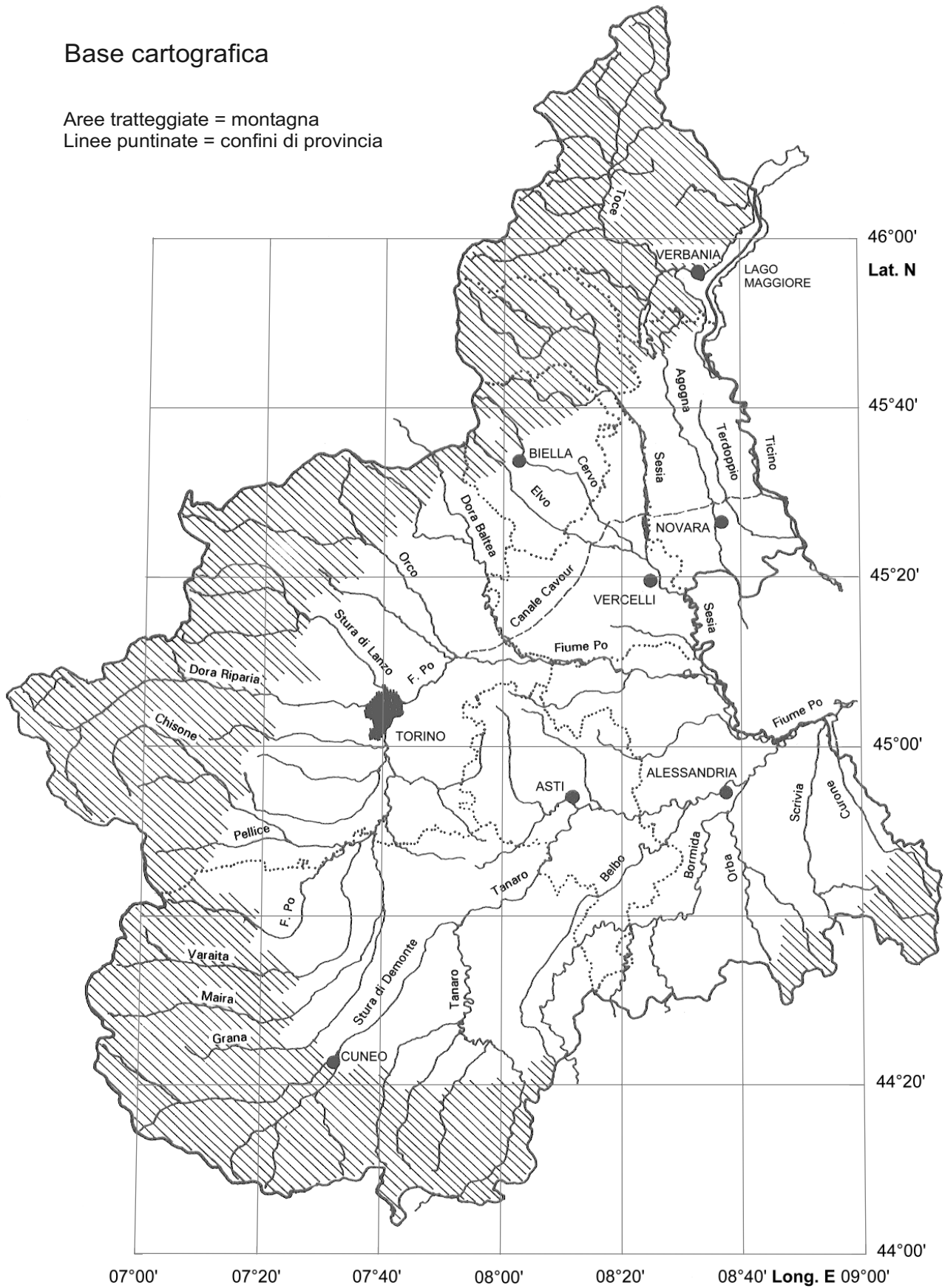
FN riso F 3000 valori con frequenza di superamento 20%



CARTE TEMATICHE

Base cartografica

Aree tratteggiate = montagna
Linee puntinate = confini di provincia



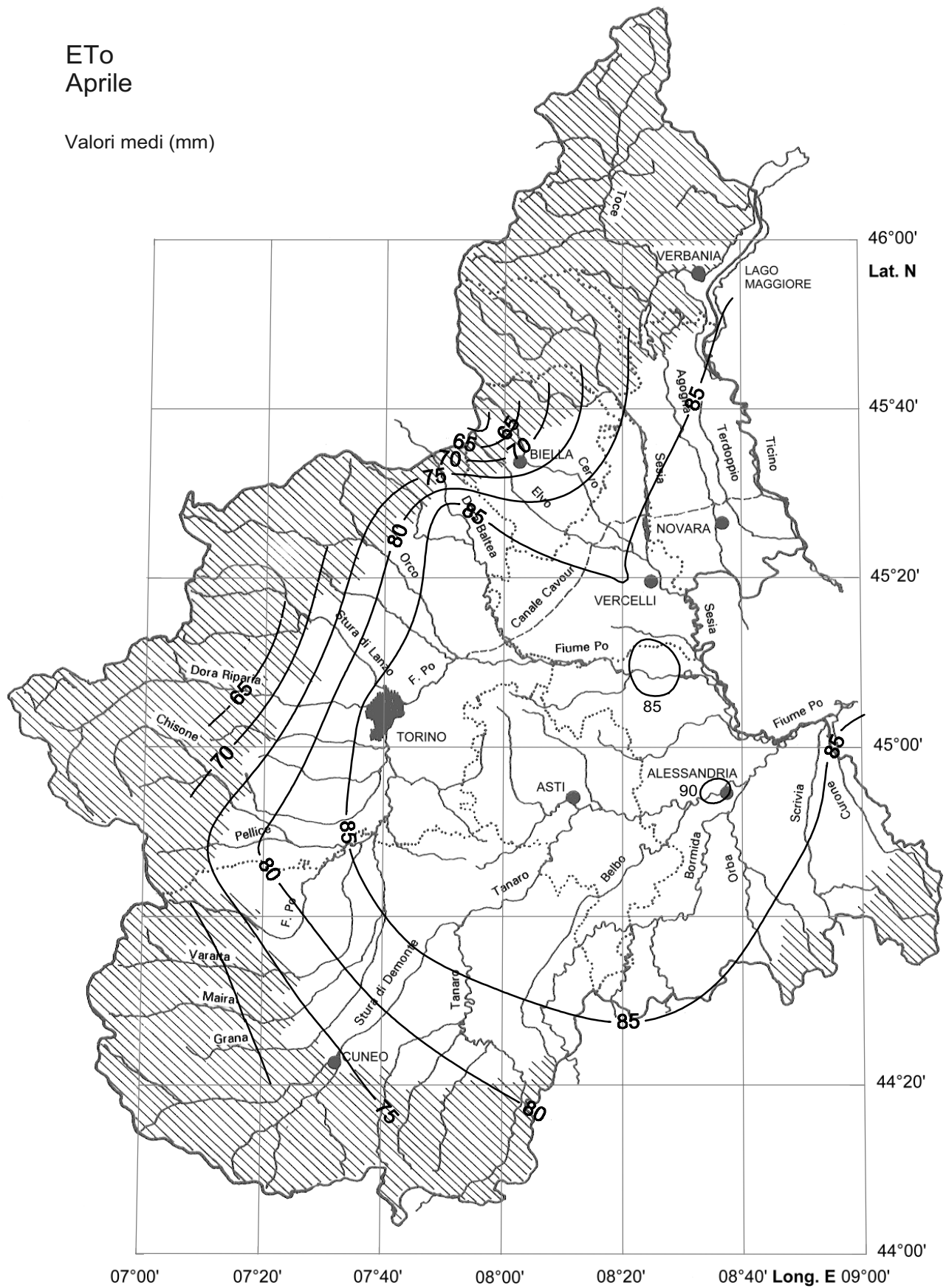
CARTE TEMATICHE
DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE DI RIFERIMENTO

Evapotraspirazione di riferimento

Valori medi

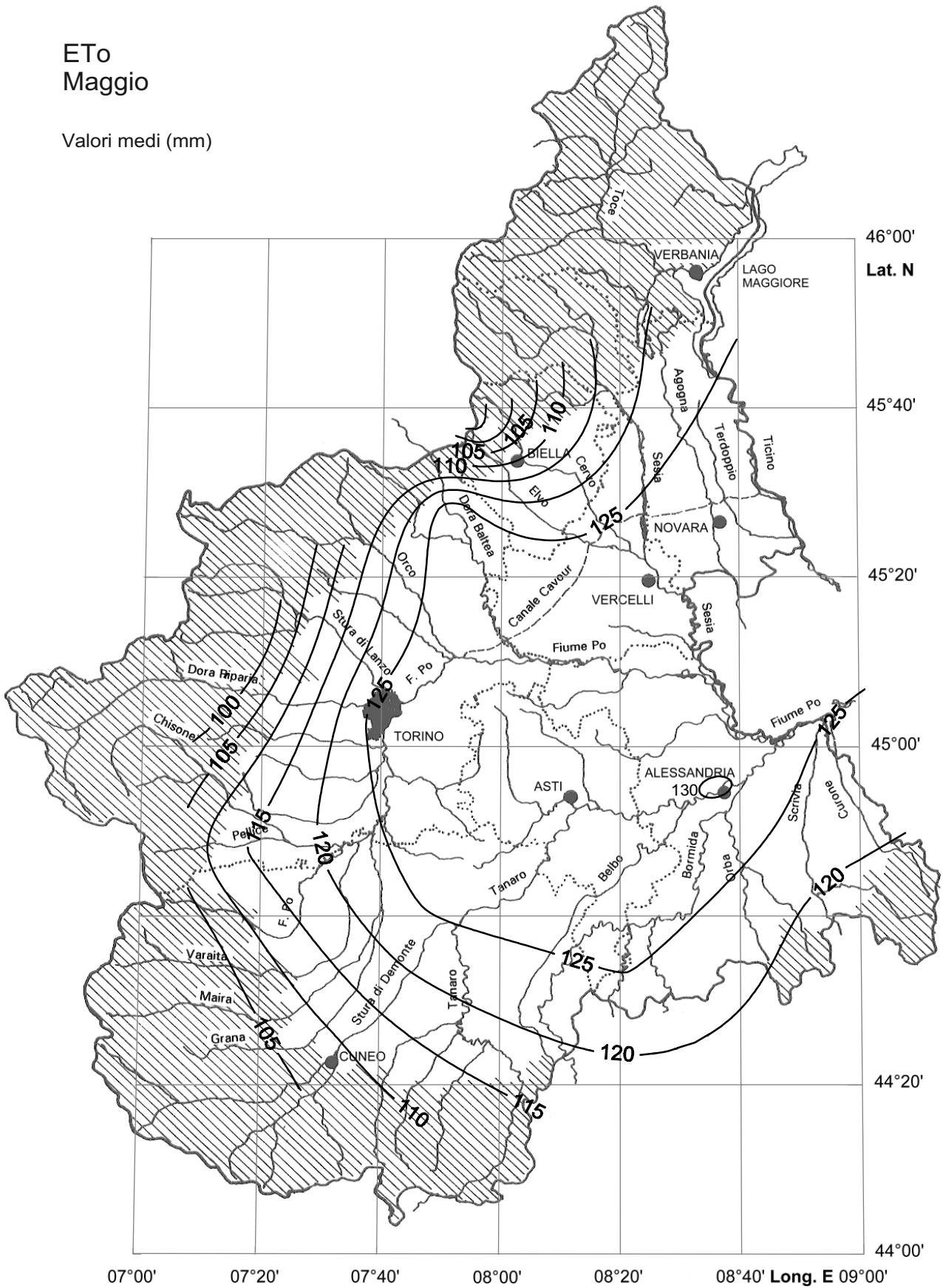
ETo Aprile

Valori medi (mm)



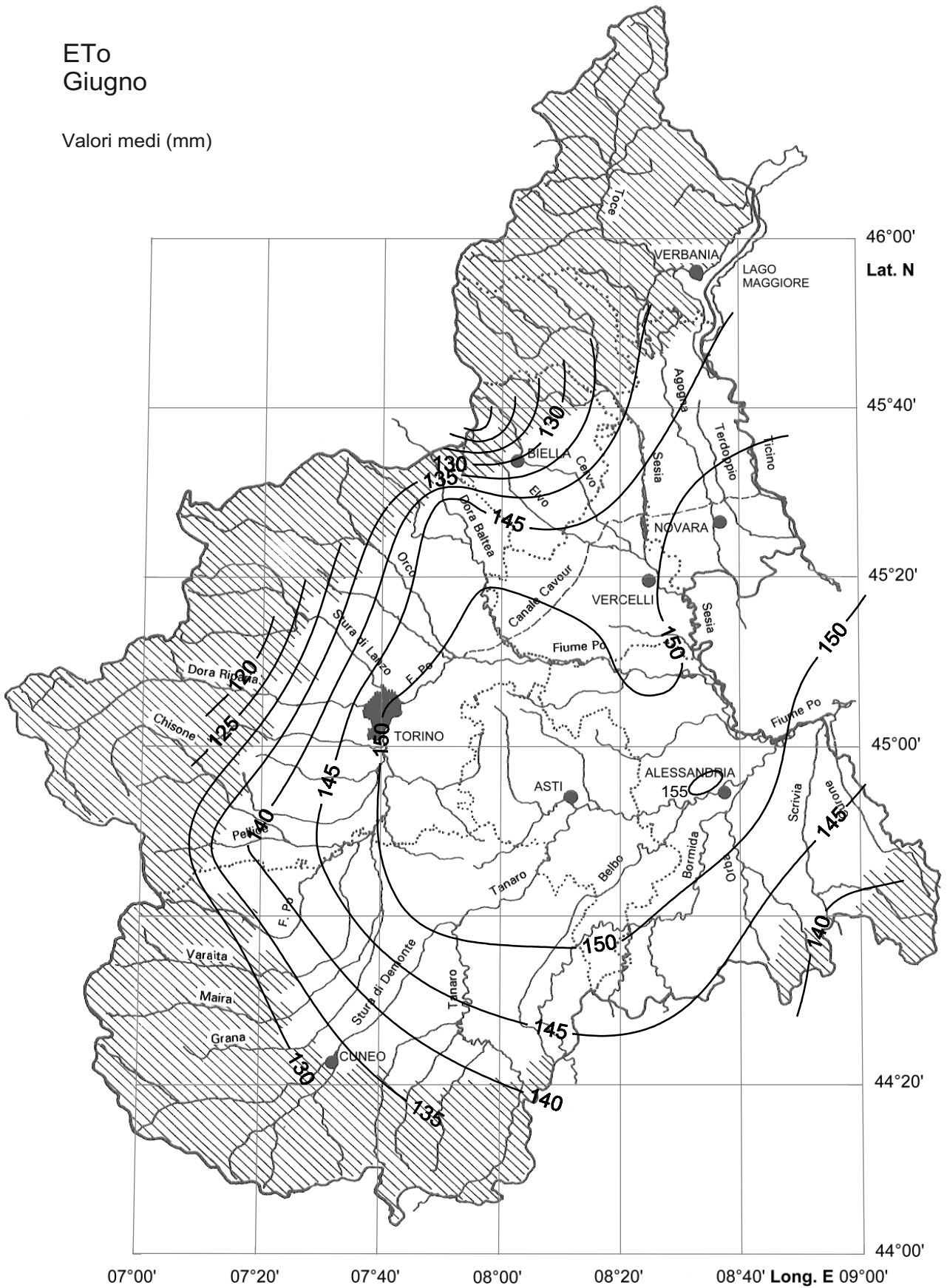
ETo Maggio

Valori medi (mm)



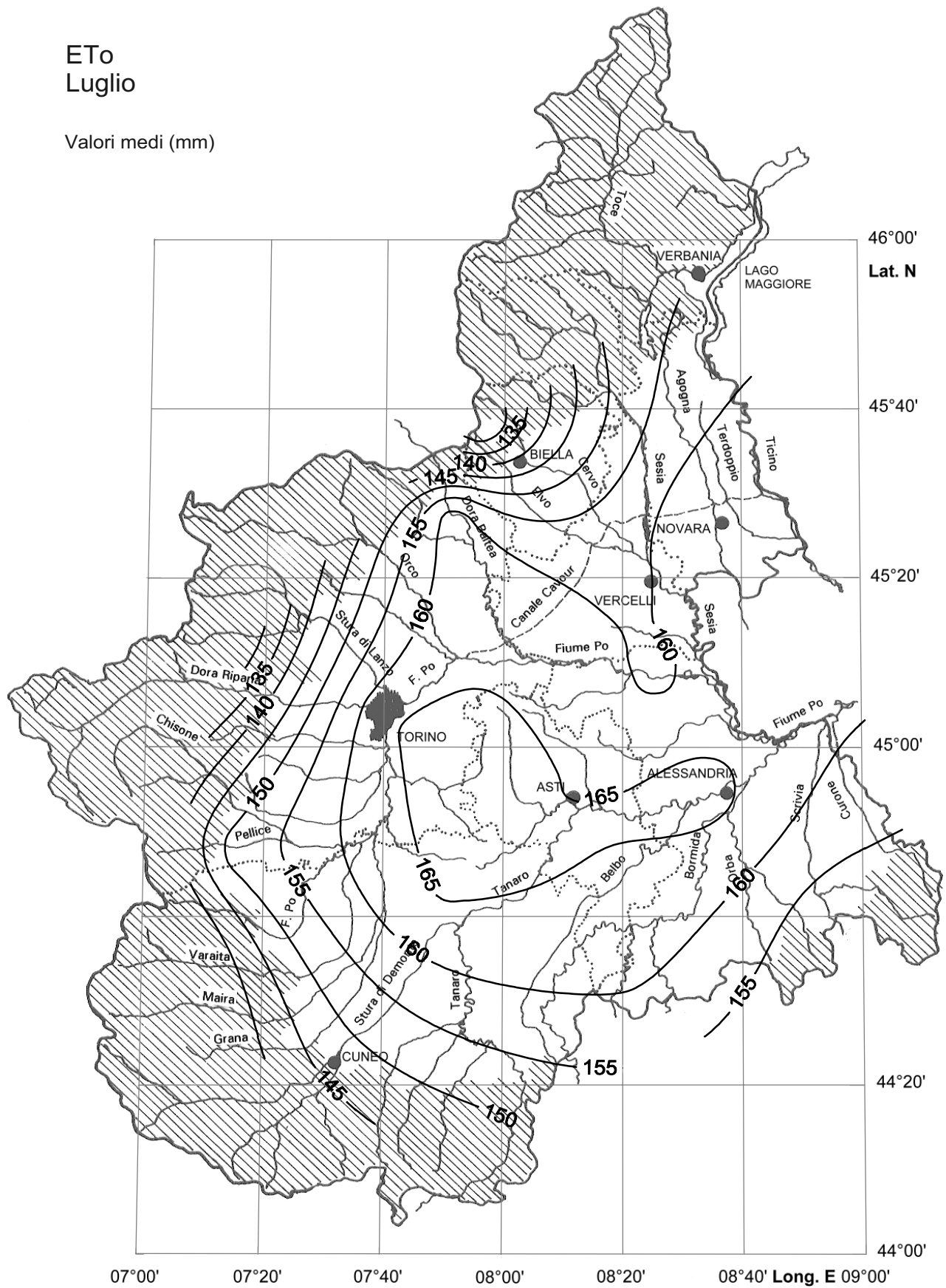
ETo
Giugno

Valori medi (mm)



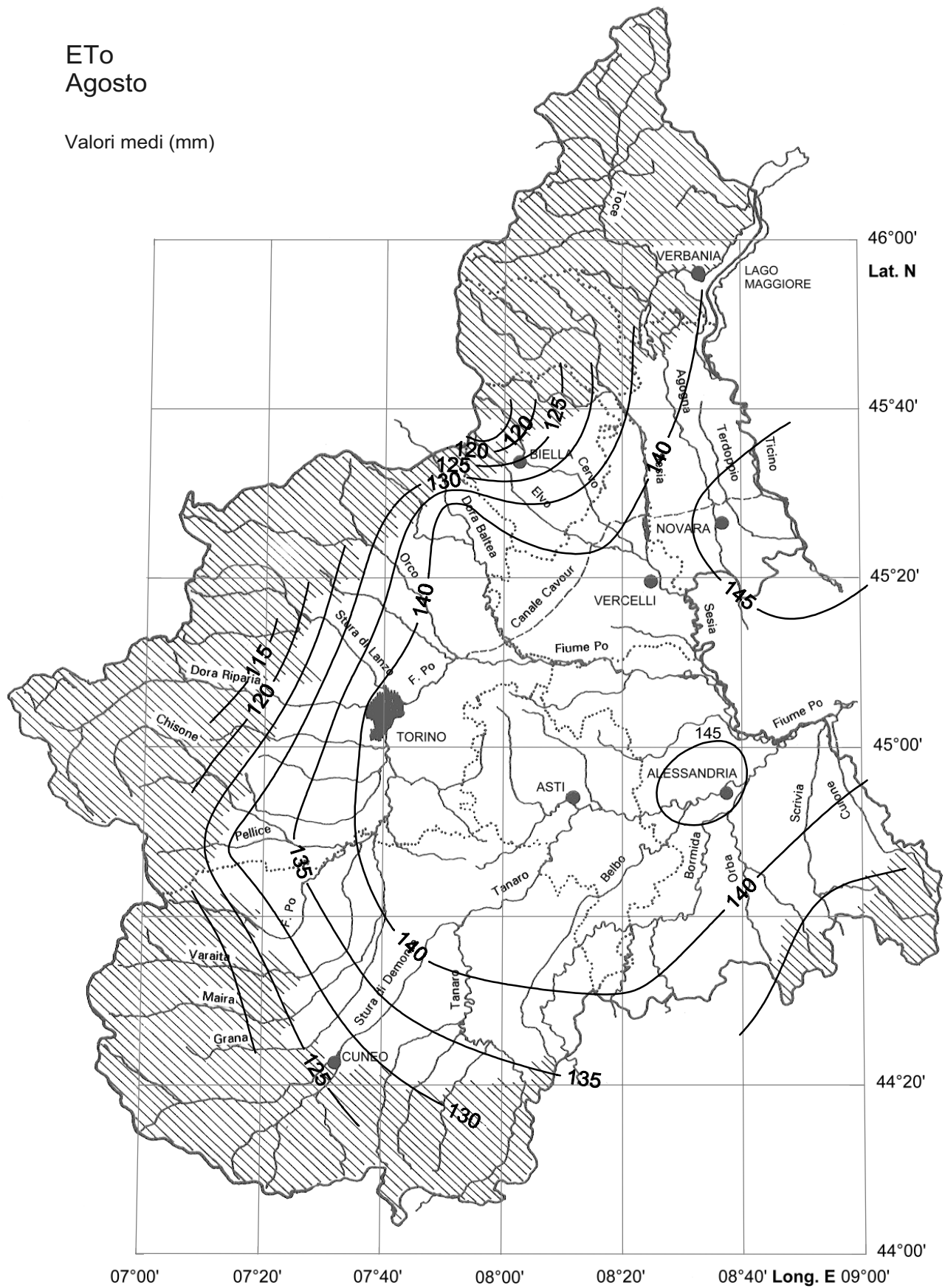
ETo Luglio

Valori medi (mm)



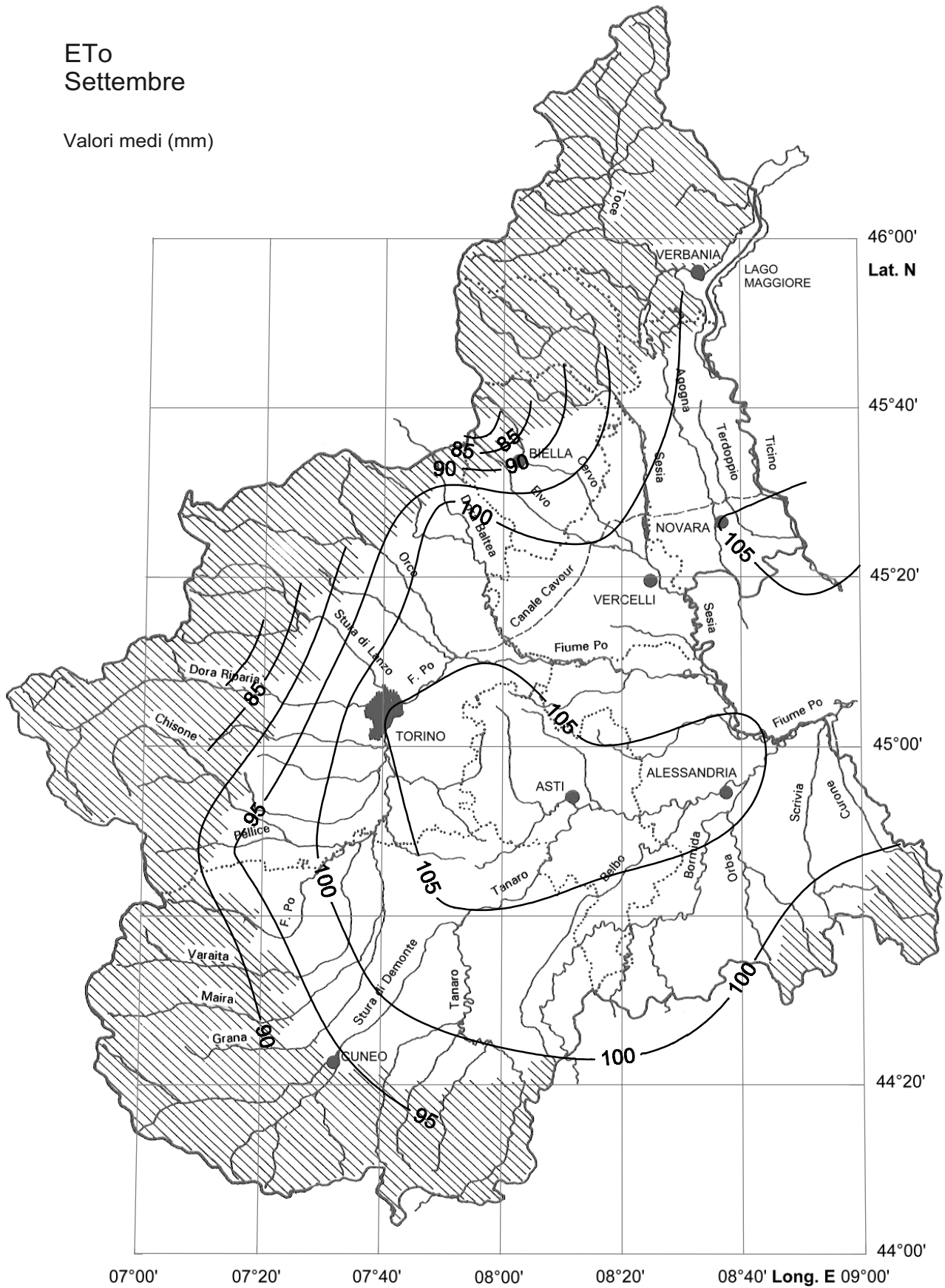
ETo
Agosto

Valori medi (mm)



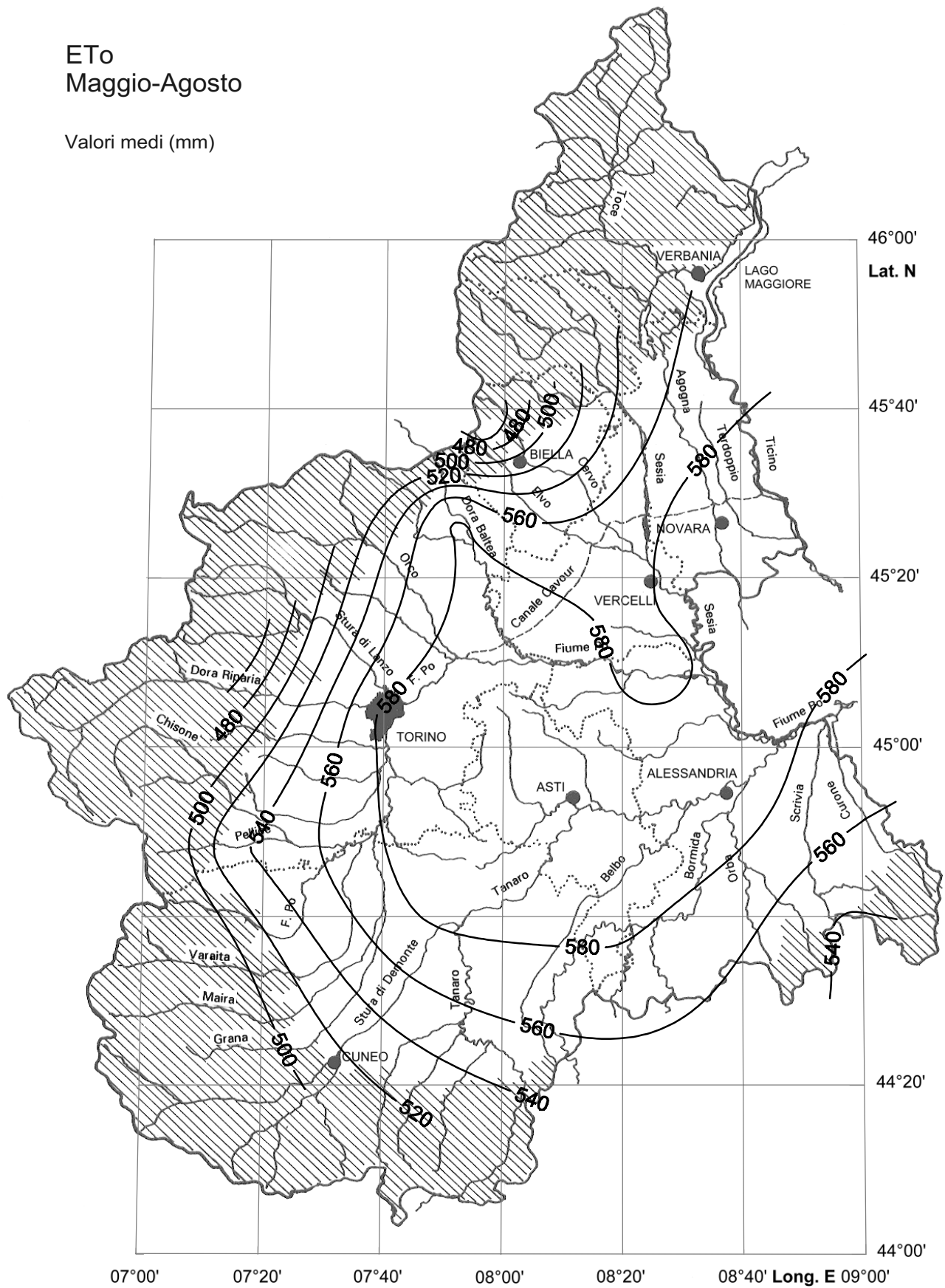
ET_o
Settembre

Valori medi (mm)



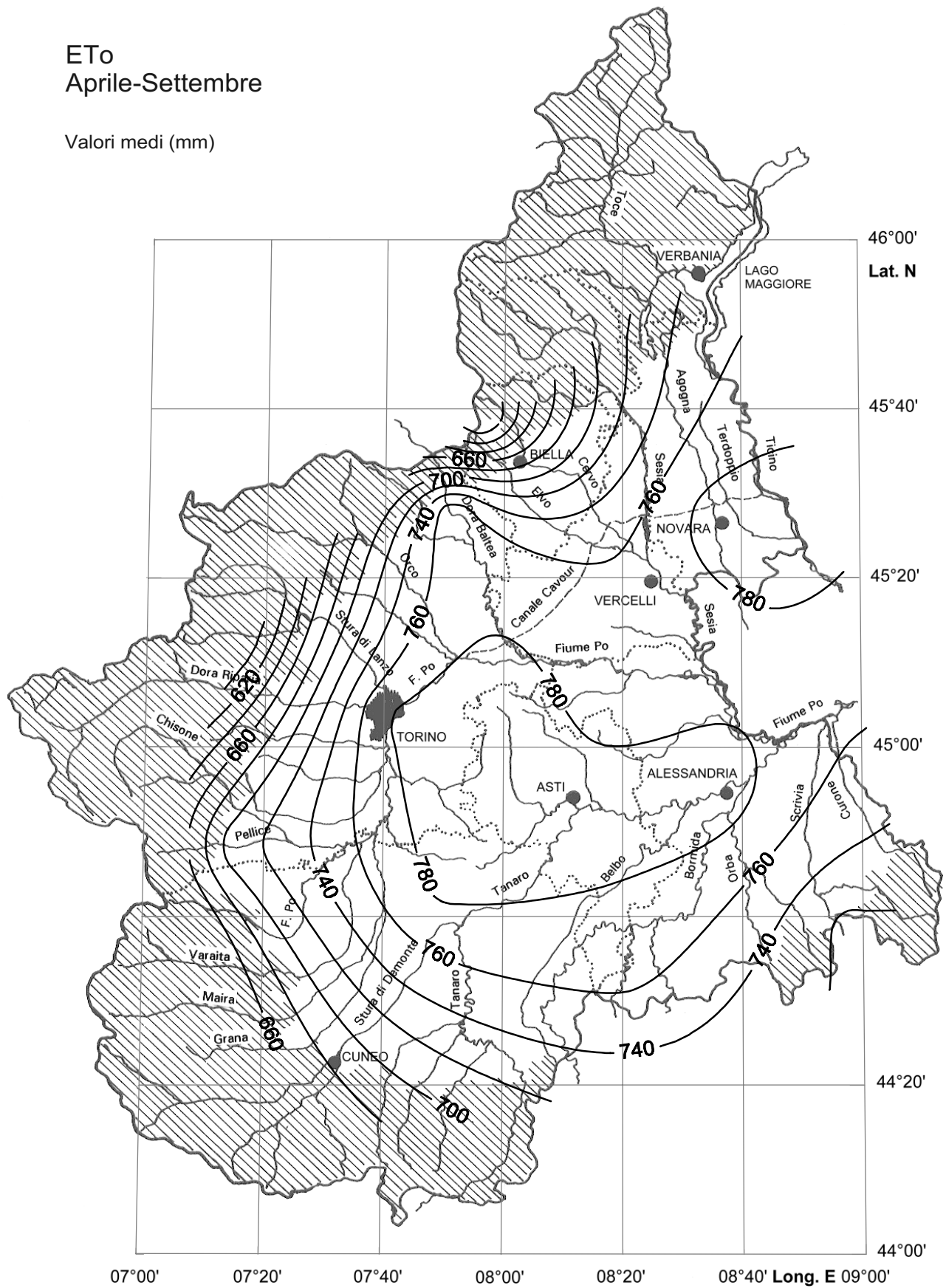
ET_o Maggio-Agosto

Valori medi (mm)



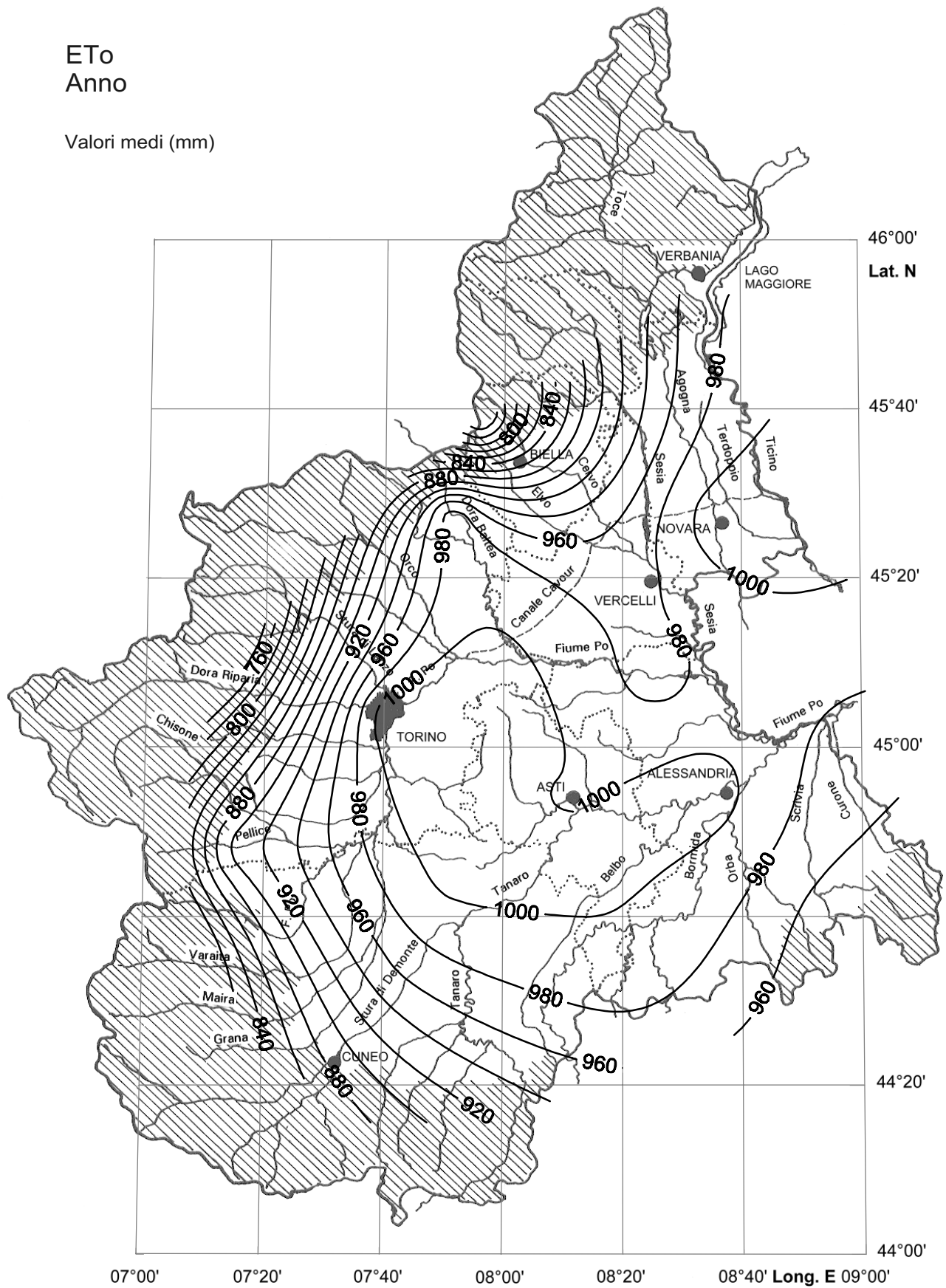
ETo
Aprile-Settembre

Valori medi (mm)



ETo
Anno

Valori medi (mm)

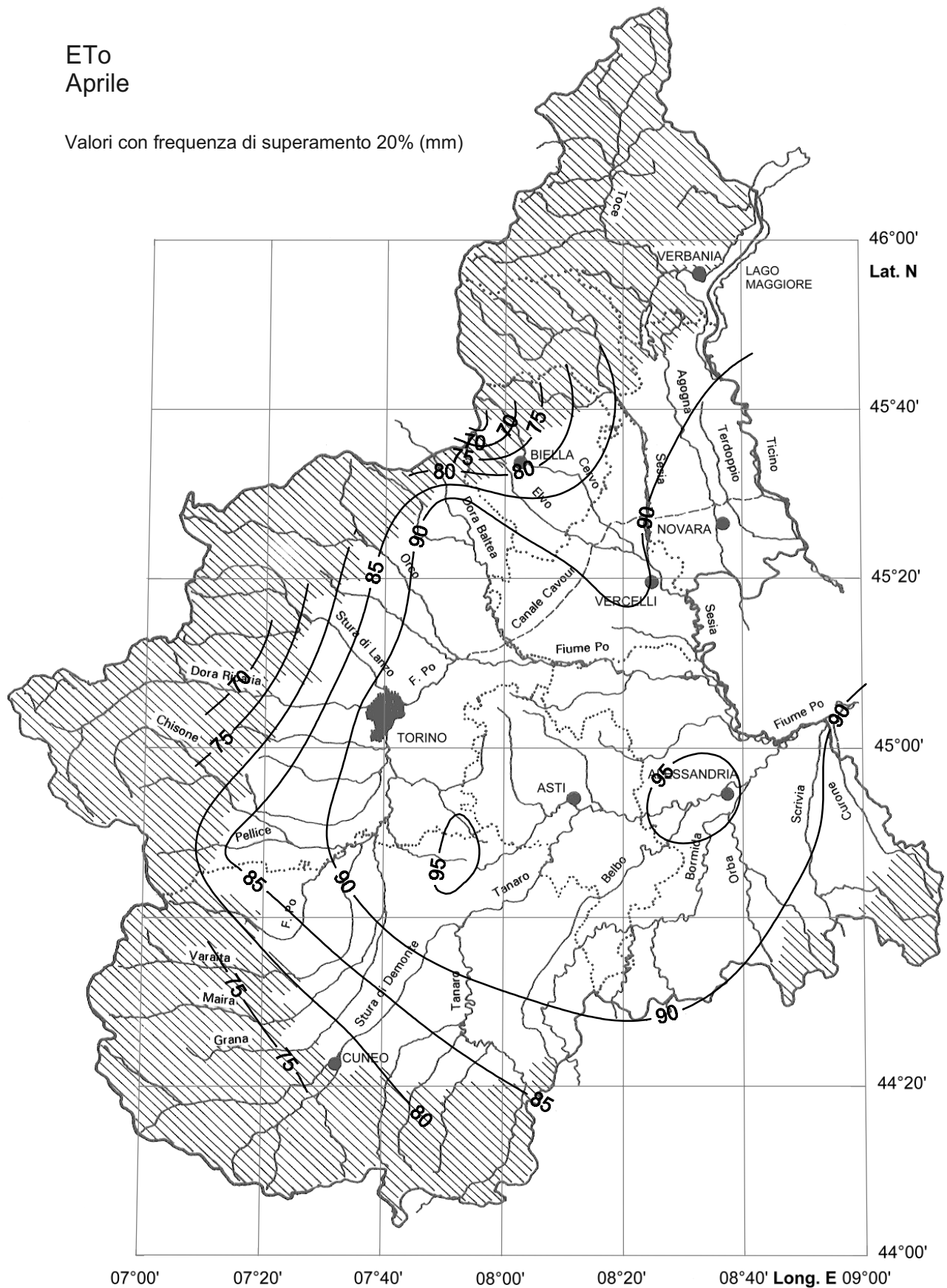


Evapotraspirazione di riferimento

Valori con frequenza di superamento 20%

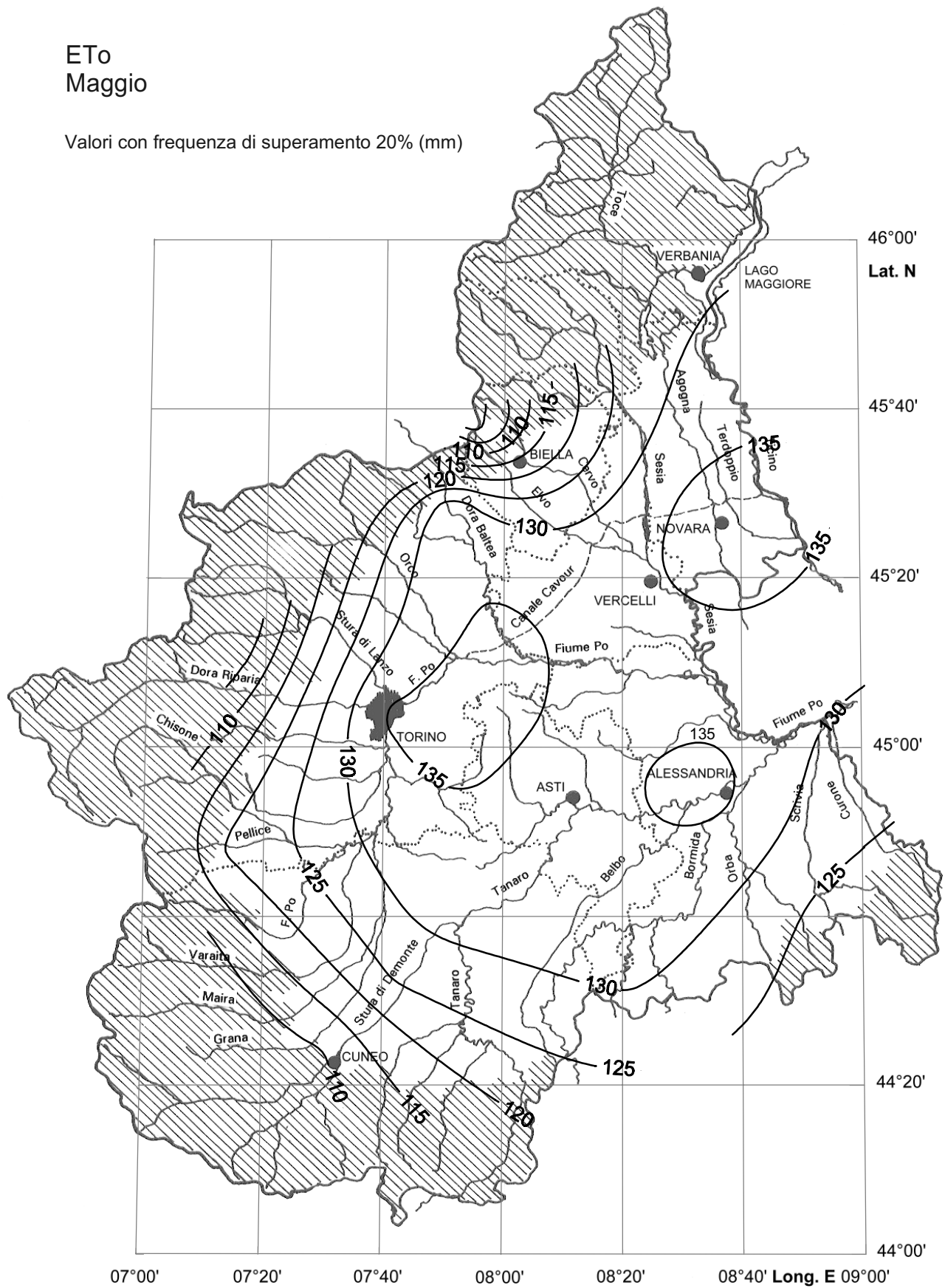
ET_o
Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



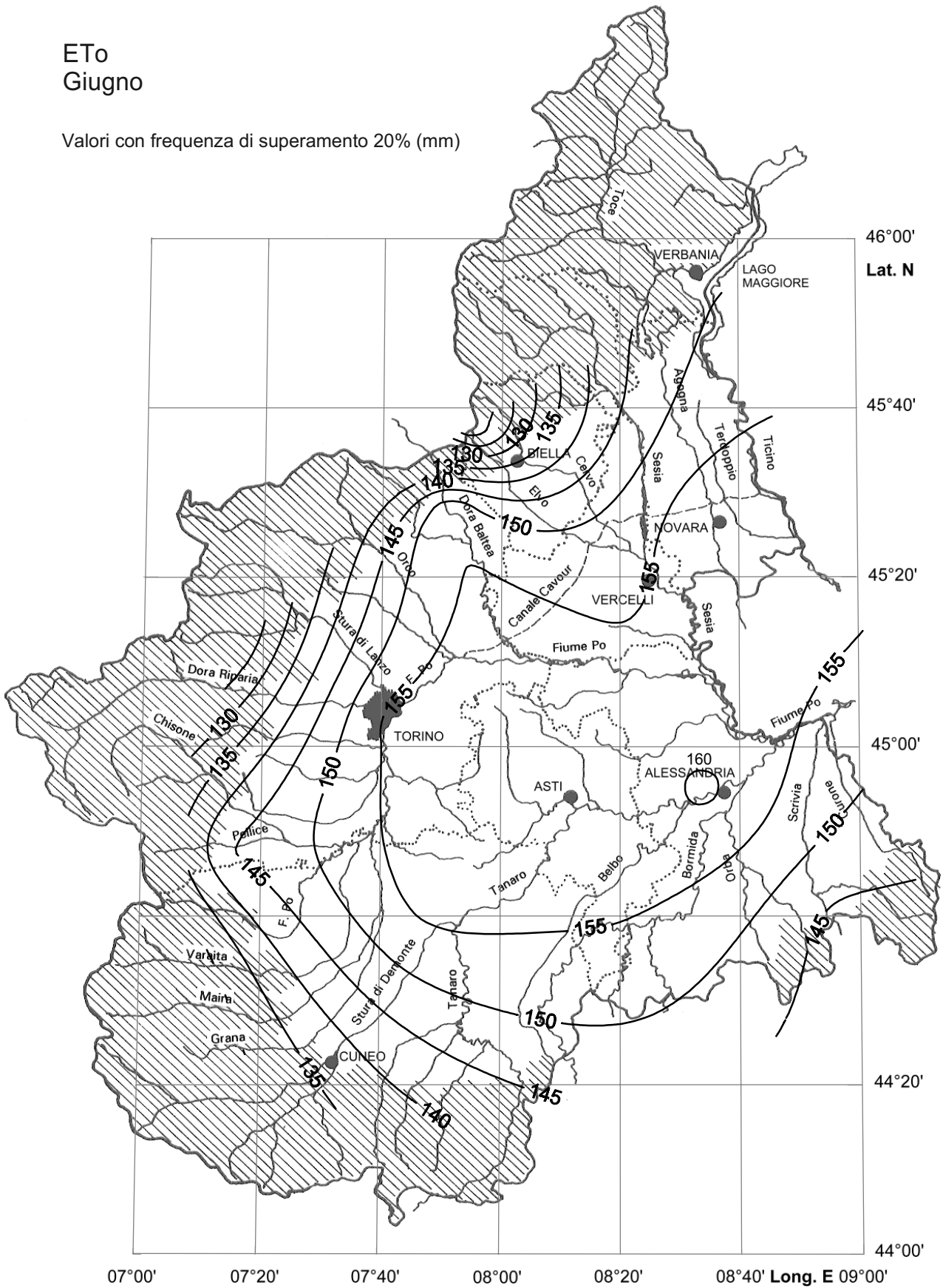
ET_o Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



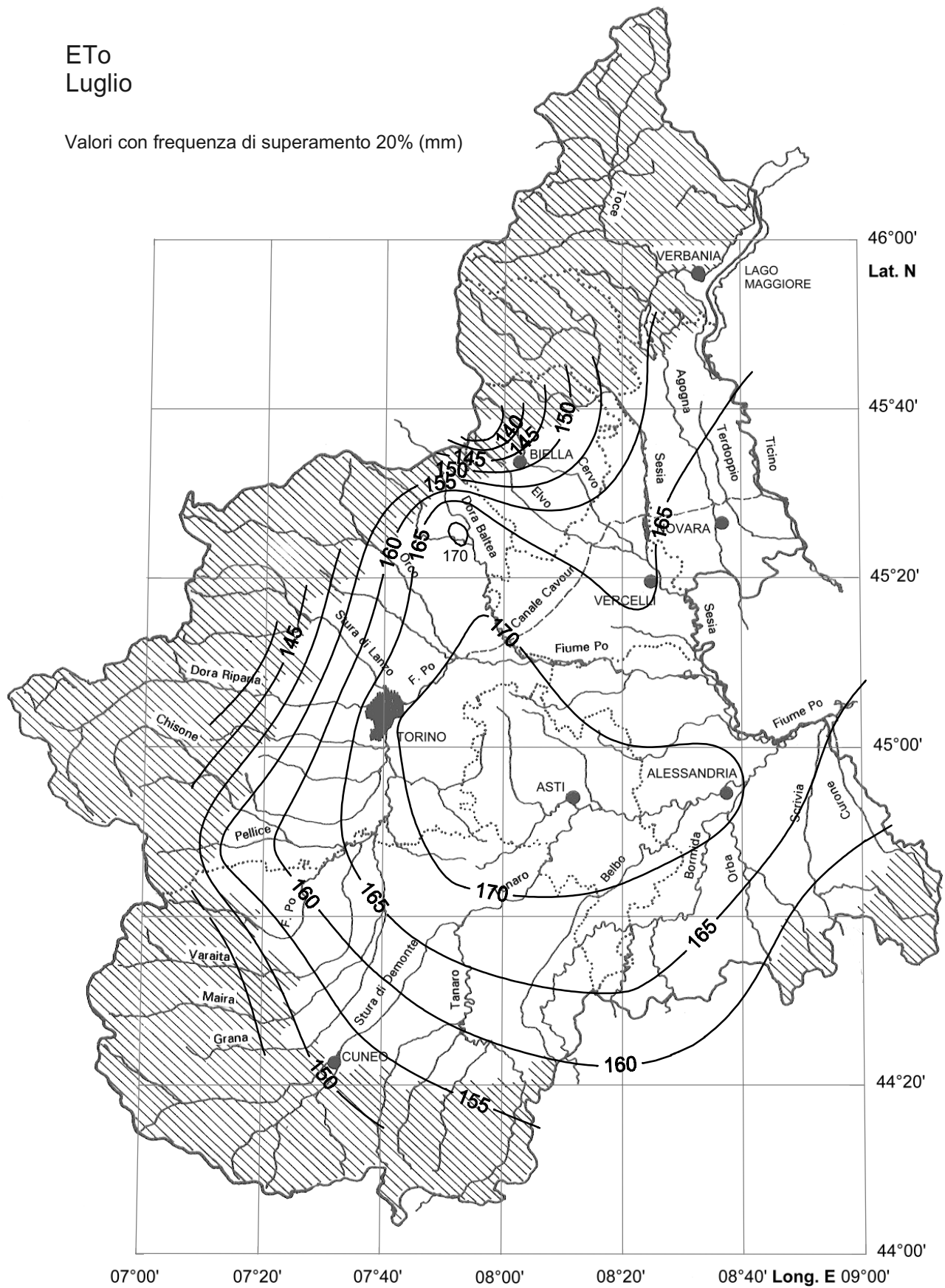
ET_o
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



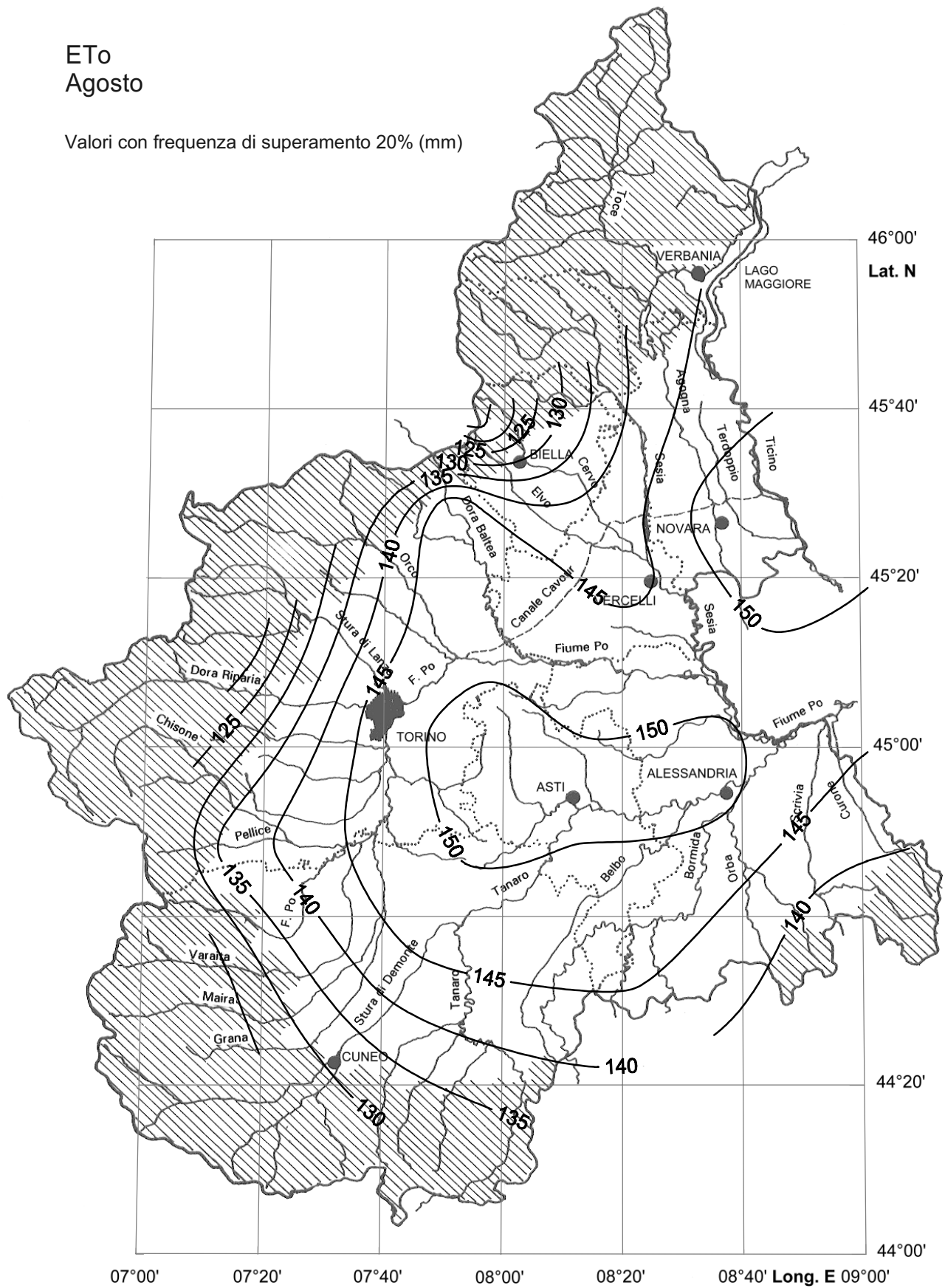
ET_o Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



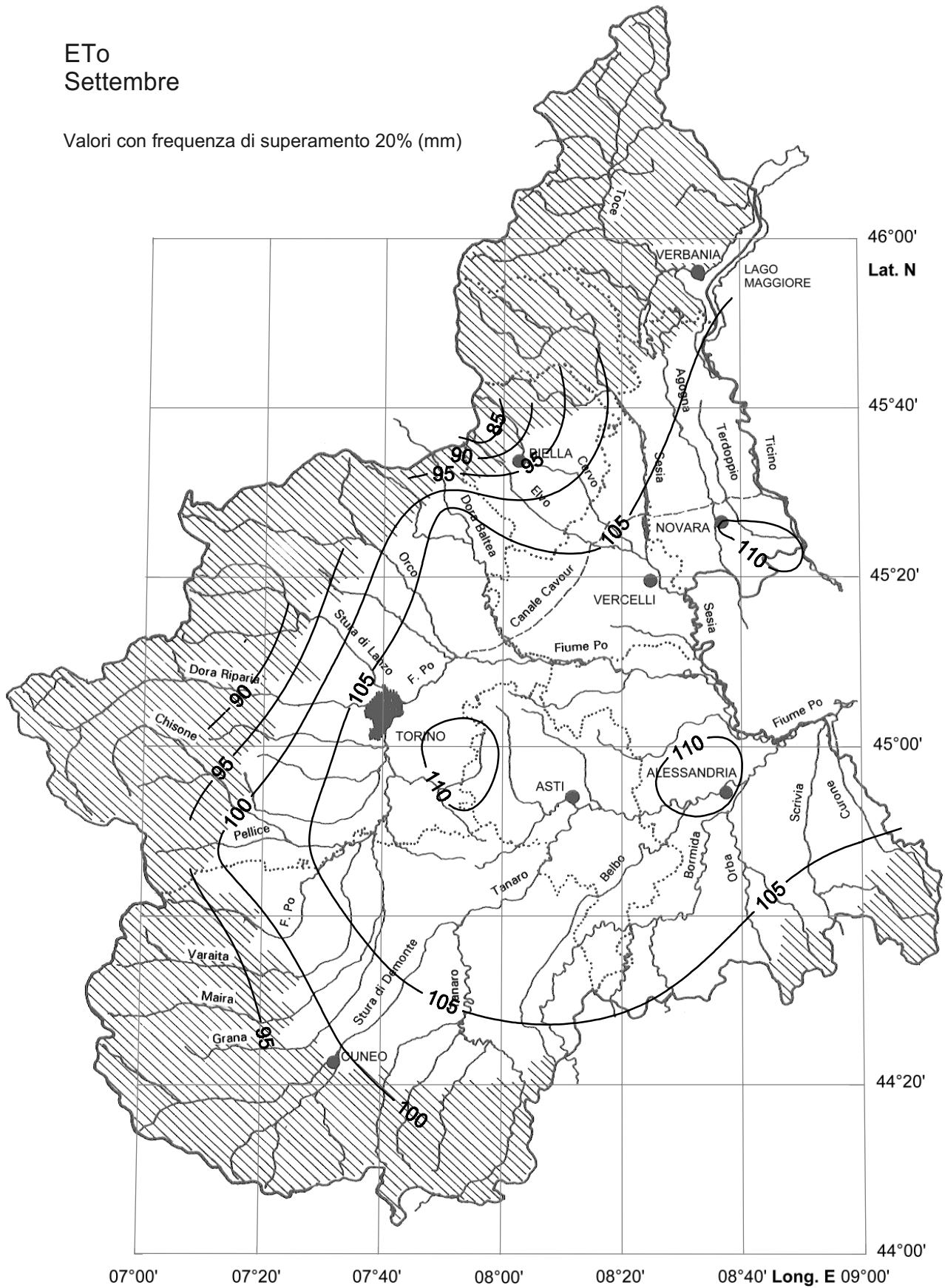
ET_o
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



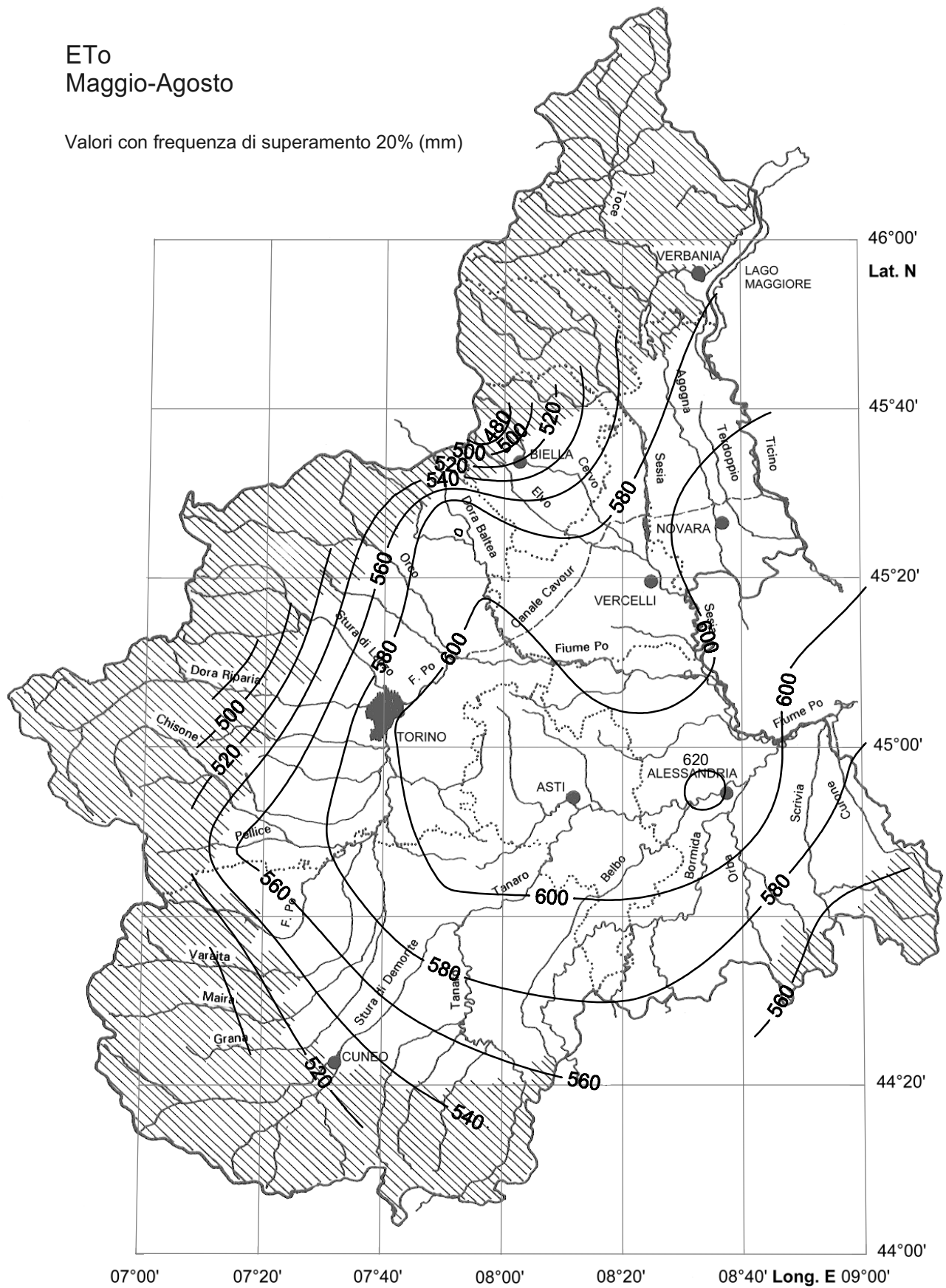
ET_o
Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



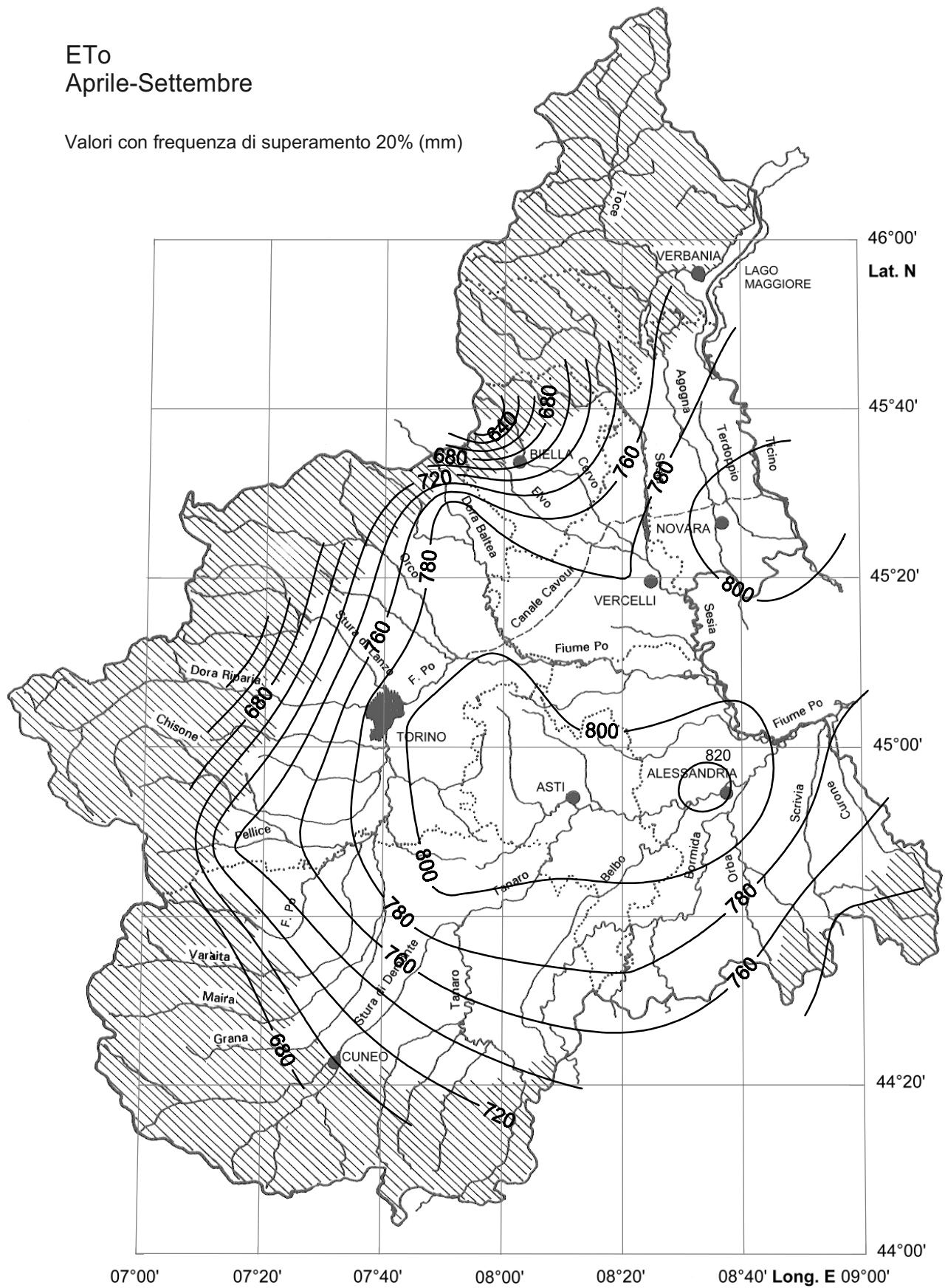
ET_o Maggio-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



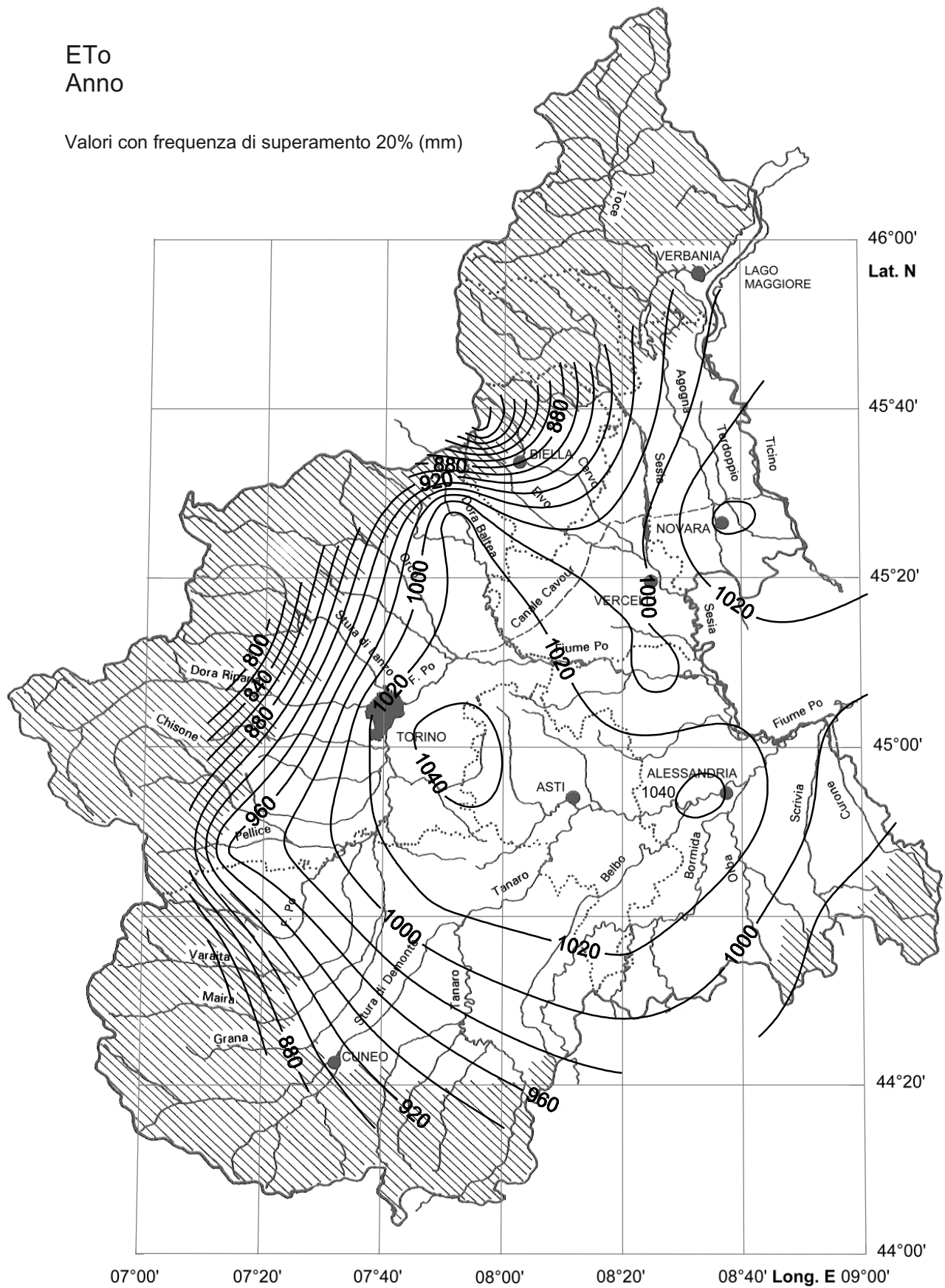
ET_o Aprile-Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



ET_o
Anno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



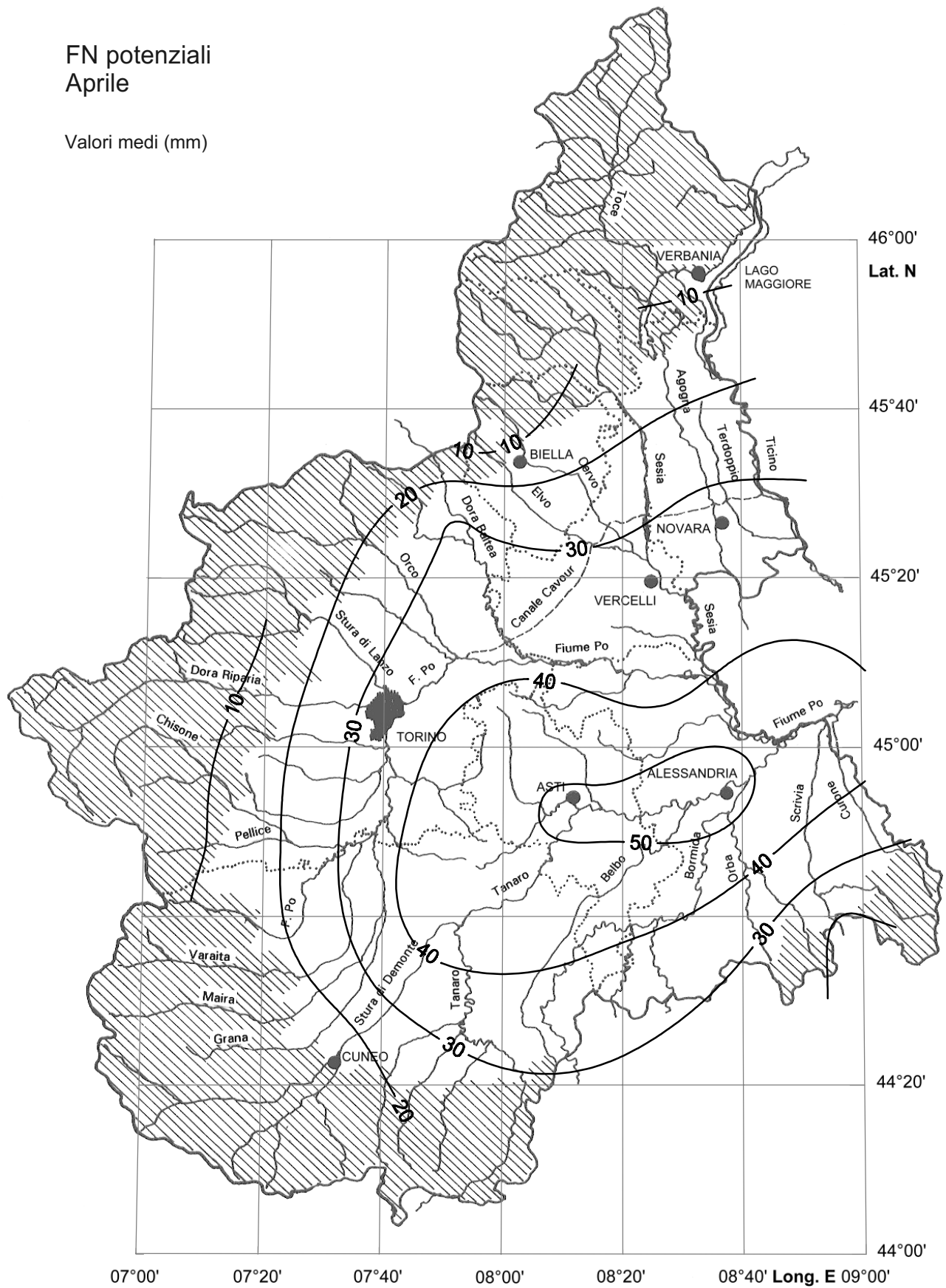
CARTE TEMATICHE
DEI FABBISOGNI NETTI DI VALORE MEDIO

Fabbisogni netti potenziali

Valori medi

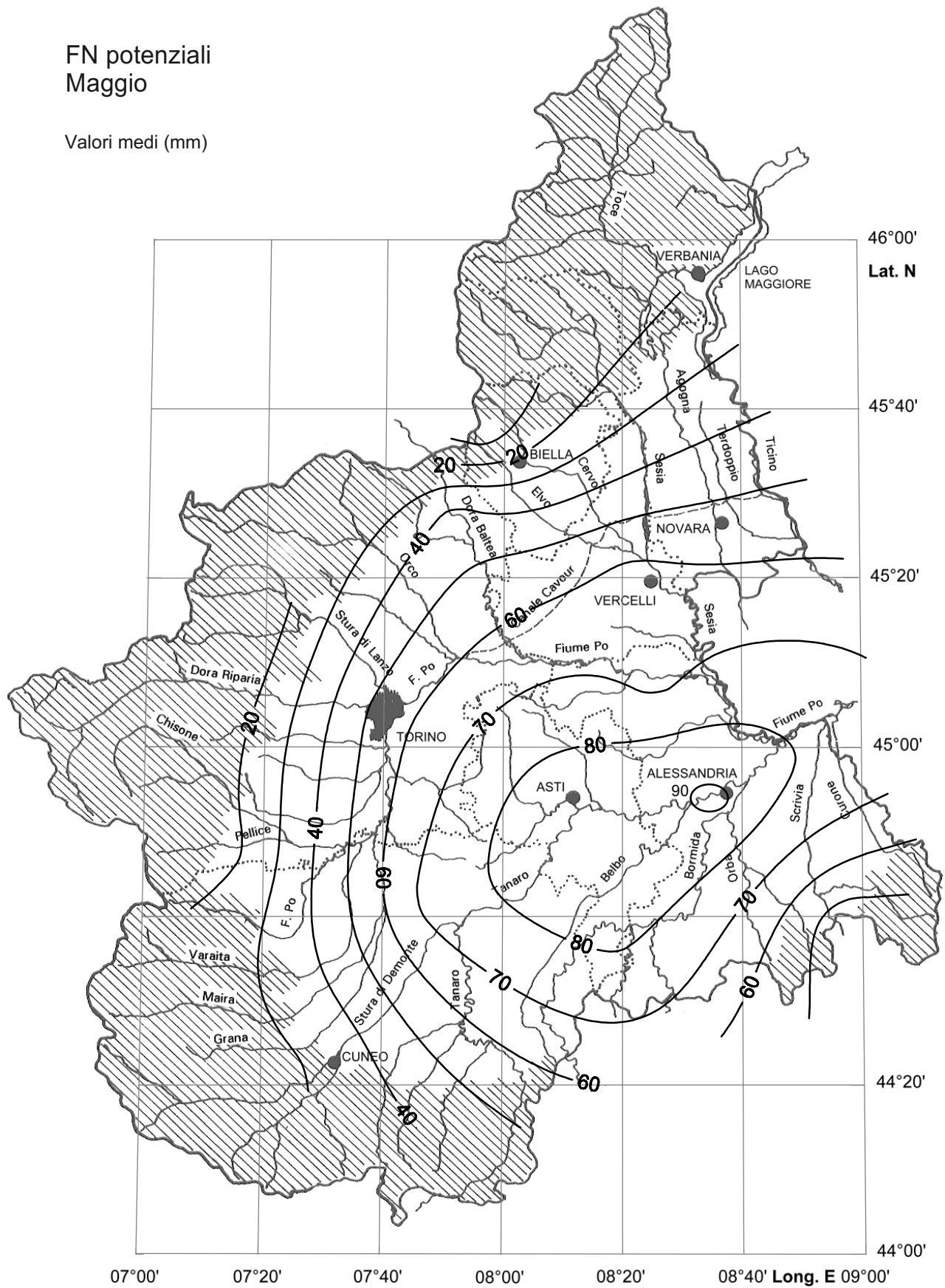
FN potenziali
Aprile

Valori medi (mm)



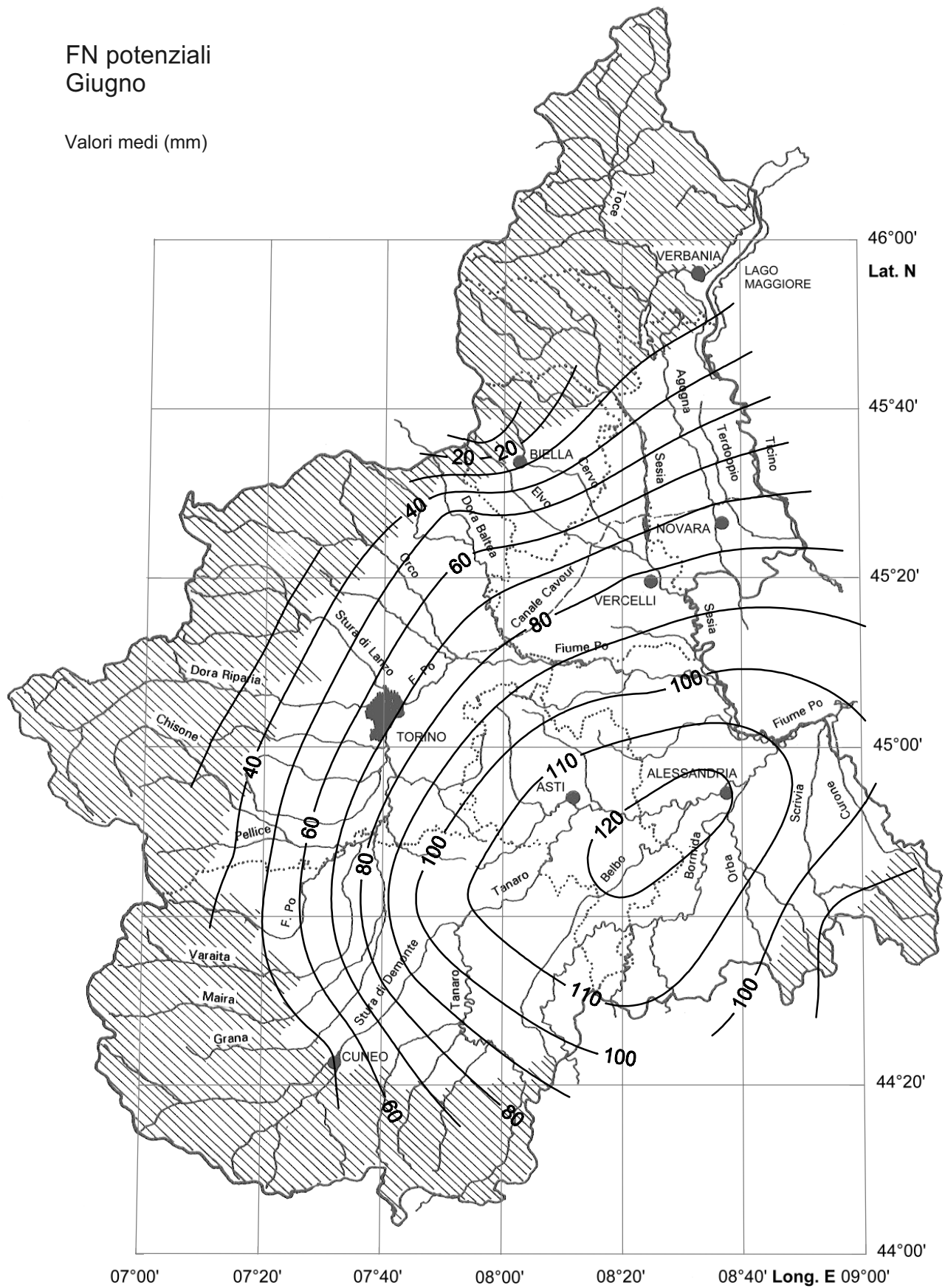
FN potenziali Maggio

Valori medi (mm)



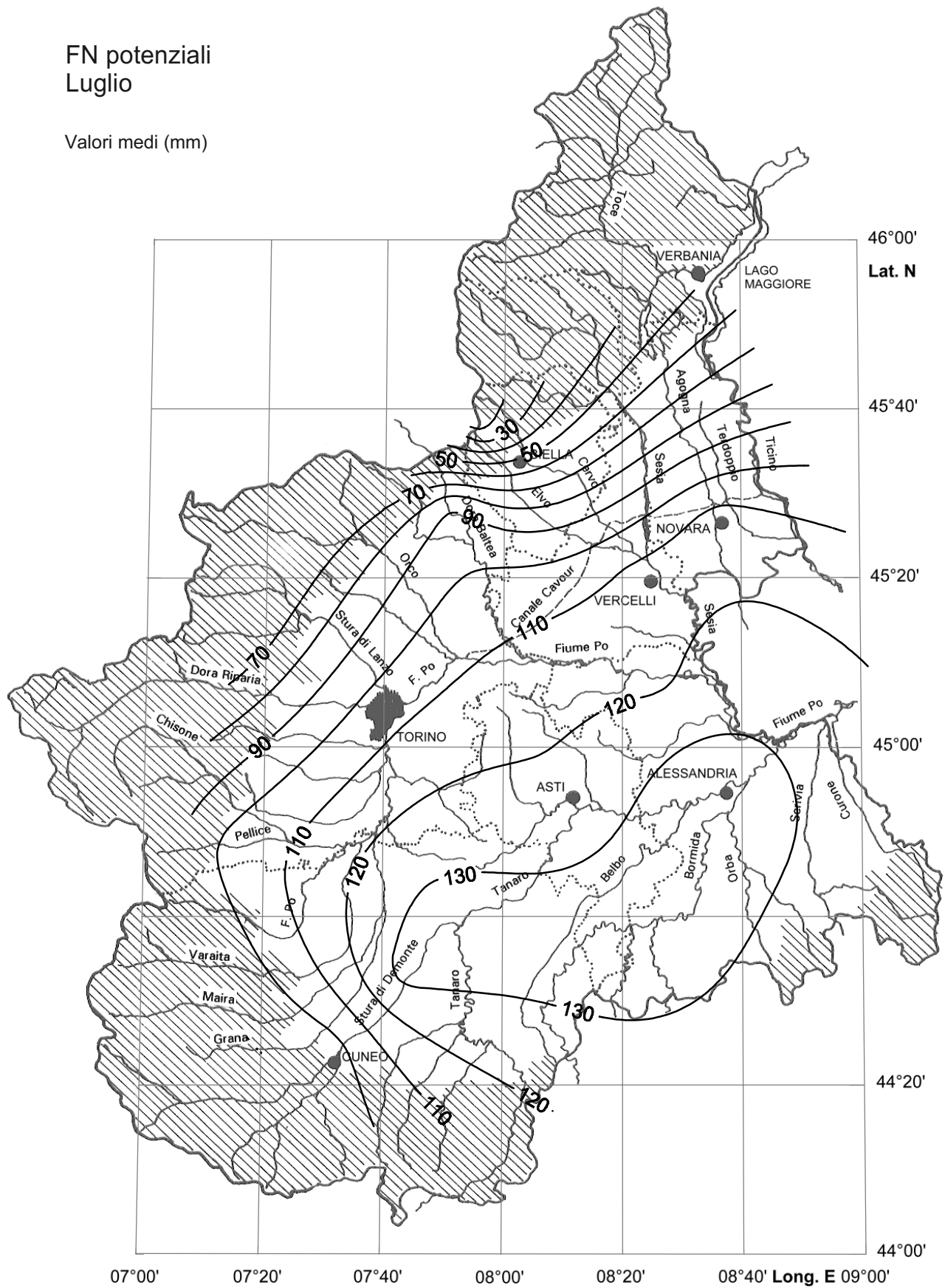
FN potenziali Giugno

Valori medi (mm)



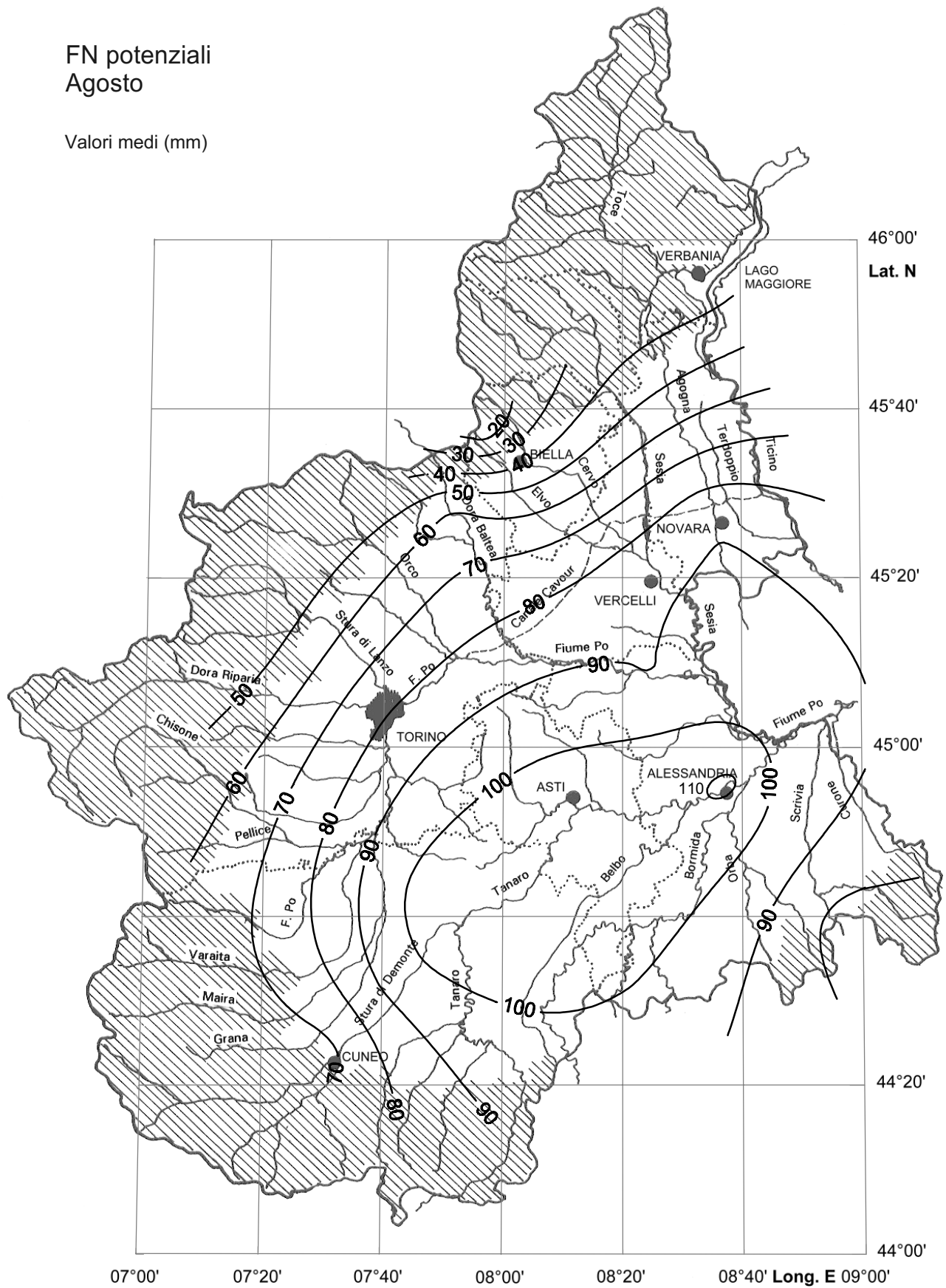
FN potenziali
Luglio

Valori medi (mm)



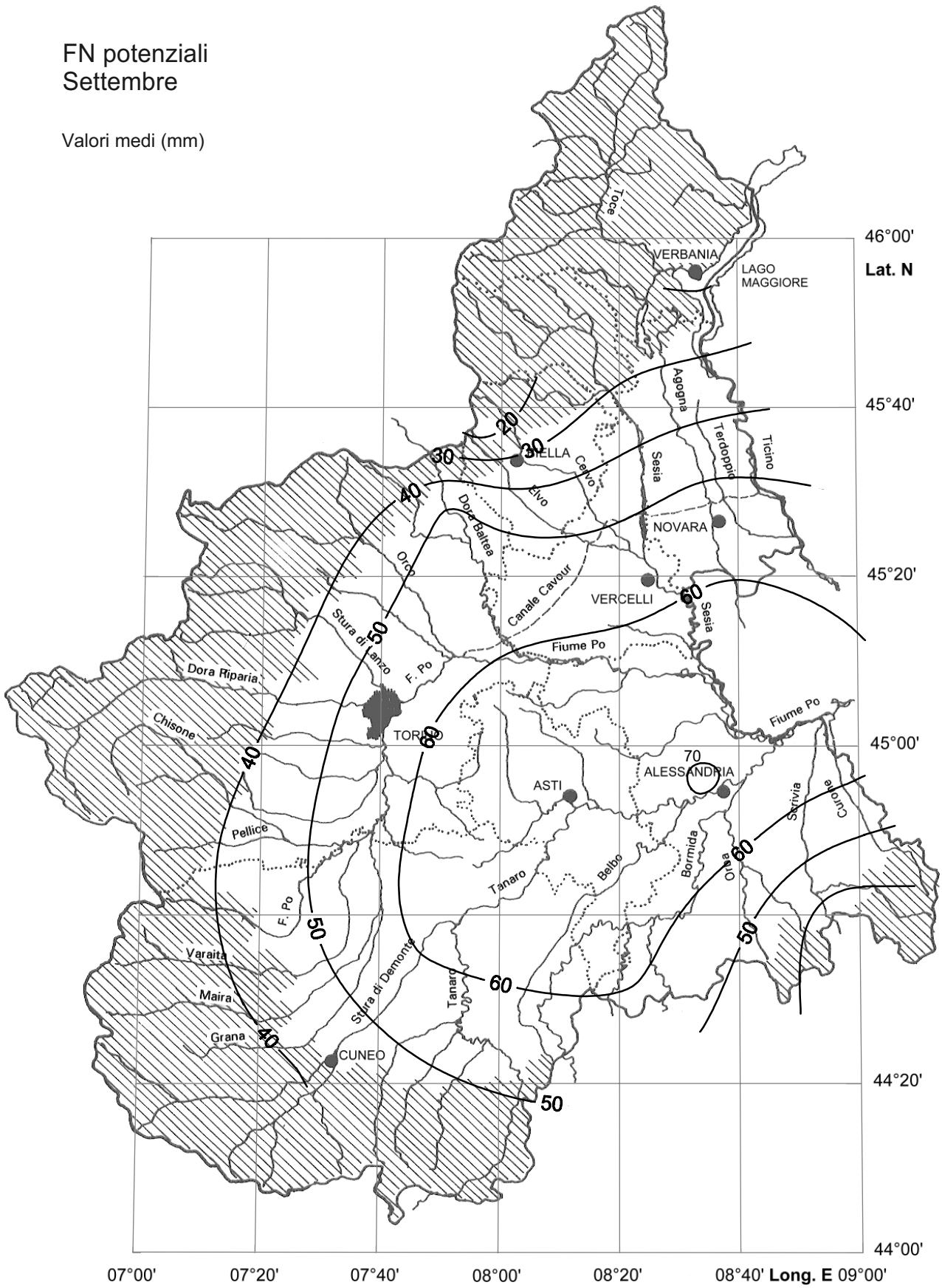
FN potenziali
Agosto

Valori medi (mm)



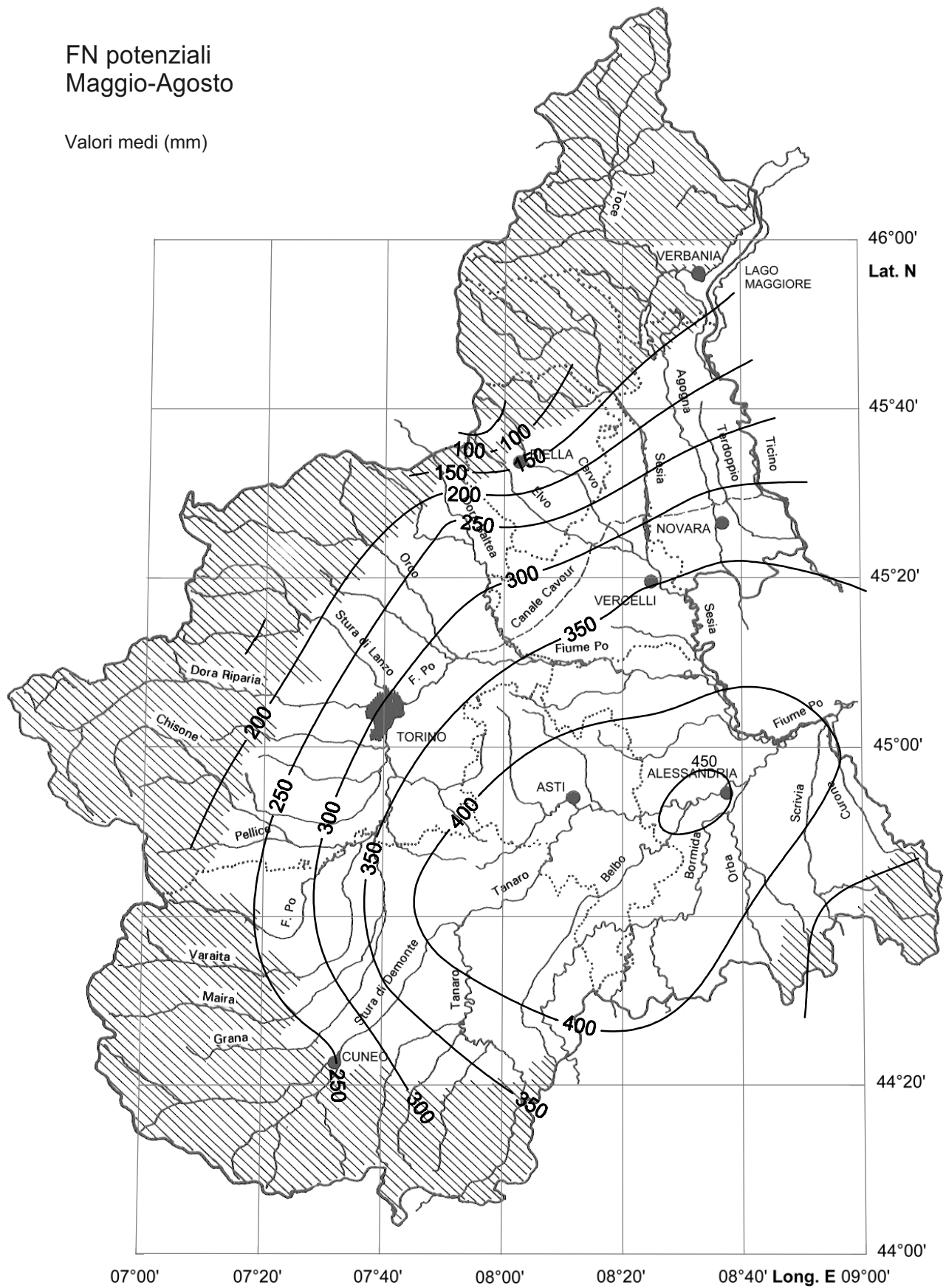
FN potenziali
Settembre

Valori medi (mm)



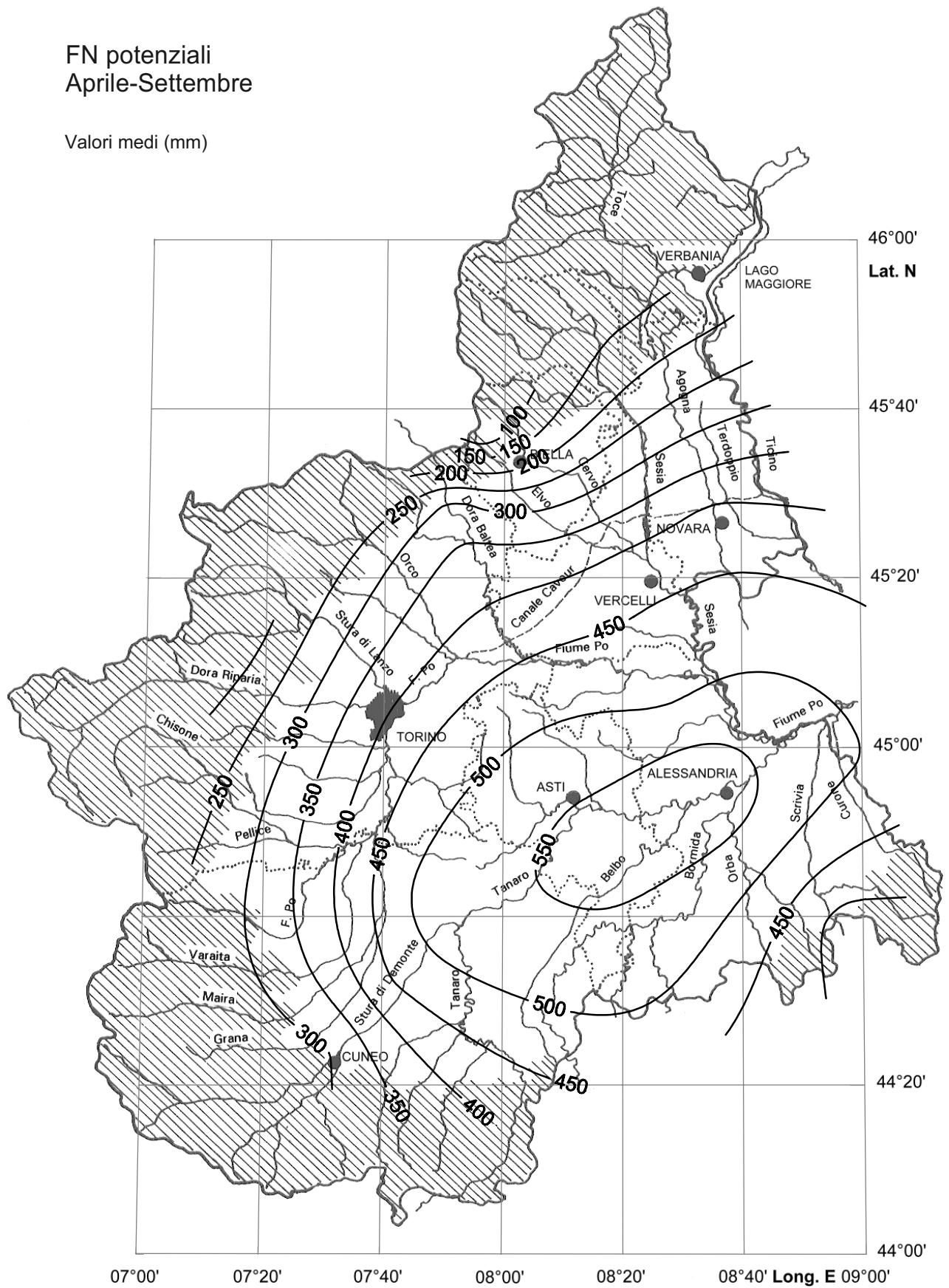
FN potenziali Maggio-Agosto

Valori medi (mm)



FN potenziali Aprile-Settembre

Valori medi (mm)

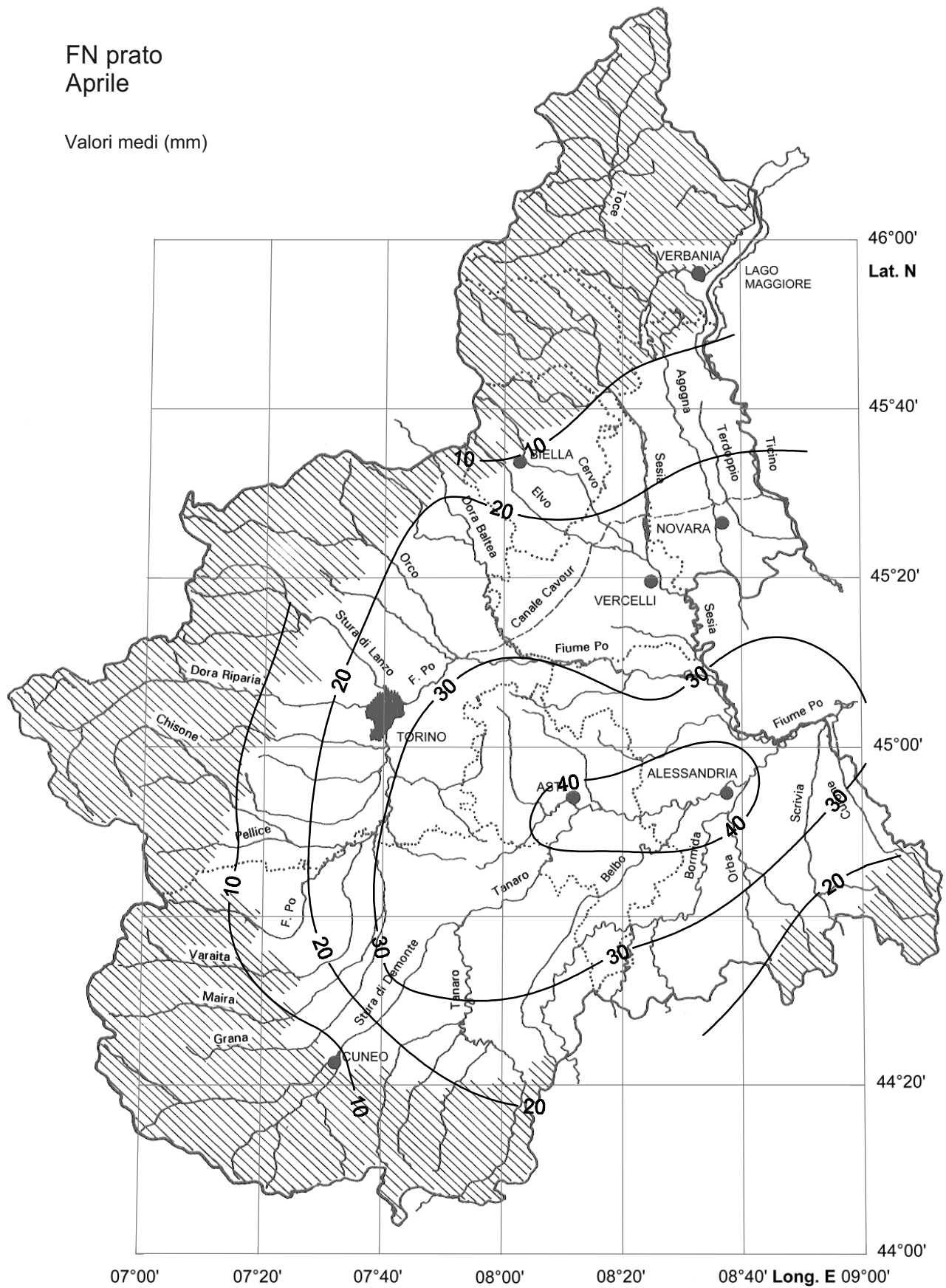


Fabbisogni netti prato

Valori medi

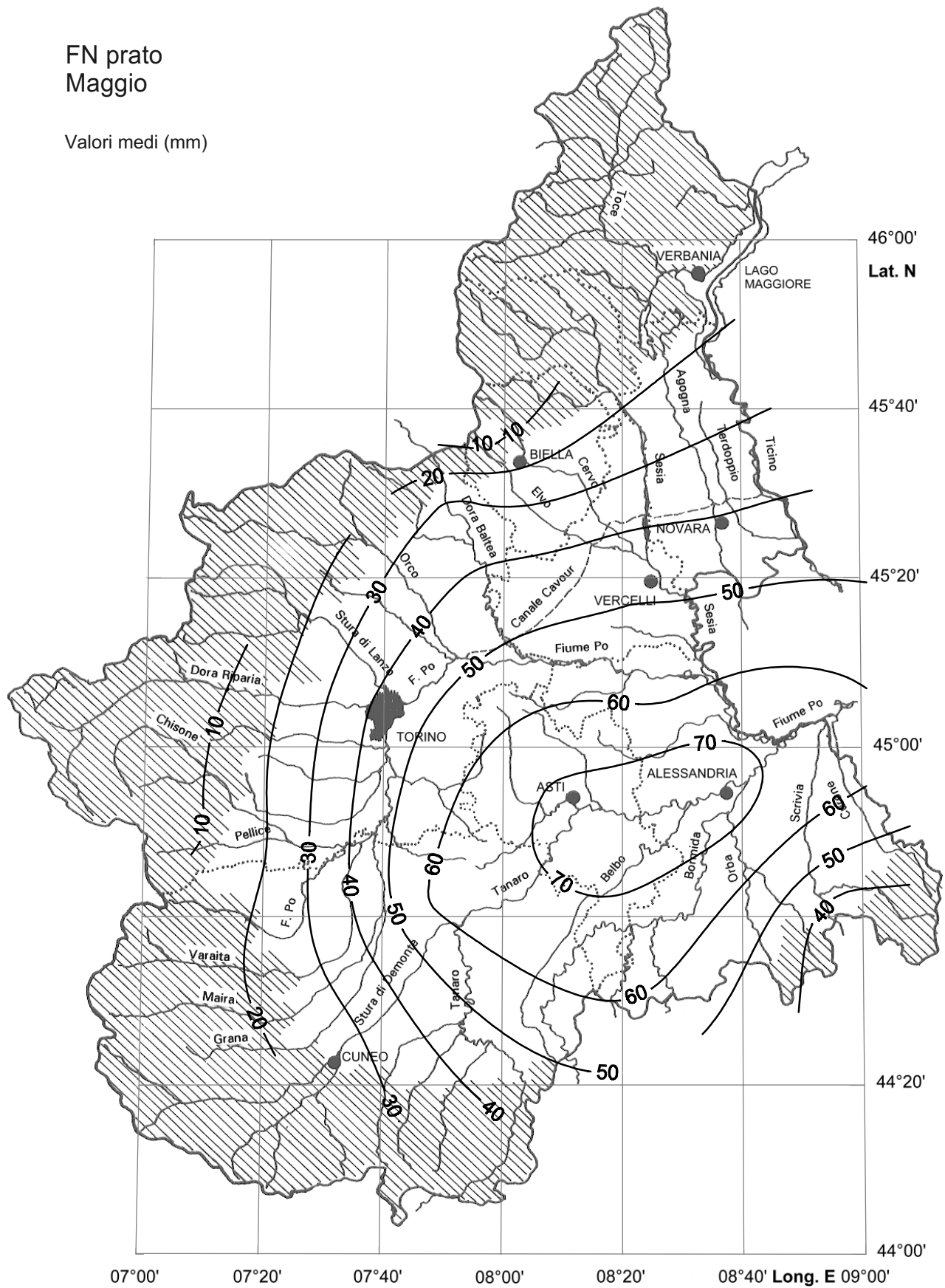
FN prato
Aprile

Valori medi (mm)



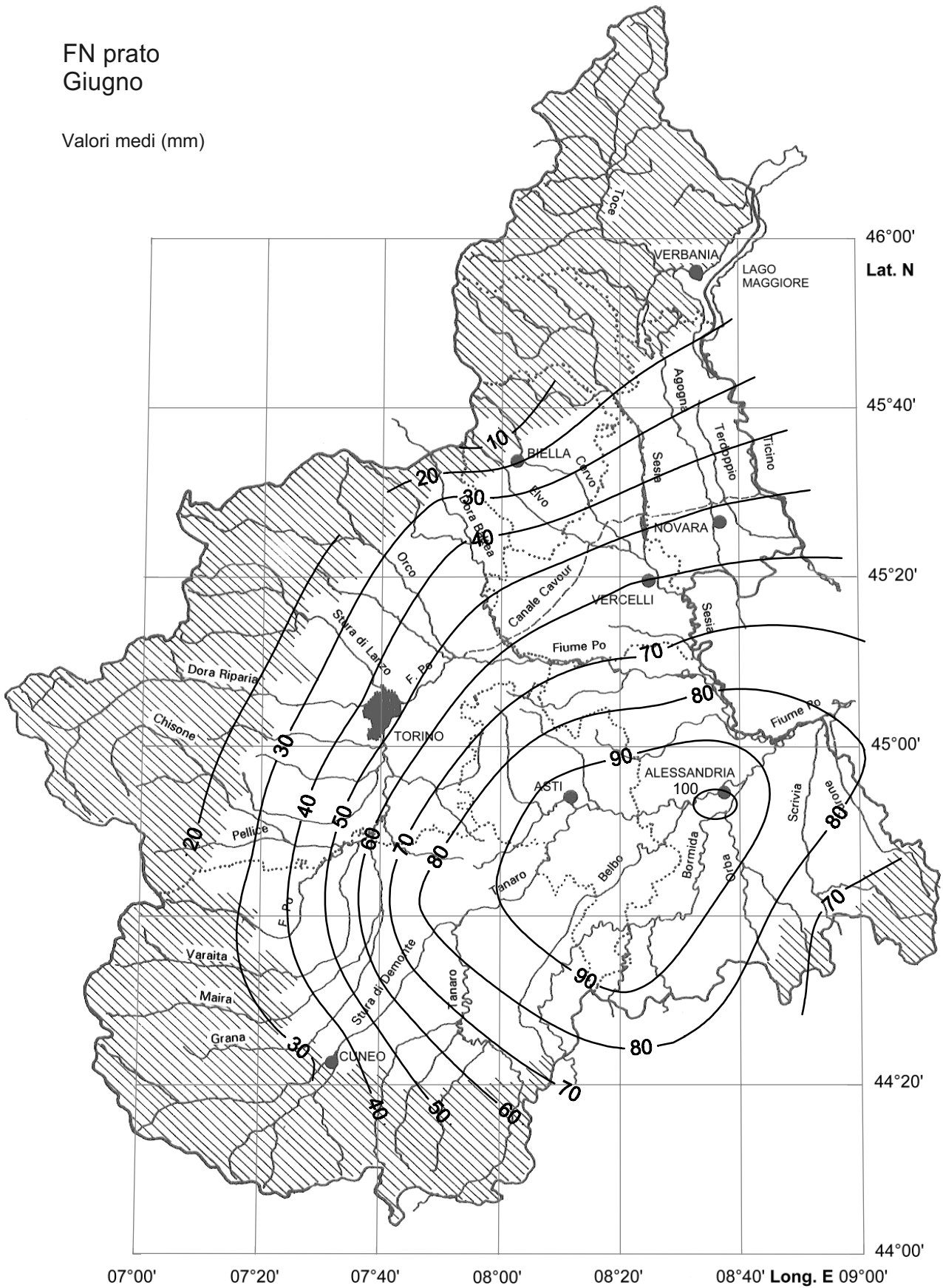
FN prato
Maggio

Valori medi (mm)



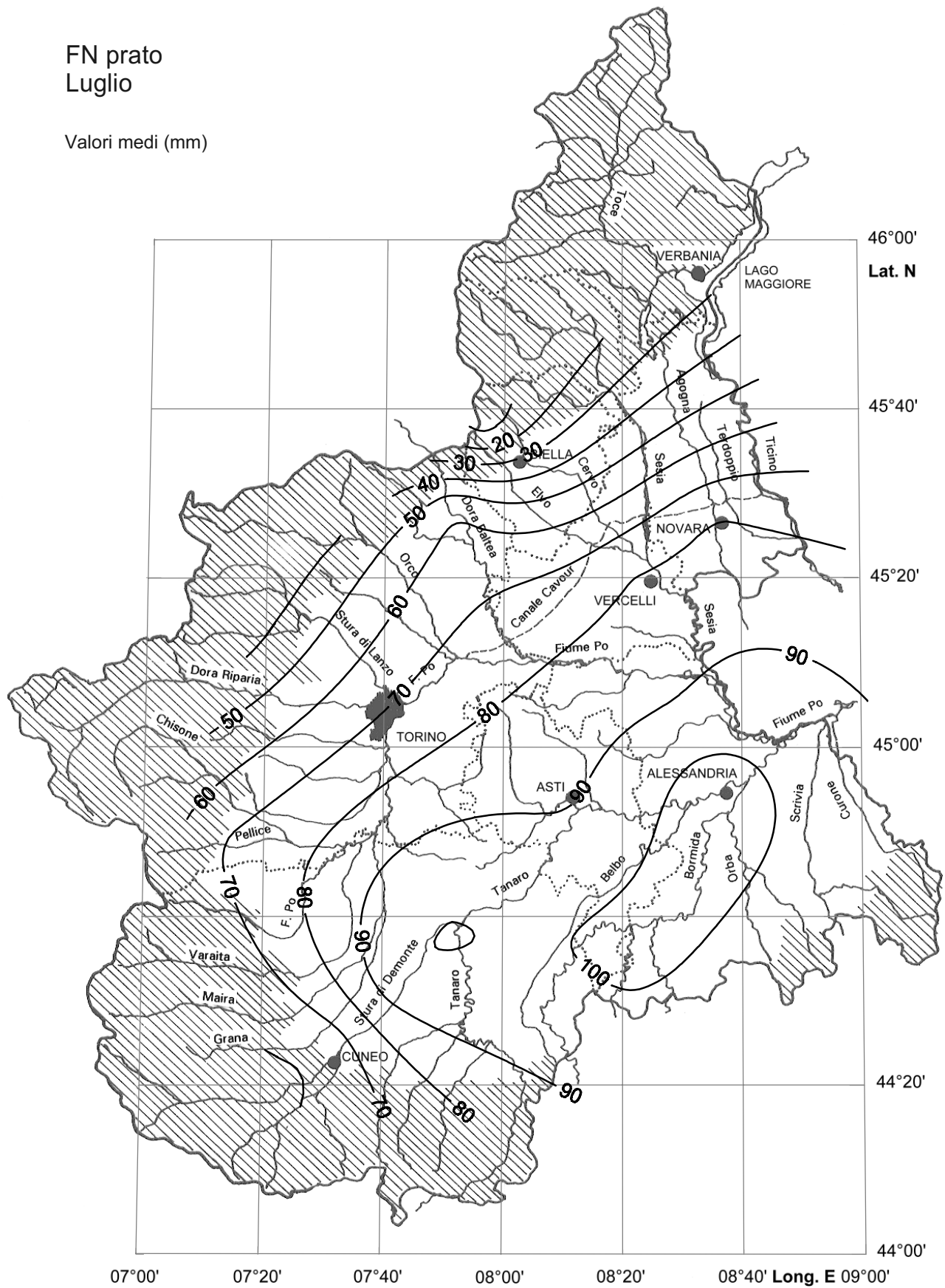
FN prato
Giugno

Valori medi (mm)



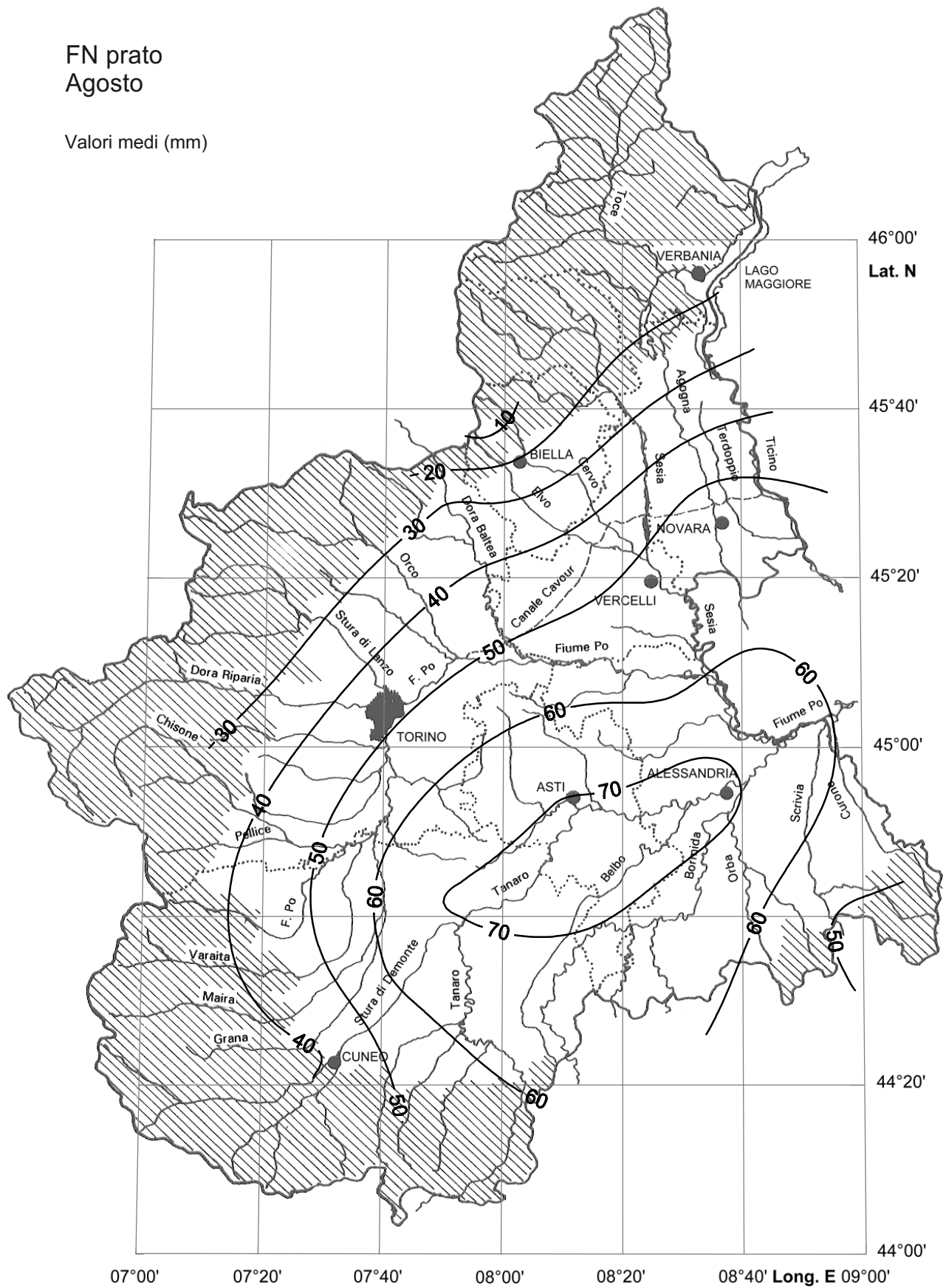
FN prato
Luglio

Valori medi (mm)



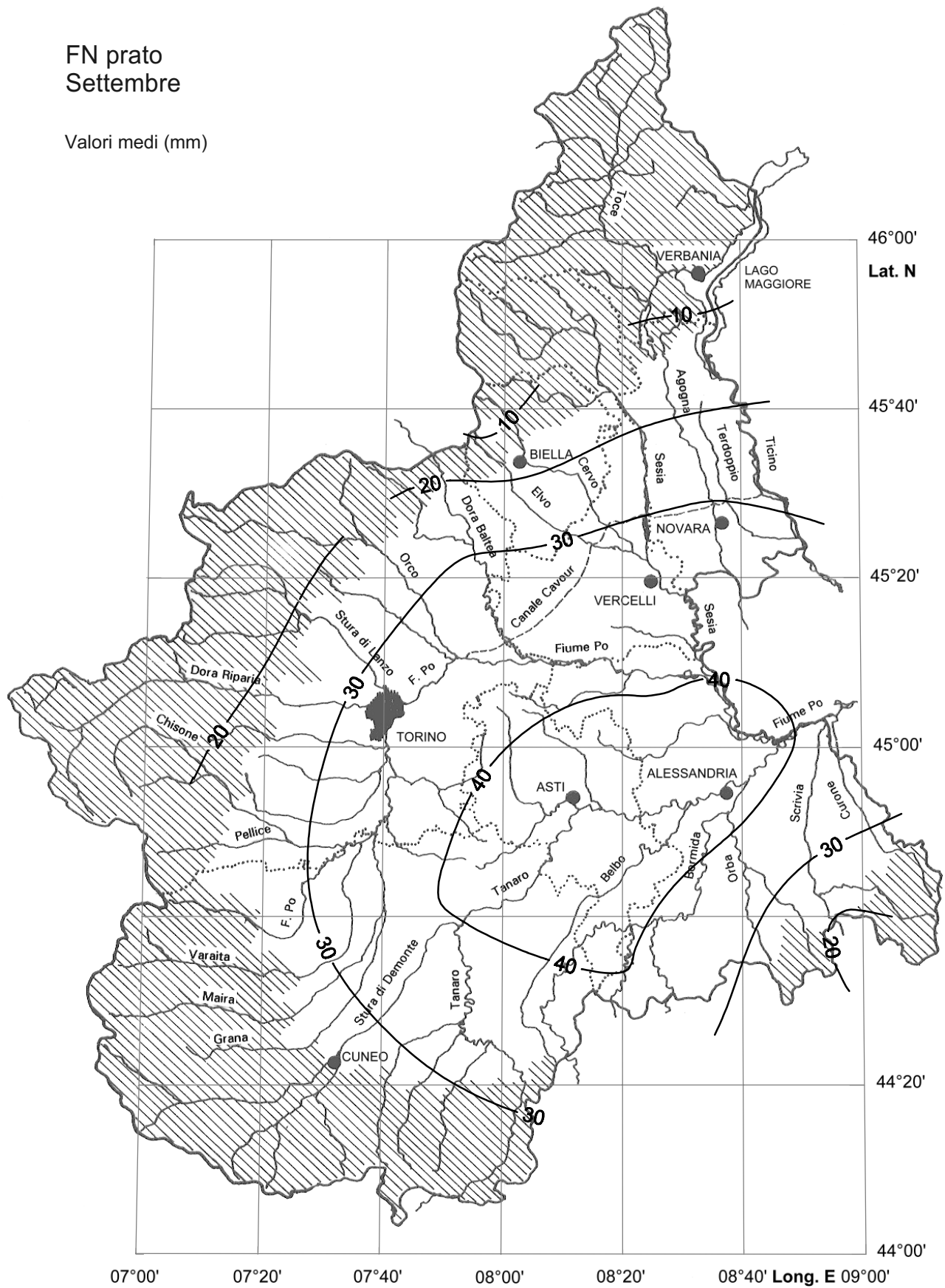
FN prato
Agosto

Valori medi (mm)



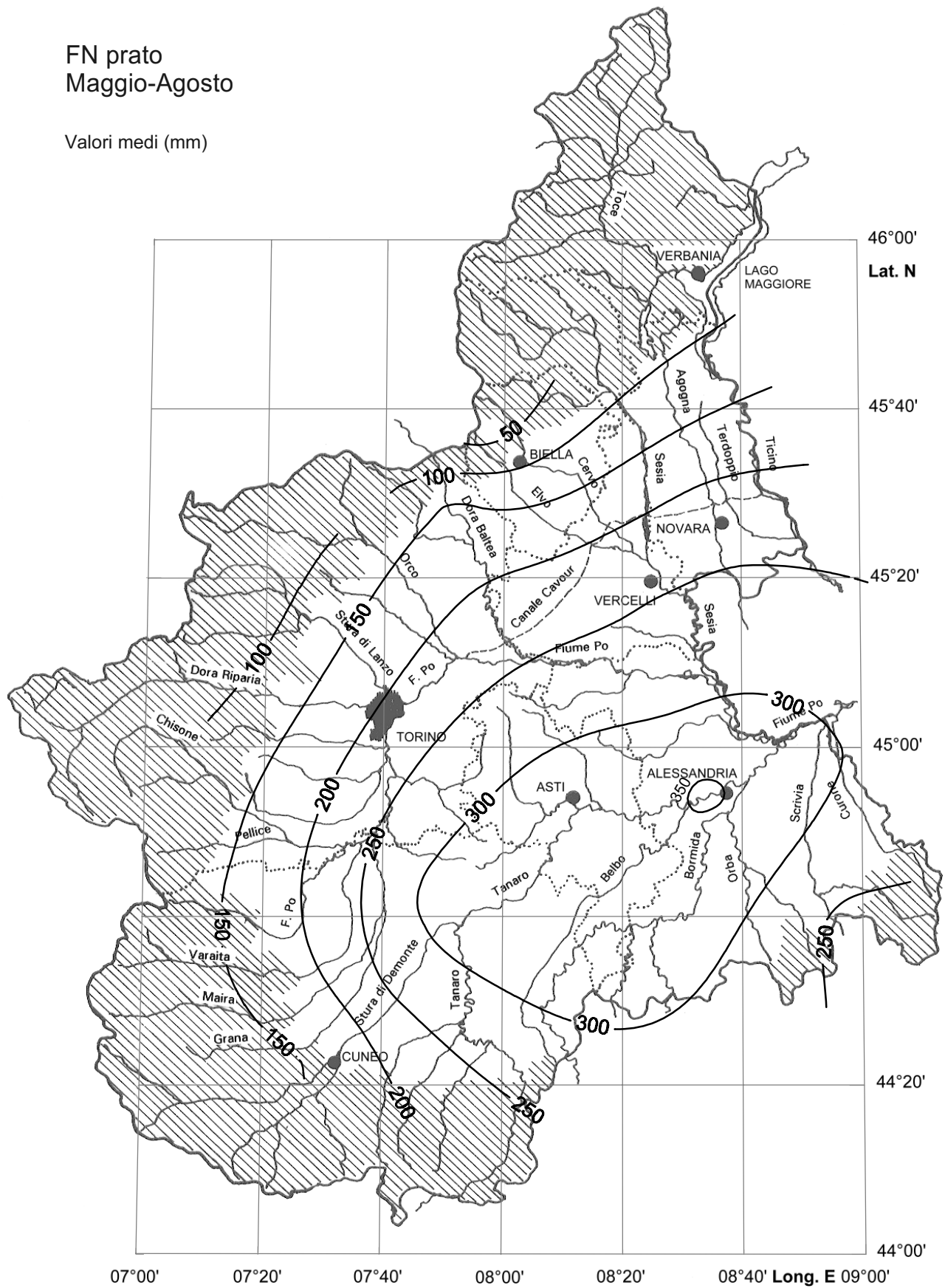
FN prato
Settembre

Valori medi (mm)



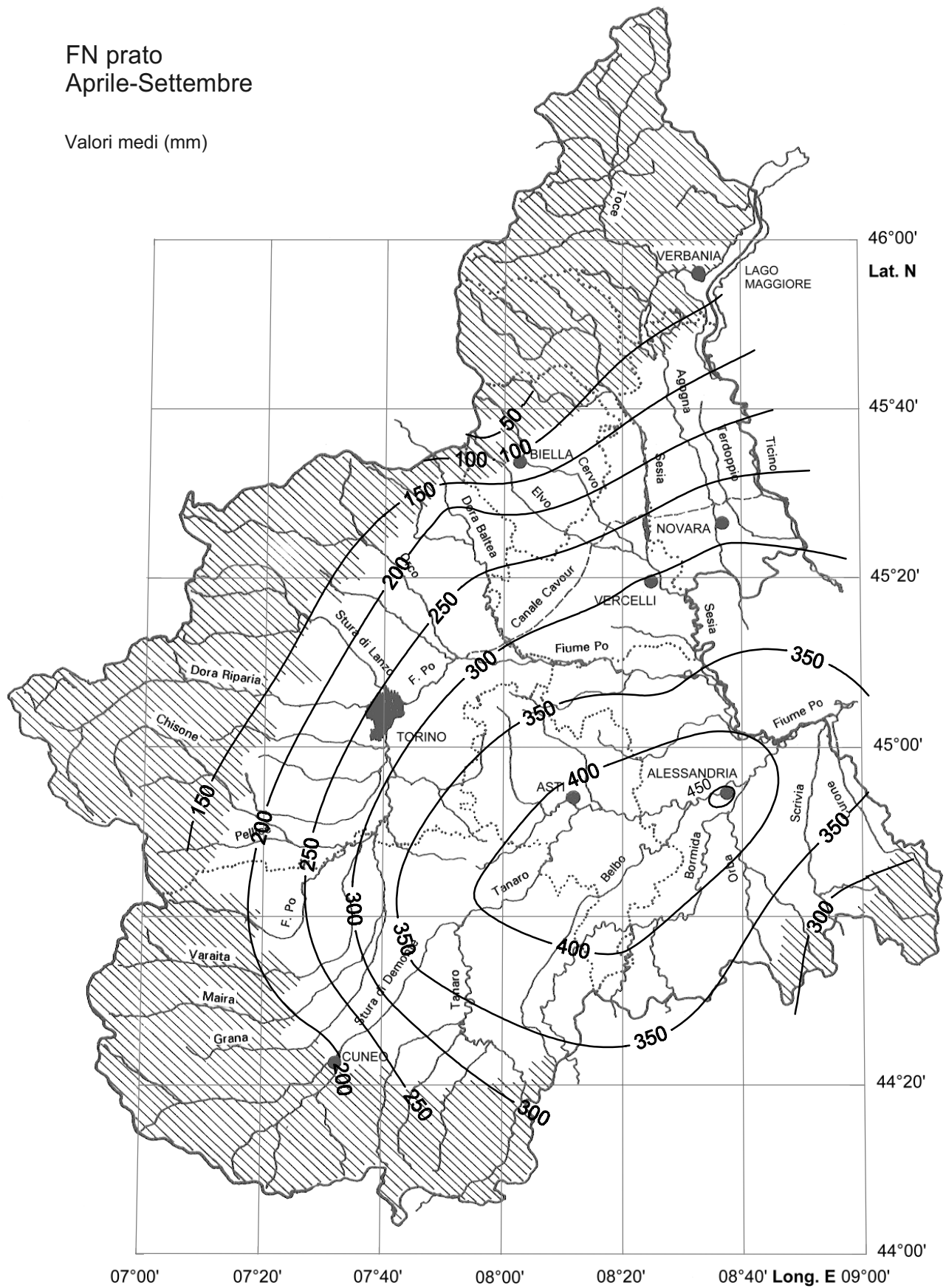
FN prato
Maggio-Agosto

Valori medi (mm)



FN prato
Aprile-Settembre

Valori medi (mm)

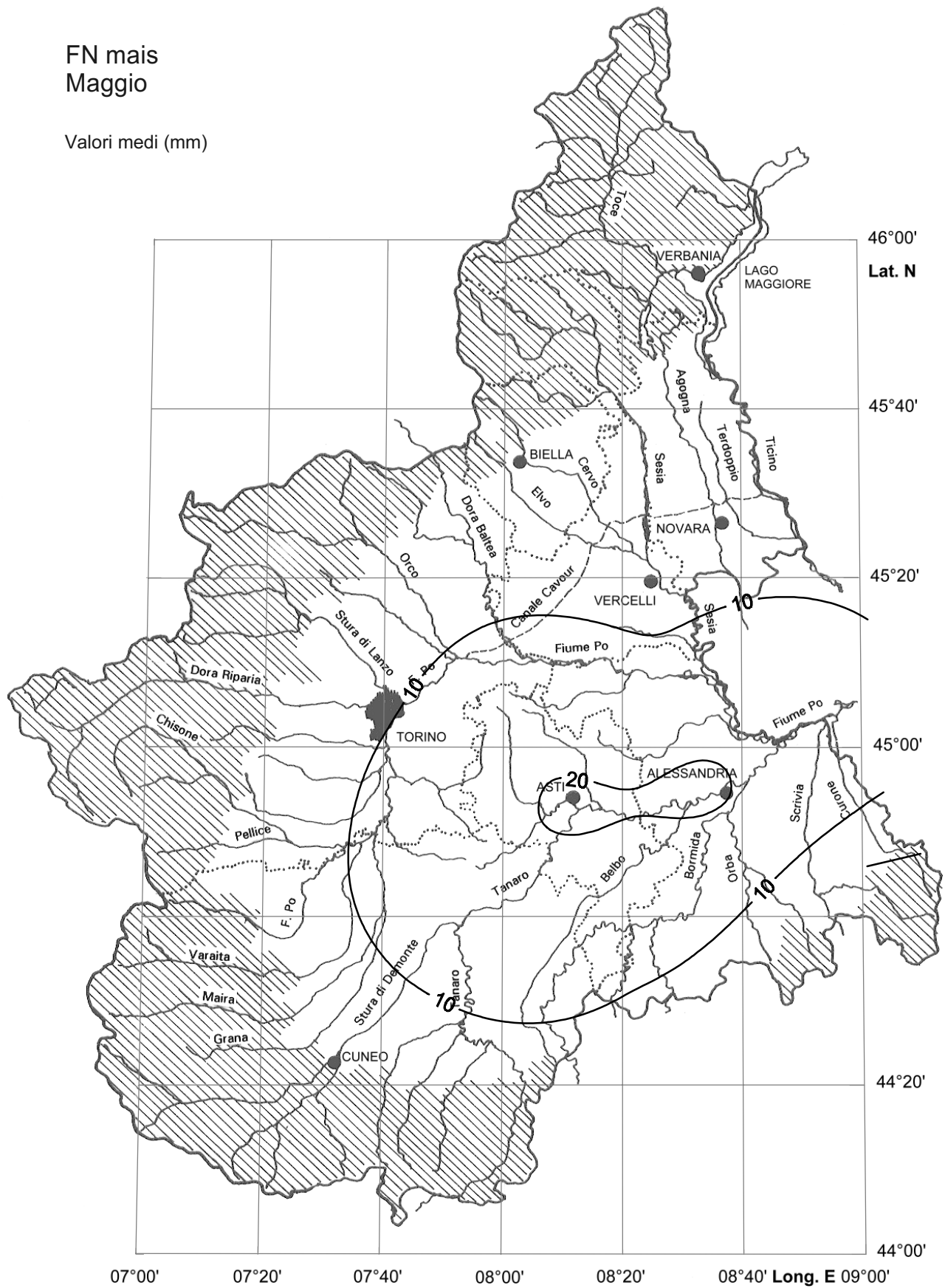


Fabbisogni netti mais

Valori medi

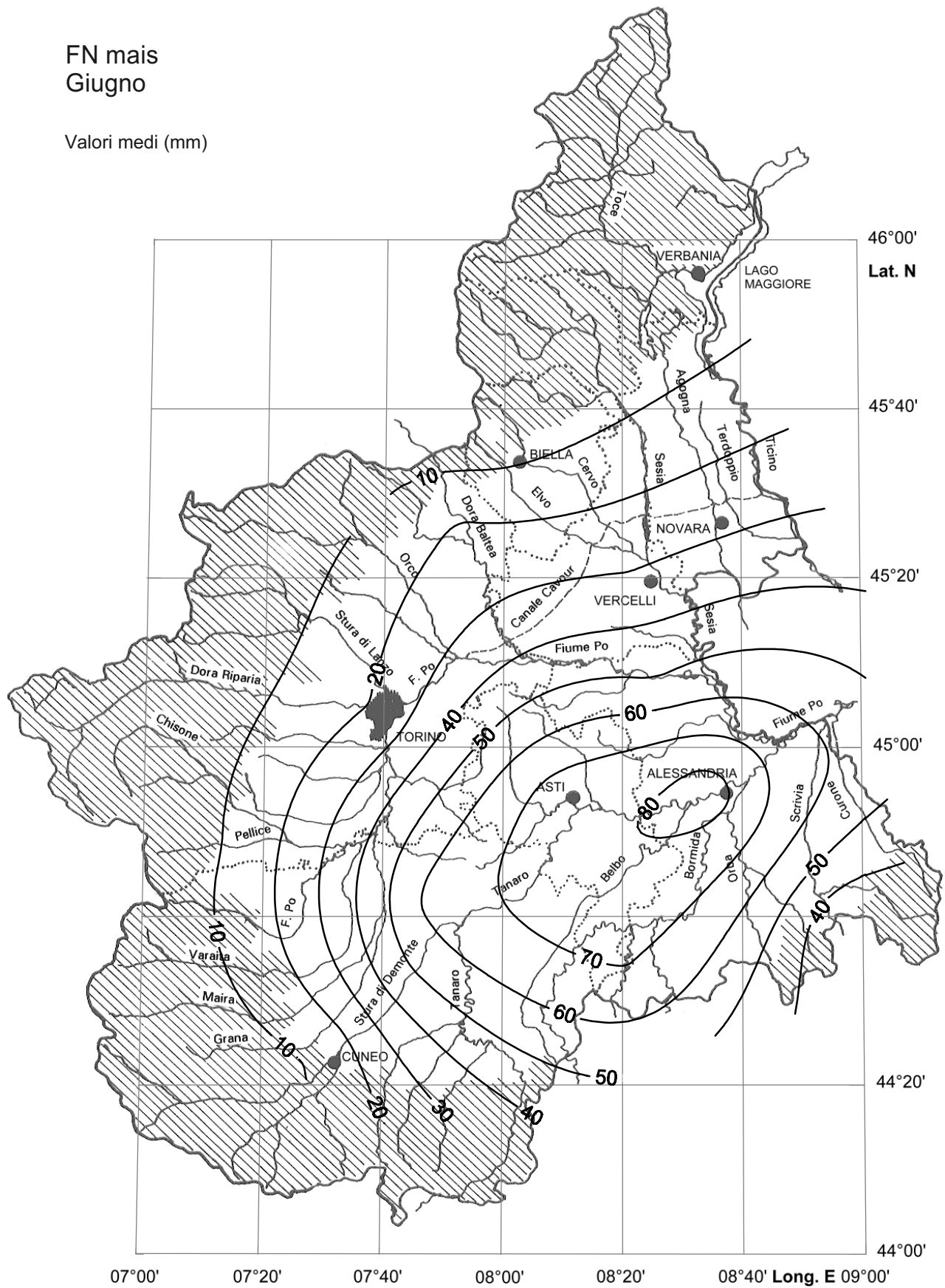
FN mais
Maggio

Valori medi (mm)



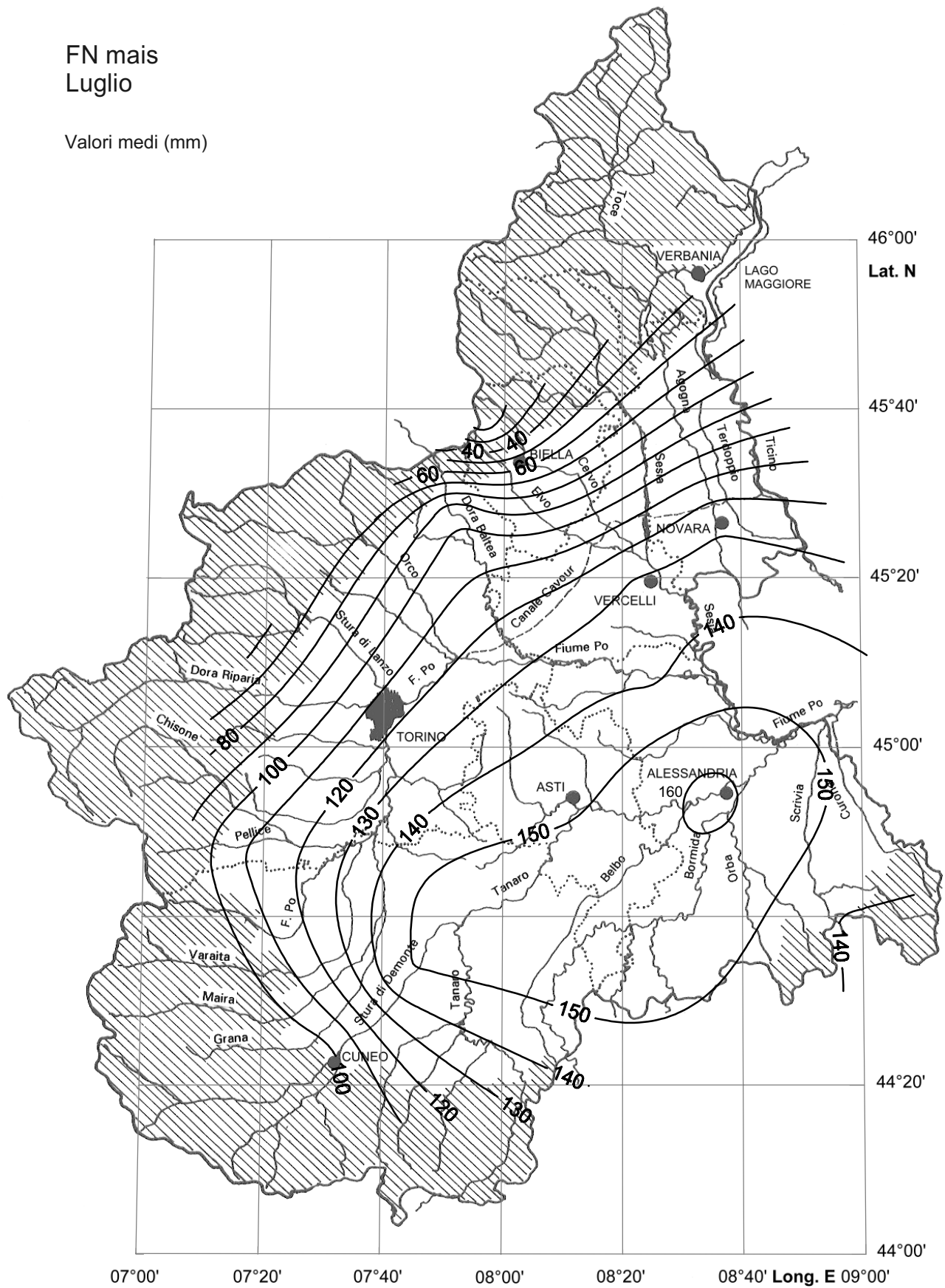
FN mais
Giugno

Valori medi (mm)



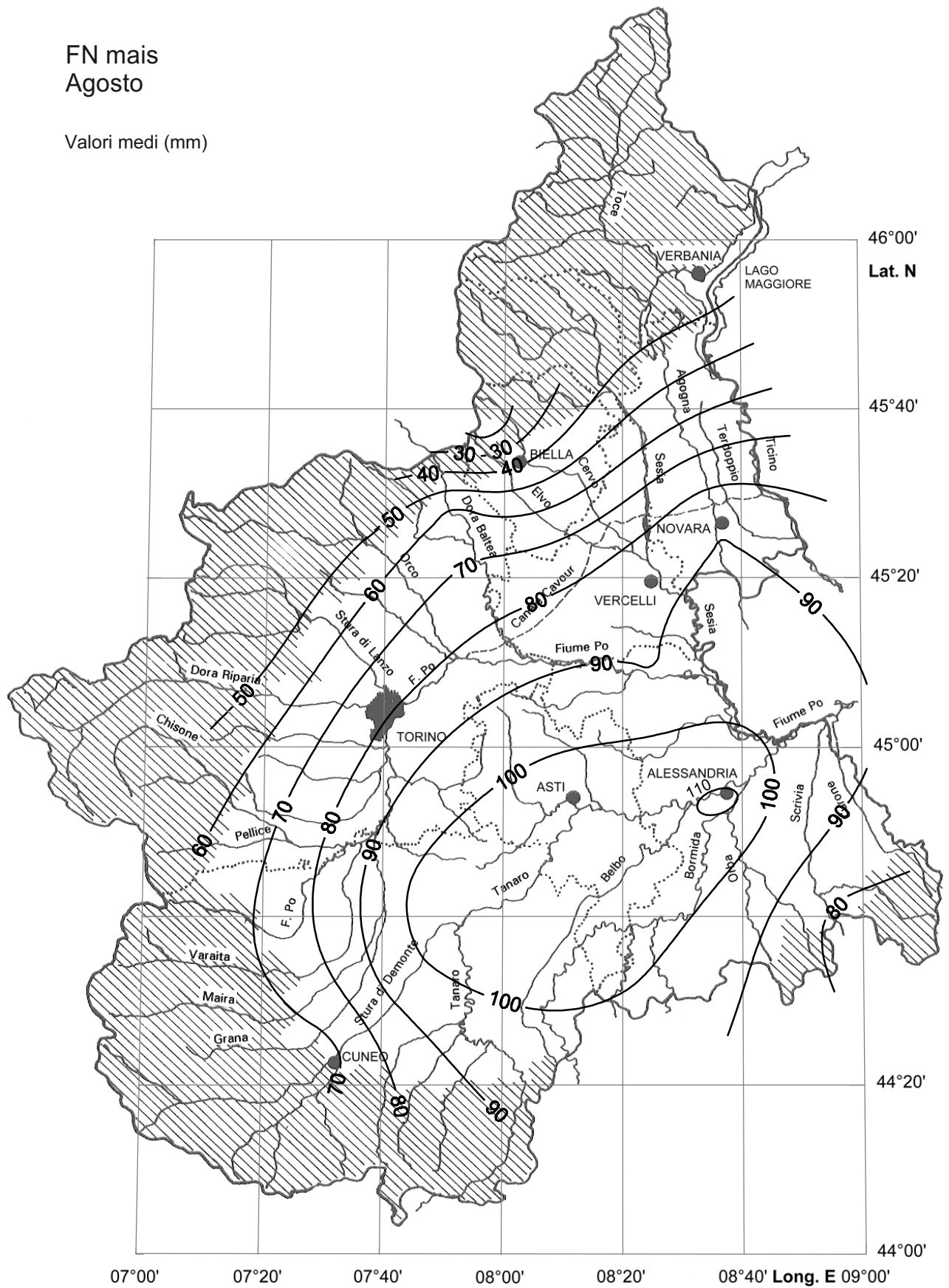
FN mais
Luglio

Valori medi (mm)



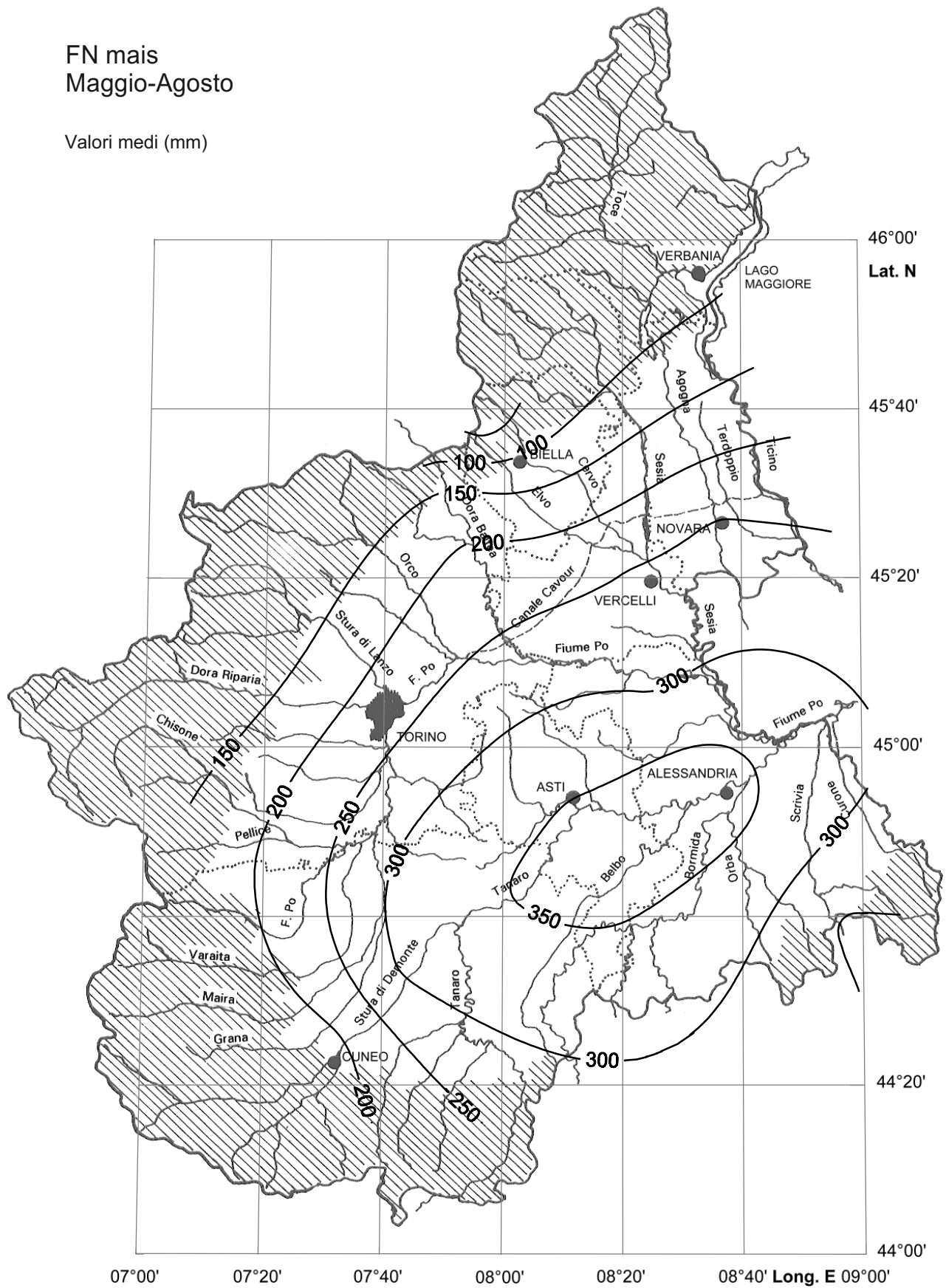
FN mais
Agosto

Valori medi (mm)



FN mais
Maggio-Agosto

Valori medi (mm)

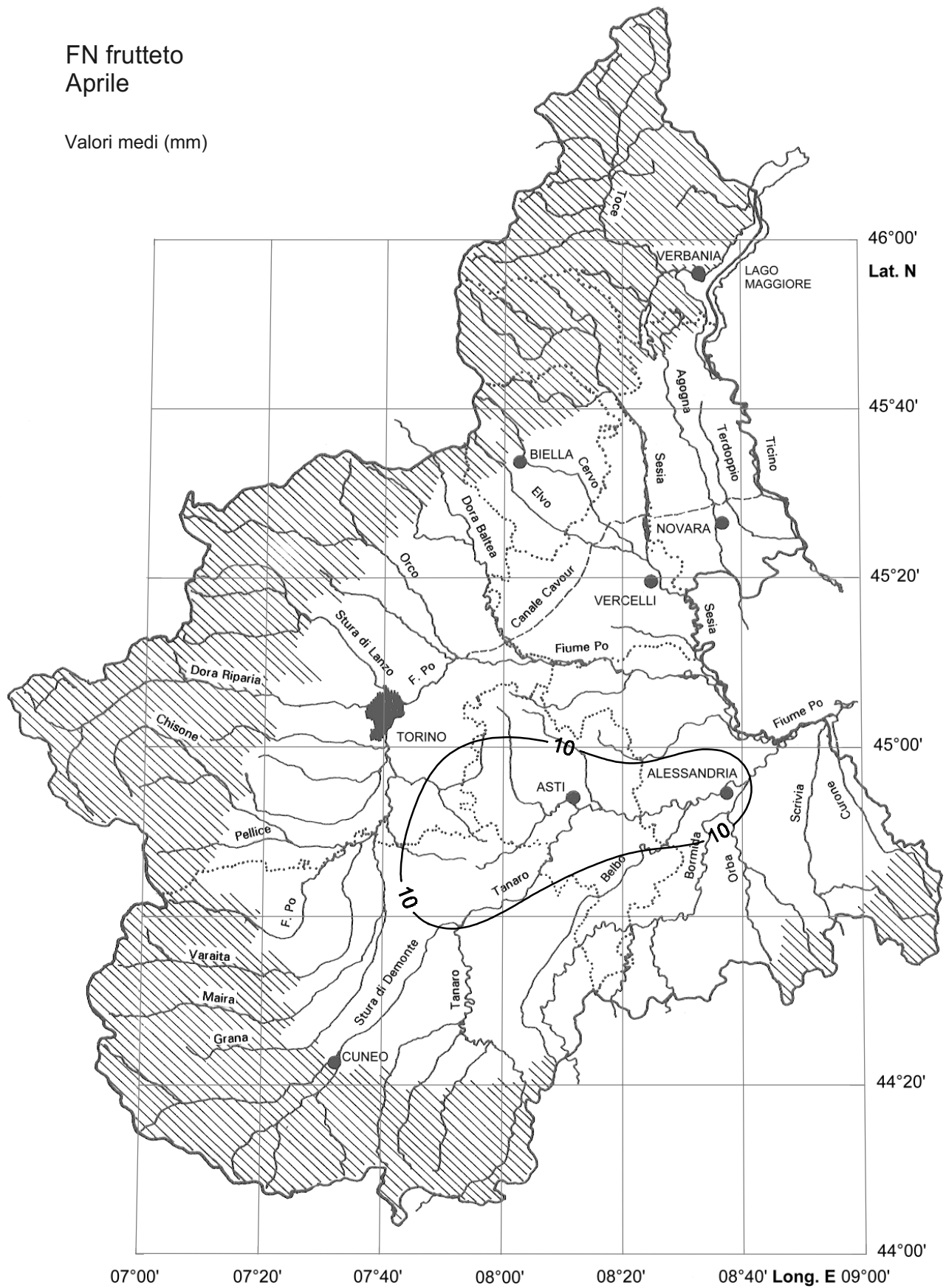


Fabbisogni netti frutteto

Valori medi

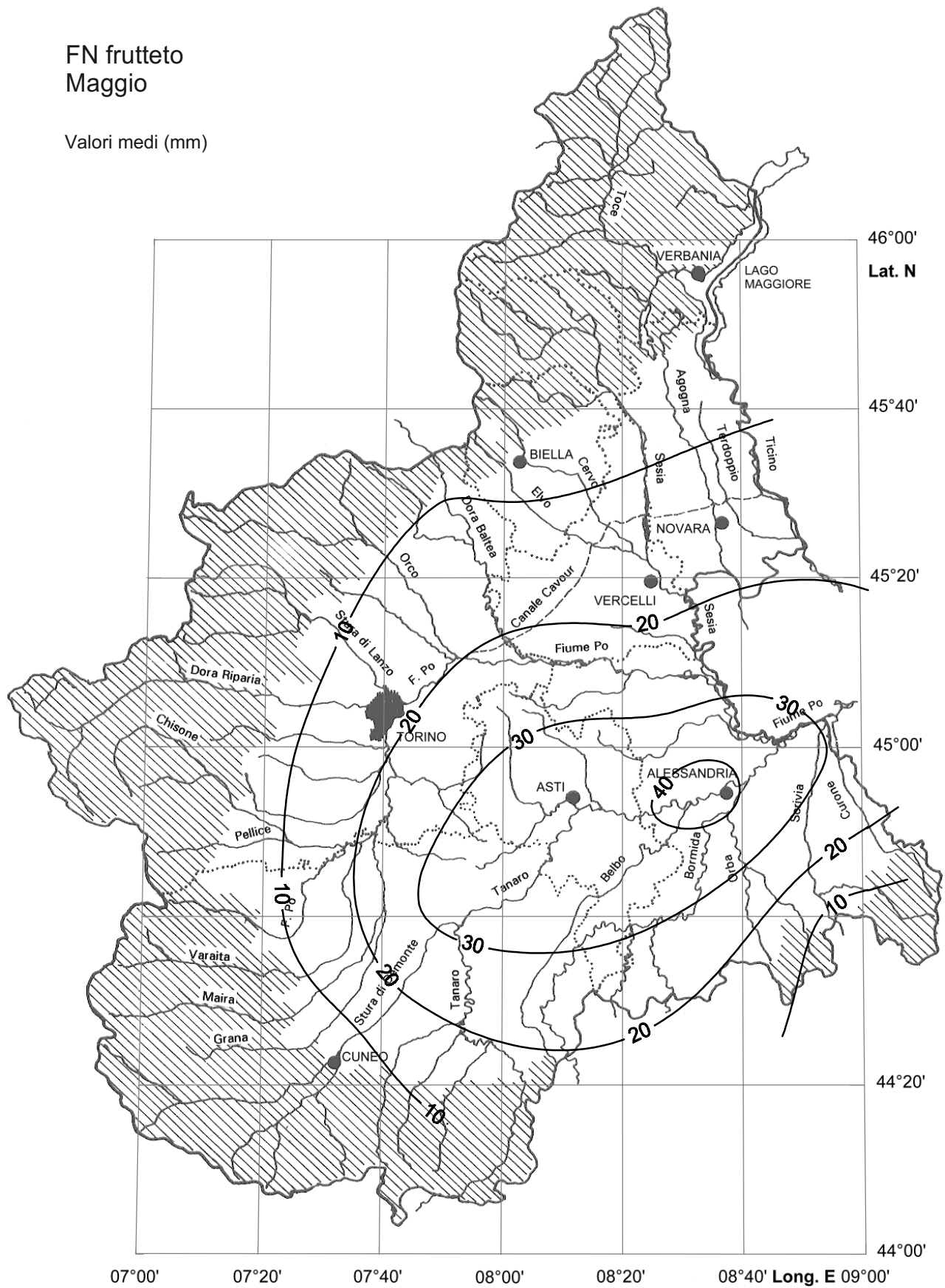
FN frutteto
Aprile

Valori medi (mm)



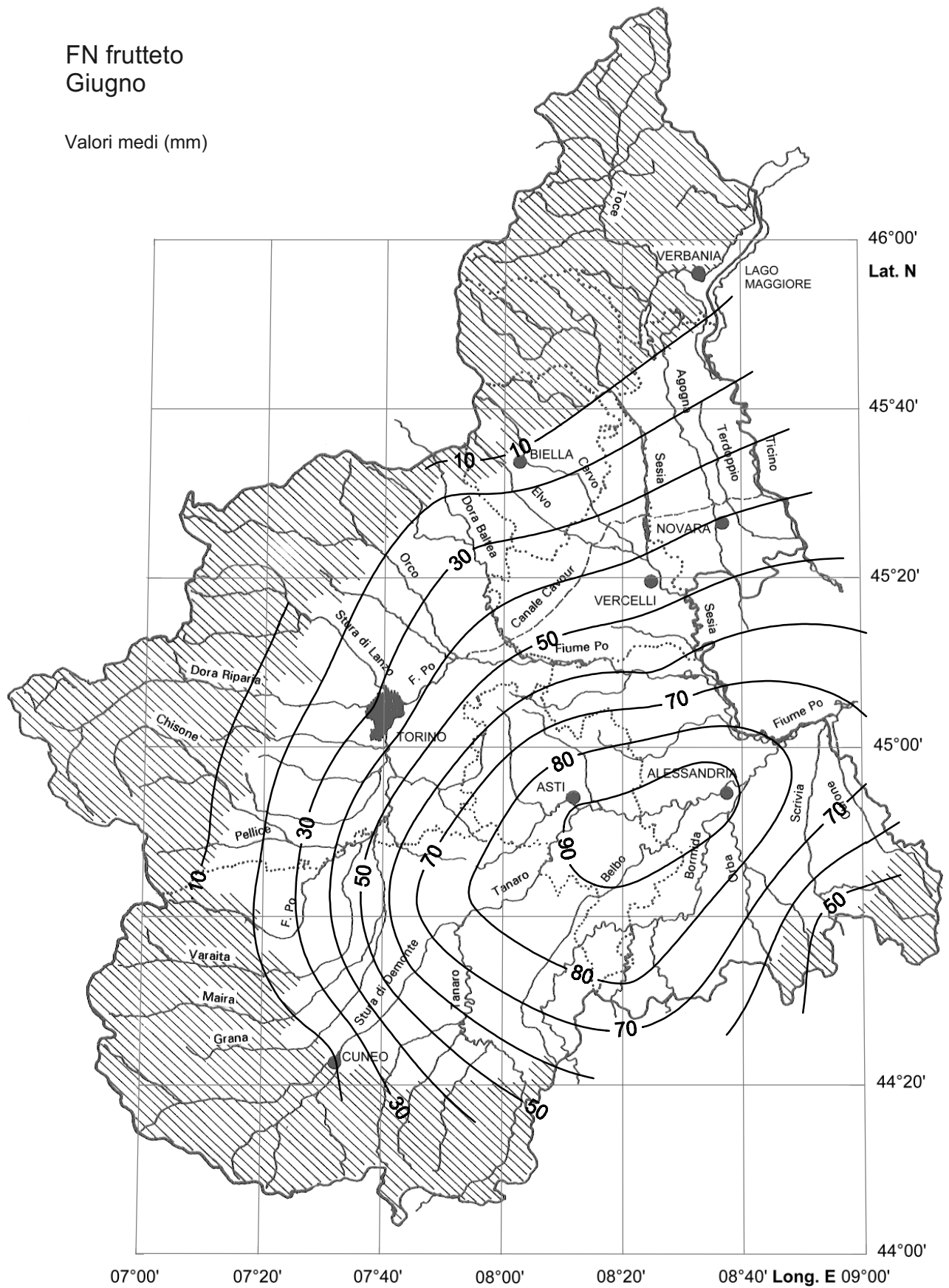
FN frutteto Maggio

Valori medi (mm)



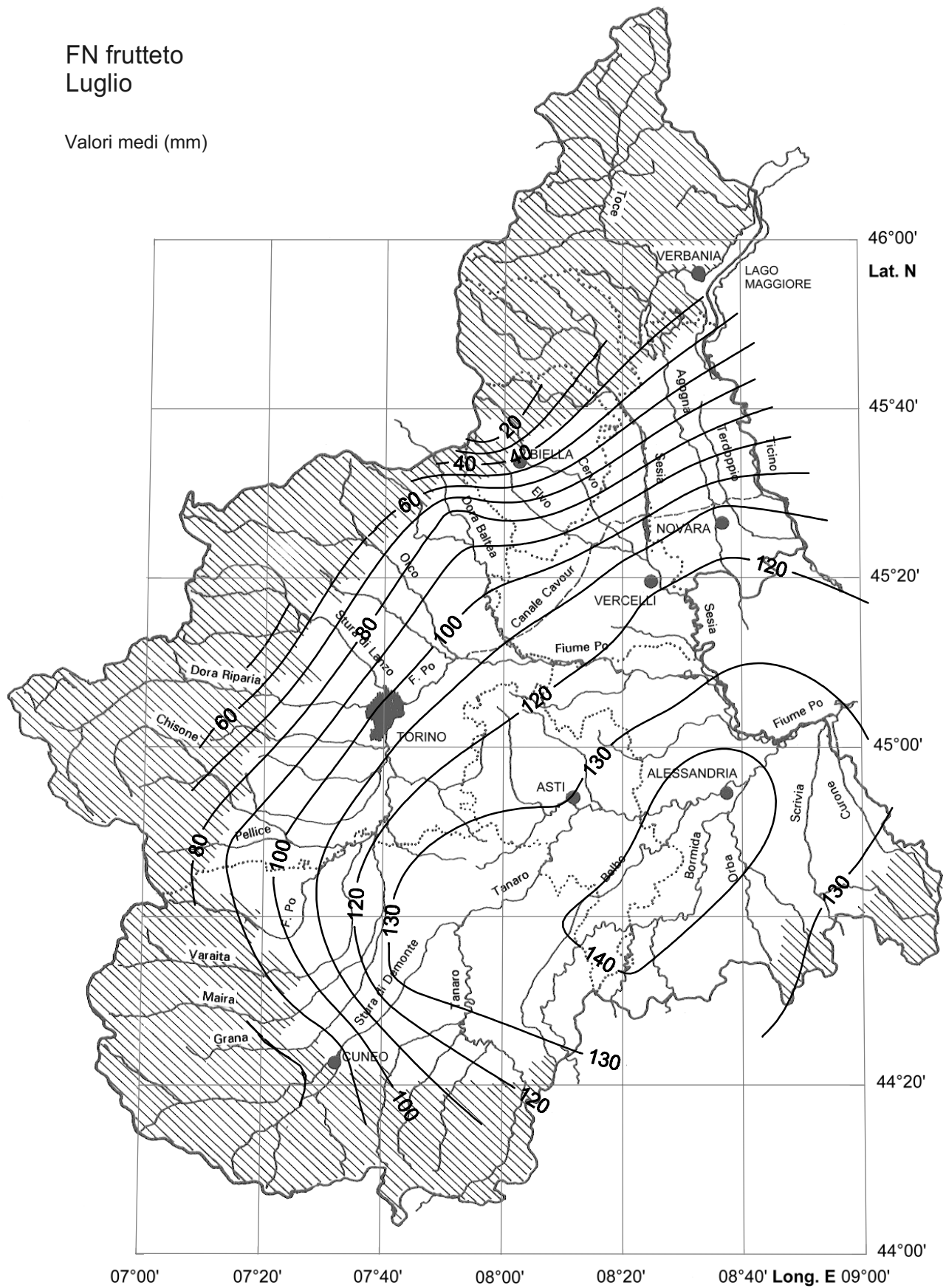
FN frutteto Giugno

Valori medi (mm)



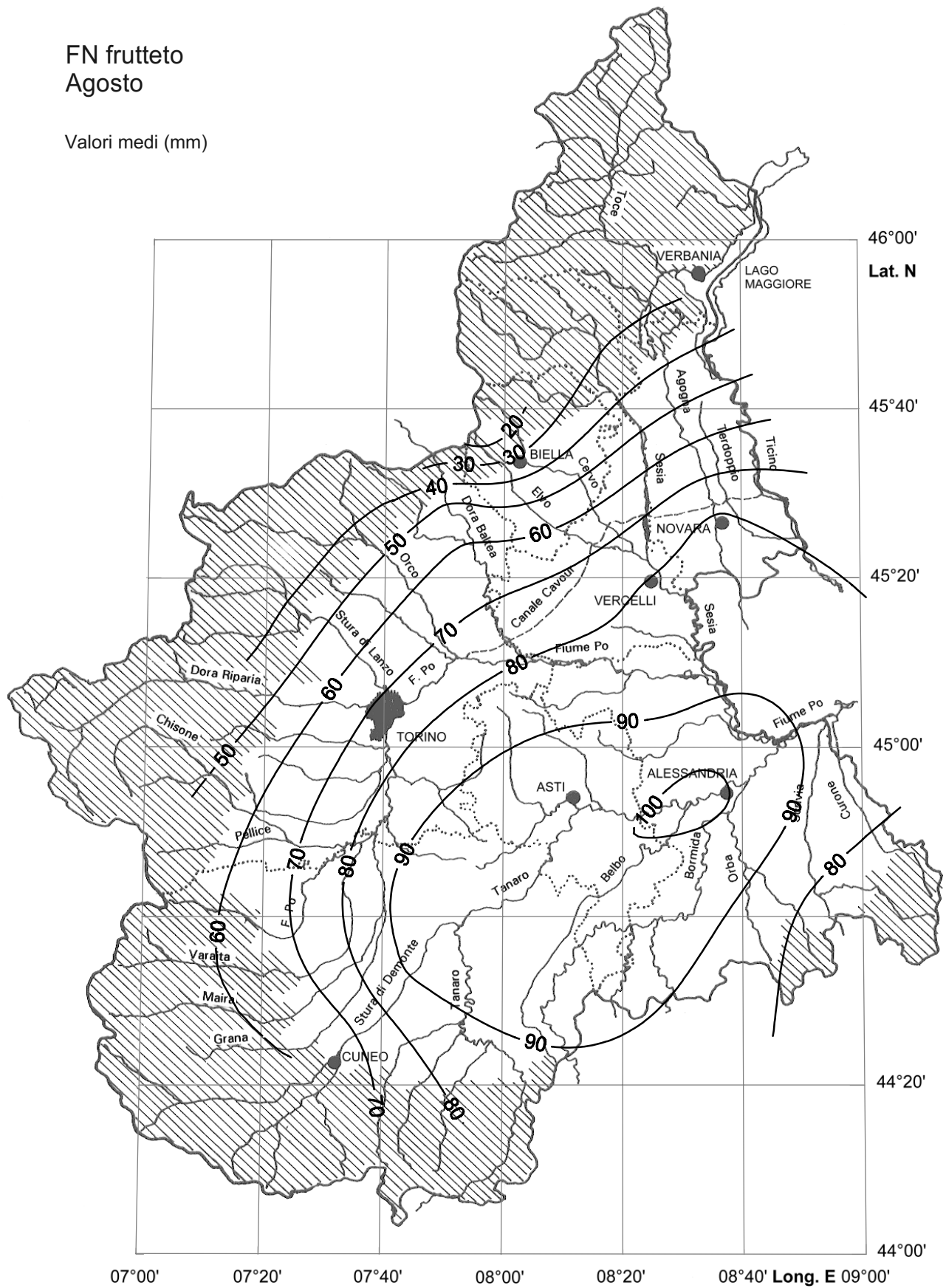
FN frutteto
Luglio

Valori medi (mm)



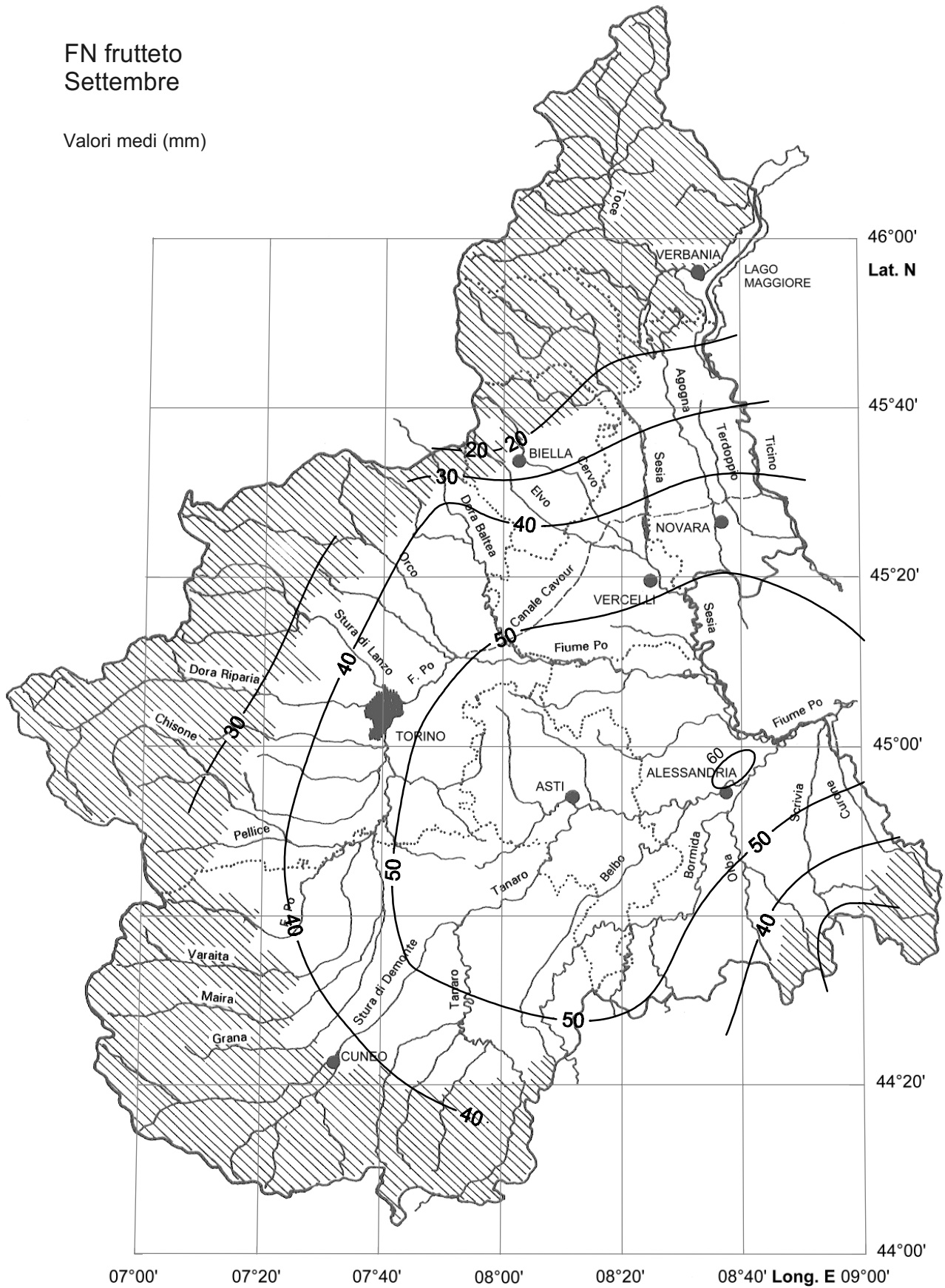
FN frutteto
Agosto

Valori medi (mm)



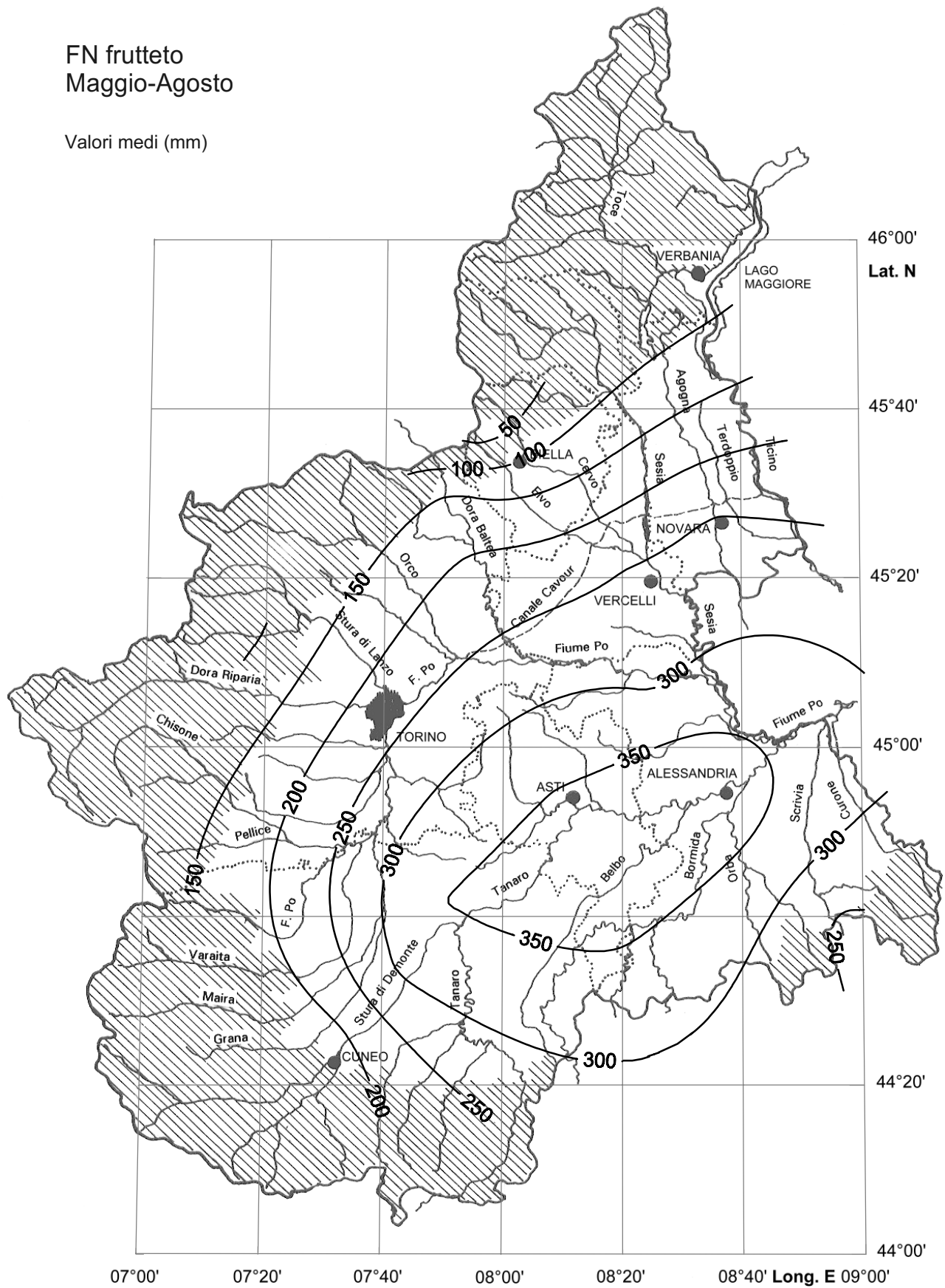
FN frutteto
Settembre

Valori medi (mm)



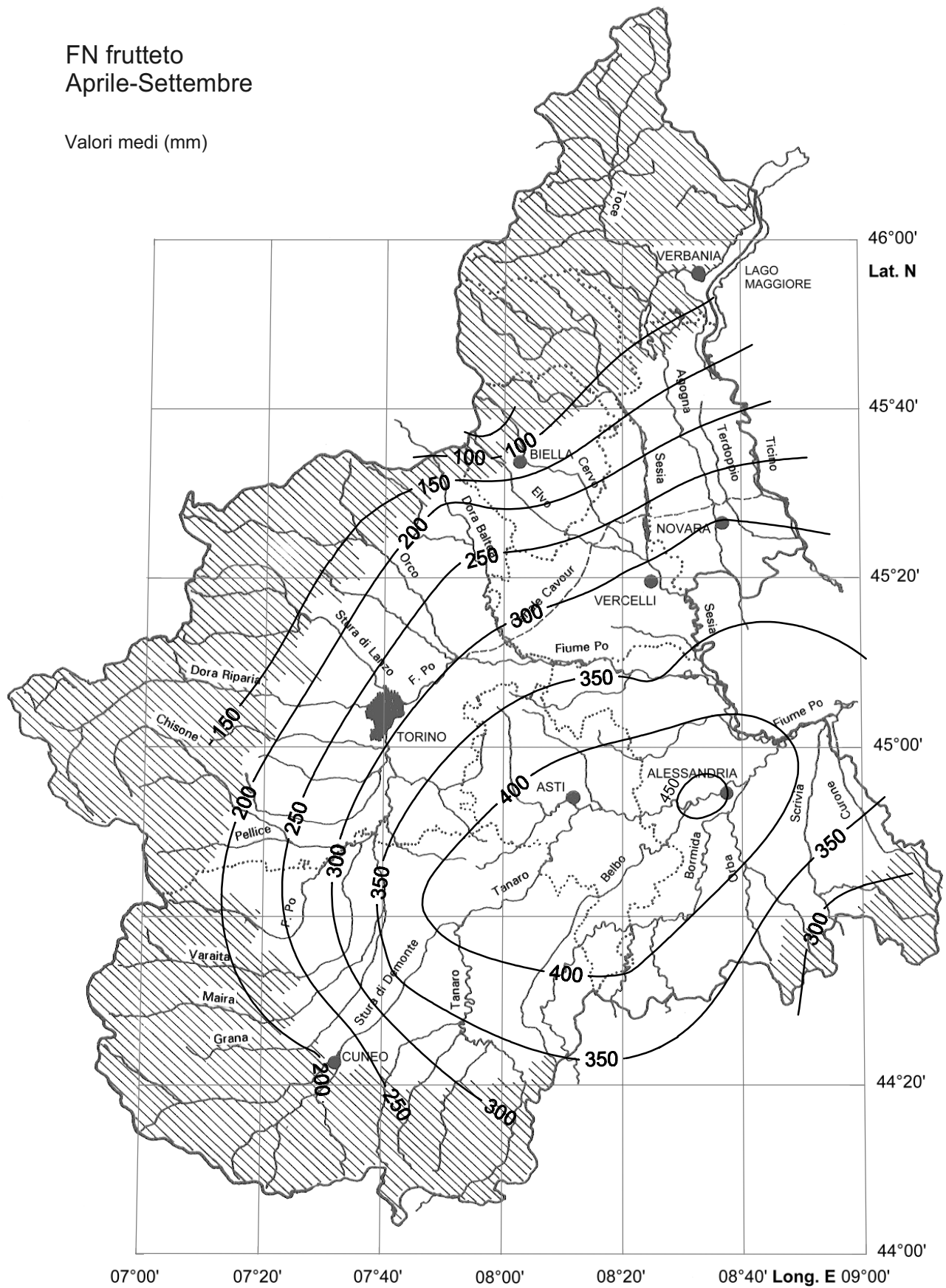
FN frutteto
Maggio-Agosto

Valori medi (mm)



FN frutteto
Aprile-Settembre

Valori medi (mm)

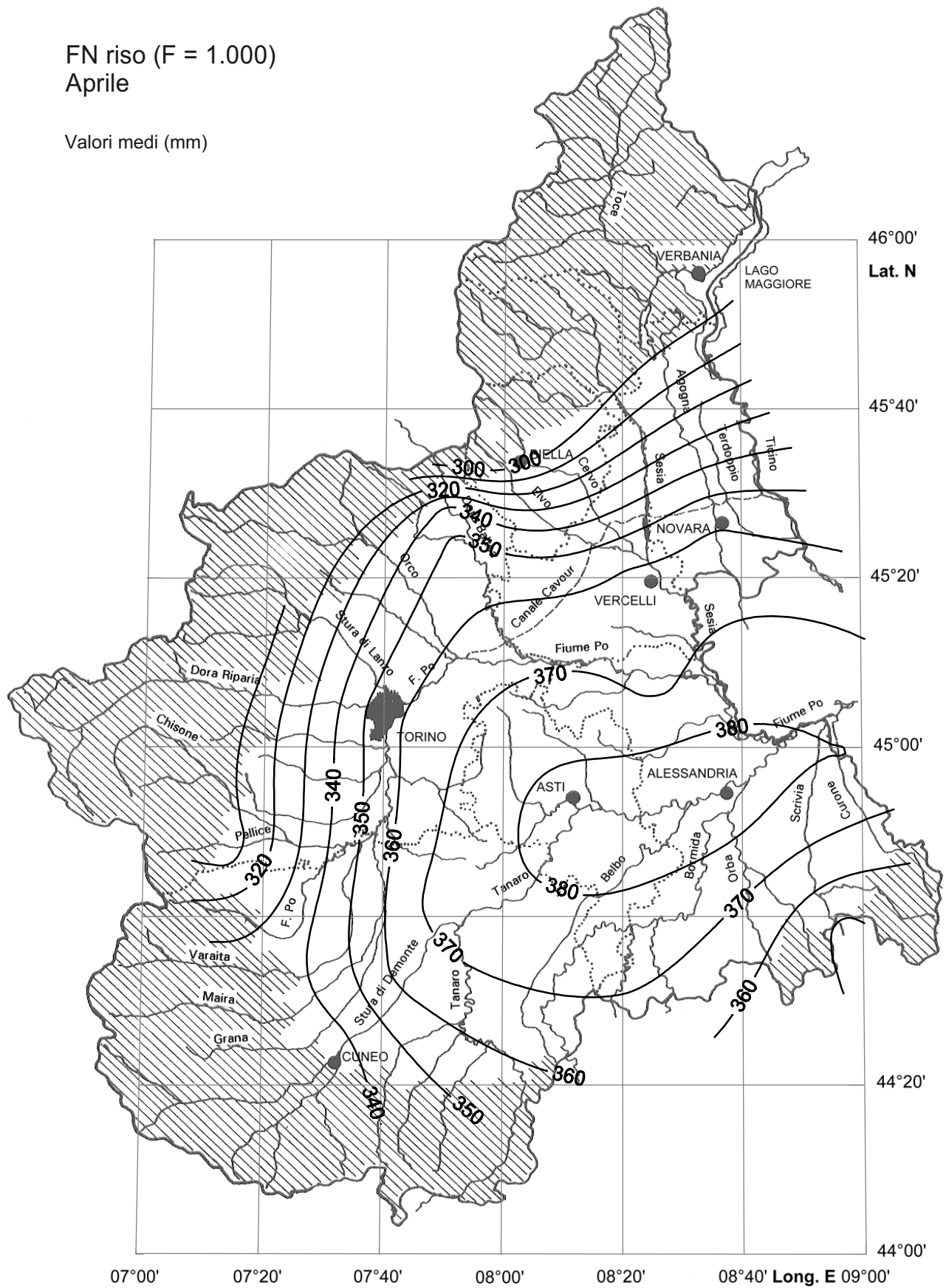


Fabbisogni netti riso $F = 1.000$ mm

Valori medi

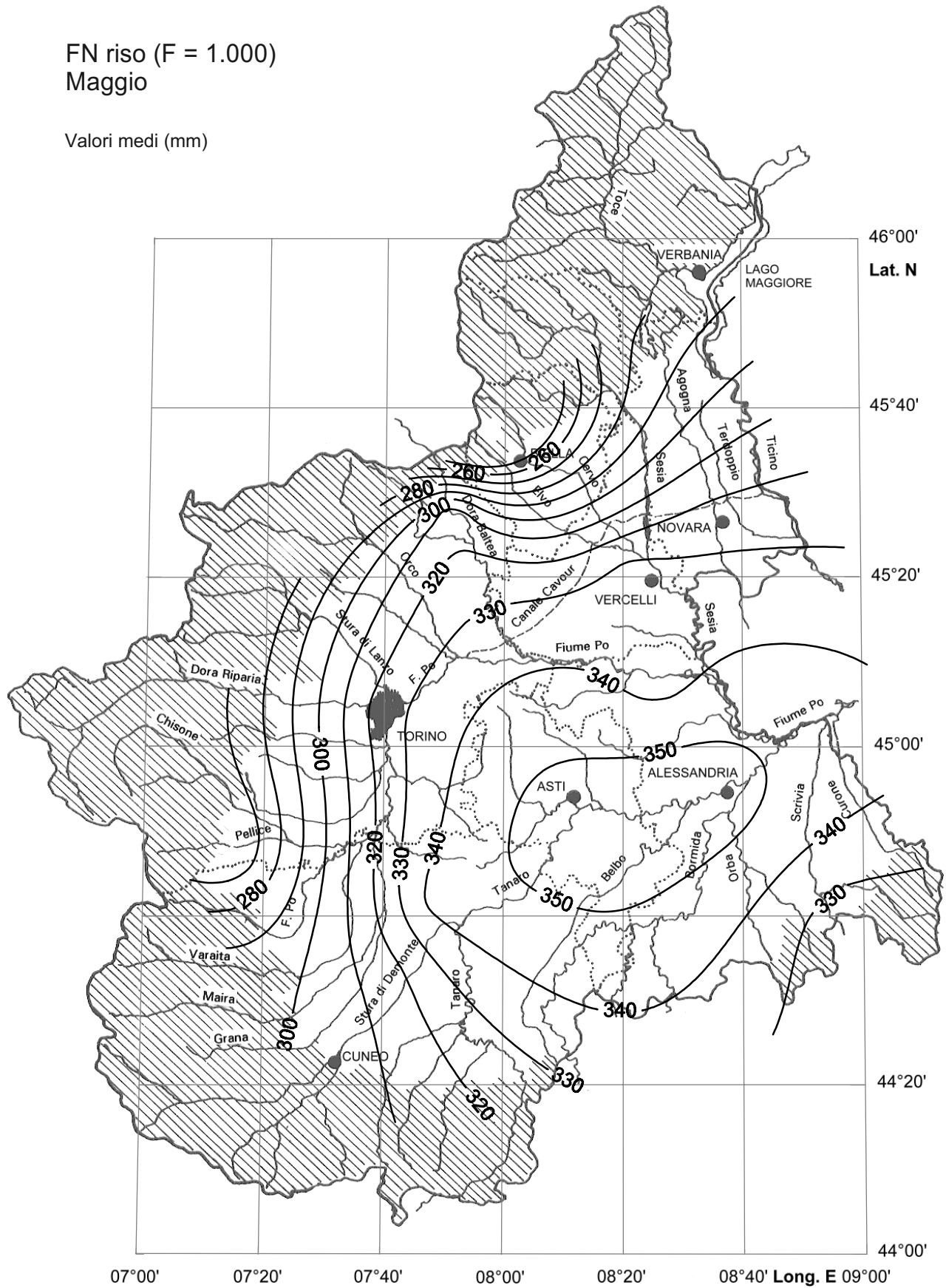
FN riso (F = 1.000)
Aprile

Valori medi (mm)



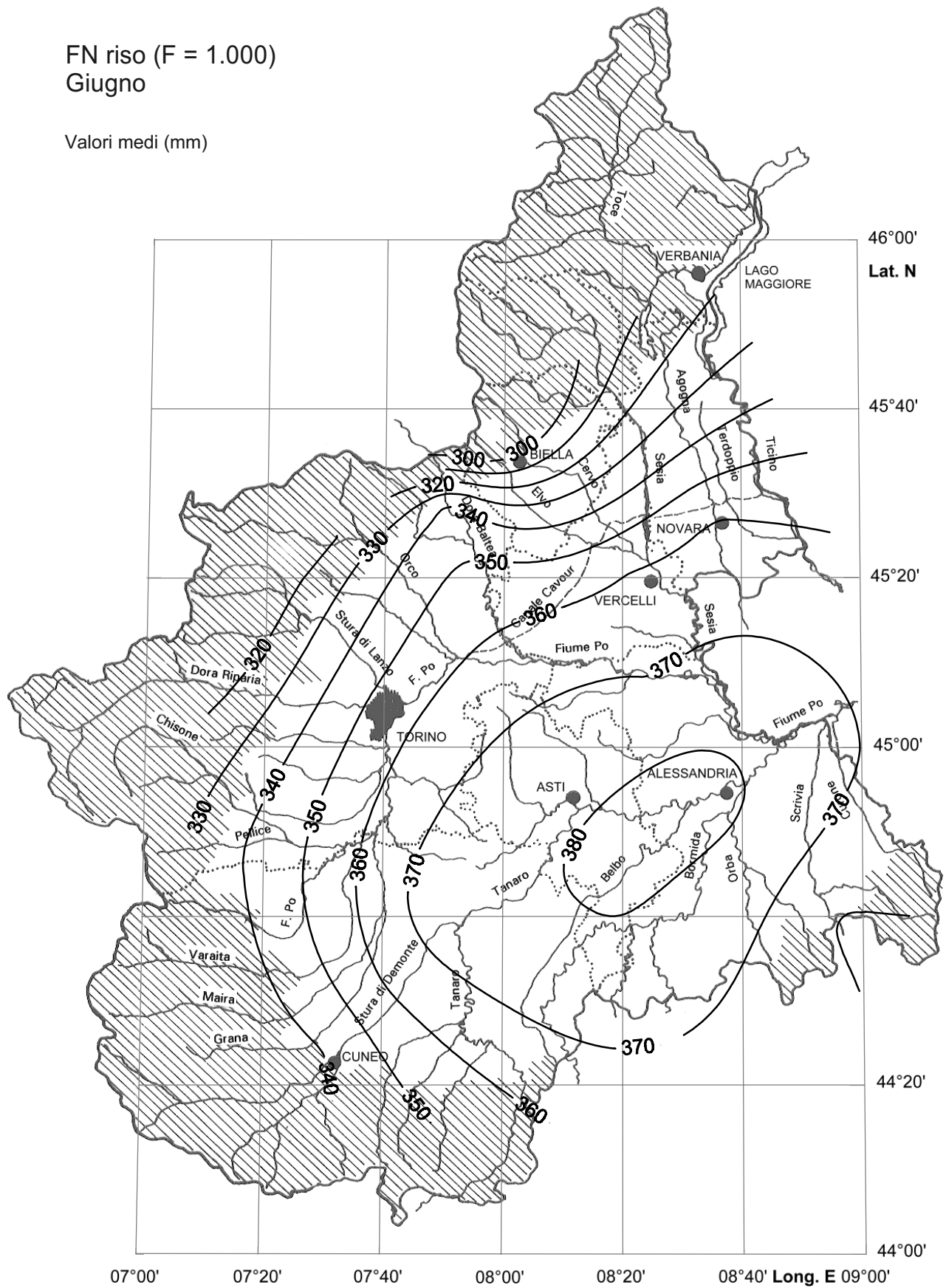
FN riso (F = 1.000)
Maggio

Valori medi (mm)



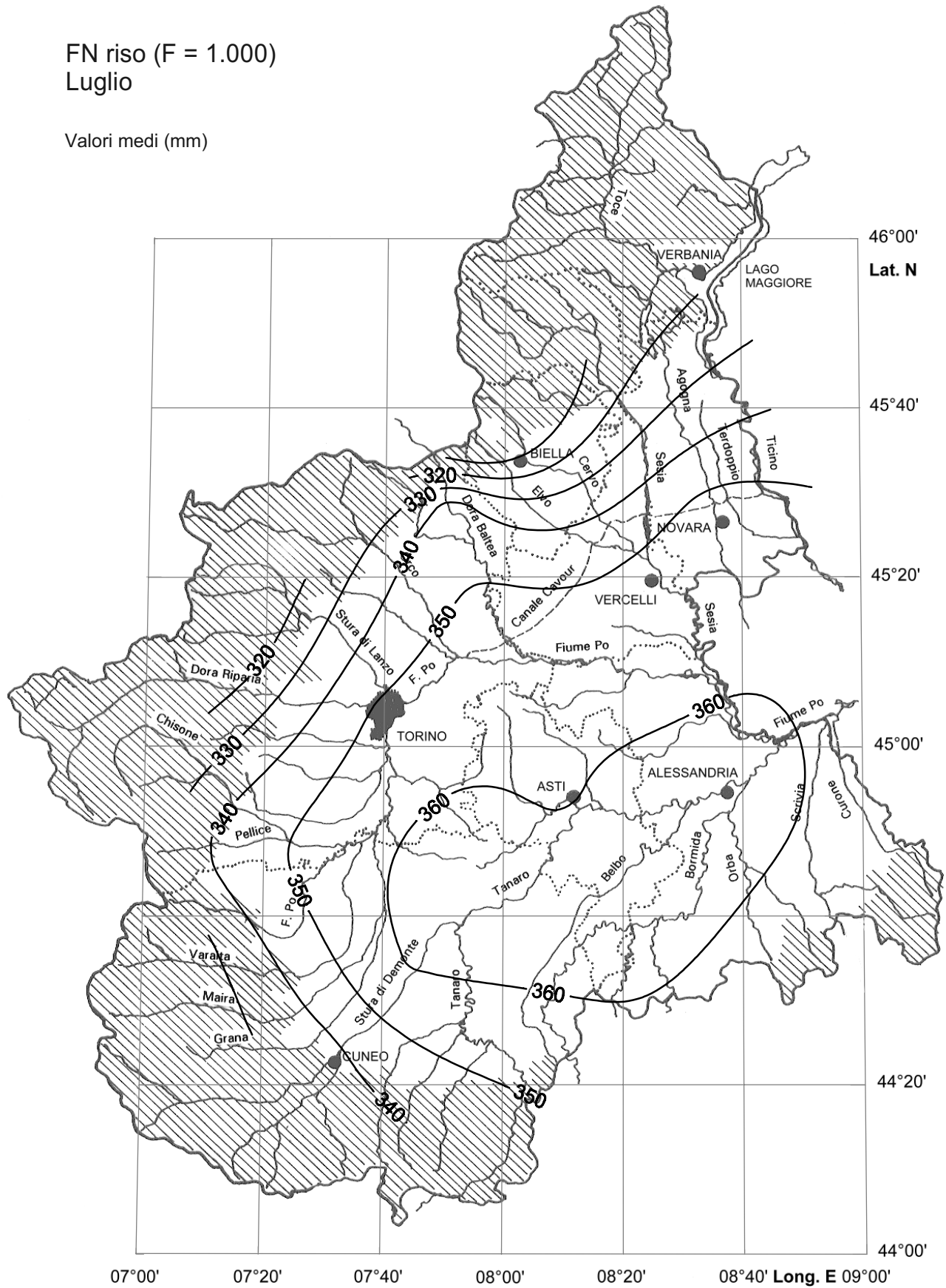
FN riso (F = 1.000)
Giugno

Valori medi (mm)



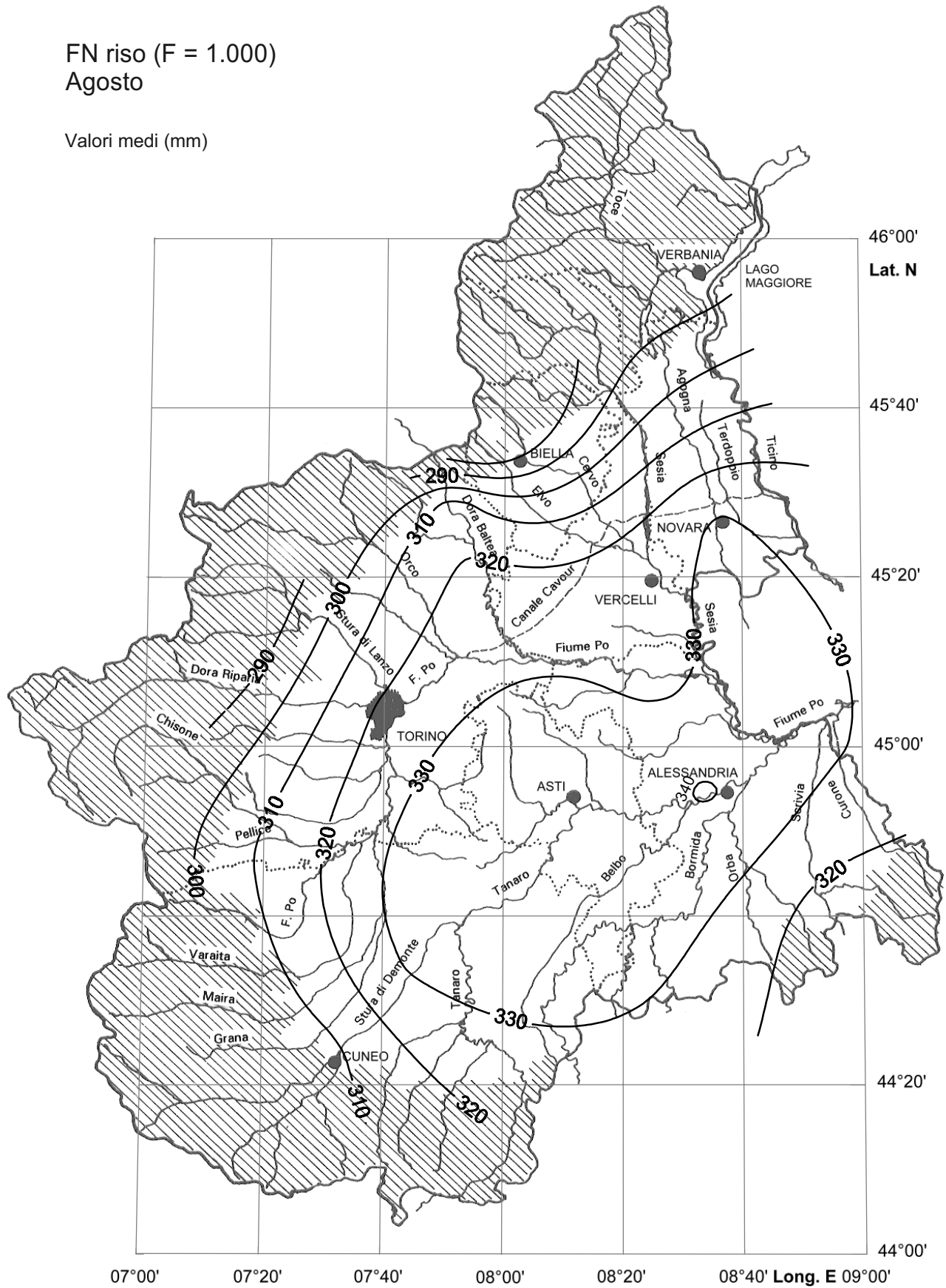
FN riso (F = 1.000)
Luglio

Valori medi (mm)



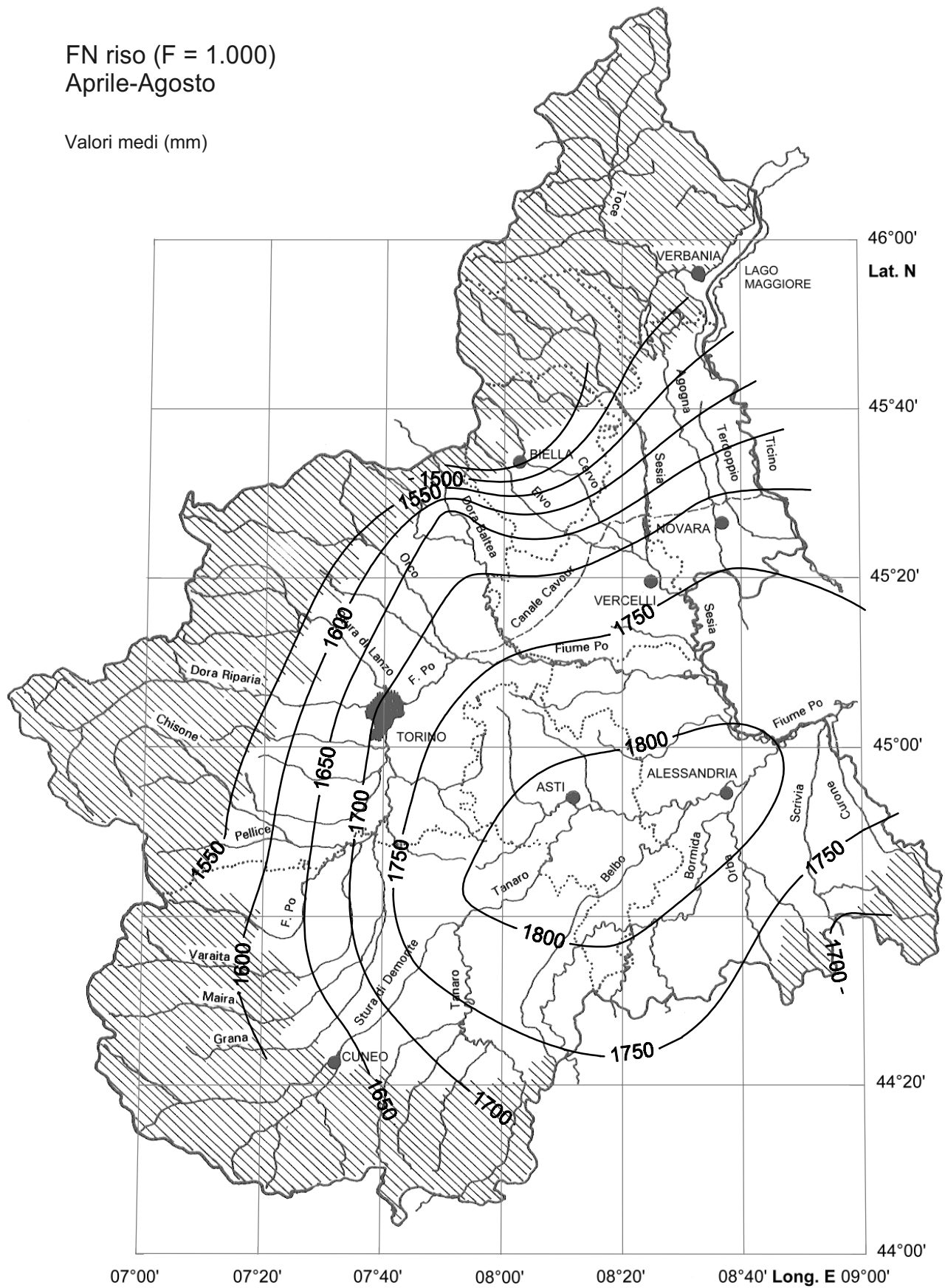
FN riso (F = 1.000)
Agosto

Valori medi (mm)



FN riso (F = 1.000)
Aprile-Agosto

Valori medi (mm)

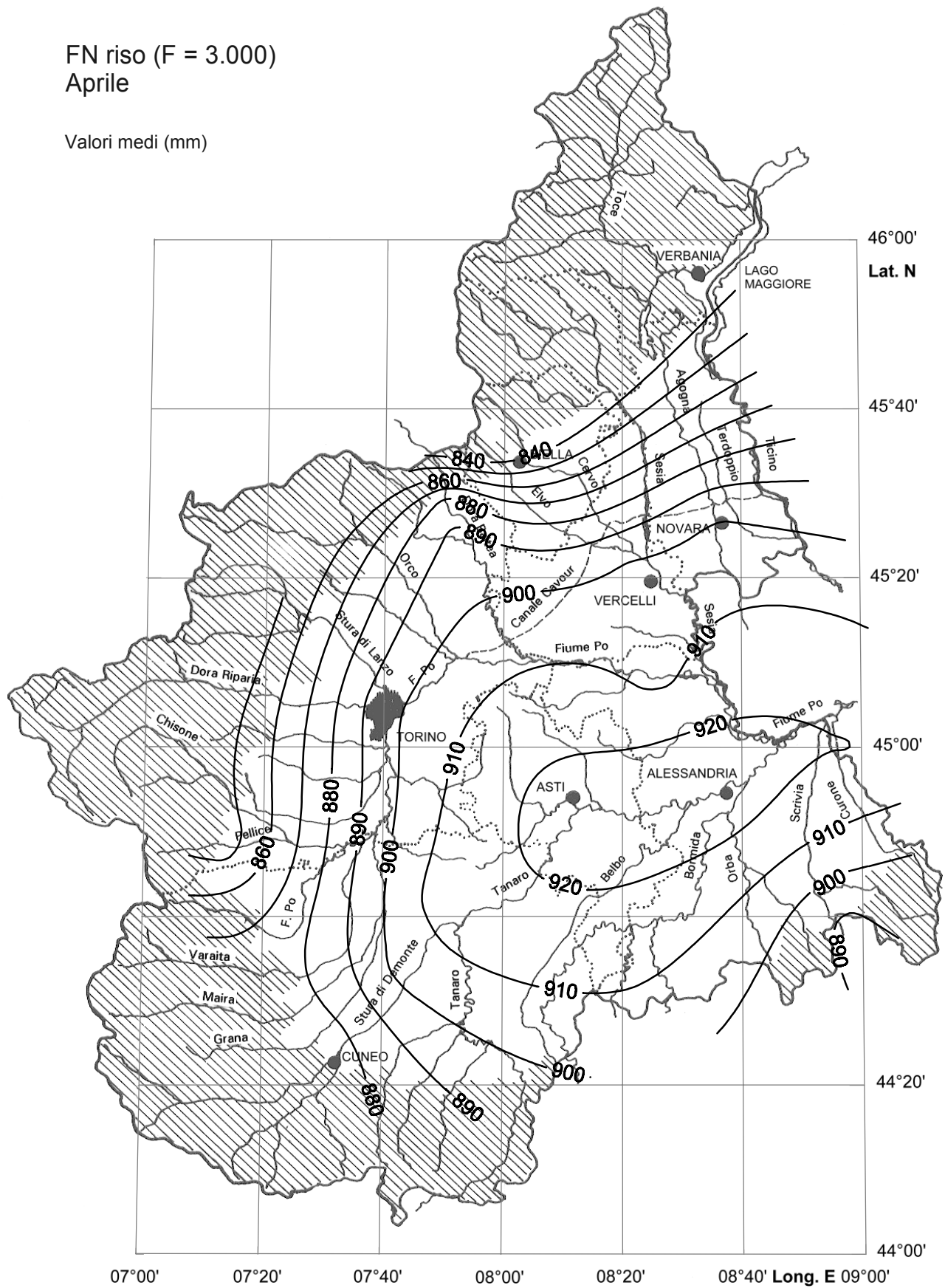


Fabbisogni netti riso $F = 3.000$ mm

Valori medi

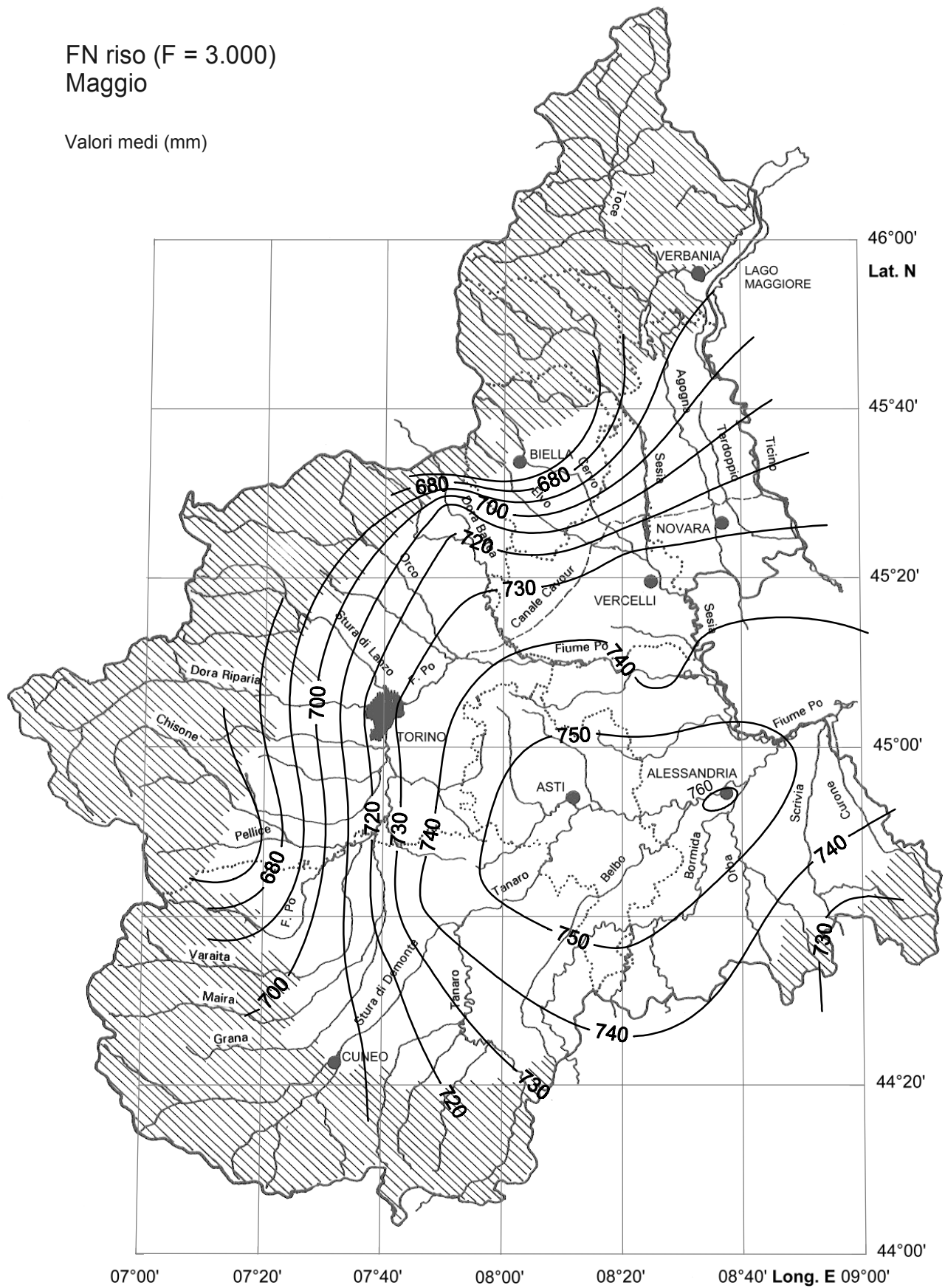
FN riso (F = 3.000)
Aprile

Valori medi (mm)



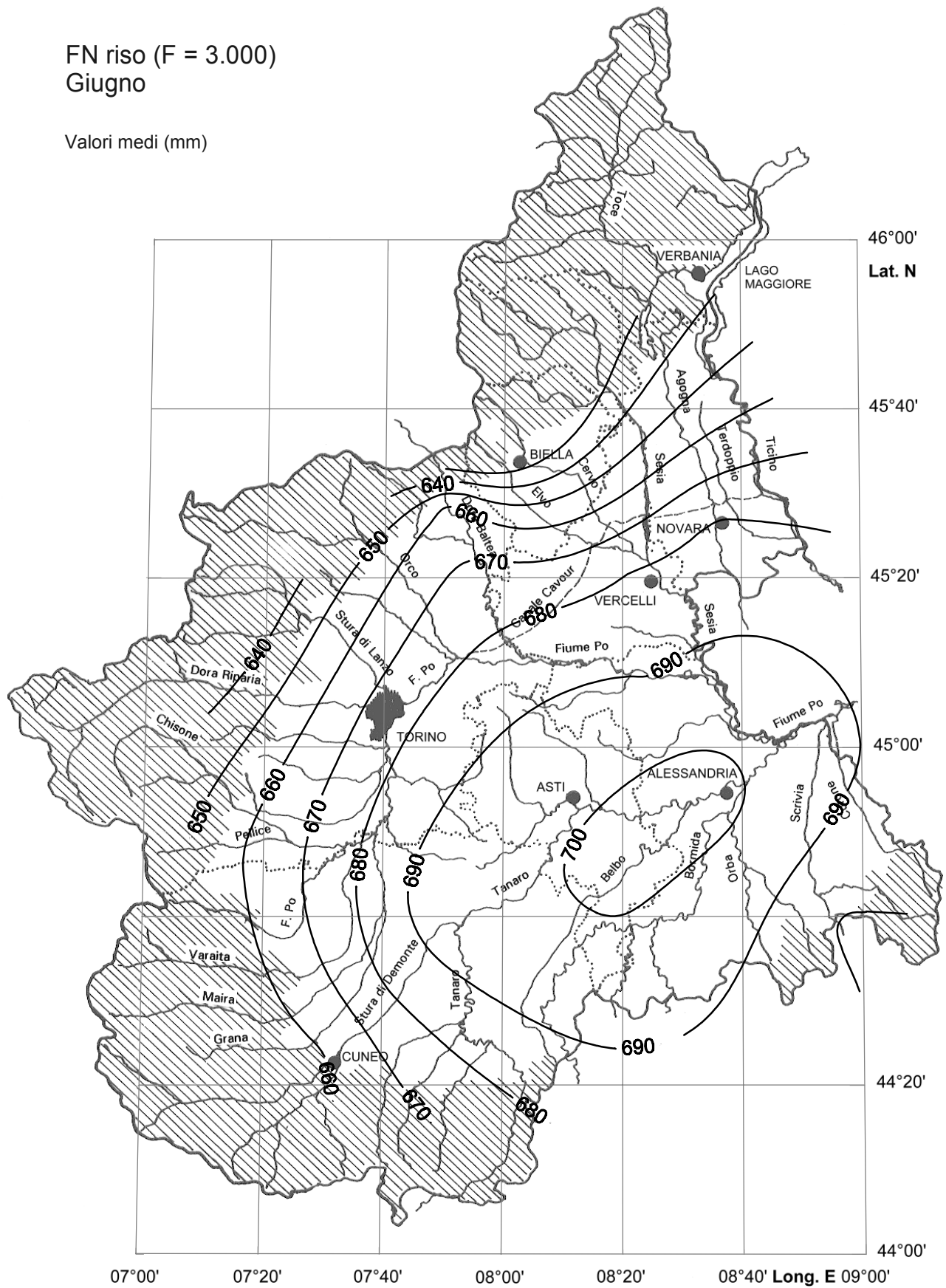
FN riso (F = 3.000)
Maggio

Valori medi (mm)



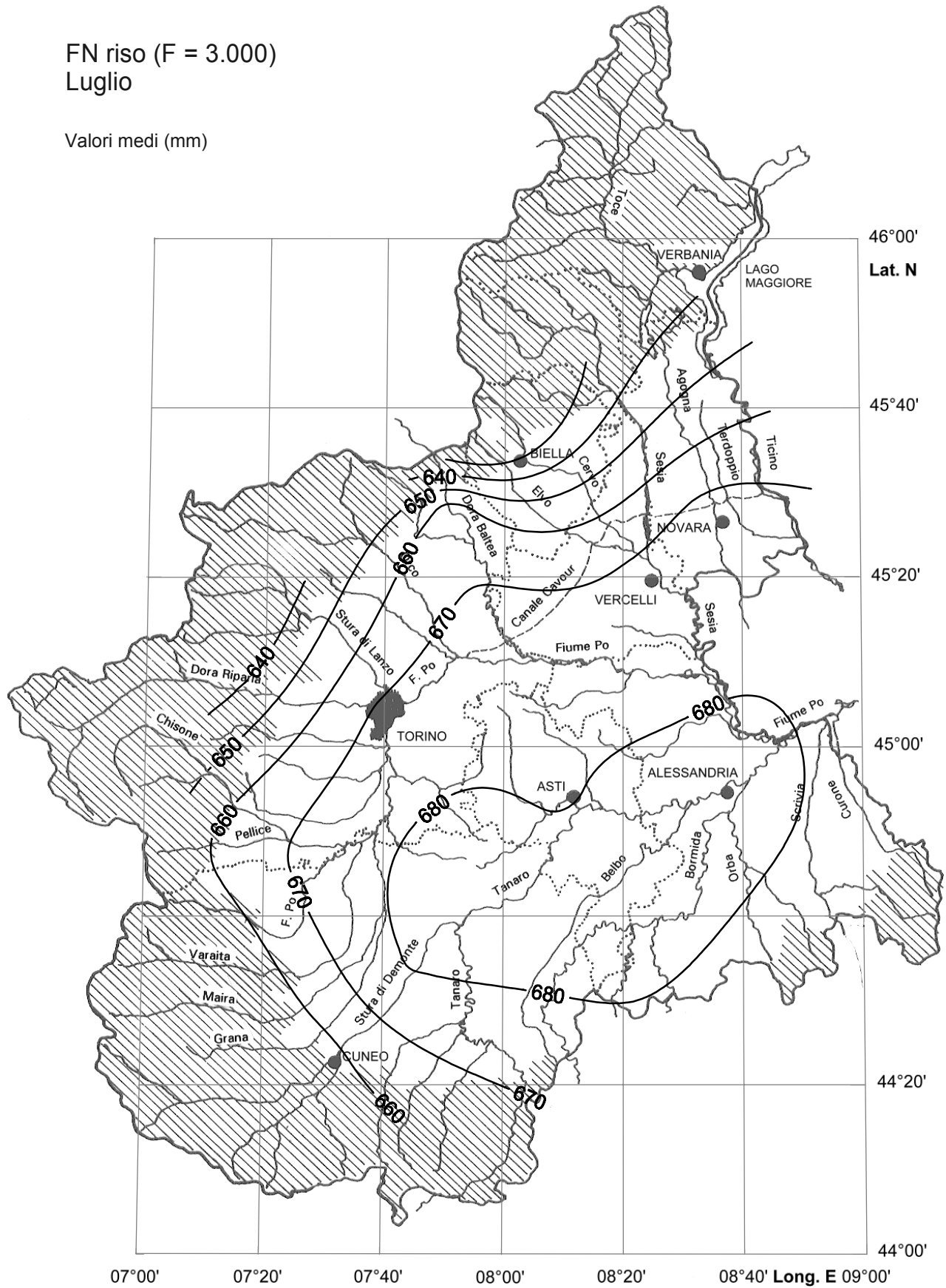
FN riso (F = 3.000)
Giugno

Valori medi (mm)



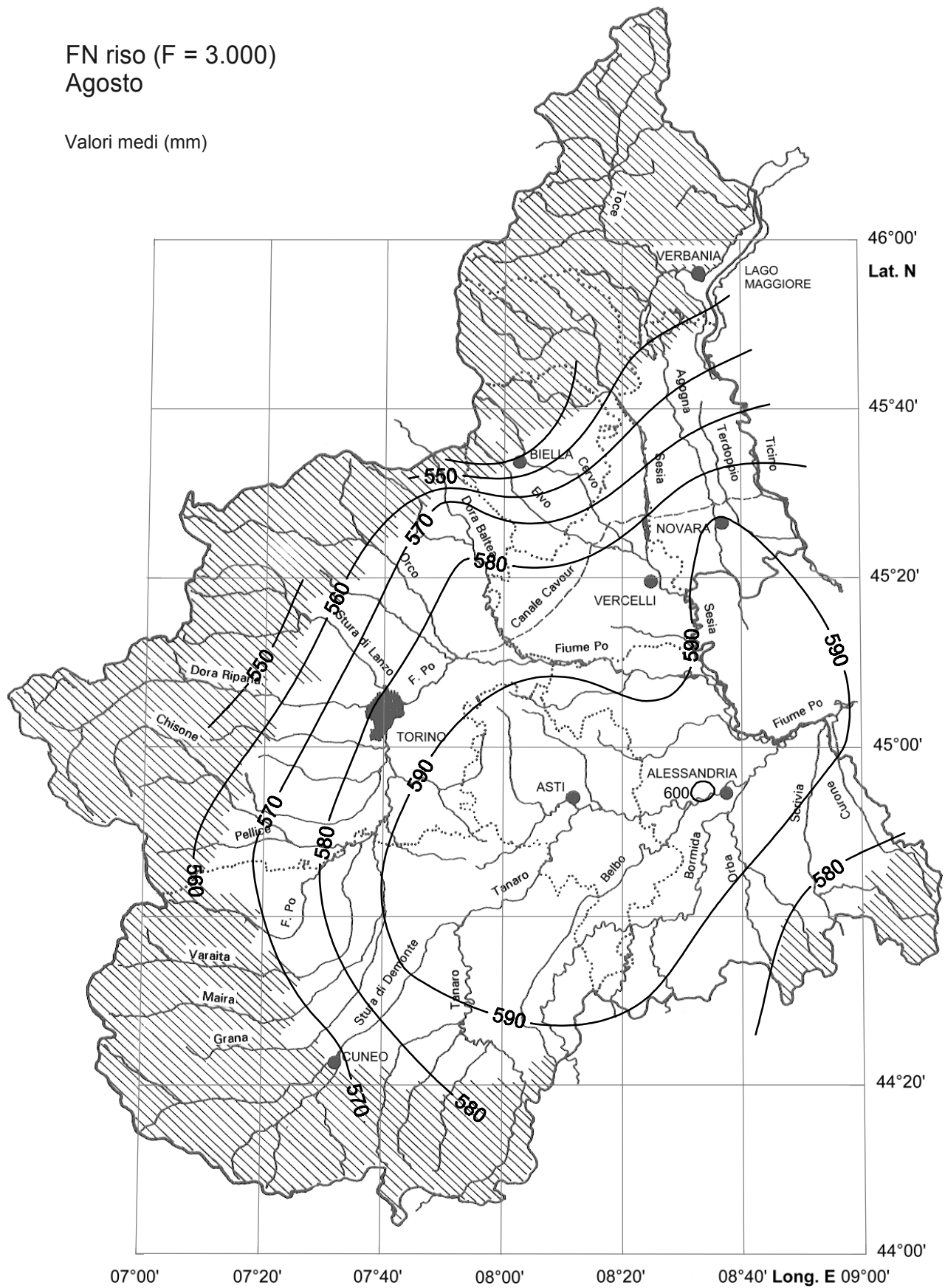
FN riso (F = 3.000)
Luglio

Valori medi (mm)



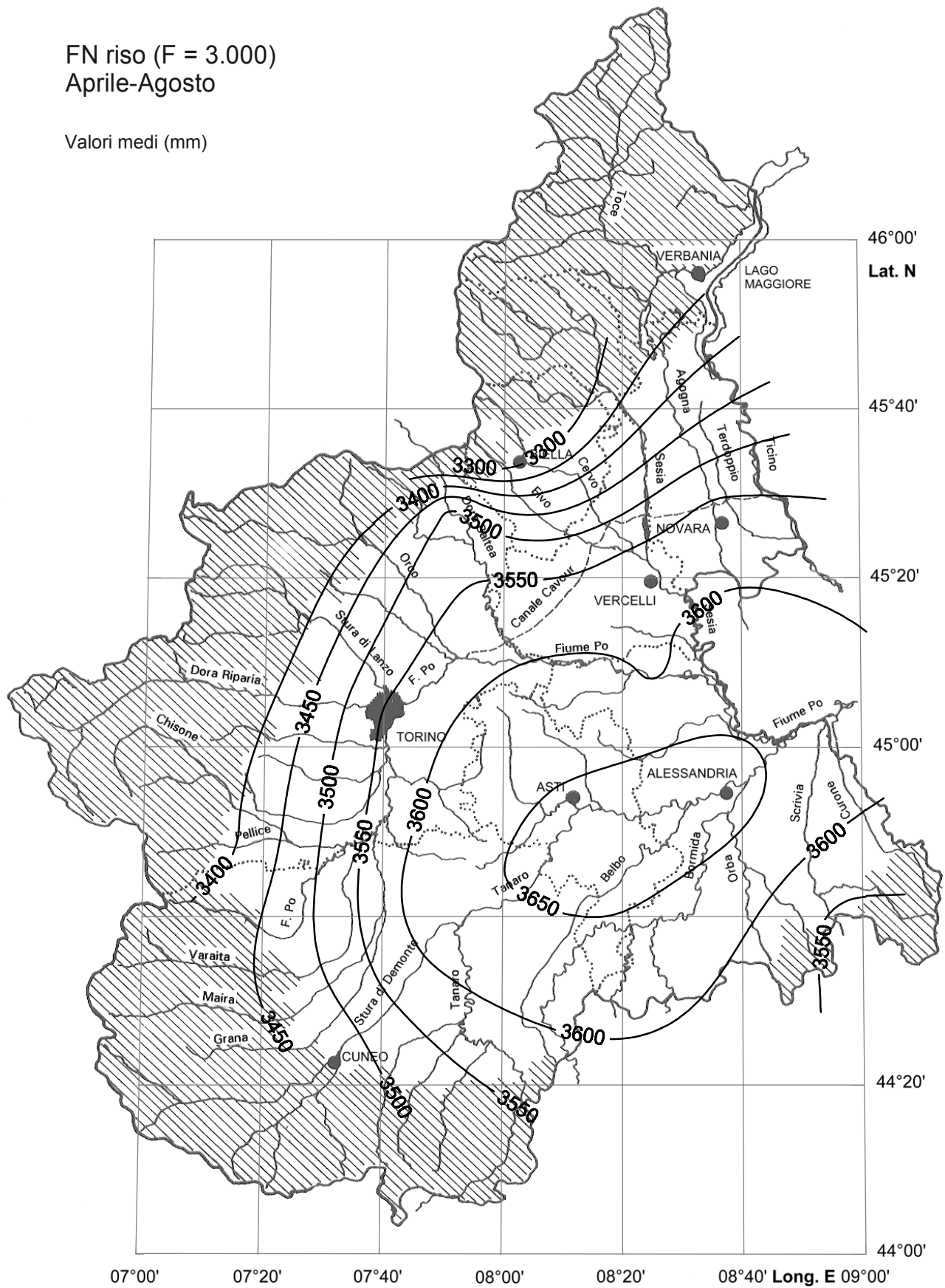
FN riso (F = 3.000)
Agosto

Valori medi (mm)



FN riso (F = 3.000)
Aprile-Agosto

Valori medi (mm)



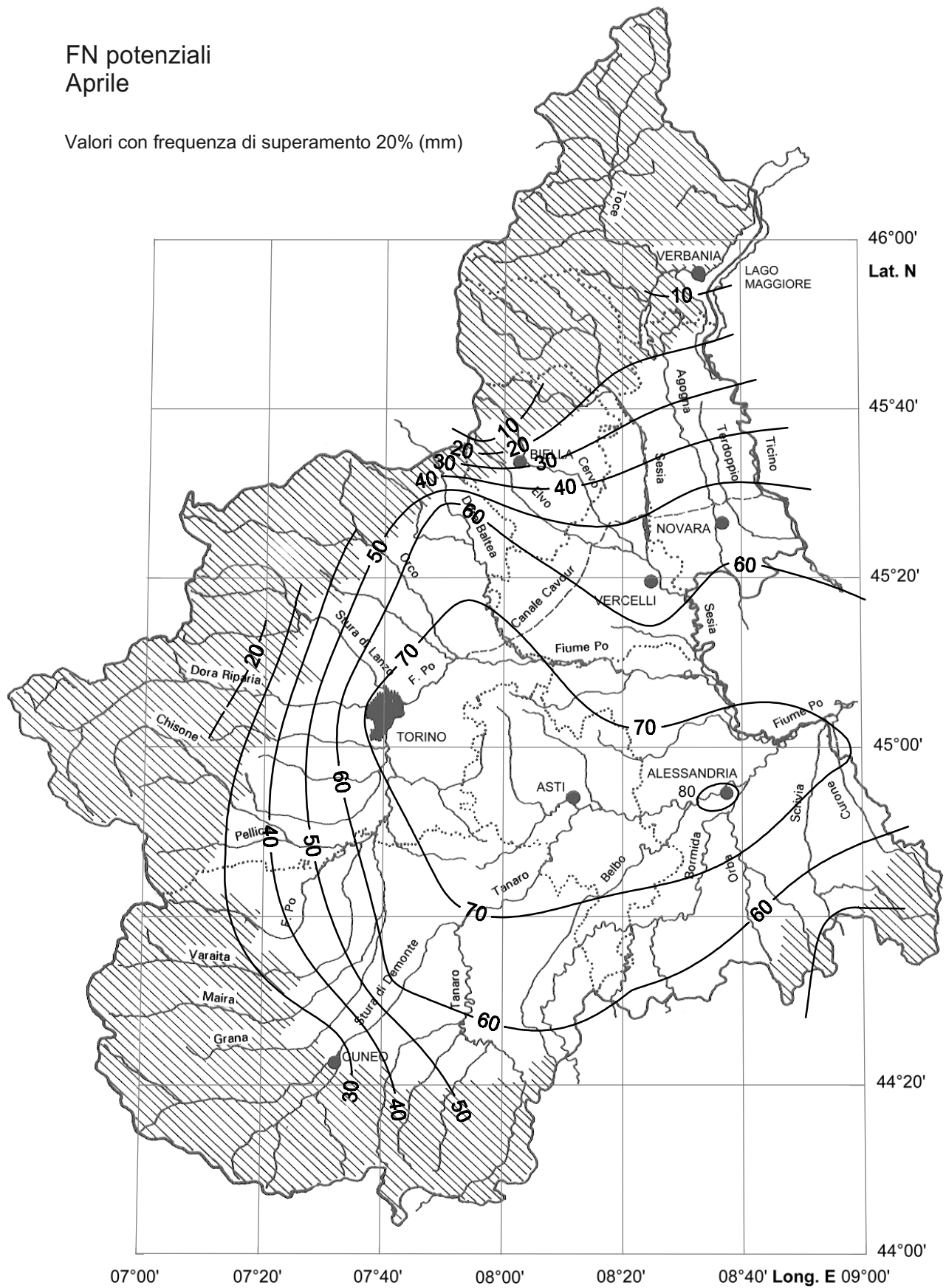
CARTE TEMATICHE
DEI FABBISOGNI NETTI
CON FREQUENZA DI SUPERAMENTO 20%

Fabbisogni netti potenziali

Valori con frequenza di superamento 20%

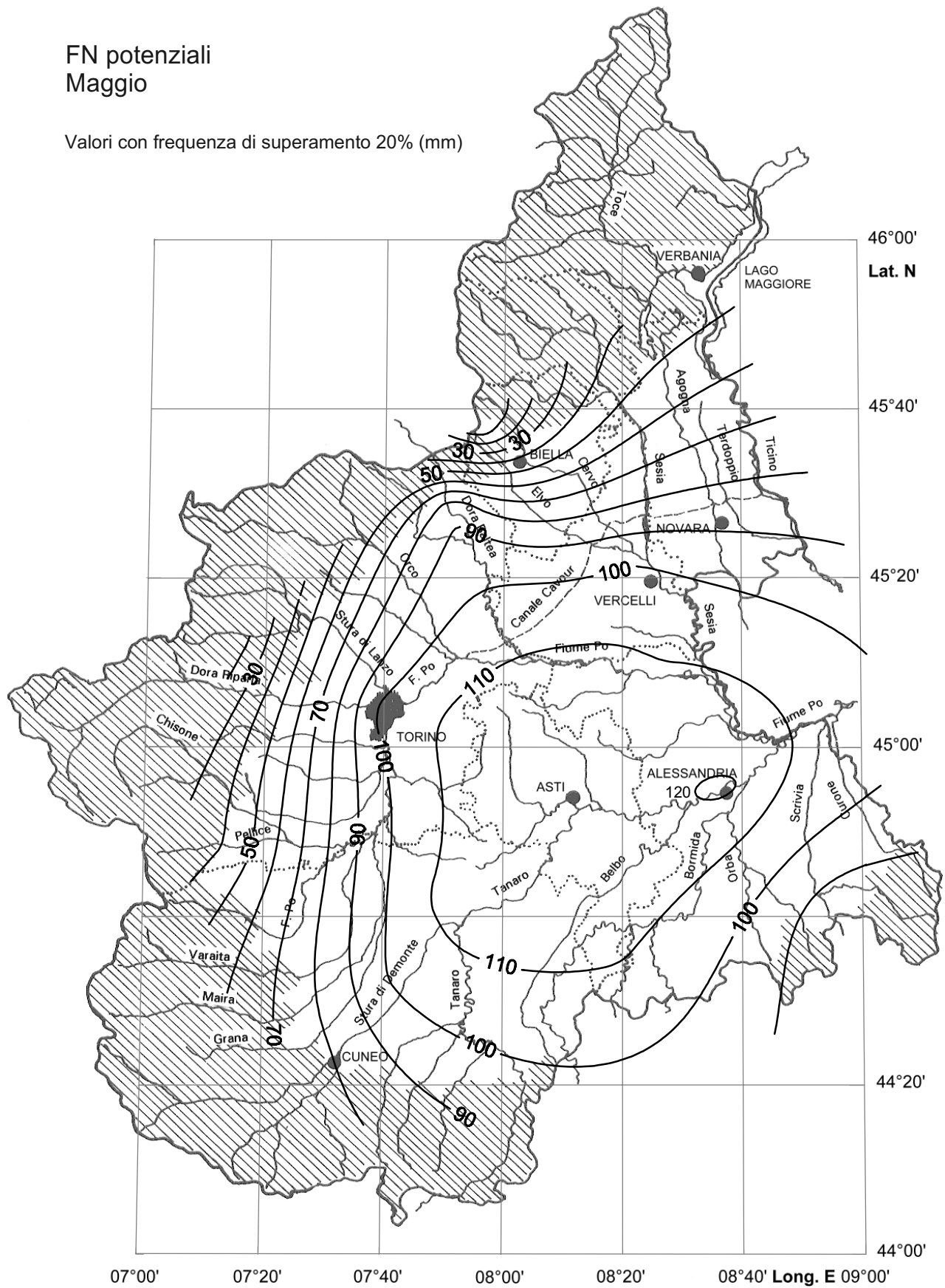
FN potenziali Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



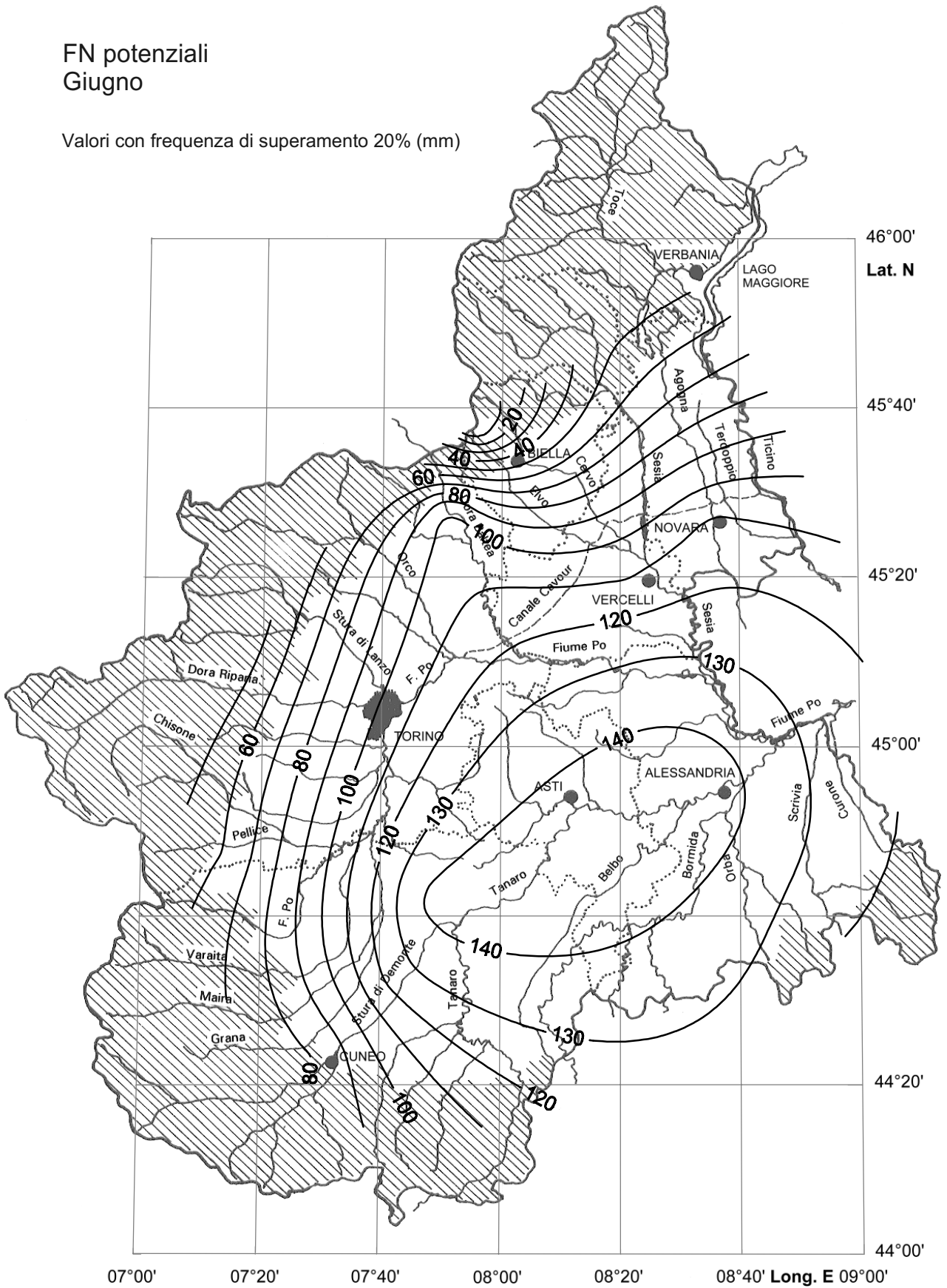
FN potenziali Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



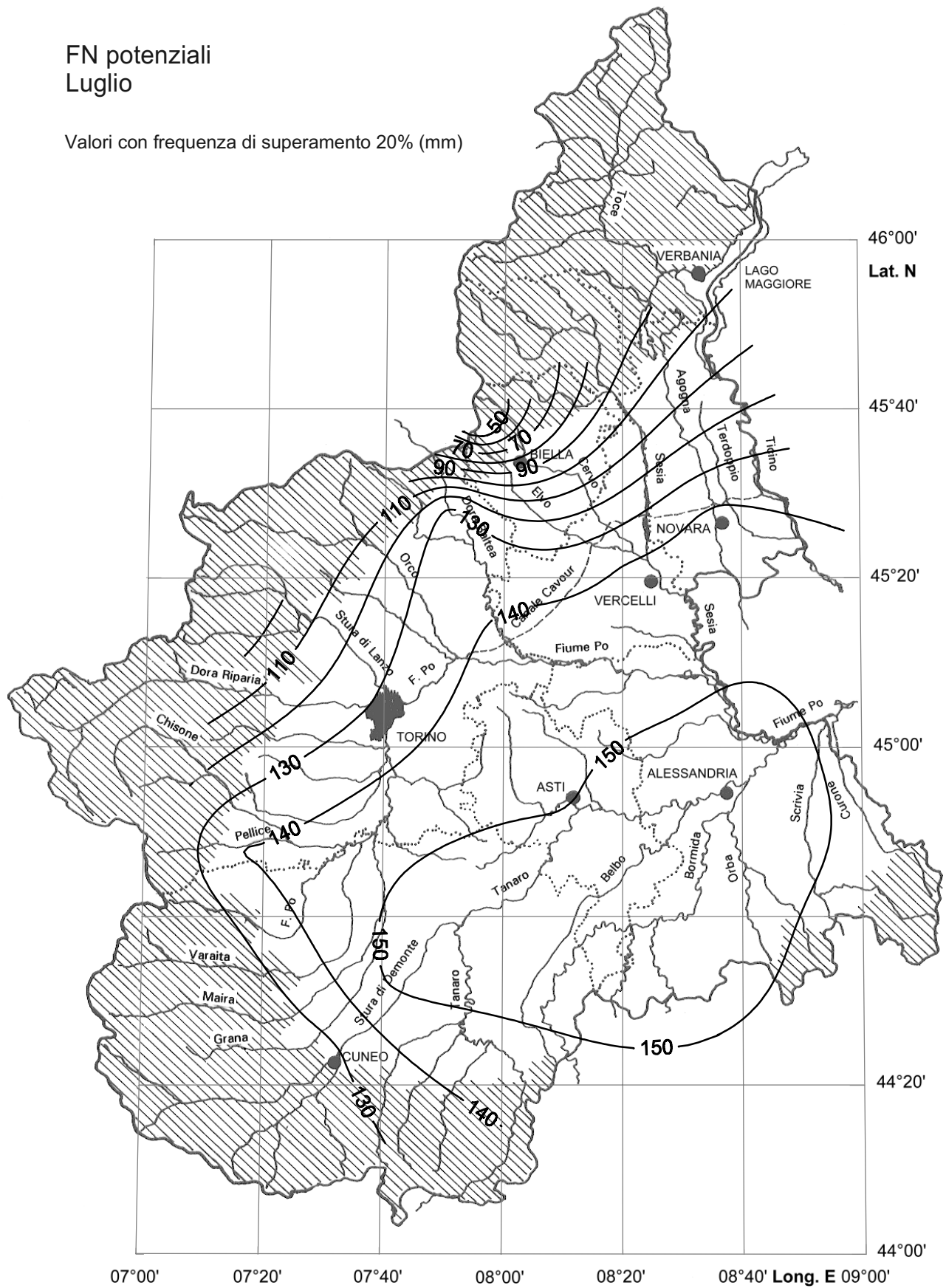
FN potenziali Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



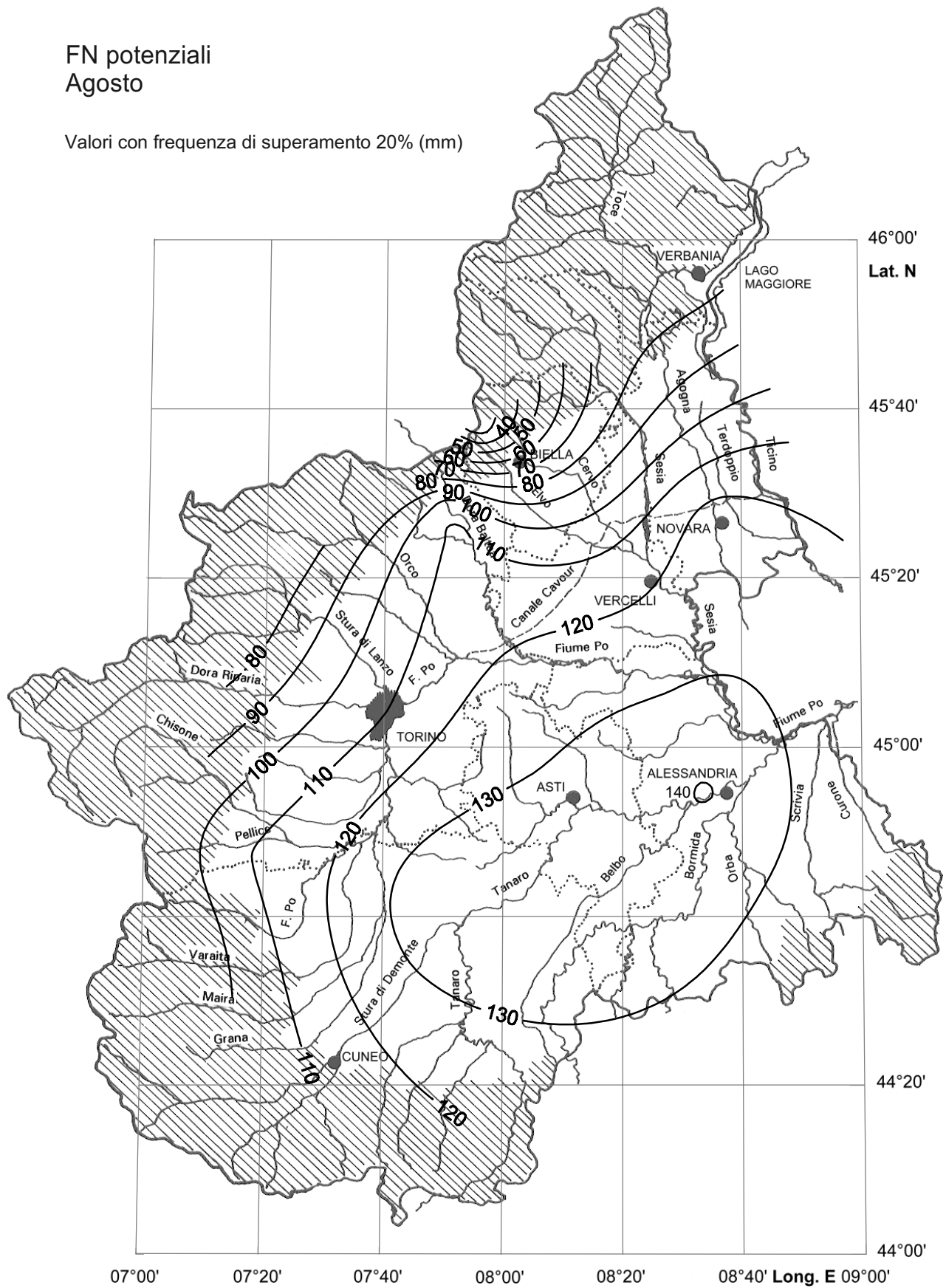
FN potenziali Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



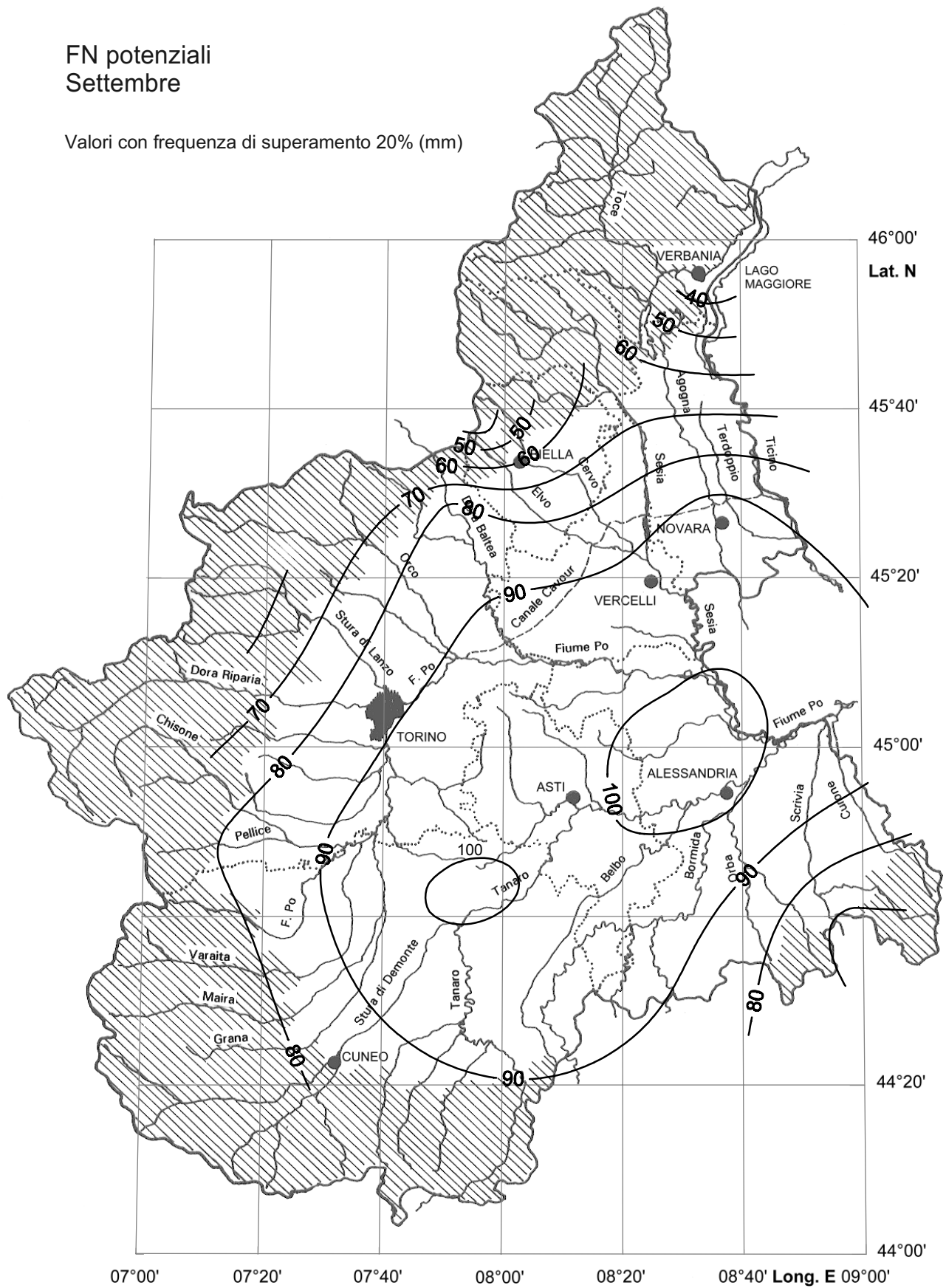
FN potenziali Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



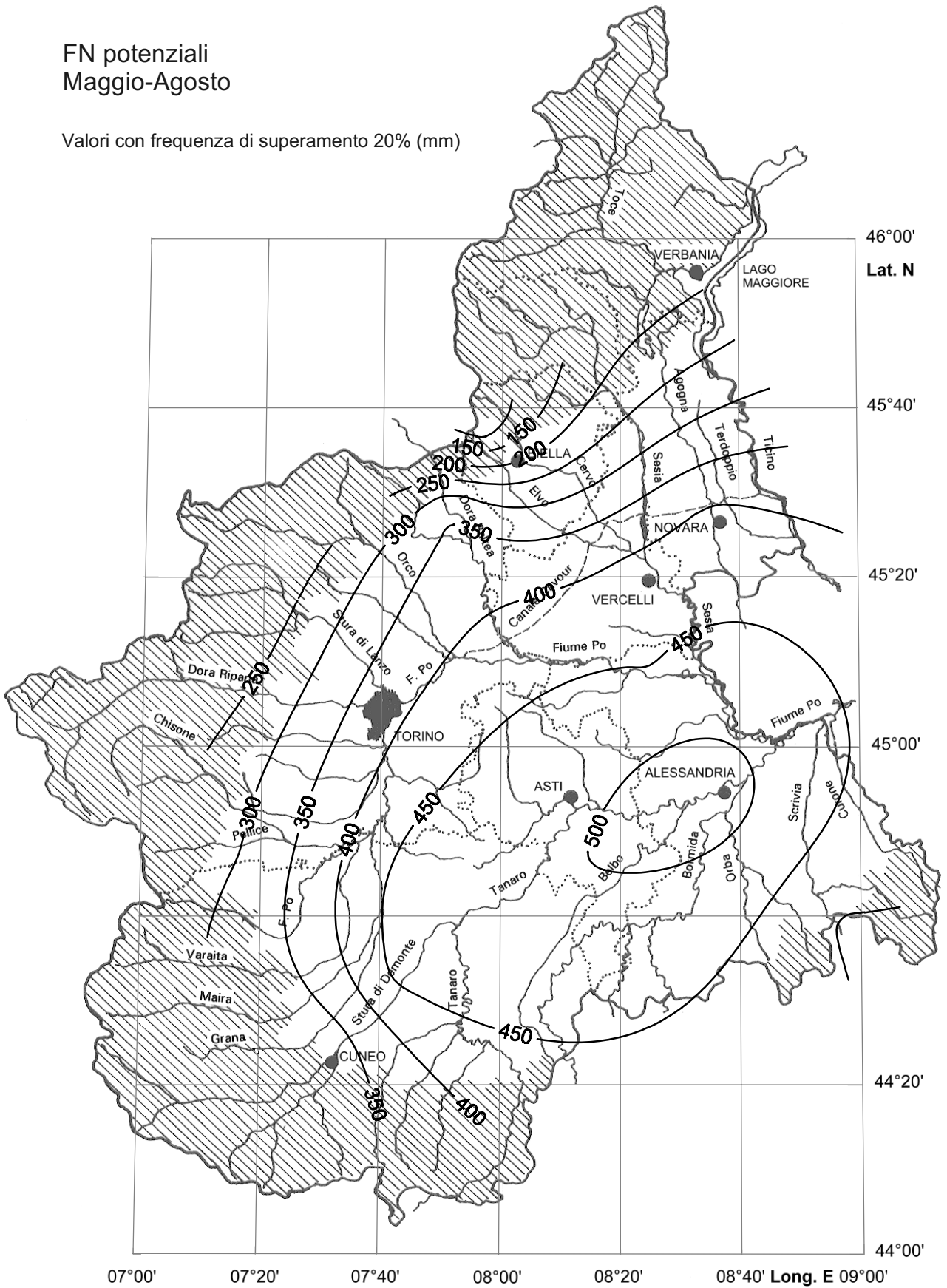
FN potenziali Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



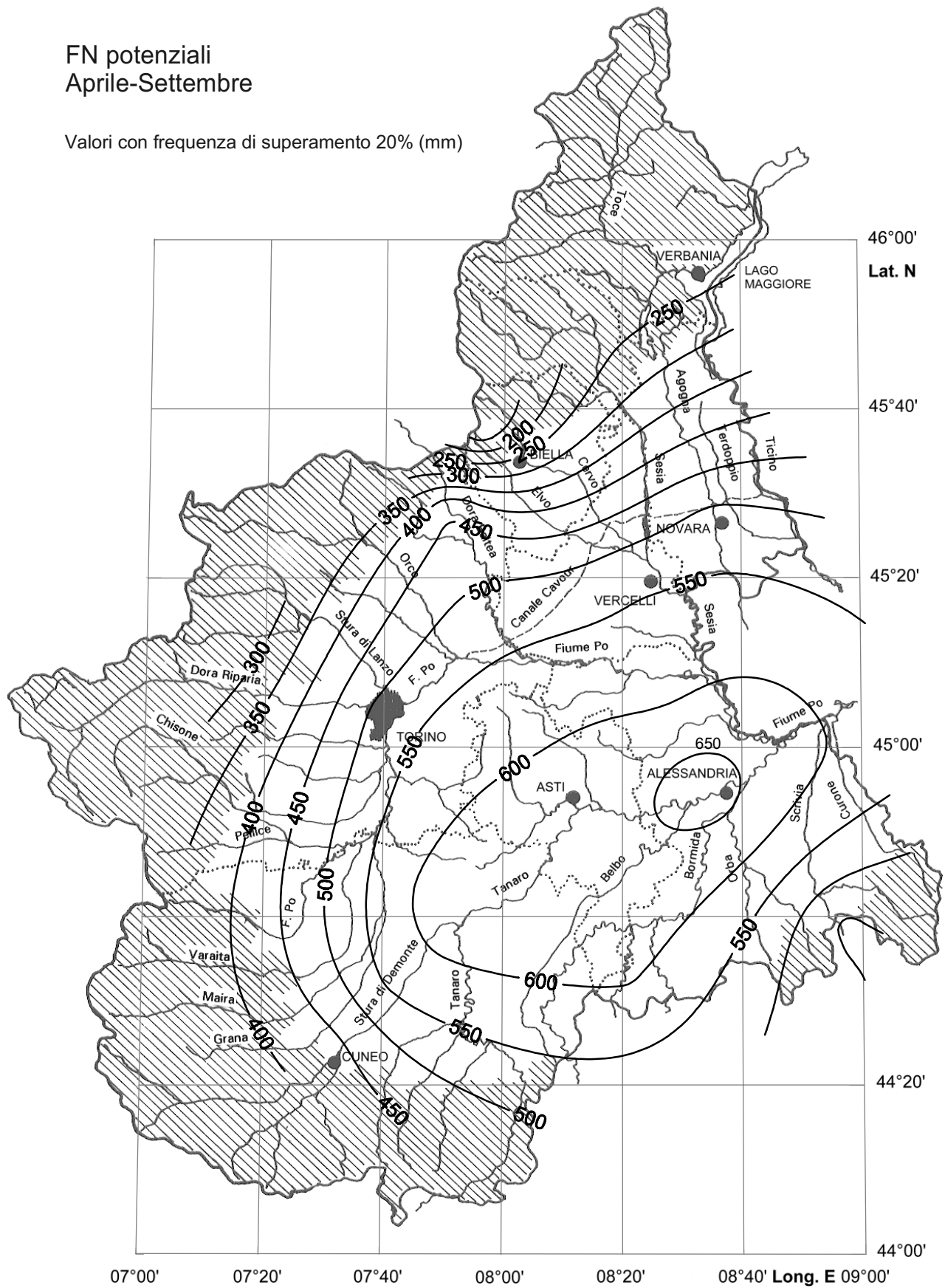
FN potenziali Maggio-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN potenziali Aprile-Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

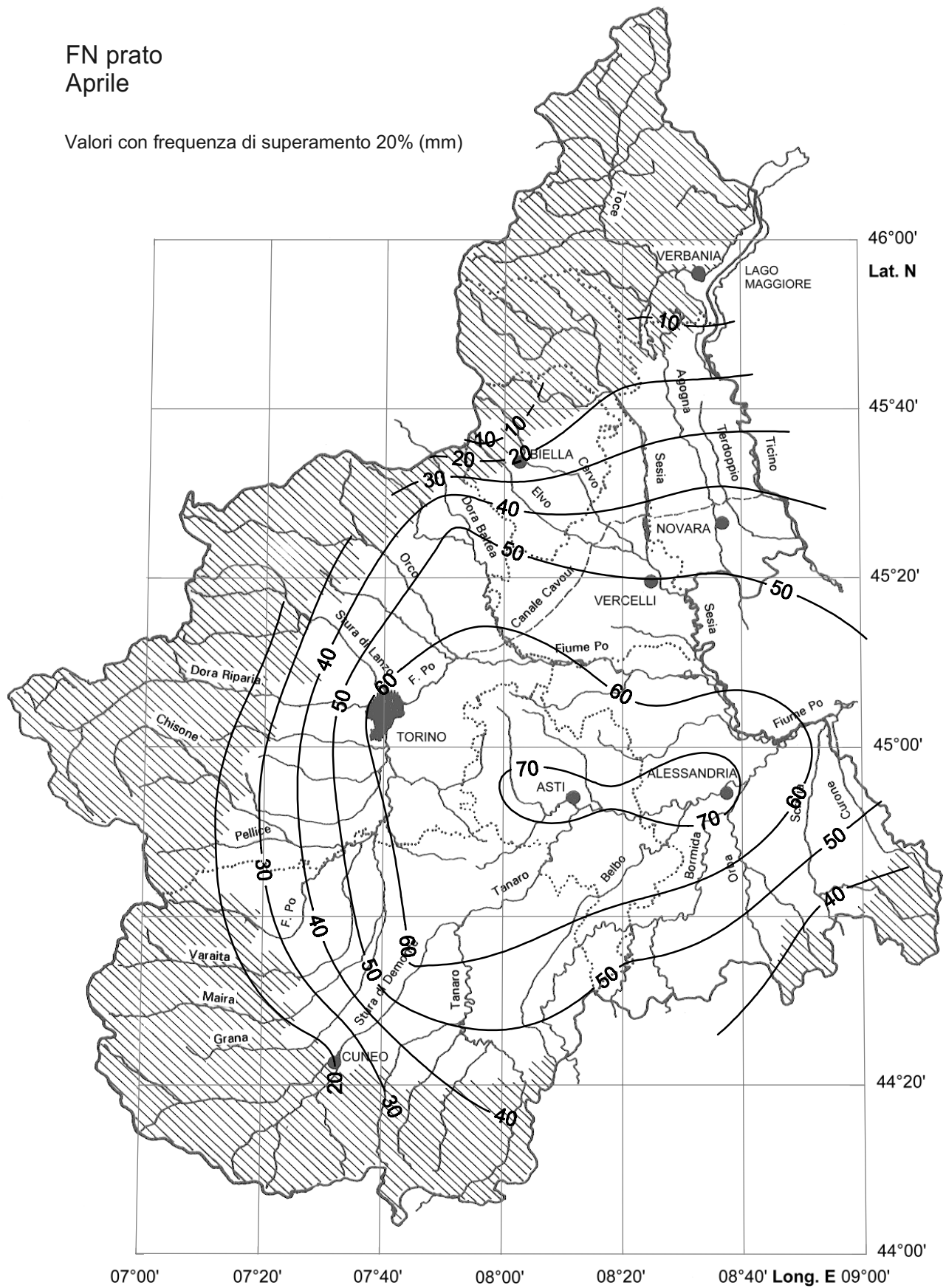


Fabbisogni netti prato

Valori con frequenza di superamento 20%

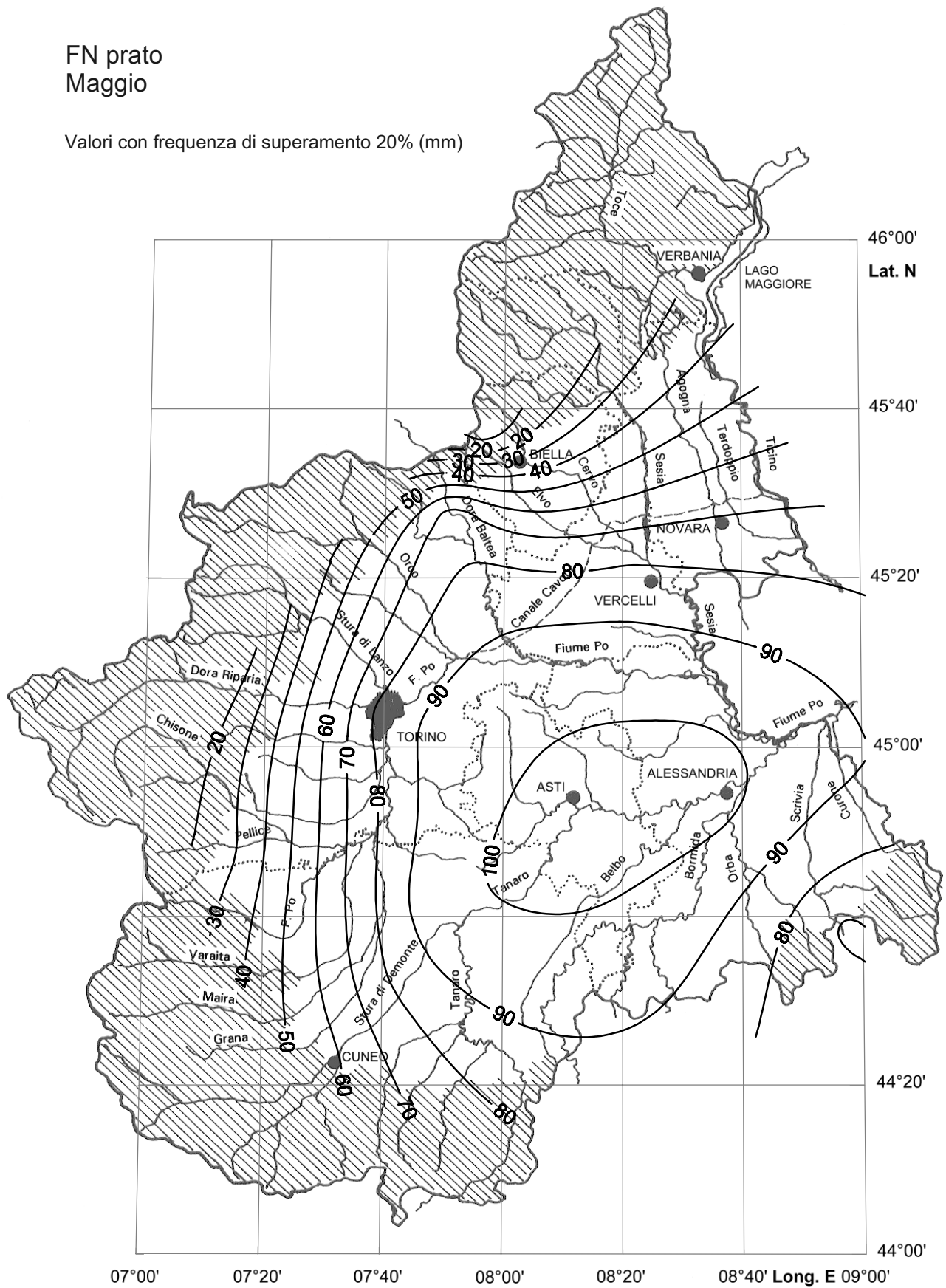
FN prato
Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



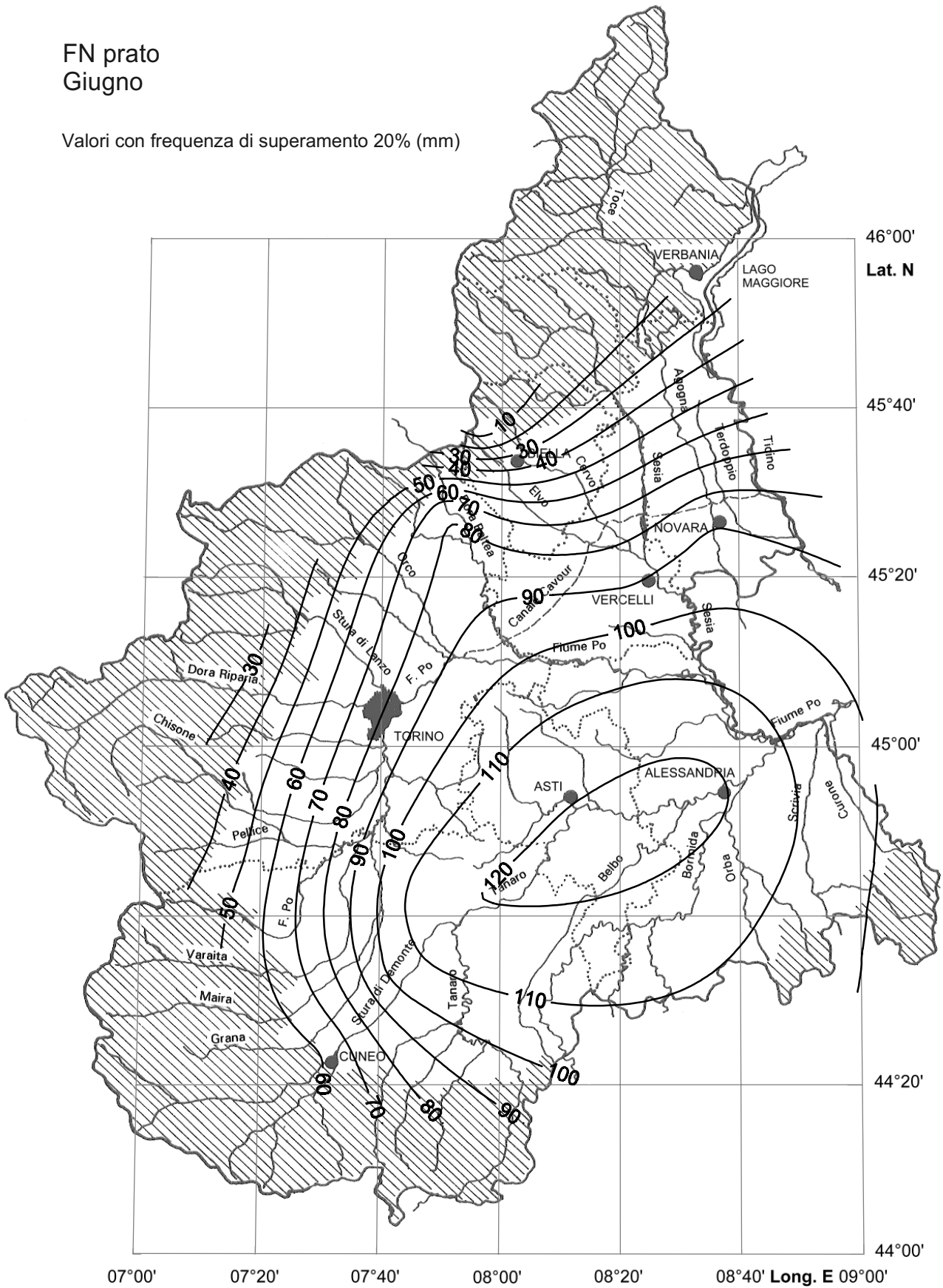
FN prato
Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



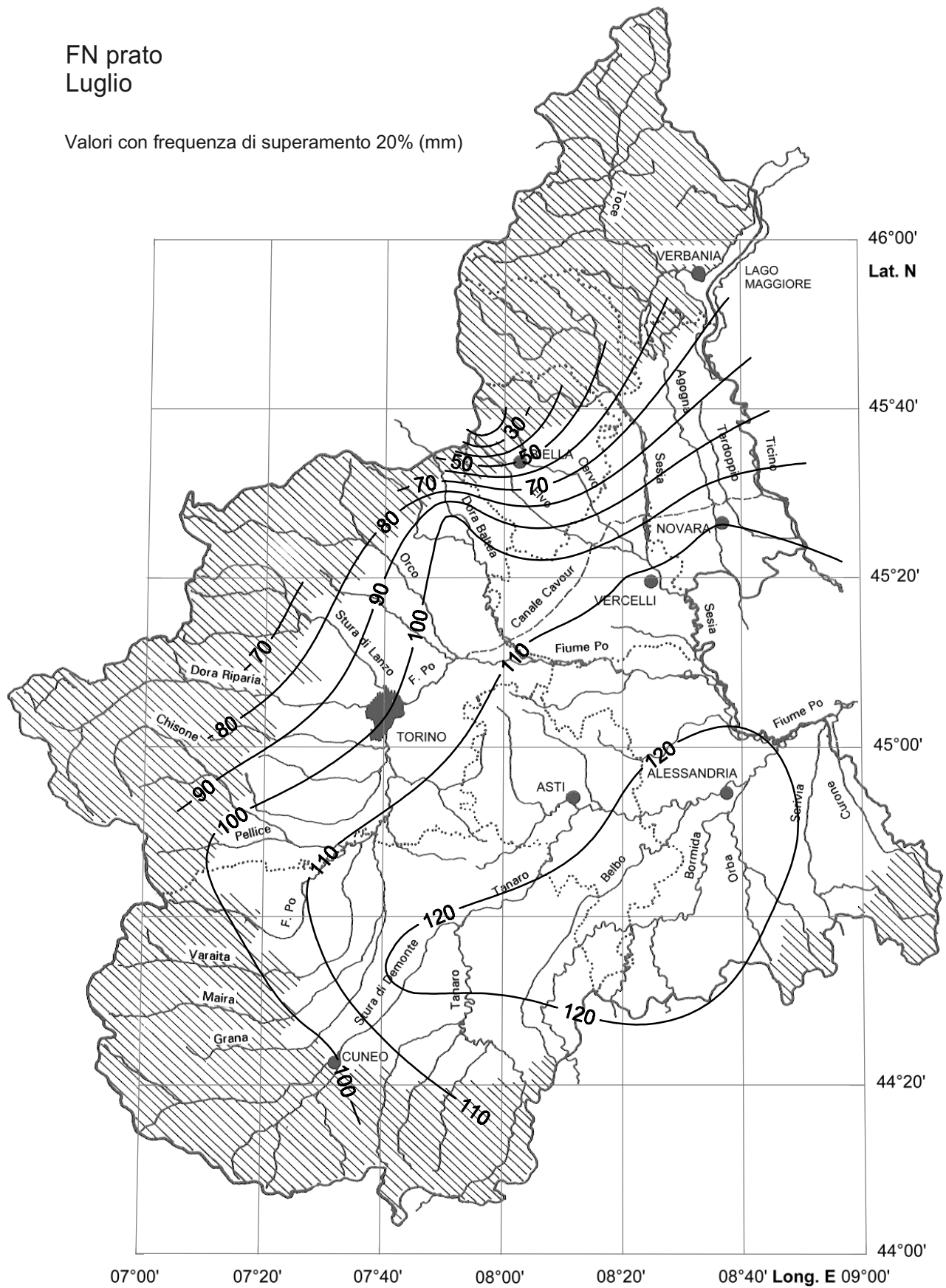
FN prato
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



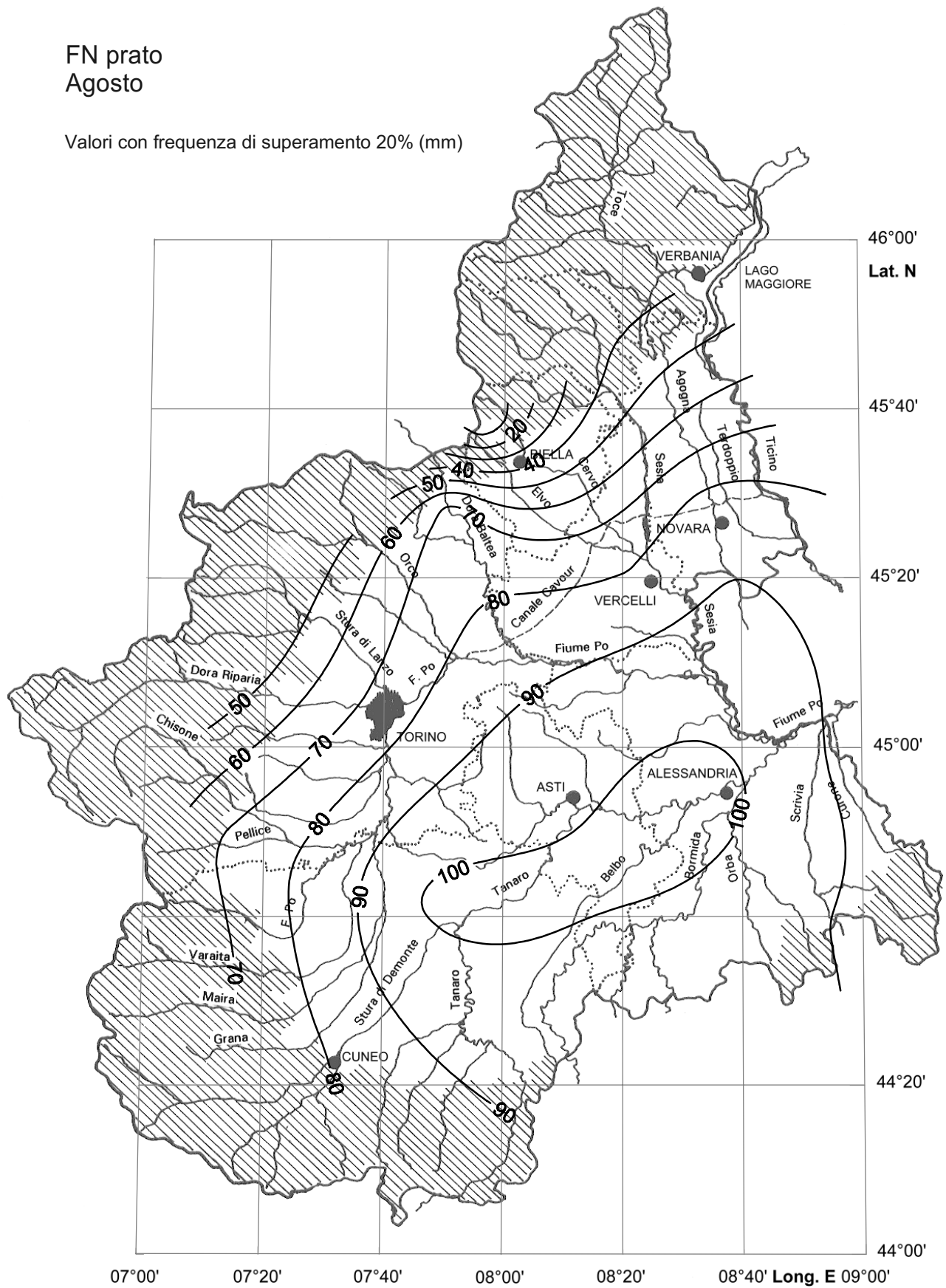
FN prato
Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



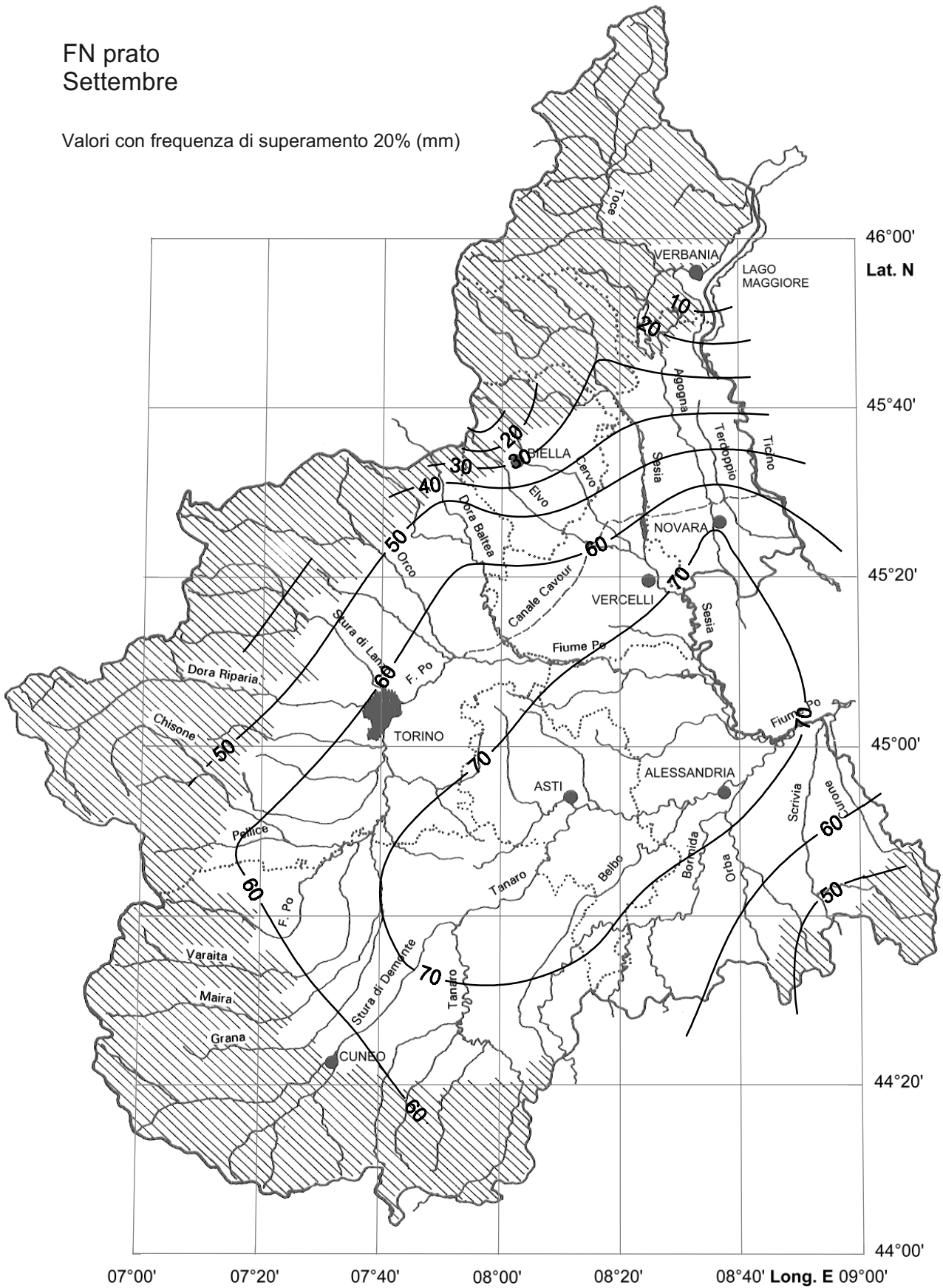
FN prato
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



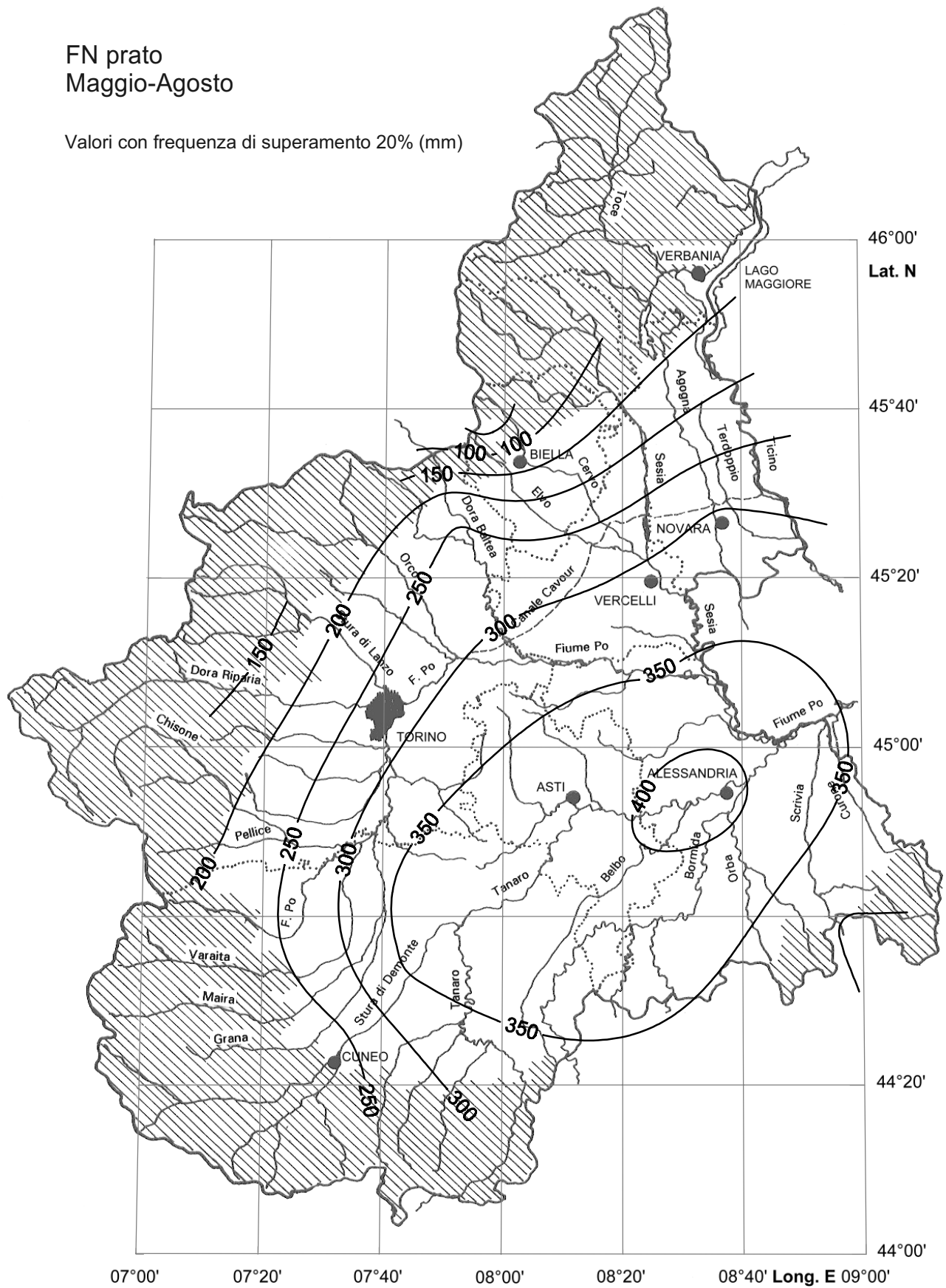
FN prato
Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



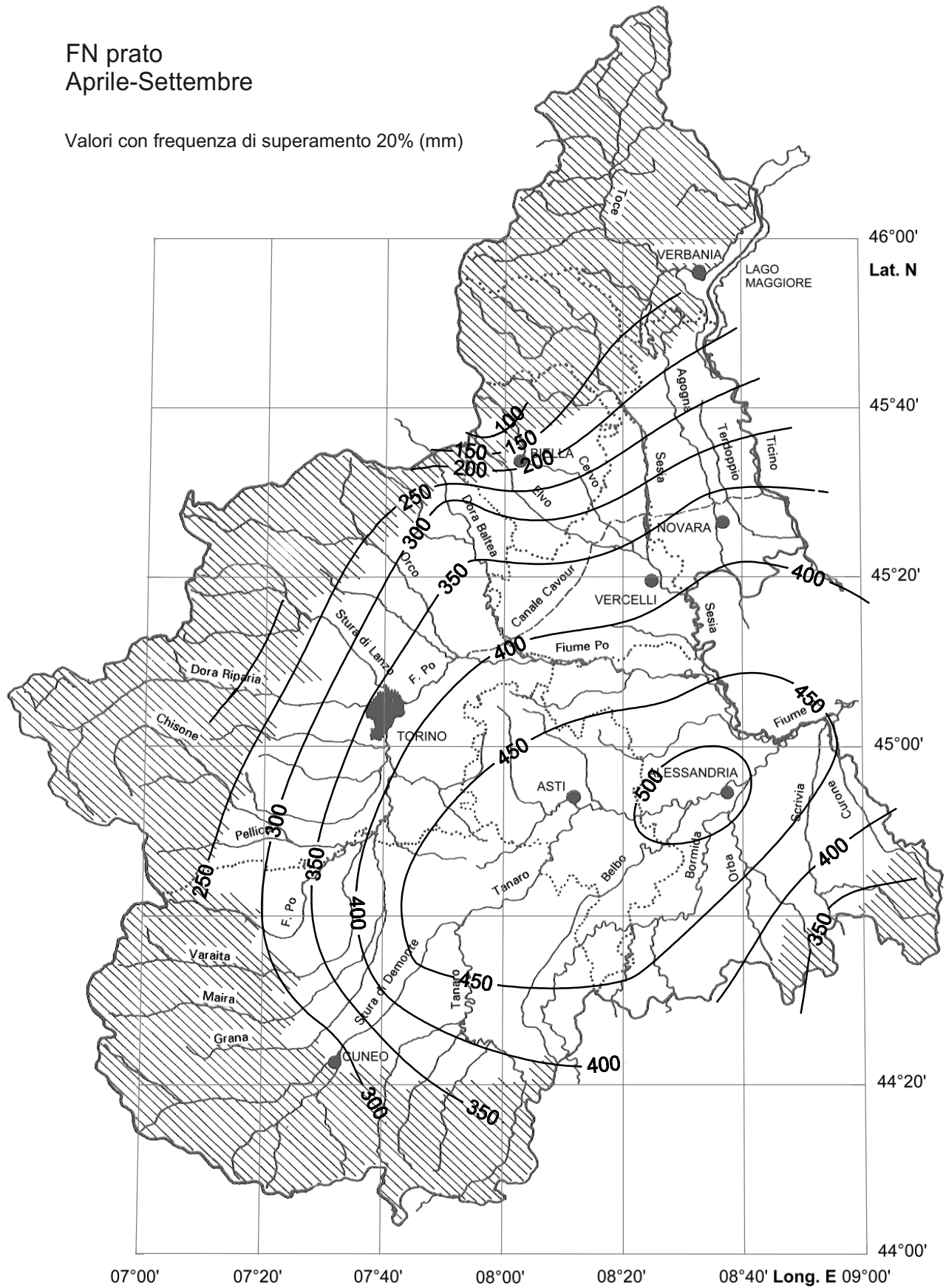
FN prato Maggio-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN prato
Aprile-Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

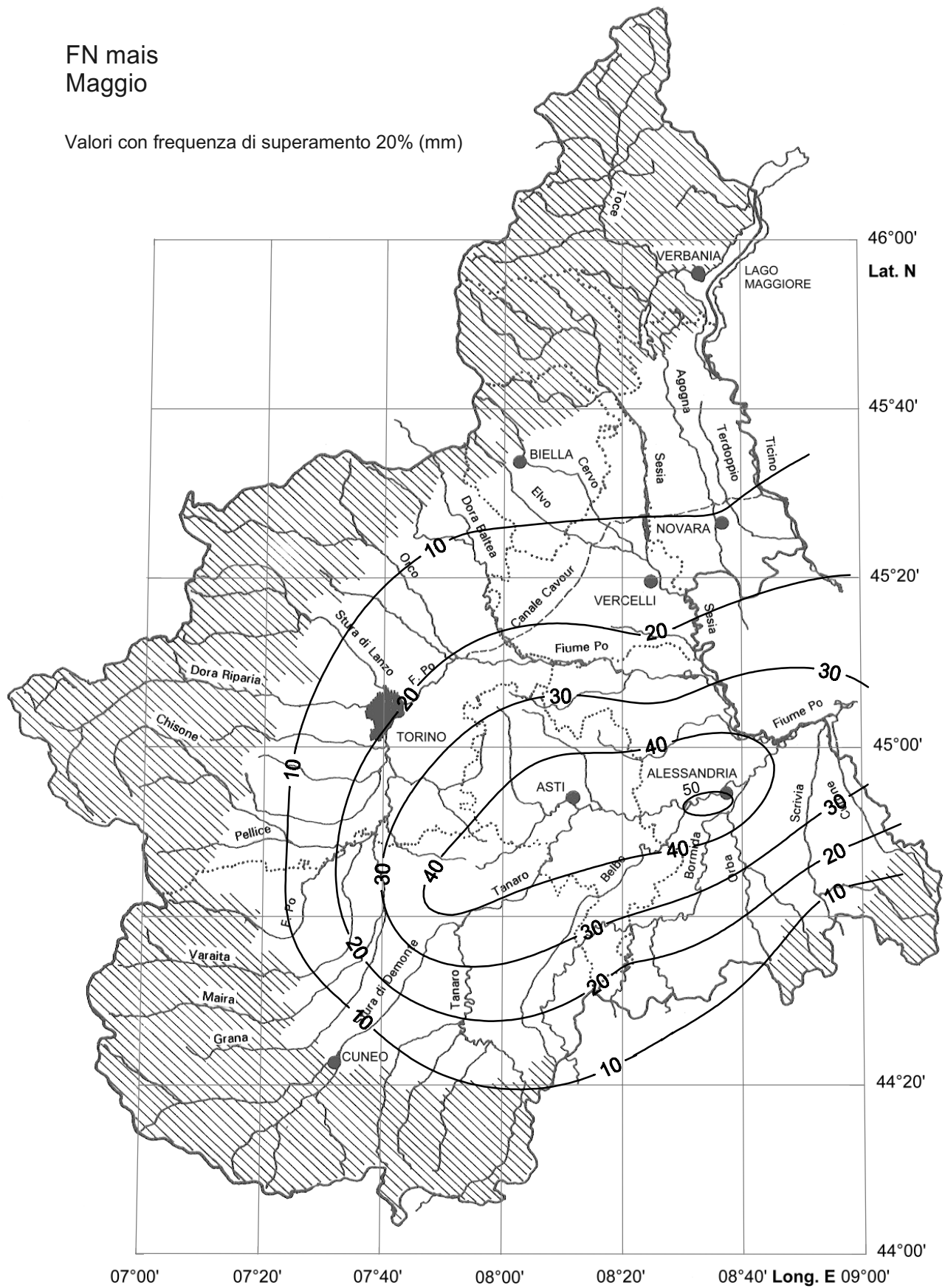


Fabbisogni netti mais

Valori con frequenza di superamento 20%

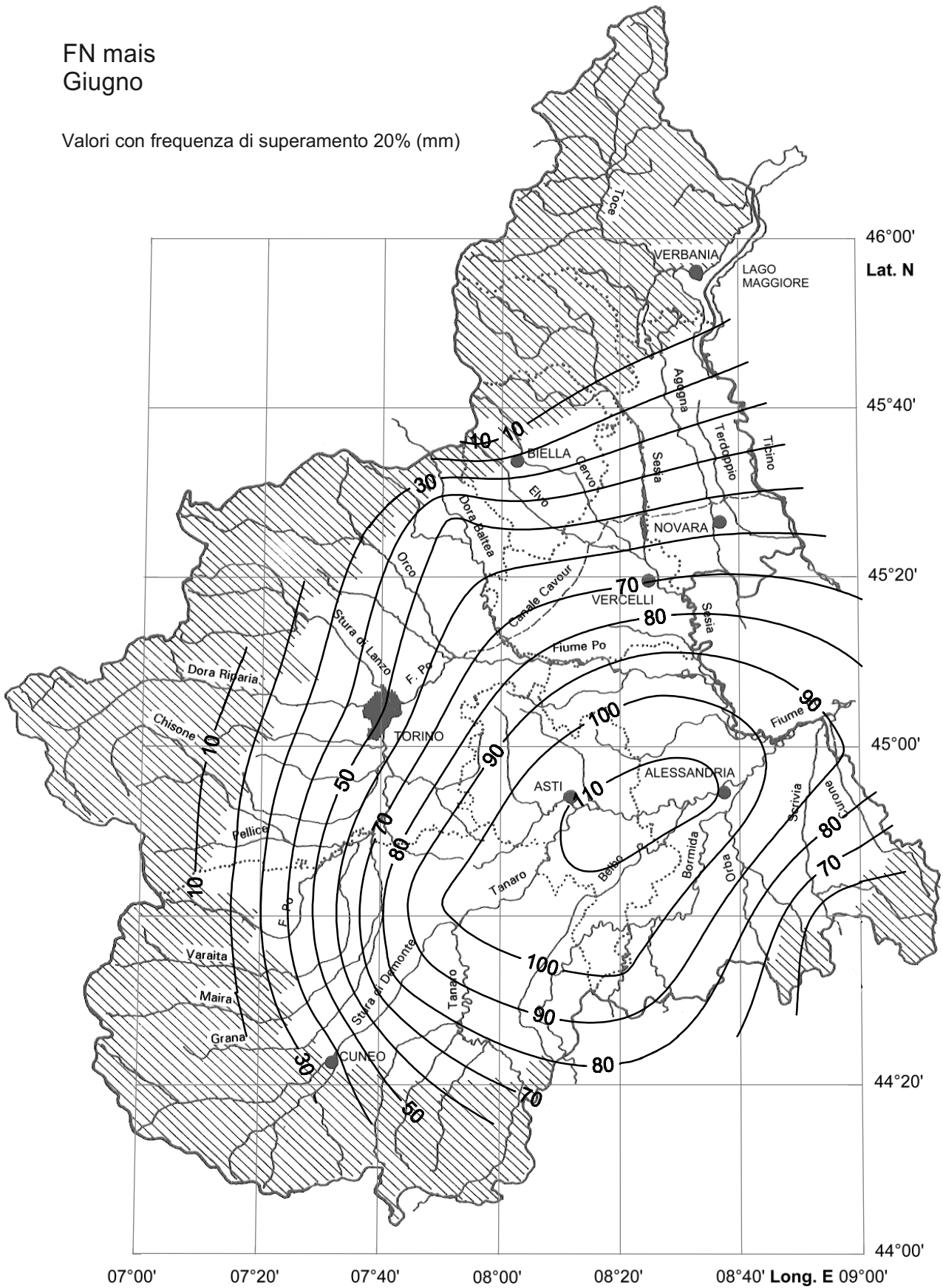
FN mais Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



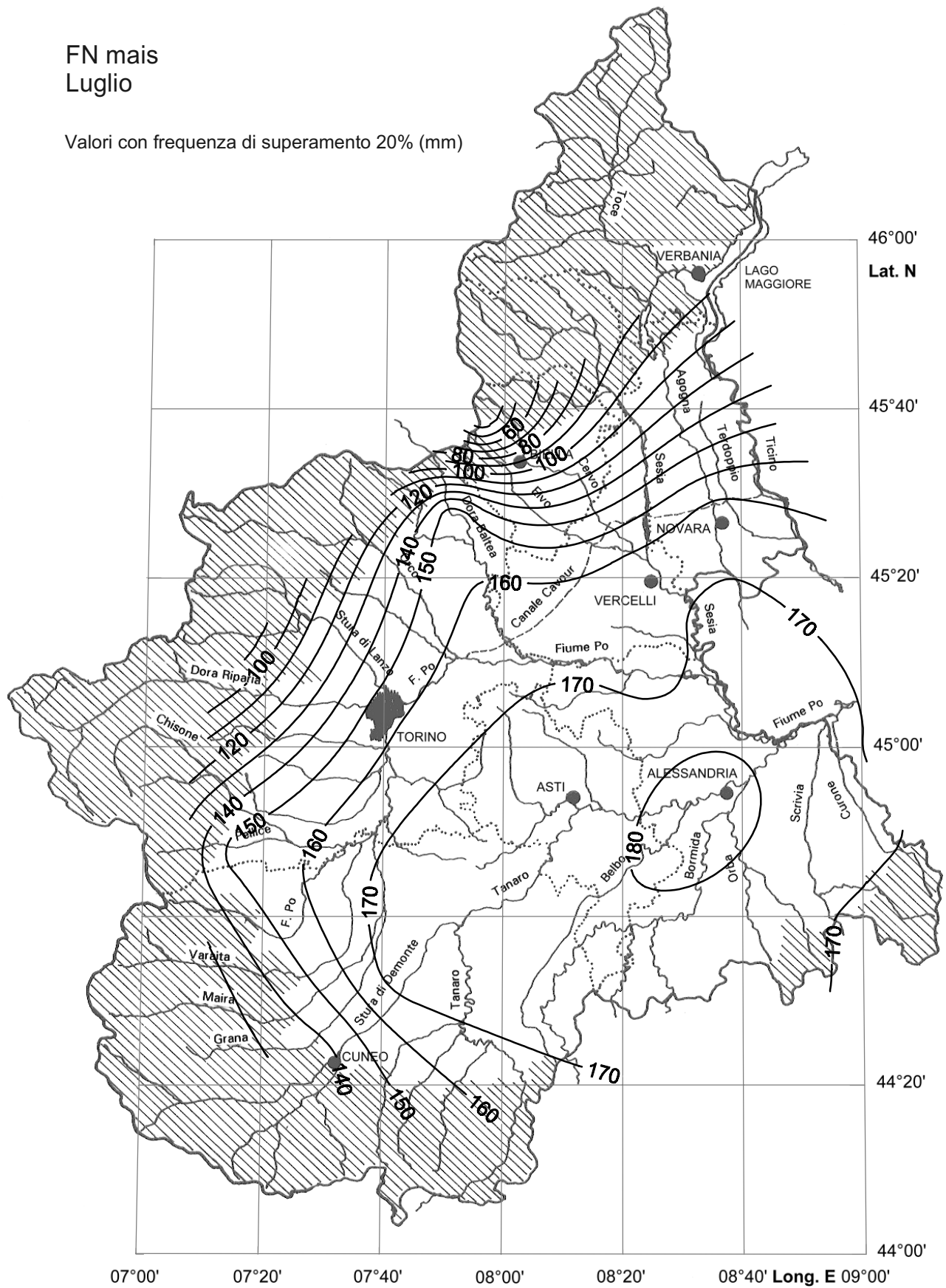
FN mais
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



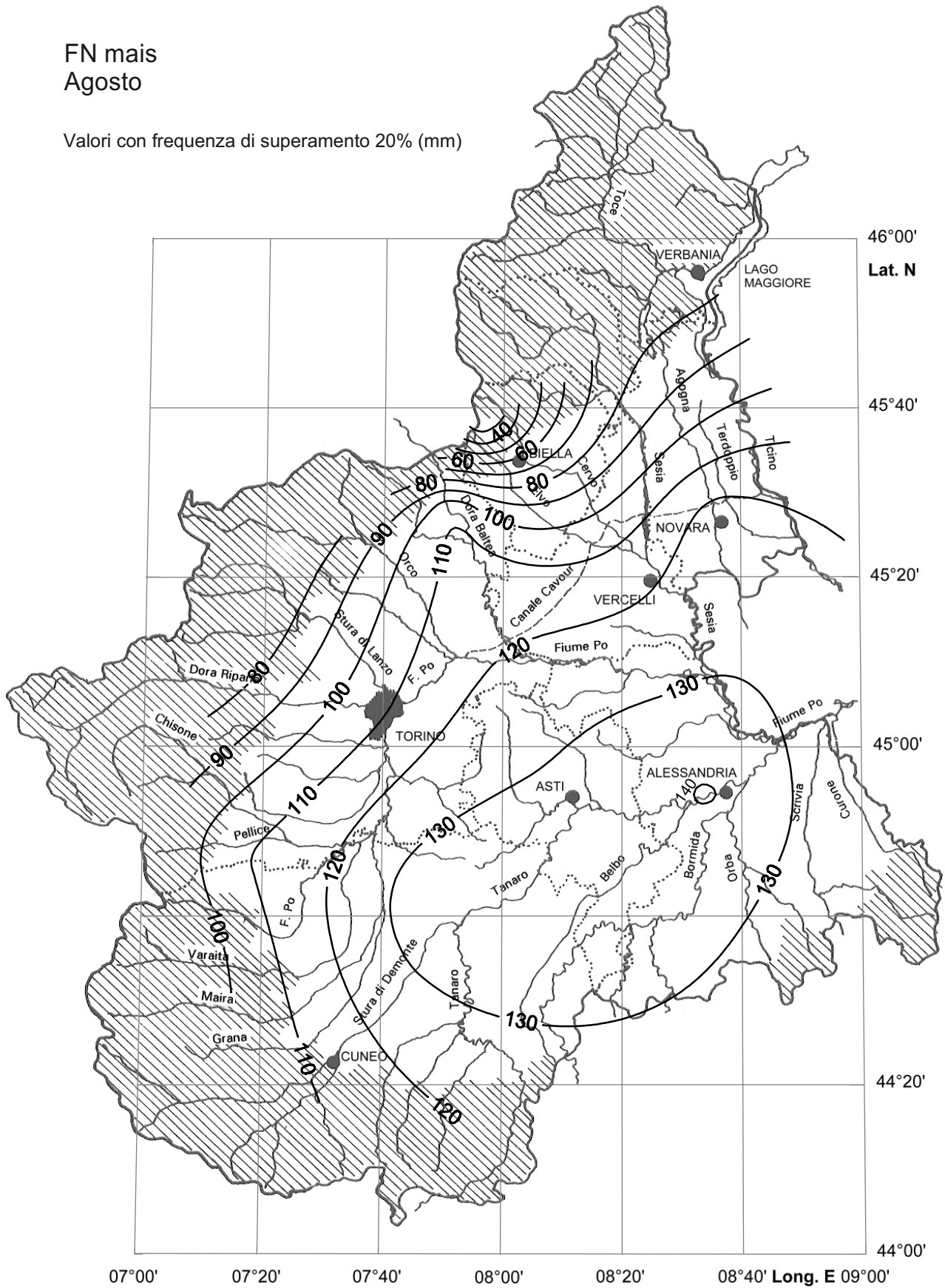
FN mais
Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



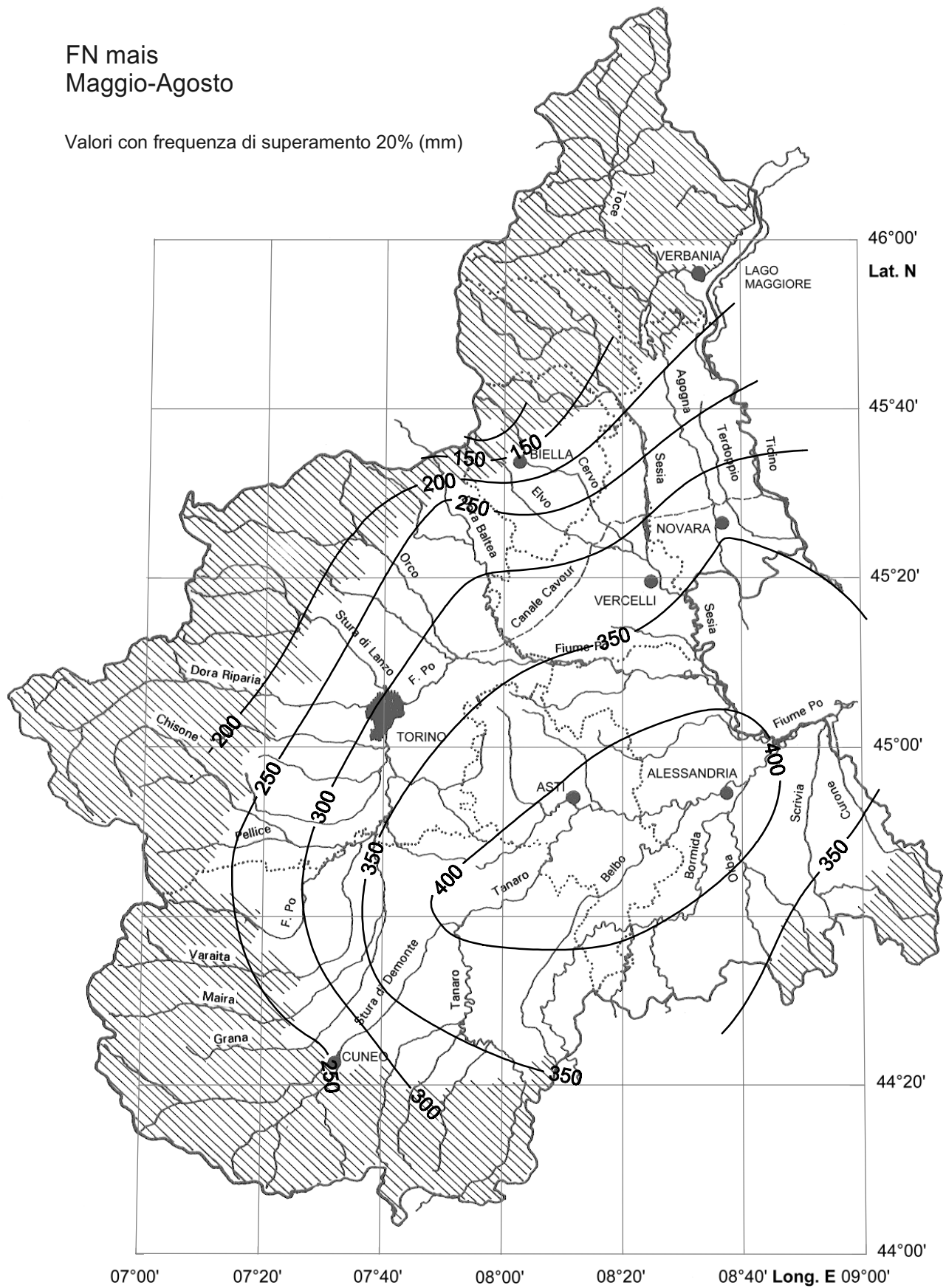
FN mais
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN mais Maggio-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

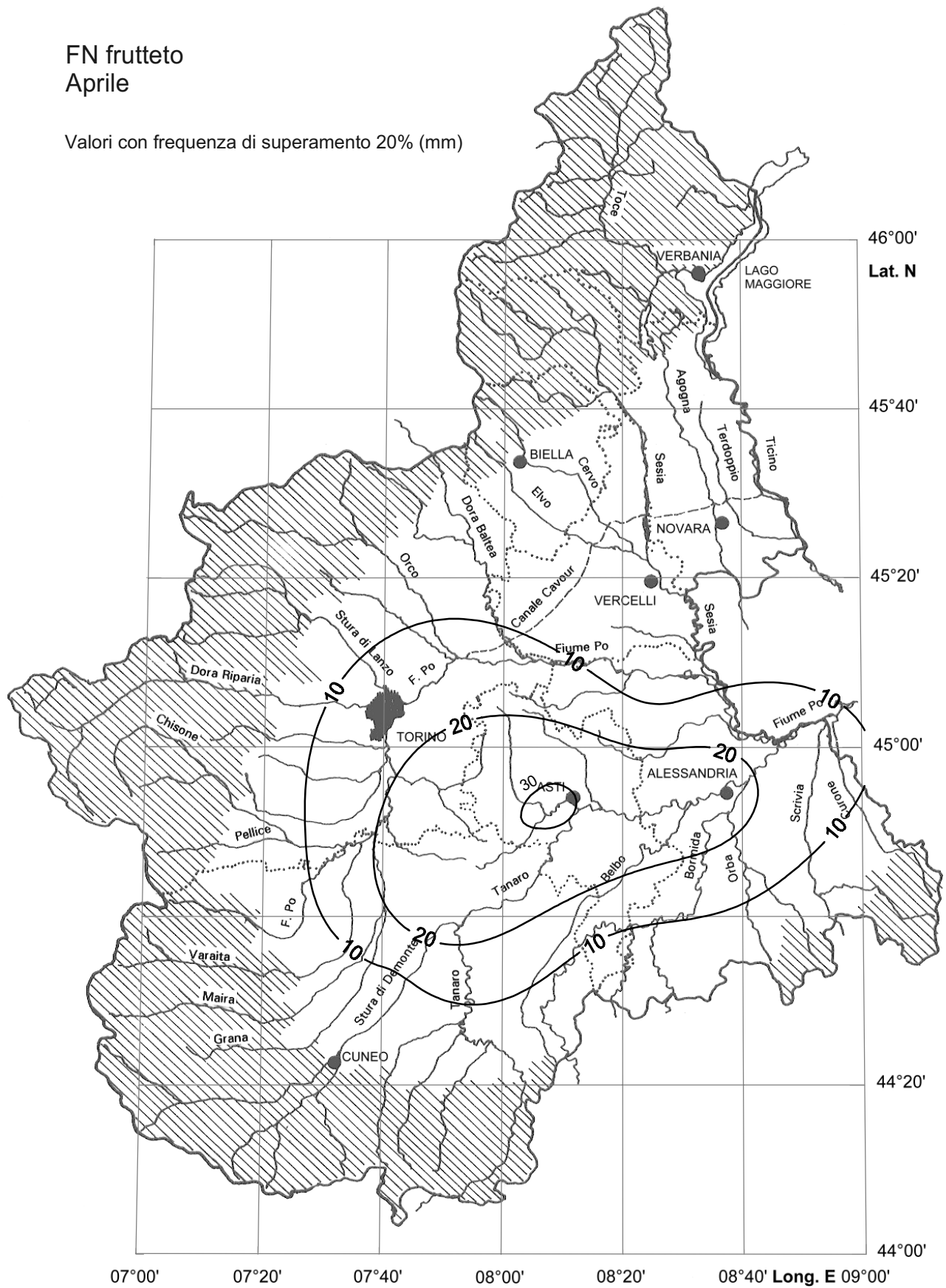


Fabbisogni netti frutteto

Valori con frequenza di superamento 20%

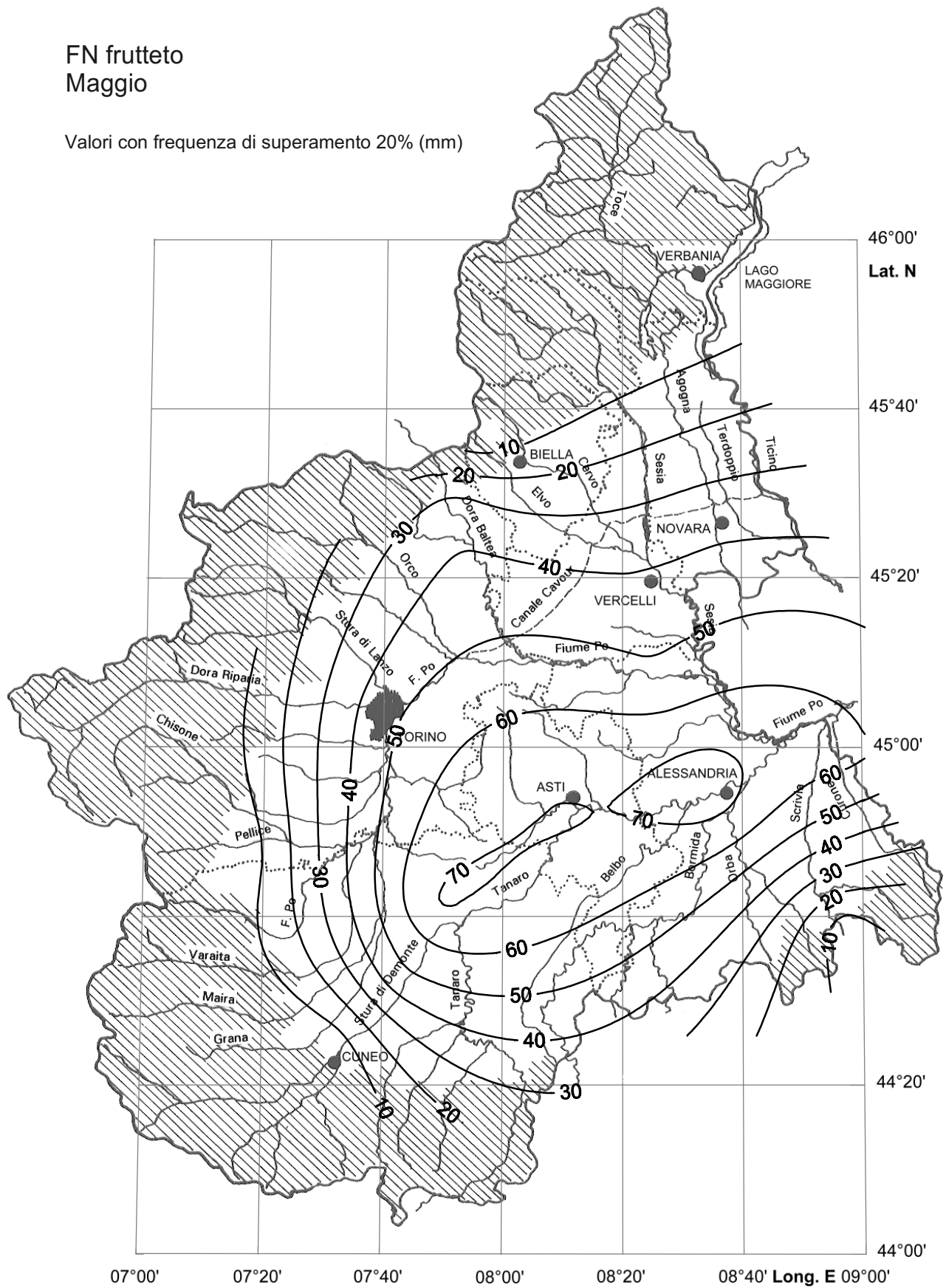
FN frutteto
Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



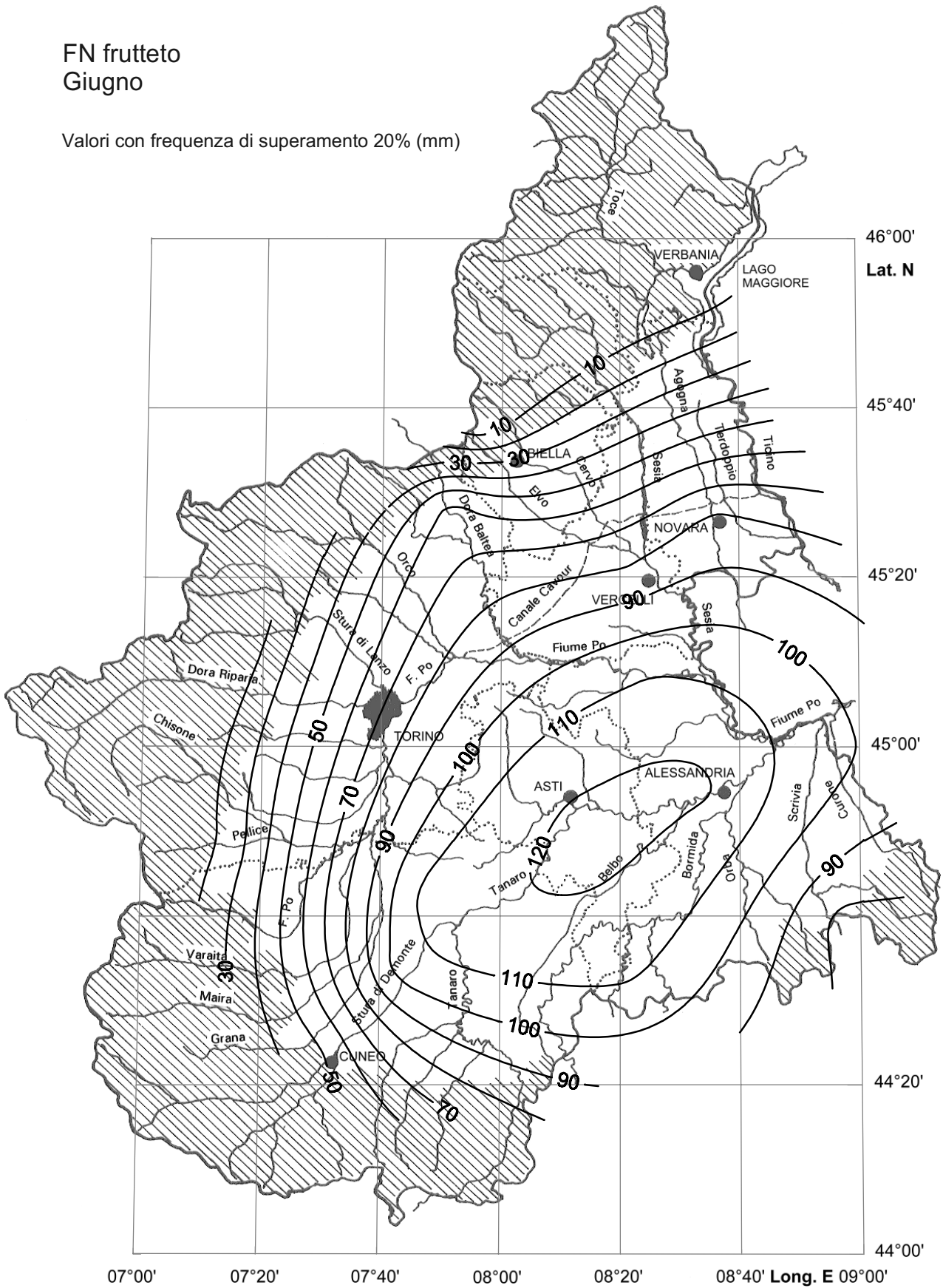
FN frutteto Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



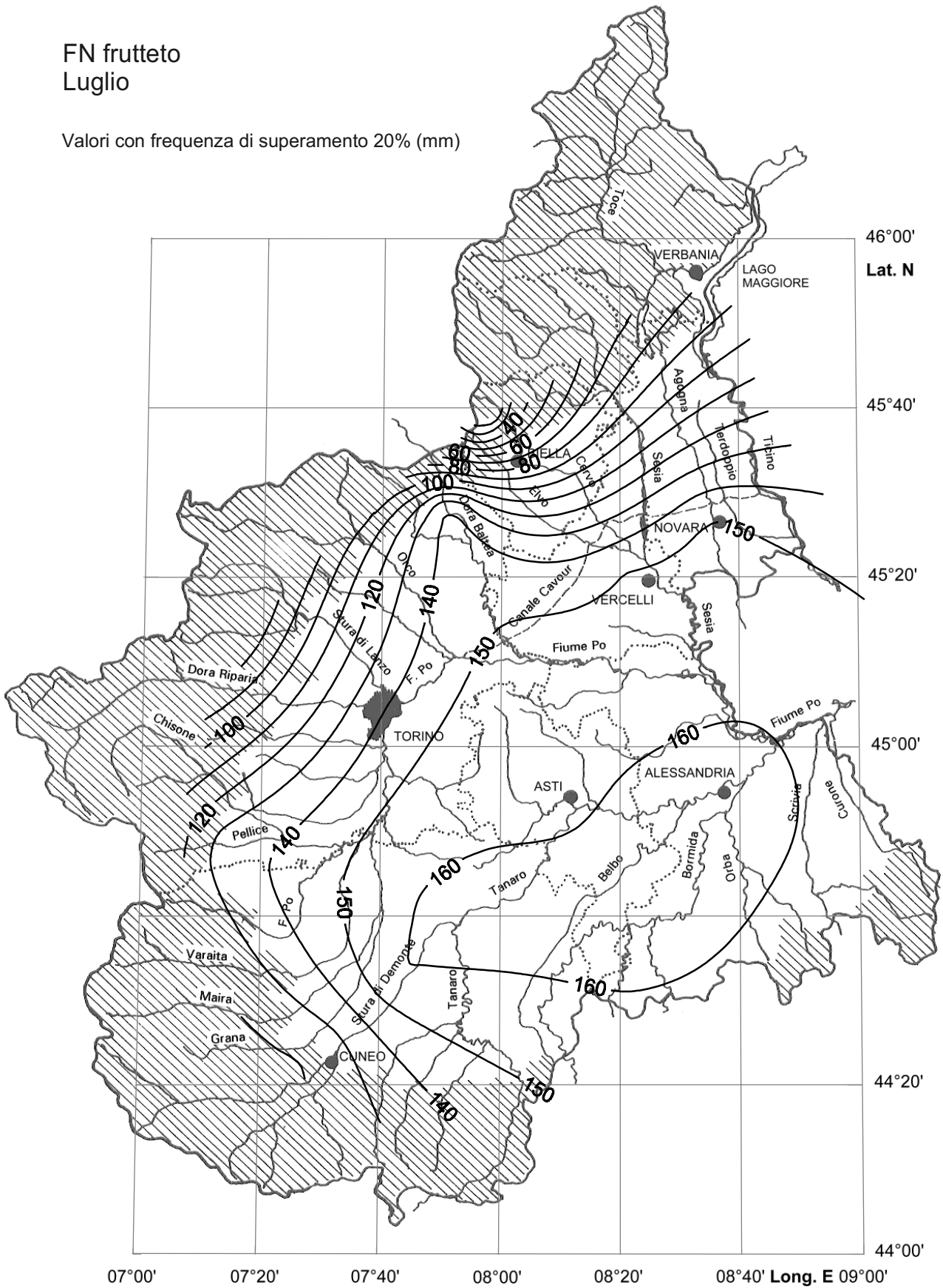
FN frutteto
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



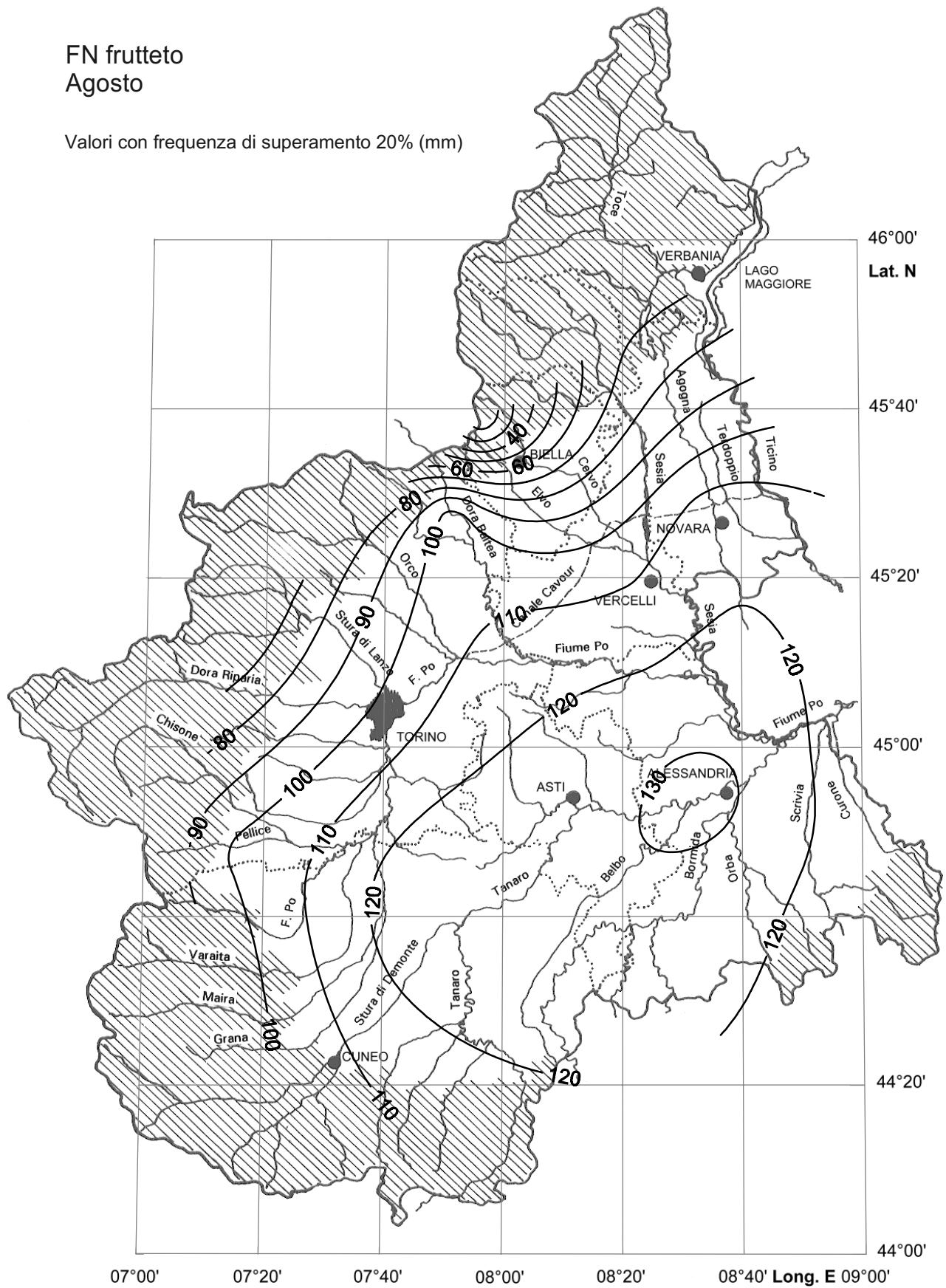
FN frutteto
Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



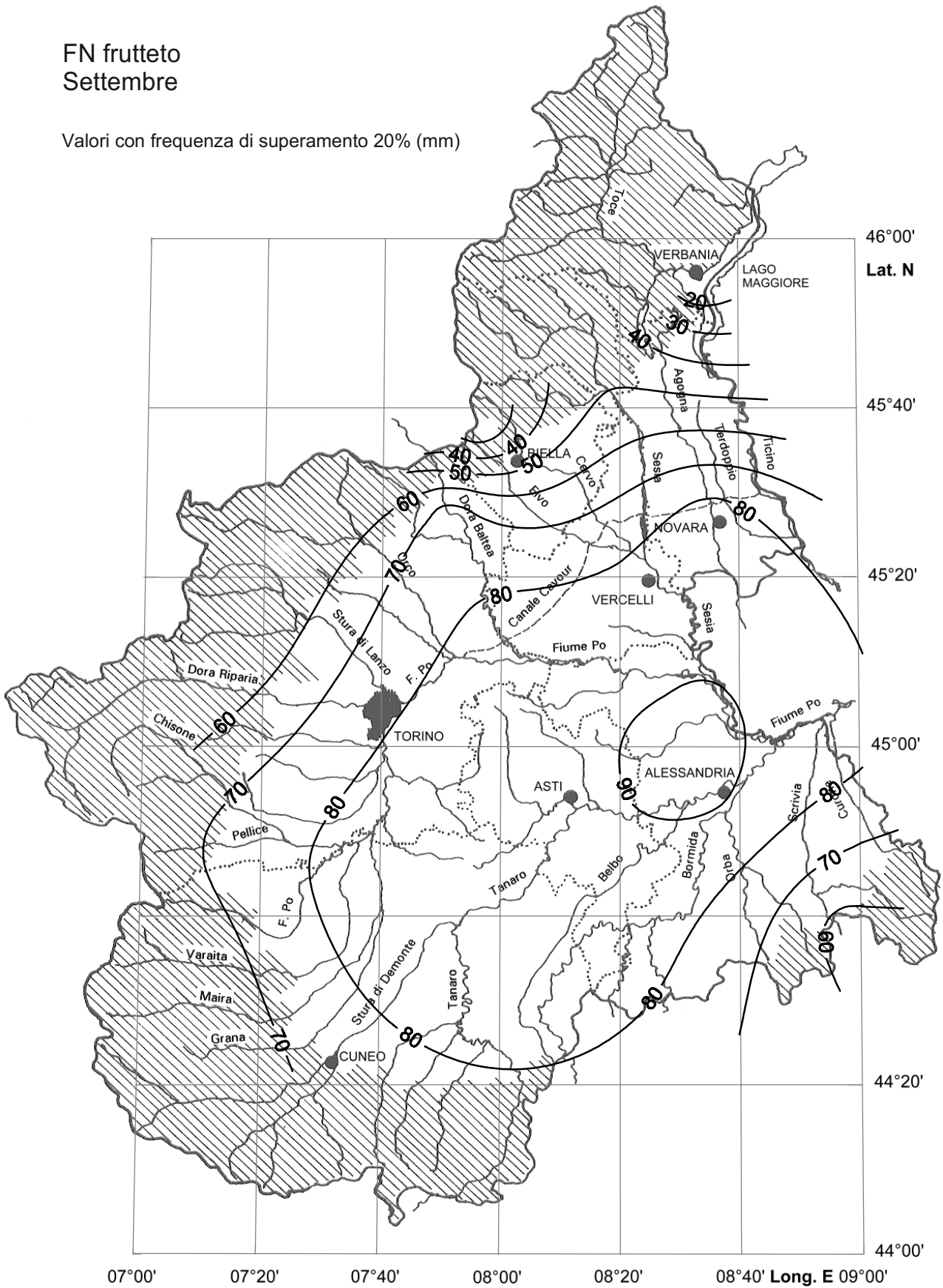
FN frutteto
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



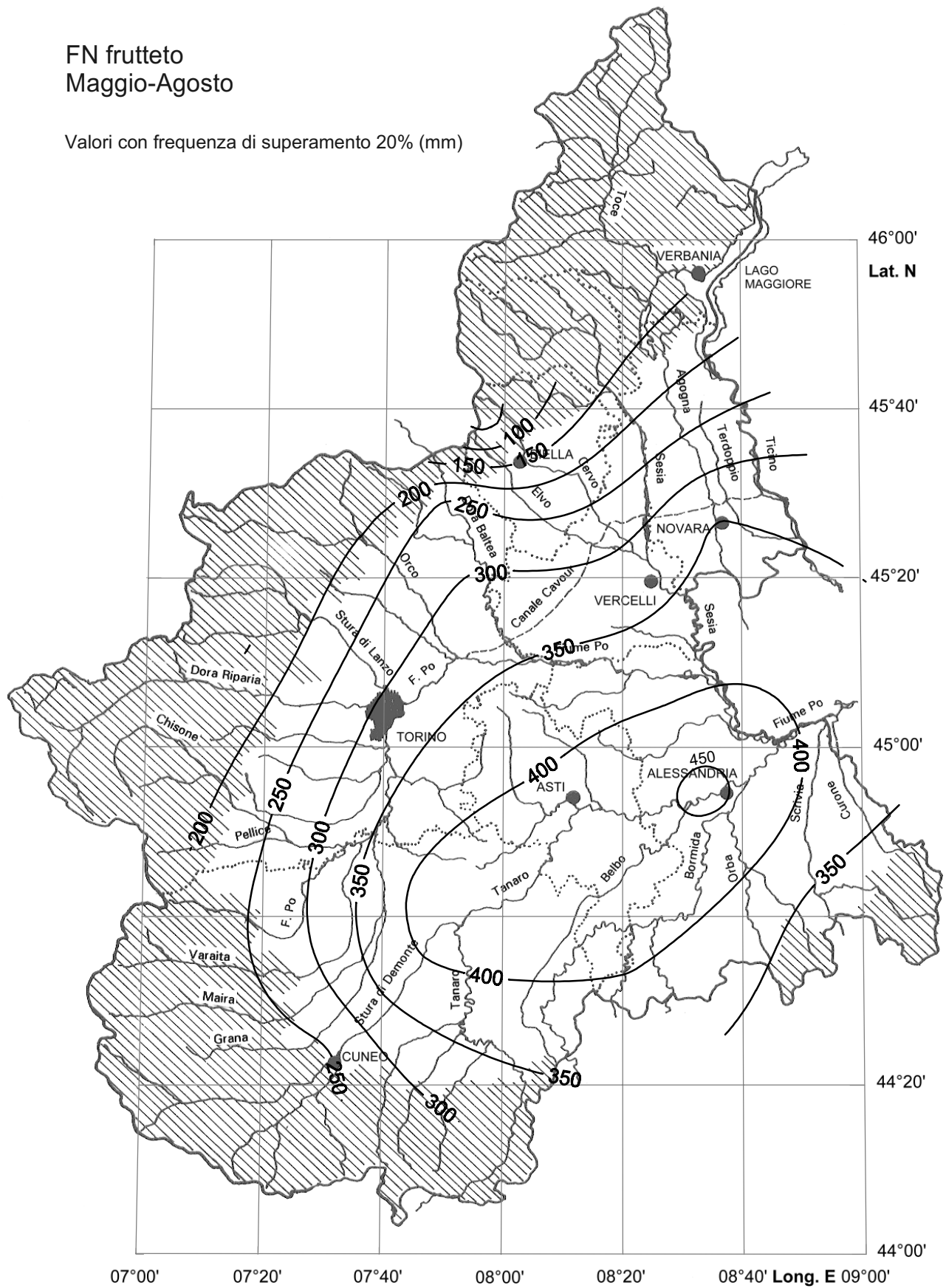
FN frutteto
Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



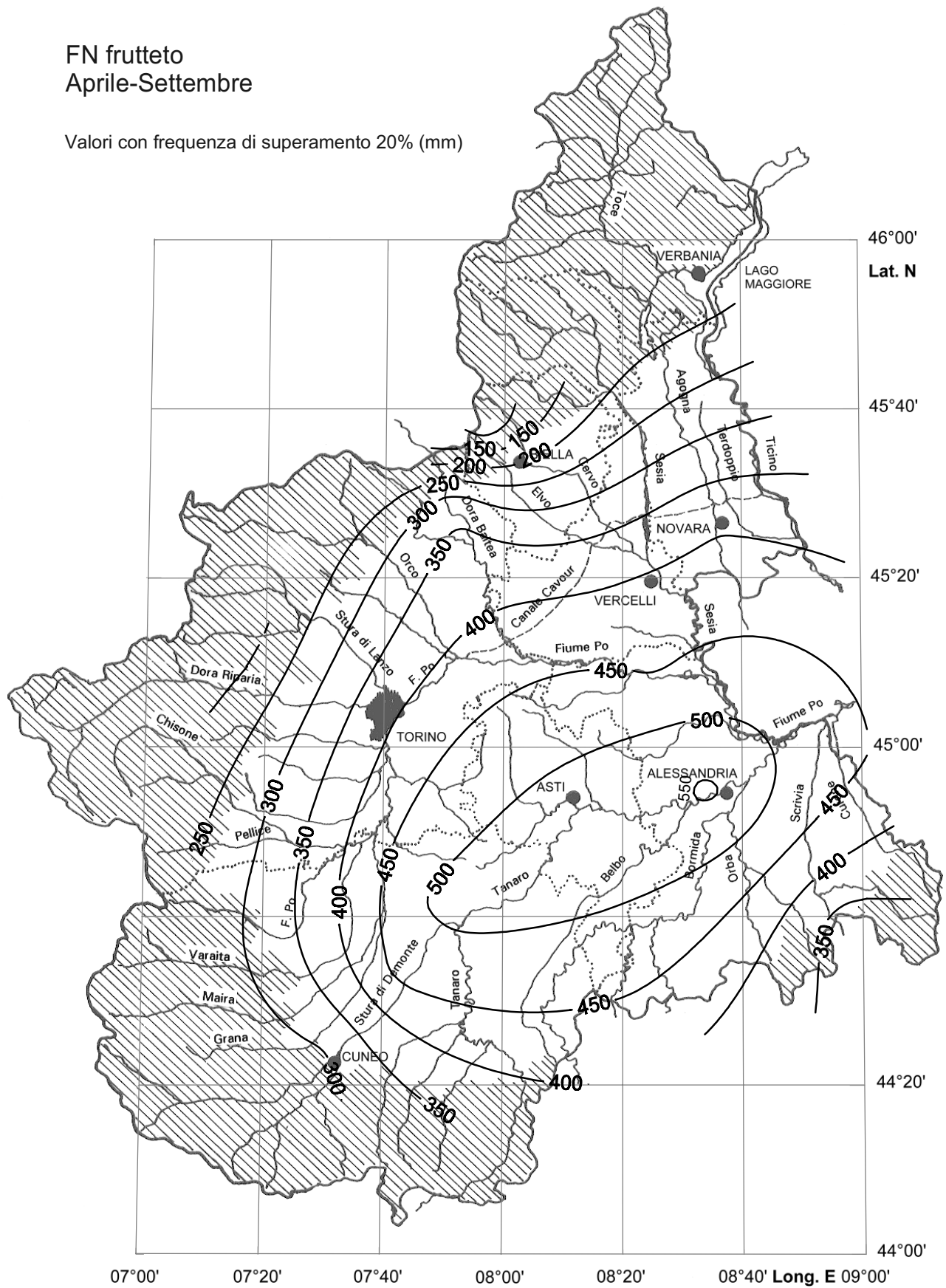
FN frutteto Maggio-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN frutteto
Aprile-Settembre

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

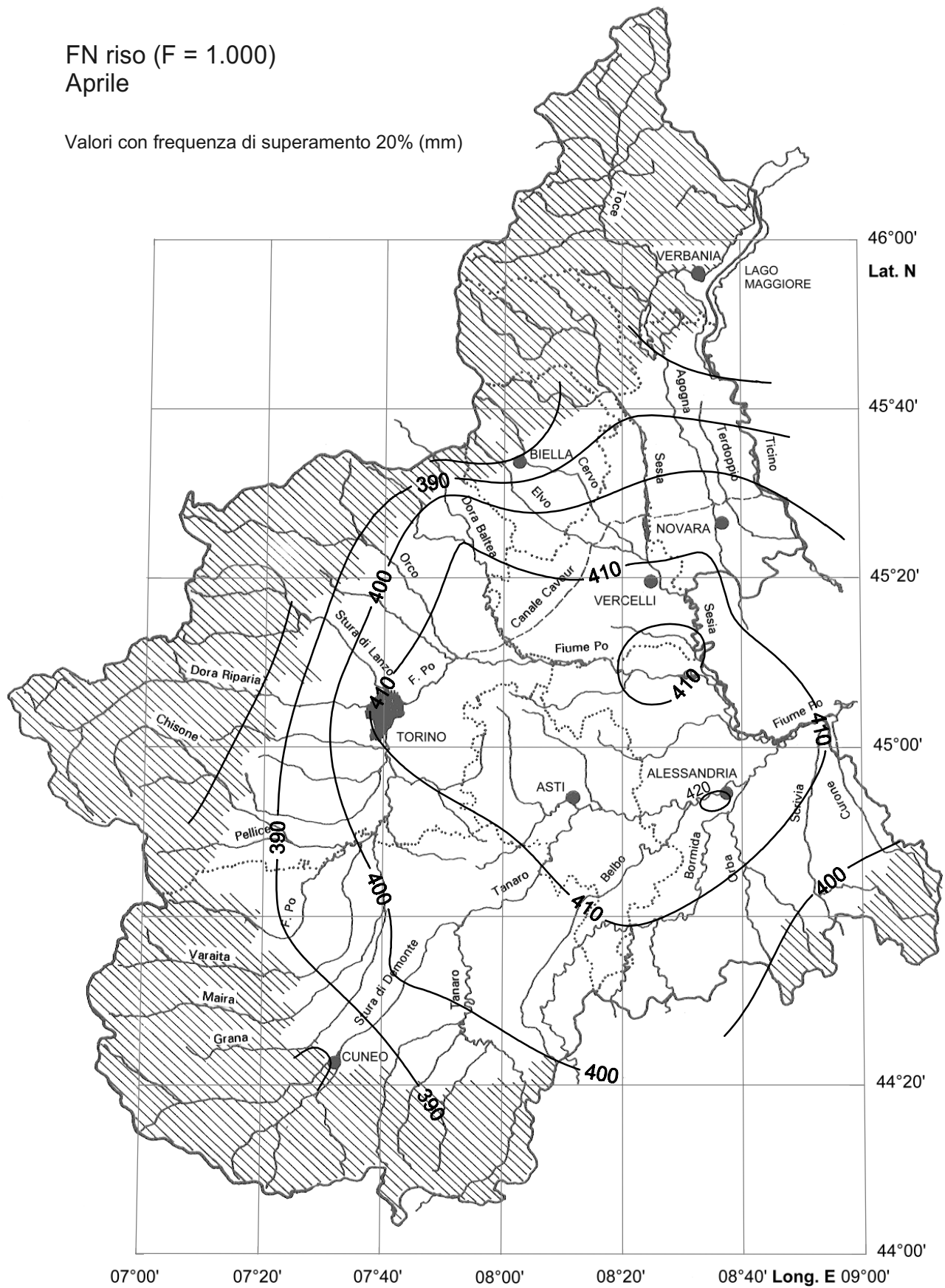


Fabbisogni netti riso $F = 1.000$ mm

Valori con frequenza di superamento 20%

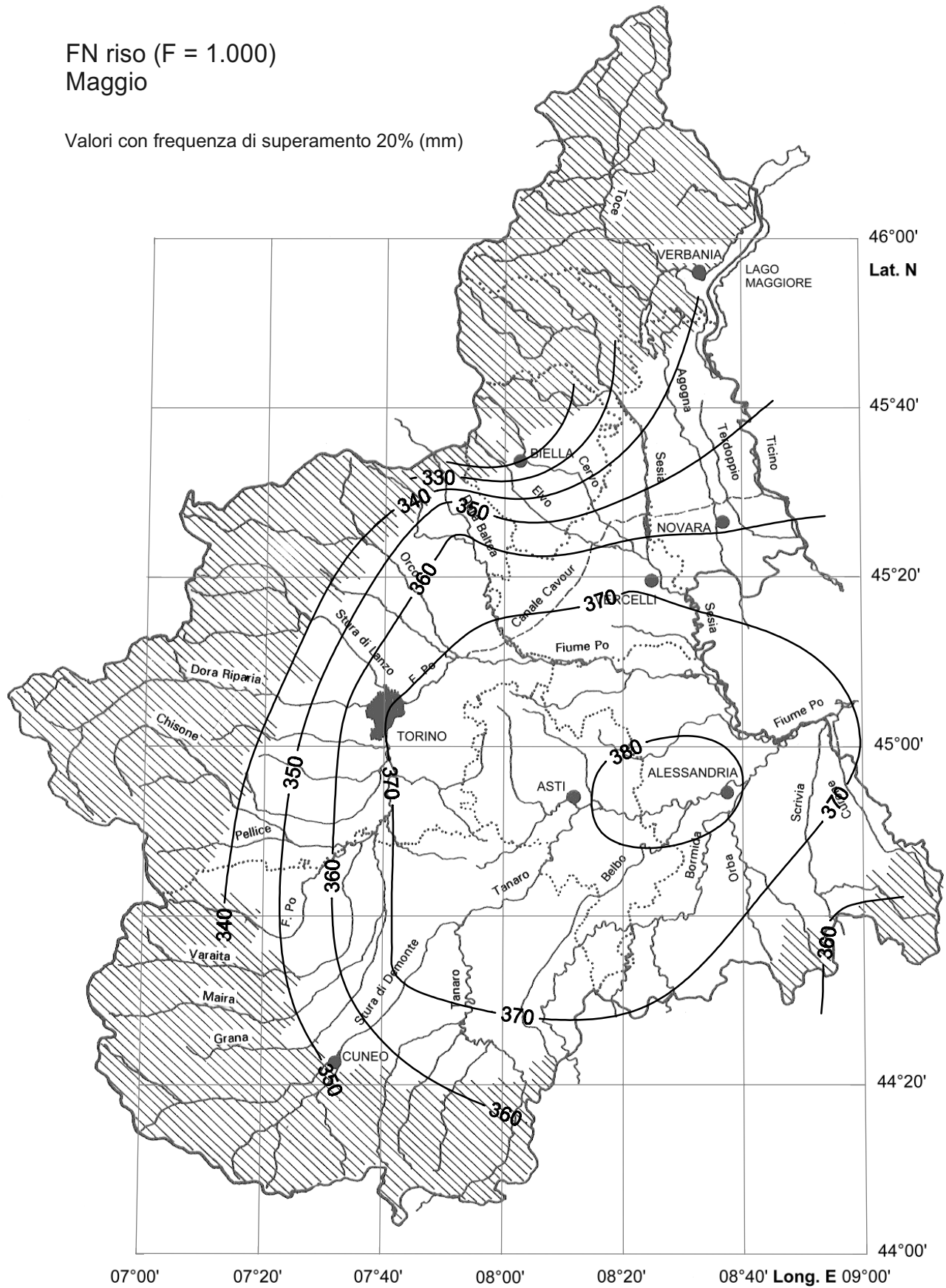
FN riso (F = 1.000)
Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



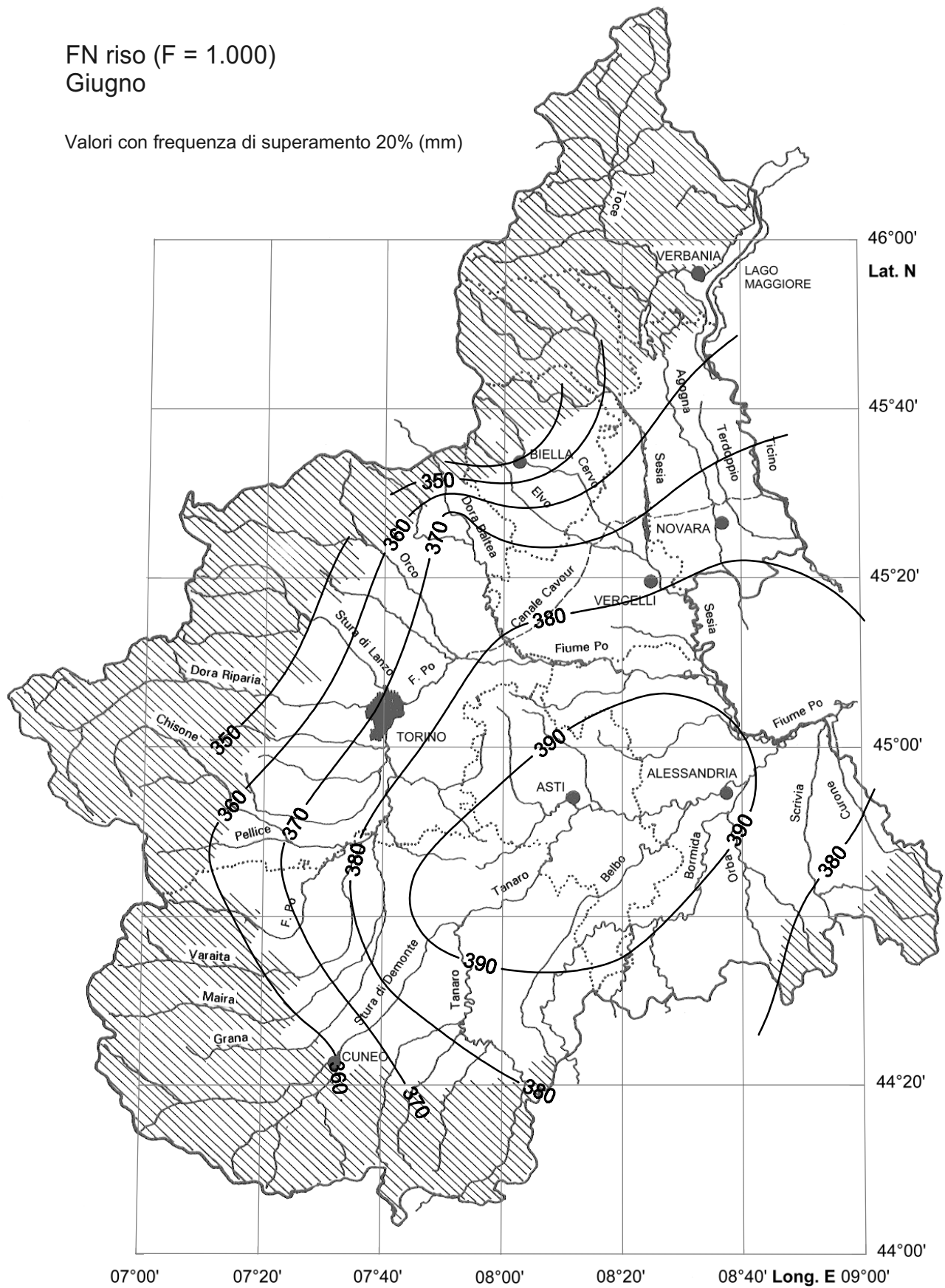
FN riso (F = 1.000)
Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



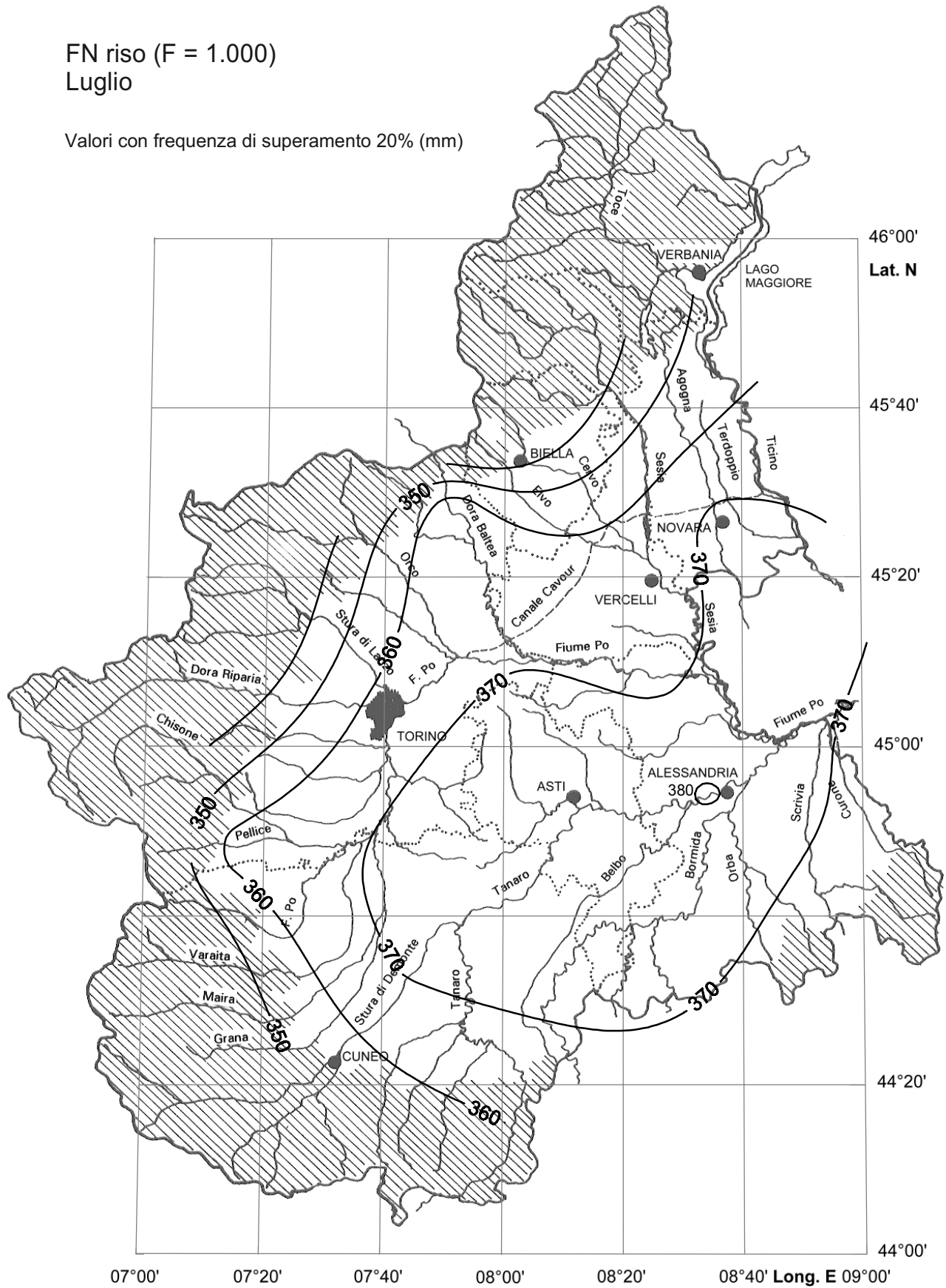
FN riso (F = 1.000)
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



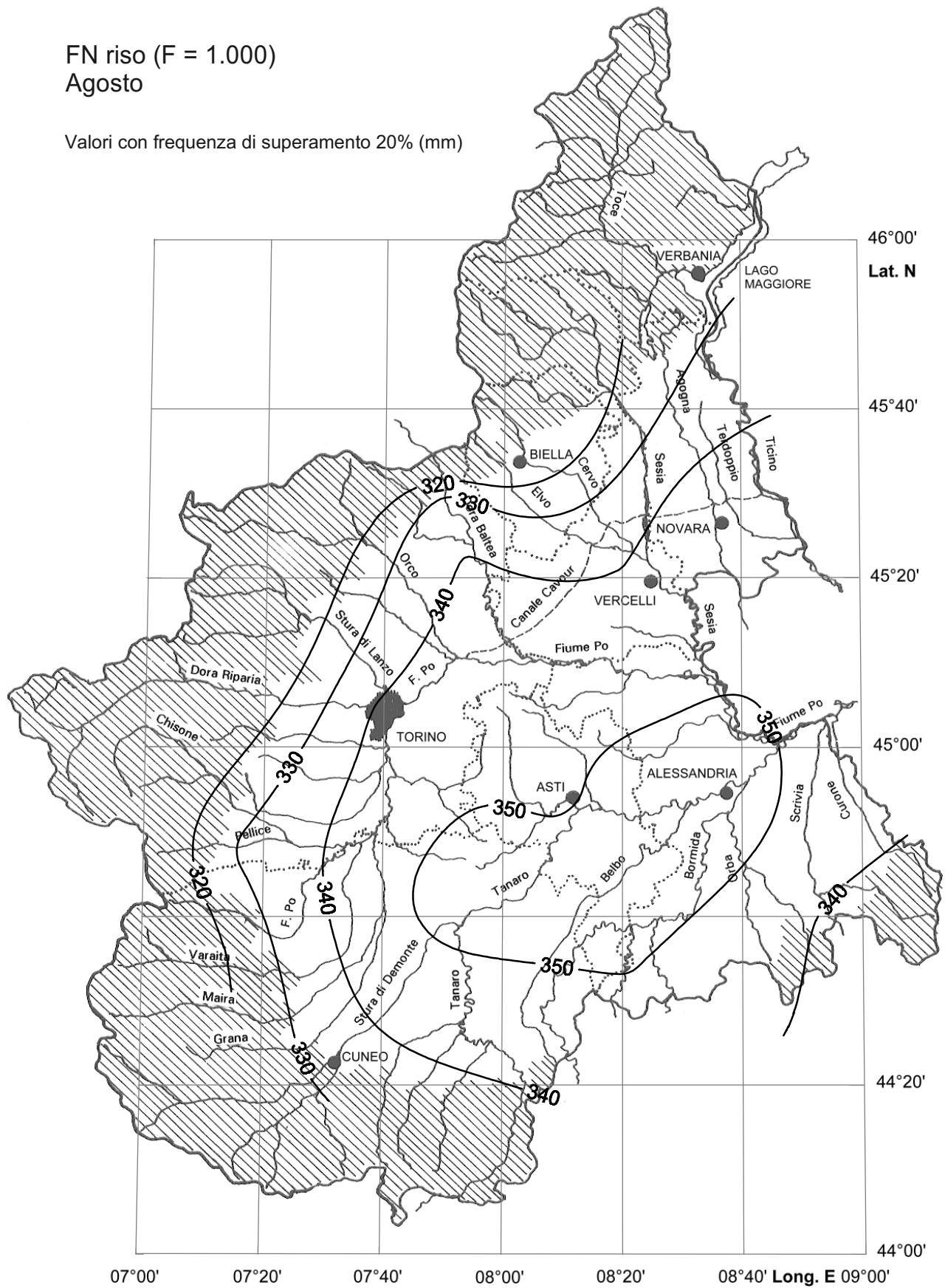
FN riso (F = 1.000)
Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



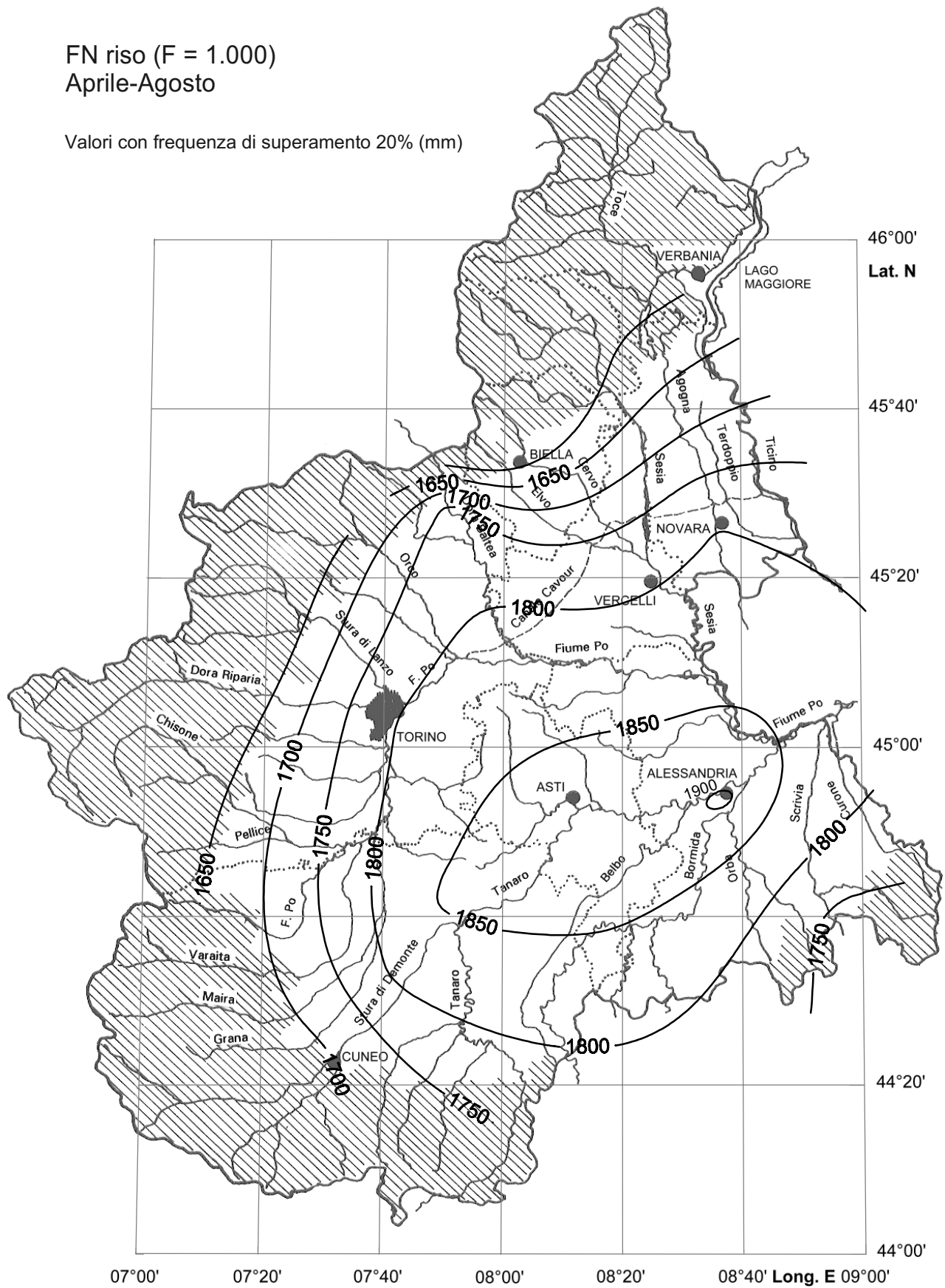
FN riso (F = 1.000)
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN riso (F = 1.000)
Aprile-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

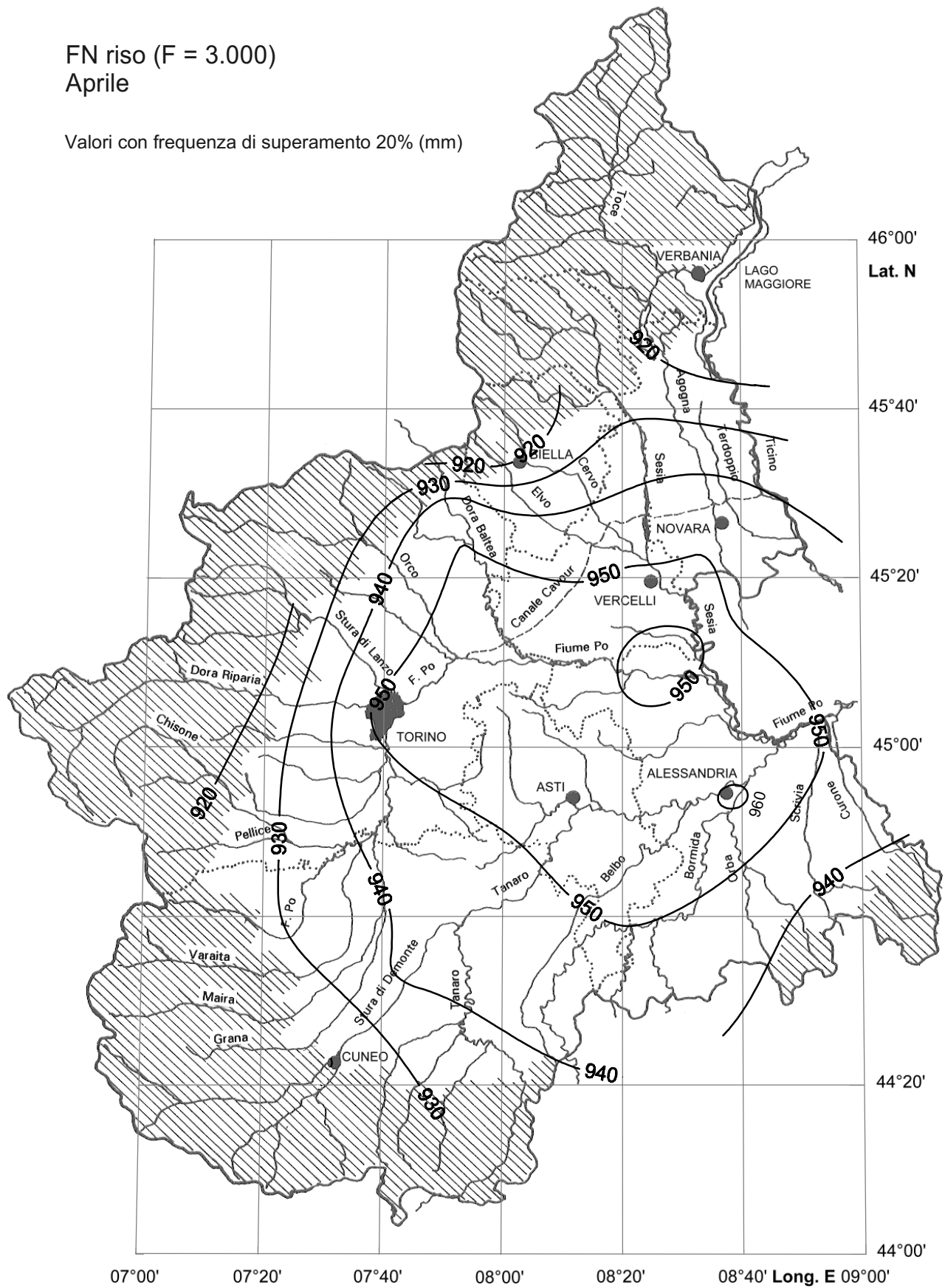


Fabbisogni netti riso $F = 3.000$ mm

Valori con frequenza di superamento 20%

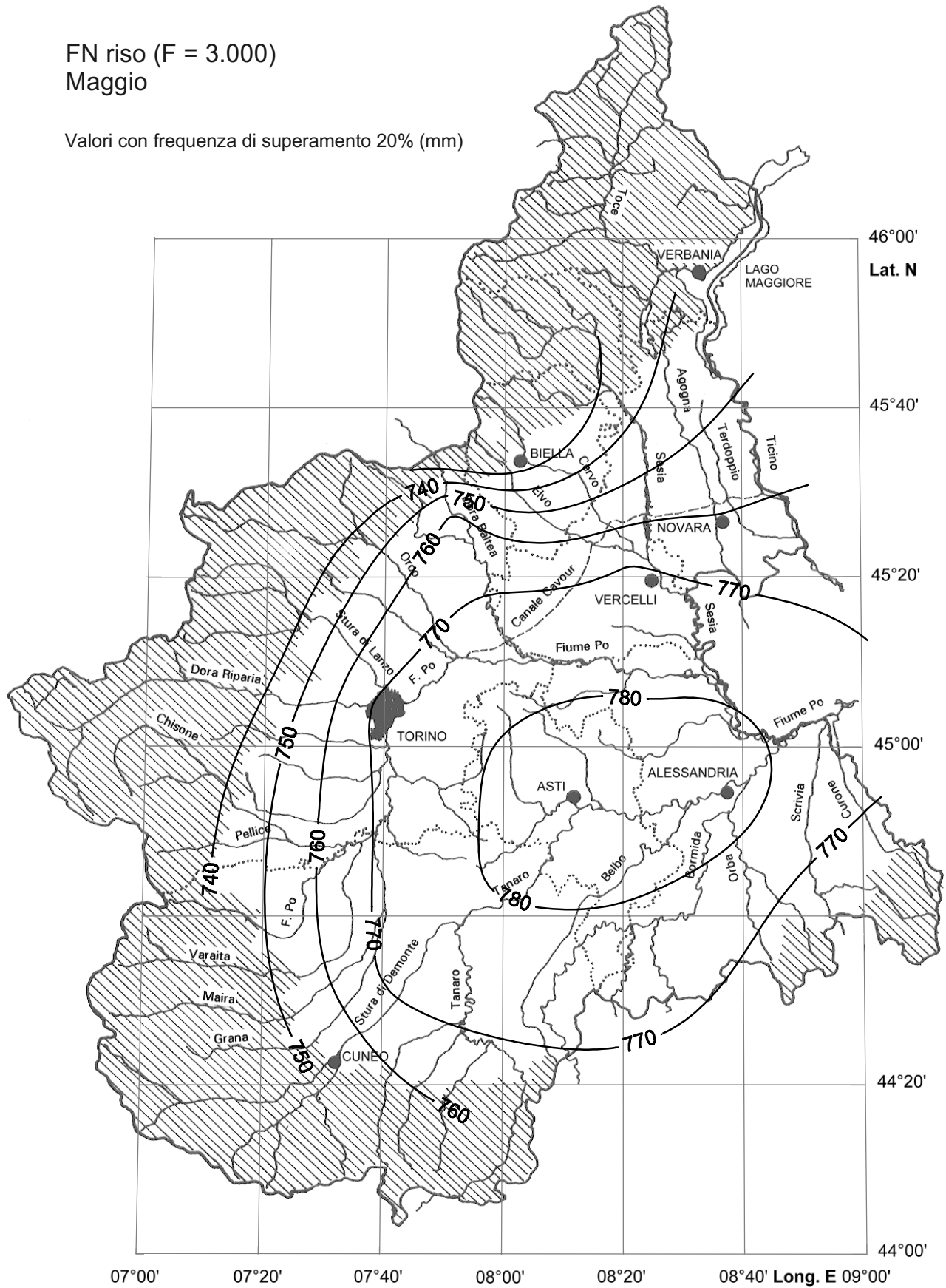
FN riso (F = 3.000)
Aprile

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



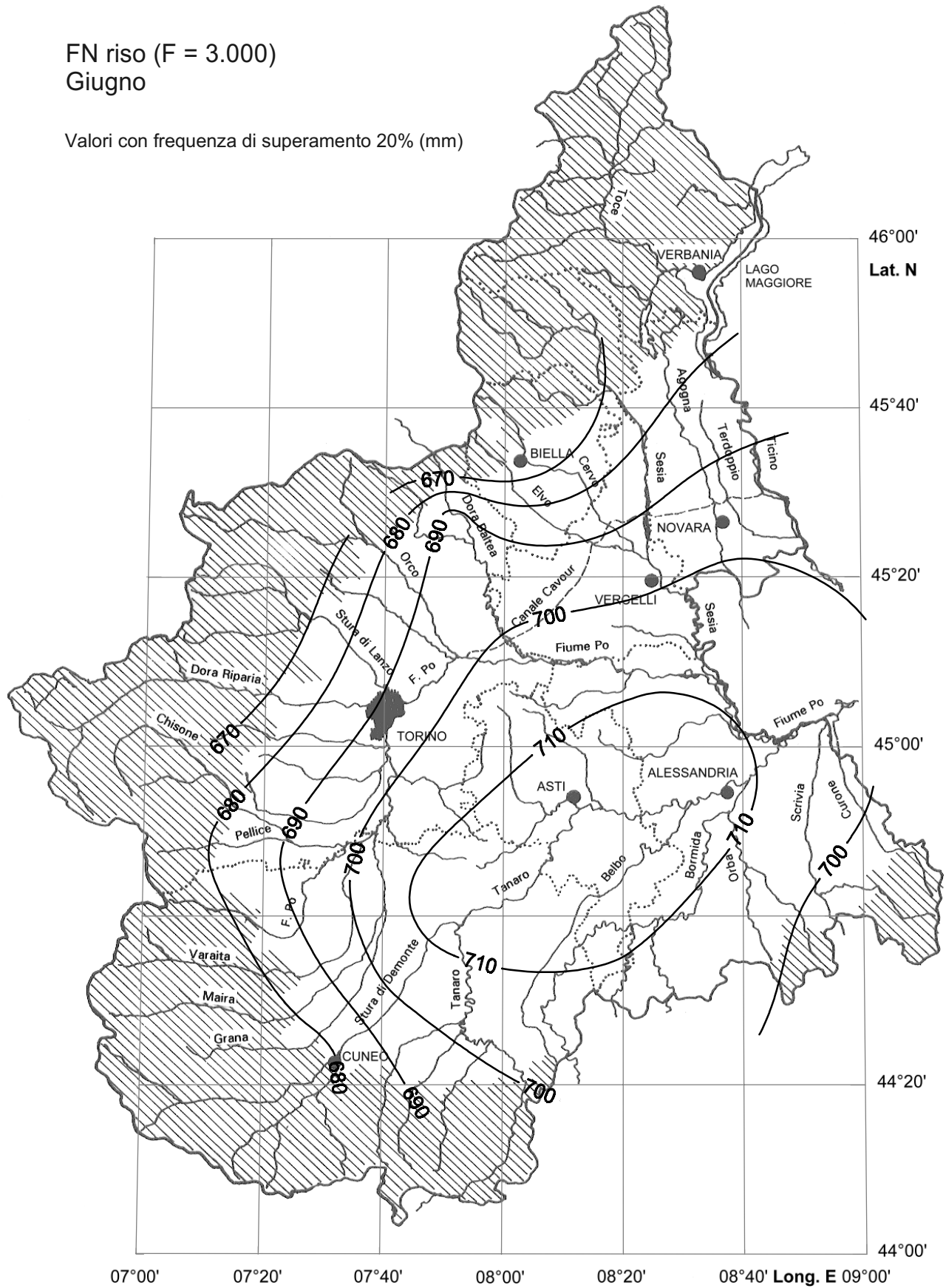
FN riso (F = 3.000)
Maggio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



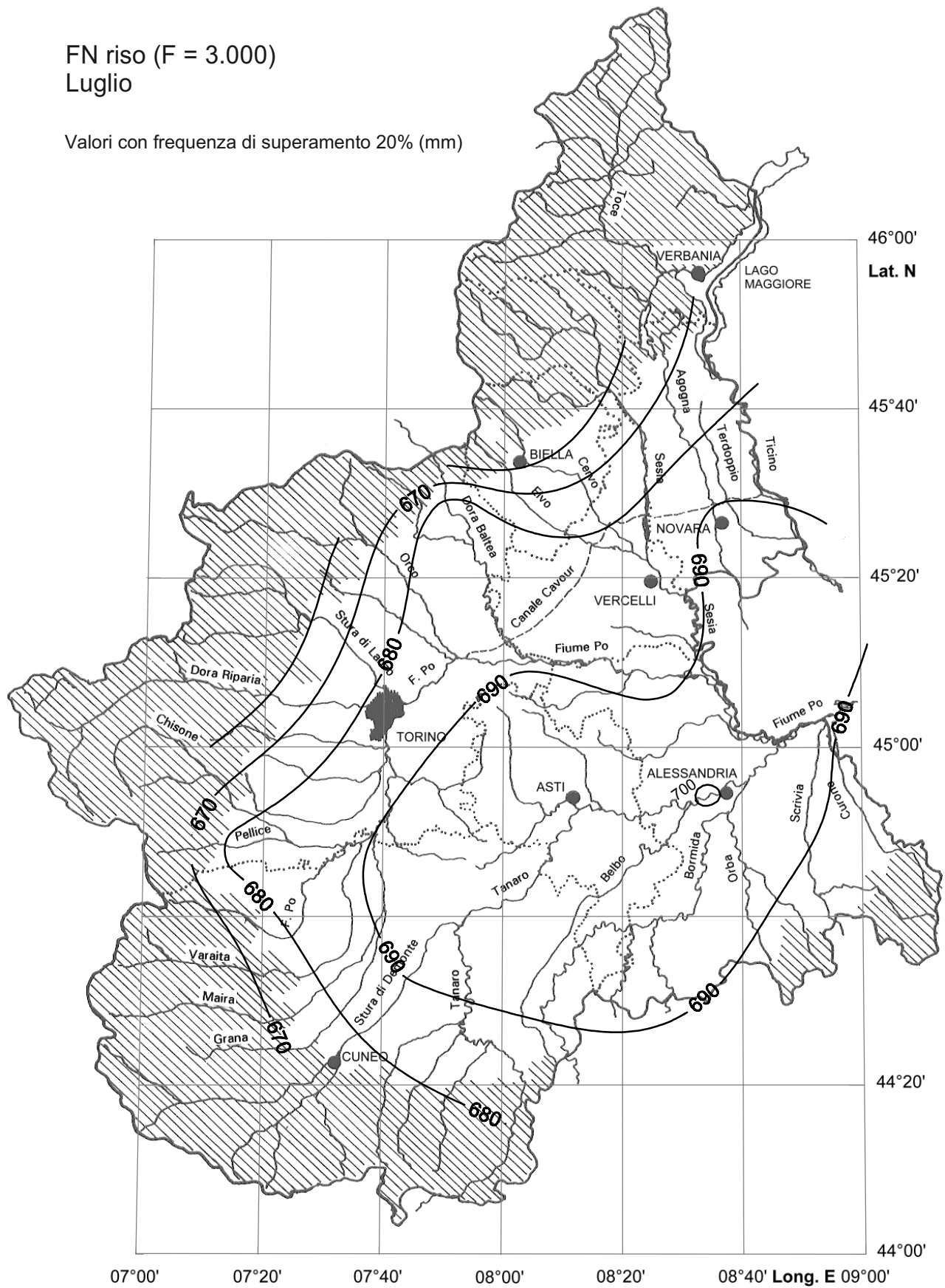
FN riso (F = 3.000)
Giugno

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



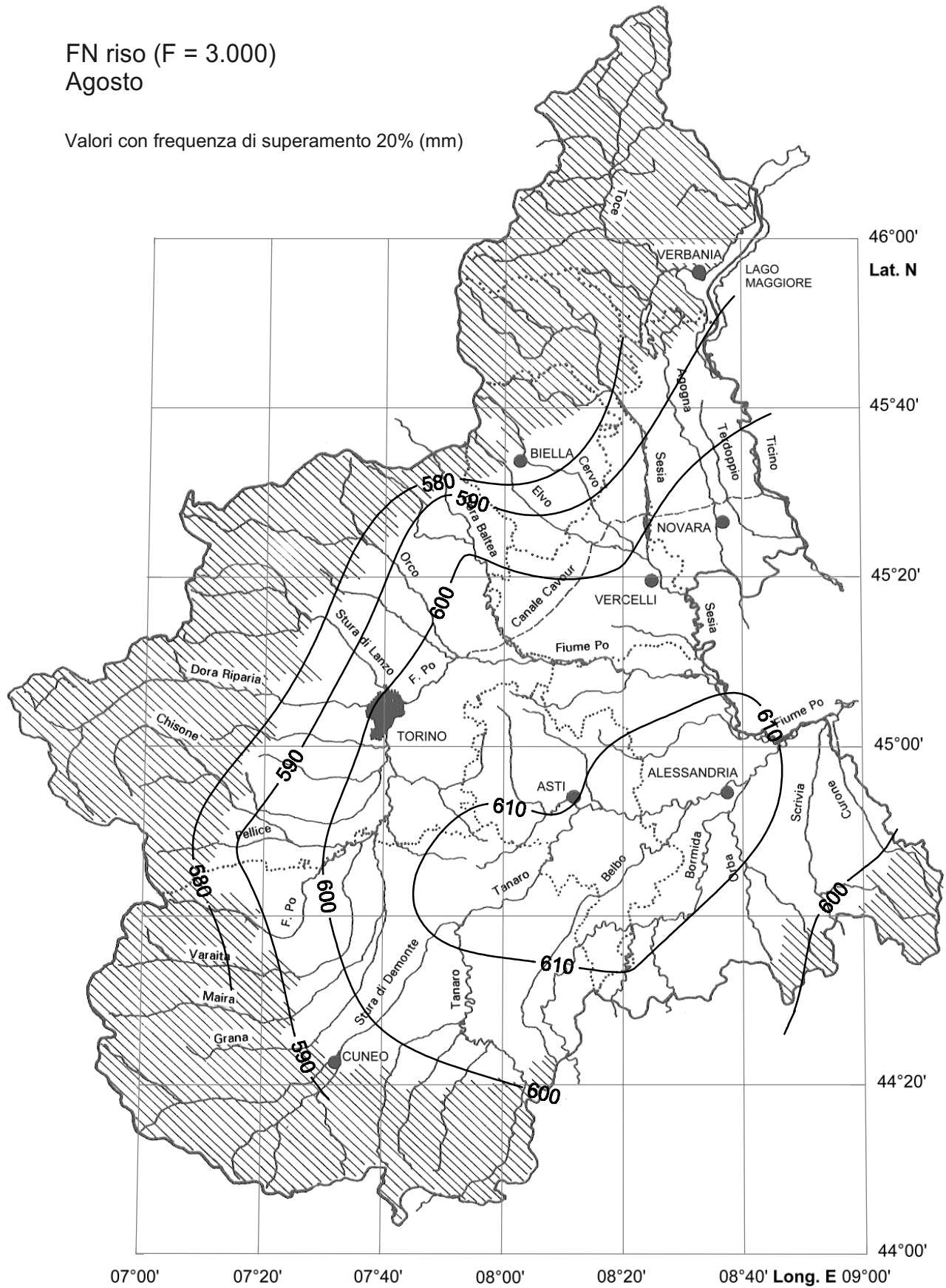
FN riso (F = 3.000)
Luglio

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN riso (F = 3.000)
Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)



FN riso (F = 3.000)
Aprile-Agosto

Valori con frequenza di superamento 20% (mm)

