

La analisi des previsions di temporâi te planure dal Friûl-Vignesie Julie

DARIO GIAIOTTI* & FULVIO STEL*

Ristret. In chest lavôr a son stadis analizadis cuatri anadis di previsions ogjetivis e sogjetivis di temporâi su la planure dal Friûl. La analisi e je stade fate doprant i comuns atribûts che a vegnin de tabele di contingence, ven a stâi la probabilitât di cjapâ la prevision (POD), la frazion di fals alarms (FAR), la frazion di dutis lis previsions cjapadis (HR) e ancje indiçs plui sofisticâts come il level di braure di Heidke (HSS). In plui, dome pes previsions sogjetivis, e je stade adotade la vie de analisi des categoriis cul Brier Skill Score (BS). I risultâts a mostrin che lis previsions ogjetivis a àn un POD plui alt des previsions sogjetivis, ma purtrop ancje un FAR plui alt. Chest al risulde intun HR cuasi compagn par dutis e dôs lis sortis di previsions, ma in gjenerâl lis previsions sogjetivis a risultin lis miôr. Chest compuartament specular des previsions ogjetivis e sogjetivis al sugjerìs di doprâlis dutis e dôs metintlis insiemit tes previsions dal timp operativis emetudis ogni dì dal Osservatori Meteorologjic dal ARPA-FVG in mût di otignî un prodot miôr. Il BS calculât pes previsions sogjetivis al mostre il *feed-back* positif che s'ind à vût par mieç di cheste analisi, puartade indenant ogni an dai autôrs. Soredut lis previsions sogjetivis dal ultin an a son diventadis une vore plui calibradis.

Peraulis clâf. Previsions di temporâi, verifiche des previsions, previsions dal timp.

1. Introduzion. Il Friûl-Vignesie Julie (di cumò indenant FVG) e je une piçule region di dibot 7800 km² metude intal nord-est de Italie, sierade bande nord-ovest da lis Alps Cjargnelis, bande nord-est da lis Alps Juliis e vierte bande sud viers il mâr Adriatic cu lis lagunis di Grau e Maran.

* Osservatori Meteorologjic de Agenzie Regionâl pe Protezion dal Ambient dal Friûl-Vignesie Julie, Sarvignan, Udin, Italie. E-mail fulvio.stel@osmer.fvg.it

Ancje se lis pontis plui altis da lis Alps Cjargnelis e Juliis no son particolarmentri altis (il Mont Colians al è plui bas di 3000 metris parsore dal nivel medi dal mâr), chestis dôs cjadenis a rapresentin une baridure naturâl e eficiente pai aiars umits che a vegnin di bande sud-ovest (Garbin) e sud-est (Siroc) e par chest a fasin di cheste region une des plui ploiosis di dute l'Europe. La planure dal FVG, une vore coltivate, e cale biel planc partint da la pedemontane (dibot 150 metris p.l.m.m.) bande sud fintremai lis lagunis in mancul di 80 km.

Pe sô carateristiche orografie e gjeografie, a dispiet de sô piçulece, cheste region e à une vore di fenomens meteorologjics, che cualchidun al pues ancje diventâ pericolôs pe int e pes robis (Bechini et. al. 2001; Giaiotti et. al. 2001). Tra chescj fenomens, il plui impuartant te stagjon cjalde al è il temporâl (Morgan 1989, 1990, 1991, 1997). Di fat, di avrîl fin a setembar, te planure dal FVG si à une frecuece medie di 0.6 zornadis cun almancul un temporâl. Par vie di cheste alte frecuece e pe lôr profonde influence su lis ativitâts dal om, fin dal 1998 intal Osservatori Meteorologjic de Agenzie Regionâl pe Protezion dal Ambient dal FVG (di cumò indenant ARPA-OSMER) e je ative une campagne che e à come finalitât chê di meiorâ lis previsionis operativis di temporâi tal curt periodi (interval des oris) e intal medi periodi (interval des zornadis); chestis ultimis a son propit il sogjet dal presint lavôr.

Tabele 1. La funzion di densitât di probabilitât pes previsionis sogjetivis tal periodi 1998-2001.

<i>Stagjon Estive 1998</i>			<i>Stagjon Estive 1999</i>		
	Osservazions			Osservazions	
Previsions	Si	No	Previsions	Si	No
Si	0.25	0.03	Si	0.29	0.07
No	0.17	0.55	No	0.21	0.43

<i>Stagjon Estive 2000</i>			<i>Stagjon Estive 2001</i>		
	Osservazions			Osservazions	
Previsions	Si	No	Previsions	Si	No
Si	0.30	0.06	Si	0.38	0.08
No	0.19	0.45	No	0.11	0.43

2. Materiâi e metodis

2.1 *Definizion di zornade di burlaç*. Il prin pas di ogni procedure di prevision al è chel di vê une clare definizion dal ogjet de prevision (Murphy 1993). Par chest mutîf al è impuartant dâ une definizion univoche de variabil che si osserve leade al ogjet de prevision, ven a stâi la “osservabil”, e de variabil che si dopre tes previsionis, ven a stâi il “predicjabil”.

2.1.1 *La osservabil “zornade di burlaç”*. La osservabil doprade in chest studi e je la “zornade di burlaç”, une variabil dicotomiche che e pues vê dome i doi valôrs “si” (la zornade e je di burlaç) e “no” (la zornade no je di burlaç). Za che la utence finâl da lis previsionis e je la int, al è impuartant definî la zornade di burlaç intune maniere dongje a la sensibilitât da la int de strade. Di fat cualchi volte i temporâi a son fenomens une vore locâi e a puedin rapresentâ dome une piçule perturbazion di dutis chês di une region, cun di plui al pues capitâ che un temporâl al vegni cence plotis significativis. Par chest mutîf, in chest lavôr, la zornade di burlaç e je definide considerant i temporâi dome cuant che a rapresentin une carateristiche de zornade intune aree avonde grande su la planure dal FVG. Par definî la zornade di burlaç o vin doprât lis osservazioni dai folcs sul teren dal sisteme di rilevament CESI/SIRF (Iorio & Ferrari 1995). Tal detai, la planure dal FVG e je virtualmentri cuvierte

Tabele 2. La funzion di densitât di probabilitât pes previsionis ogjetivis tal periodi 1998-2001.

<i>Stagjon Estive 1998</i>			<i>Stagjon Estive 1999</i>		
	Osservazions			Osservazions	
Previsions	Si	No	Previsions	Si	No
Si	0.33	0.12	Si	0.25	0.11
No	0.12	0.43	No	0.23	0.41

<i>Stagjon Estive 2000</i>			<i>Stagjon Estive 2001</i>		
	Osservazions			Osservazions	
Previsions	Si	No	Previsions	Si	No
Si	0.45	0.20	Si	0.42	0.21
No	0.06	0.29	No	0.03	0.34

cuntune rêt regolâr di cuadris che a àn un pas di 4 km par 4 km (viôt la Figure 1). Cuant che intune zornade, ven a stâi tal interval tra lis 00:00 UTC e lis 23:59 UTC, almancul un folc al ven misurât intun di chescj cuadris, chel quadri al è considerât ativât par chê zornade. Par gjestî la bisugne parsore definide, o vin stabilît un limit sul numar di cuadris ativâts, ven a stâi: une zornade e je considerade di burlaç dome se almancul cuatri cuadris a vegnin ativâts, par cuintri la zornade e ven definide cence burlaç. Doprant cheste definizion, al è stât mostrât (Giaiotti & Stel 2001) che lis zornadis di burlaç cussì definidis a àn une alte probabilitât di sedi caraterizadis di folcs e ploie suntune zone no piçule de planure dal FVG.

2.1.2 *I predicjabii tes previsionis sogjetivis e ogjetivis di temporâi.* I predicjabii doprâts dal ARPA-OSMER par lis previsionis tal medi periodi a son di dôs sortis, a seconde des dôs carateristichis des previsionis, ven a stâi lis *previsionis sogjetivis* e lis *previsionis ogjetivis*.

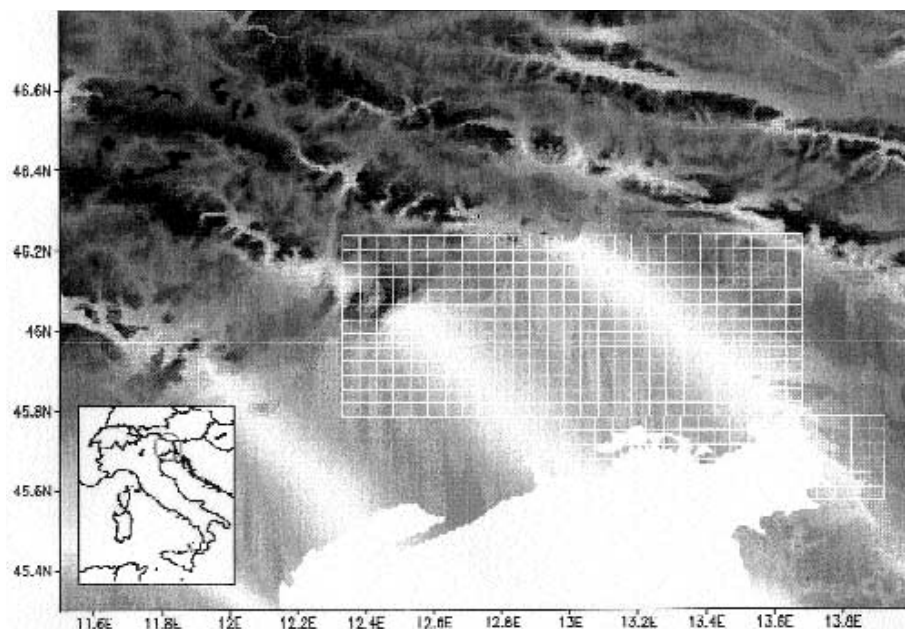


Figure 1. La rêt di cuadris che e cuvierç la planure dal Friûl-Vignesie Julie. La grandece di ogni quadri e je 4 km x 4 km.

Lis previsioni sogjetivis a àn come predicjabil la probabilitât che al vegni un temporâl te planure dal FVG. Cheste probabilitât e je emetude di une persone, il previsôr, fasint il paragon de situazion presinte cun chês passadis su la base de sô esperience e de sô cognossince da lis leçs fisichis che a regolin la atmosfere. Fin cumò, tal ARPA-OSMER, lis informazzions disponibilis pai previsôrs pal lôr lavôr a son otignudis di cinc modei numerics, doi globâi e trê locâi, de rêt di stazions sinotichis dal ARPA-OSMER e dal radiosondaç de Aviazion Militâr Taliane a Cjampfuarmit (Udin). I doi modei numerics globâi a son chel dal *European Center for the Medium Range Weather Forecasts* (di cumò indenant ECMWF) e chel dal *Deutscher Wetterdienst* (di cumò indenant DWD)¹. I trê modei locâi a son il model ALADIN dal *Hidrometeoroloski Zavod* sloven, il model LOKAL dal DWD e il model HRM de Aviazion Militâr Taliane.

Lis stazions sinotichis di tiere gjestidis dal ARPA-OSMER a son 24 e a misurin la atmosfere ogni ore, dant informazzions al previsôr su la pression, la temperadure, la umiditât e la velocitât e direzion dal aiar.

Il radiosondaç si fâs ogni sîs oris, plui o mancun intal mieç de planure dal FVG, e al furnîs informazzions su la stabilitât de atmosfere. Chestis ultimis risultivis di dâts, ven a stâi lis stazions di tiere e il radiosondaç, a dan informazzions fundamentâls su lis proprietâts locâls de atmosfere, ven a stâi sul ambient li che i temporâi a puedin svilupâsi, e par chest a son di perni pe decision dal previsôr. Cheste decision e puarte a la emission di une probabilitât di svilup di temporâi te zornade dopo su la planure dal FVG.

Lis previsioni ogjetivis a son essenzialmentri rapresentadis di un indiç, calculât su la base di une analisi statistiche fate sui câs passâts, che e je leade a la probabilitât di svilup di temporâi su la planure dal FVG. La analisi si fâs doprant i dâts in cuote otignûts dal radiosondaç fat de Aviazion Militâr Taliane a Cjampfuarmit, ancje se, par mutîfs operatîfs, cumò l'indiç al è calculât gjavant i dâts dal model numeric ECMWF. Lis variabilis meteorologjichis cjapadis in considerazion inte analisi a son la altece geopotenziâl, lis temperaduris potenziâls ecuivalente e sature e lis componentis sud-nord e ovest-est dal aiar, dutis misuradis ai livei obligatoriis di 1000, 850, 700 e 500 hPa trê voltis in dì (a lis oris 00:00 UTC, 12:00 UTC e 24:00 UTC).

Par tignî in considerazion ancje une pussibile dipendence dal svilup dai temporâi dal periodi dal an in cusion, ancje il sen e il cosen dal dì

Julian a son stâts metûts intal insiemit des variabilis, che a la fin al risul- te formât di 62 elements. Dutis chestis 62 variabilis a son stadis cumbi- nadis intune regression multilineâr par otignî l'indiç e dopo la probabi- litât dai temporâi.

2.2 *Verifiche des previsioni.* La prime analisi fate su lis previsioni al è il confront tra lis distribuzions condizionâls empirichis otignudis fissant lis osservazions leadis a lis previsioni. Spiegant miôr, par ogni previsôr, lis previsioni a son dividudis in doi grups: un al è chel di dutis lis previsioni che a àn vût come osservazion une zornade cence temporâi e chel altri al à dutis lis previsioni di zornadis che al è stât temporâl. Il confront des distribuzions al è fat doprant il test no parametric di Kolmogorov-Smir- nov, viôt Ledermann (1984). Il secont pas inte valutazion de cualitât des previsioni di temporâl e je la viodude categoriche. Cheste viodude e met la esistence di un valôr divisôr inte dominazion dal previsôr doprât pes previsioni, cussì ogni prevision e ven a colâ intune des dôs classis che in- siemît a fasin la dominazion: lis previsioni che al vignarà temporâl e chês che a nol vignarà. Il valôr divisôr al divît la dominazion dai previsôr in dôs classis; intal câs di un previsôr che al à une sole dimension e che al è monoton un criteri sempliç par dividi lis previsioni al è chel culî:

$$\left\{ \begin{array}{ll} x_D \leq x \Rightarrow & \text{stormy day} \\ x < x_D \Rightarrow & \text{NOT stormy day} \end{array} \right. \quad (1)$$

Dulà che x e je la variabil doprade come previsôr, ven a stâi l'indiç o la probabilitât dade, e x_D al è il valôr divisôr. La viodude categoriche e sfrac- caie lis informazions che al à il previsôr intune grove variabil che e à dome doi mûts di jessi e che e je plu compate, cence altri in cheste maniere si pierdin des informazions, ma il vantaç al è che e ven fate une funzion di densitât di probabilitât empiriche unide des previsioni e des osservazions une vore sempliç. Culî di sot e je scrite inte forme gjenêrâl la funzion di densitât di probabilitât empiriche unide des previsioni e des osservazions:

	<i>Observation</i>		
<i>Forecast</i>	Yes	Not	
Yes	a	b	(2)
Not	c	d	

a e je la frazion des previsionis che a metevin temporâl e che a son ladis ben parcè che la zornade cui temporâi e je stade, **b** e je la frazion des previsionis che a metevin temporâl ma che no àn vût la zornade cui temporâi, **c** e je la frazion des previsionis che no metevin temporâl ma che a àn vût la zornade cui temporâi e **d** e je la frazion des previsionis che no metevin temporâl e che a son ladis ben. Si capîs che **b** e **c** a son previsionis sbaliadis parcè che lis previsionis no àn vude conferme. Cu la distribuzion empiriche culi disore spiegade si pues rigjavâ fûr un pôcs di atribûts impuartants des previsionis, come la probabilitât di cjapâlis (POD), la frazion di alarms fals (FAR), la deviazion (BIAS), la frazion di dutis lis cjapadis (HR) e ancje la braure, viôt la Zonte par savê di plui sui atribûts. Stant che lis previsionis sogjetivis a dan la probabilitât che e vegni une zornade cui temporâi, al è impuartant di rivâ ancje a stimâ la cualitât dai valôrs di probabilitât dâts e chest no si pues fâ cu la semplich viodude categoriche. Cussì par podè doprâ dute la informazion che a dan lis previsionis sogjetivis e je stade fate su di lôr la analisi dal digram dai atribûts e dal level di braure di Brier; par une spiegazion miôr viôt la Zonte.

2.3 *La taradure dai previsôrs.* Inte viodude categoriche, il valôr divisôr x_D al è une vore impuartant parcè che ducj i atribûts e ancje il level di braure a son funzion dal valôr divisôr che al è stât sielzût. Ven a stâi che al è une vore impuartant sielzi il valôr di division x_D cun criteris che a sedin clârs. Pes previsionis sogjetivis il valôr divisôr al ven fûr dome stant a la definizion dal previsôr, che e sarès la probabilitât di zornade cun temporâi. Cheste variabil e je dade inte dominazion [0%, 100%] e il valôr divisôr plui naturâl che al ven doprât par dividilu al è il 50%. Plui complicât al è tirâ fûr il valôr divisôr pes previsionis ogjetivis. In chest câs, l'indiç *coin* nol à un valôr particolâr inte sô dominazion, cussì si scugne tarâ l'indiç. La taradure dal indiç *coin* e je stade fate cu lis osservazions de stagjon estive 1998. Cuant che la stagjon e jere finide la funzion densitât di probabilitât unide e je stade calcolade, come mostrât in (2), in funzion dal valôr divisôr x_D . Fasint variâ x_D su dute la sô dominazion, e je stade sielzude la miôr funzion di densitât di probabilitât tirant fûr chê che e fâs lâ al massim la frazion di dutis lis cjapadis (HR) che ae fin al vûl di puartâ al massim il level di braure di Heidke (HSS), viôt la Zonte. La

massime braure intal 1998 e je stade cjatade par $x_D = -0.1$ e di chê volte al è stât simpri doprât chel come valôr divisôr.

3. Risultâts

3.1 Il confront tra lis distribuzions condizionâls. Par dutis lis stagjons estivis 1998, 1999, 2000 e 2001 lis distribuzions empirichis condizionâls ogjetivis e sogjetivis a son stadis fatis cussì come che al è stât spiegât inte sezion 2.2 e a son stadis confrontadis a dôs a dôs daûr dal previsôr sielzût. In ducj i câs e par dutis lis anadis, il test di Kolmogorov-Smirnov al permet di scartâ la ipotesis che lis dôs distribuzions a sedin simpri chê. Il scart al è pussibil fâlu cun livei di confidence che a son plui alts dal 99%. Chescj risultâts a disin che par ducj e doi i tips di prevision e je une suficiente capacitât di proviodi se e vignarà o no une zornade cui temporâi. Si scugne dî alc di plui sui cambiaments des distribuzions empirichis intai agns. Pes *previsions ogjetivis* si viôt cualchi difference intai valôrs de mediane che a cambiin an par an e a son dome lizeris diferencis inte forme des distribuzions, ven a stâi che a son pressapôc dutis companis ma dome cui valôrs medians spostâts. Pes *previsions ogjetivis* lis distribuzions des zornadis che no àn vût temporâi a somein vê la forme di une cjampane, invezit chês des zornadis che al è stât temporâl a son cuasi platis, massime chê de stagjon 1998. Intai agns dopo, lis distribuzions des zornadis cui temporâi a son diventadis plui dongje dal tip a cjampane e chest al ven let come une influence de verifiche des previsions come che al è stât scrit inte sezion di discussion di chest articol.

3.2 Atribûts des previsions. Al è interessant viodi il cambiament de cualitât des previsions vie pai agns sedi pes *previsions sogjetivis* che par chês *ogjetivis*. Prime di dut si à di cjalâ che lis *previsions sogjetivis* par solit a sotstimin il numar di zornadis cun temporâi, par esempli $BIAS < 1$, di chê altre bande lis *previsions ogjetivis* a tindin a sorestimâlis ancje se te stagjon 1999 si son compuartadis come chês sogjetivis (viôt la Figure 2). Se o lin a cjalâ la probabilitât di cjapâlis, lis *previsions ogjetivis* a son miôr di chês *sogjetivis* fûr che tal 1999. Inte Figure 2b si viodin i grancj valôrs di POD (~90%) dal indiç *coin* intai ultins agns, invezit lis *previsions sogjetivis* a cjapin ator dal 60% des zornadis cui temporâi. Inte ultime stagjon estive, lis *previsions sogjetivis* a àn alçât il lôr POD (78%) lant

dongje dai valôrs dal indiç *coin*. Par vê previsionis buinis si scugne vê valôrs alts di POD, ma chest nol è avonde; si pues rivâ al plui alt valôr di POD dant ogni di previsionis di zornade cun temporâi, ma in cheste maniere a saltin fûr une vore di alarms fals e cussì lis previsionis non si puedin doprâ. Il FAR dal indiç *coin* al è plui alt di chel des *previsionis sogjetivis* (viôt te Figure 2c). Fin cumò, lis *previsionis sogjetivis* a àn mantignût il lôr FAR jenfri dal 0.1 e dal 0.2, invezit lis *previsionis ogjetivis* a àn un FAR che al è ator dal 0.3. Se si metin adun la probabilitât di cjapâlis e la frazion di alarms fals si pues stimâ la cualitât des previsionis miôr e chest al ven fat cu la frazion di dutis lis cjapadis. L'indiç *coin* e lis *previsionis sogjetivis* a àn HR che a son dongje parcè che i efjets positîfs e negatîfs che ognidun di lôr al à si compensin, a ogni mût lis *previsionis sogjetivis* a àn simpri valôrs di HR che a son, magari di pôc, i plui alts (viôt la Figure 2d). La stagjon 1999 e je stade la piês di dutis cuatri: lis *previsionis ogjetivis* a àn vût un POD une vore bas e chês *sogjetivis* un FAR avonde alt e chest al à dât valôrs bas de frazion di dutis lis cjapadis. La braure dal previsôr che o sin daûr a analizâ si stime fasint il confront cun des previsionis di riferiment fatis a câs, ven a stâi cun previsionis che a son stadis fatis doprant lis distribuzionis marginâls des osservazionis e des previsionis. Il confront si fâs doprant l'HR cussì:

$$HSS = \frac{HR - HR_r}{1 - HR_r} \quad (3)$$

dulà che HR e je la frazion di dutis lis cjapadis des previsionis che o sin daûr a stimâ la braure, che al sarès l'indiç *coin* o lis *previsionis sogjetivis*, HR_r e je la frazion di dutis lis cjapadis des previsionis fatis a câs e il numar 1 che al è denominatôr e je la frazion di dutis lis cjapadis des previsionis perfetis, viôt ancje la spiegazion te Zonte. HSS al ven clamât il level di braure di Heidke. Intal câs di previsionis perfetis $HSS=1$ se no $HSS < 1$ e se $HSS < 0$ lis previsionis a àn mancûl braure di chês fatis a câs. Inte Figure 3a il level di braure di Heidke sedi par l'indiç *coin* che pes *previsionis ogjetivis* al è rapuartât; la lôr braure e je une vore dongje su dut il timp considerât, ma lis *previsionis sogjetivis* a son un pôc miôr di chês *ogjetivis*. Dutis dôs a àn plui braure di chês fatis a câs ($HSS > 0$).

3.3 Analisi des probabilitâts dadis. Lis *previsionis sogjetivis* a dan plui informazion dal indiç *coin* stant che la probabilitât di zornade cun tem-

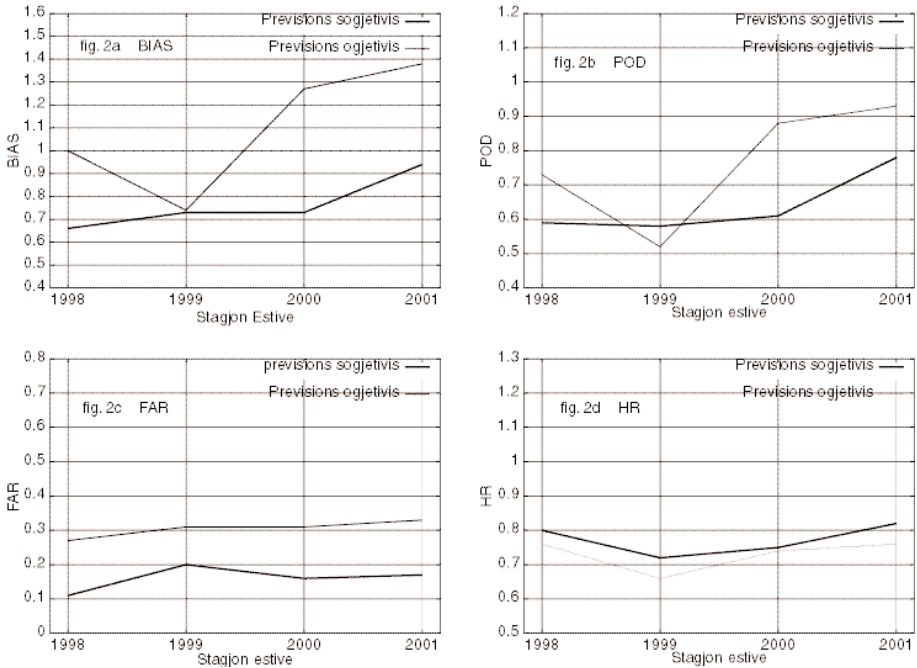


Figure 2. La evoluzion di cualchidune des carateristicis des previsions sogjetivis (linie gruesse) e ogjetivis (linie fine) par dut il periodi 1998-2001: a) il BIAS, b) il POD, probabilitât di cjapâle, c) FAR, frazion di alarms fals, d) HR, frazion di dutis lis cjapadis.

porâi che e ven dade e à la informazion di trop che il previsôr al crôt che al capiti l'event. In chest câs la verifiche des previsions e ven fate cui ponts di Brier.

$$BS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2 \quad (4)$$

Dulà che: BS a son i ponts di Brier, n al è il numar des cubiis previsions-osservacions, p_i e je la probabilitât di zornade cun temporâi che e ven dade, $p_i \in [0,1]$, e o_i al è il timp che al è stât, che al sarès $o_i = 1$ se e je stade une zornade cui temporâi, altri mentri $o_i = 0$. BS al è un numar che al va simpri di 0, tal câs di previsions perfetis, a 1, tal câs di previsions che a son dal dut sbaliadis. Lant daûr de scomposizion dai ponts di Brier fate di Murphy (1973) al è pussibil dividi BS in trê tocs che a son: *reliability*, *resolution* e *uncertainty*. Ducj i tocs a son spiegâts inte Zonte.

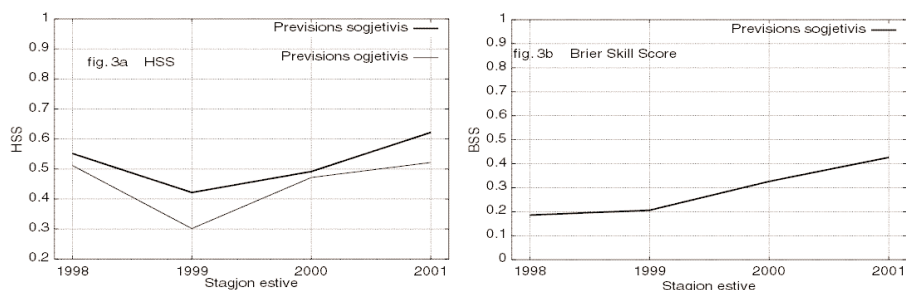


Figure 3. La braure dai previsôrs intal periodi 1988-2001. La linie fine si riferis a lis previsions ogjetivis, chê gruesse a lis previsions sogjetivis: a) Level di braure di Heidke, b) Level di braure di Brier. In chest câs a son mostradis dome lis previsions sogjetivis parcè che il level di braure di Brier no si pues doprà par chês ogjetivis.

Inte Figure 4 i ponts di Brier, i siei components e la probabilitât climatiche che e vegni une zornade cui temporài a son ripuartadis par ogni anade tratade. E vâl la pene di cjâlâ che il BS al è calât lant dal 1998 al 2001 e chest al vûl dî che lis *prevision sogjetivis* a son ladis in miôr. Il meiorament nol dipent des carateristichis climatologjichis des zornadis cui temporài stant che la probabilitât climatiche no cambie masse di un an a chel altri, anzit e met dai fuarts limits pal meiorament de braure parcè che in dut il las di timp considerât e je une vore dongje di 0.5, che al è il valôr che al massimize la *uncertainty* dai ponts di Brier. La *reliability* e mostre la tindince a calâ dal 1998 indenant e e va cuasi a zero intal 2001. Chest al vûl dî che lis *previsions sogjetivis* a àn meiorade la lôr calibrazion, par dîle miôr, lis probabilitâts dadis a son une vore dongje a la frequence di zornadis efetivis di temporài. La *resolution* e je cressude in chescj ultins doi agns. La cumbinazion de riduzion de *reliability* e dal aument de *resolution* e à dât i plui bas valôrs dal BS di chescj ultins agns rispjet a chei che si àn vûts tes stagjons 1998 e 1999. La braure des probabilitâts dadis e je stade calculade fasint il confront fra il lôr BS e chel che si varès vût doprant lis previsions climatologjichis, che a son lis previsions fatis ogni dì dant la probabilitât climatiche di zornade cun temporài, cussì:

$$BSS = \frac{BS - BS_c}{0 - BS_c} \quad (5)$$

BSS al è il level di braure di Brier, BS a son i ponts di Brier des previsions, BS_c a son i ponts di Brier des previsions climatologjichis e il valôr 0 intal

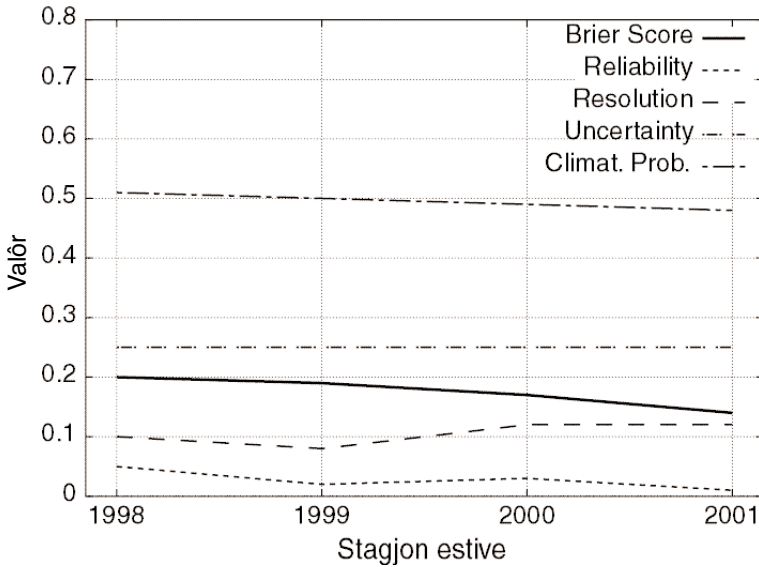


Figure 4. Il level di braure di Brier e lis sôs components par dut il periodi 1998-2001. La linie gruesse e ripuarte il level di braure di Brier. La linie a tocus curts e je la *reliability*, chê a tocus luncs e je la *resolution* e la linie cul dopli pont e tocut e je la *uncertainty*. Cu la linie a tocus curts e luncs e je ançe mostrade la probabilitât climatologjiche de zornade di burlaç su la planure dal Friûl. Intai ultins doi agns, la *resolution* aumentade e la calade *reliability* a àn produsût une riduzion dal level di braure di Brier, al ven a stâi che e je meiorade la cualitât des previsions sogjetivis. Al è ançe interessant l'alt e cuasi costant level di *uncertainty*.

denominatôr de ecuazion 5 al è il BS des previsions perfetis. La figure 3b e mostre il grant meiorament de braure des *previsions sogjetivis* par vie dal significatîf aument dai valôrs dal BSS de stagjon 1999 fin cumò, tant al è vêr che al è dopleât in chescj ultins doi agns. Il meiorament des *previsions sogjetivis* vie pai agns al è plui clâr inte Figure 5 dulà che a vegnin mostrâts i digrams dai atribûts (Hsu e Murphy 1986) di ogni stagjon estive. I digrams dai atribûts a ripuartin lis frecuencis, che si son verificadis, di zornadis cui temporâi, in funzion des probabilitâts dade; lis osservazions o_j a son stadis metudis adun rispjet a la probabilitât dade, dopo di che la medie des osservazions \bar{o}_j (viôt la scomposizion dai ponts di Brier inte Zonte) e da la frequence osservade. Lis previsions dulà che la probabilitât dade e je compagne de frequence osservade a stan su la linie diagonâl che e taie il digram dal cjanton in bas a çampe a chel adalt a

man drete. Par chestis previsionis la *reliability* e je zero e a son perfetementri calibradis. Il contribût te *resolution* in ogni classe di probabilitât dade e je funzion de distance dal pont che al è stât mitût de linie di *no resolution*, chest parcè che il valôr constant di chê linie al è la totâl probabilitât climatiche di vê une zornade cun temporâi. De Figure 5 al è clâr che la calibrazion des *previsionis sogjetivis* e je aumentade vie pai agns. Intes stagjons dal 1999 e dal 2000 lis previsionis a àn gjeneralmentri sotstimât lis frecuencis osservadis, i ponts a stan cuasi ducj parsore de linie diagonâl, invezit tal 2001 cuasi ducj i ponts a son une vore dongje di jê. I pics che si viodin tai grafics a son chei des classis di probabilitât che a àn dome un o doi câs.

4. Discussion. De analisi di cuatri agns, al è clâr che lis *previsionis ogjetivis* a àn plui alts valôrs di probabilitât di sedi cjapadis (POD) di chês sogjetivis, invezit il contrari al è vêr pai fals alarms (FAR). A cheste situazion al contribuîs il BIAS des previsionis, che al sarès la sorestime des zornadis cui temporâi fate dal indiç *coin* e la sotstime des *previsionis sogjetivis*. Ancje se a son chestis diferencis, lis *previsionis sogjetivis* e *ogjetivis* a àn une frazion di dutis lis cjapadis (HR) che a son dongje, ma cun chel des *previsionis sogjetivis* un pôc plui grant di chel dal indiç *coin*. La braure complessive di ducj e doi i tips di previsionis e pues sedi confrontade cui ponts di braure di Heidke (HSS). Stant a la definizion di HSS, viôt la ecuazion (3), ducj e doi a àn une vore plui braure des previsionis fatis a câs. A son des variacions inte cualitât des previsionis, in particolâr la probabilitât di cjapâlis che al è l'atribût plui variabil; la sô variabilitât e je leade in maniere fuart cul BIAS. Une vore plui robust al è il FAR. Dutis e dôs chestis carateristichis a risultin intune variabilitât pluitost limitade dal *hit rate* e dai ponts di braure di Heidke. La variabilitât e je plui grande par lis *previsionis ogjetivis* che par chês *sogjetivis*. Inte stagjon dal 1999 la braure di ducj e doi i tips di previsionis e je une vore calade parcè che l'indiç *coin* al à vût bas valôrs di POD e lis *previsionis sogjetivis* a àn dât une vore di fals alarms. Nol è clâr parcè che lis *previsionis ogjetivis* a àn sotstimât lis zornadis cun temporâi ($\text{BIAS} < 1$) intal 1999; la frequence climatiche di chel an e je dome un pôc plui grande di chê dal 1998, l'an de taradure (cjale il nivel te linie di *no resolution* intes Figuris 5), a ogni mût e je stade pressapôc compagne intai agns daspò dulà

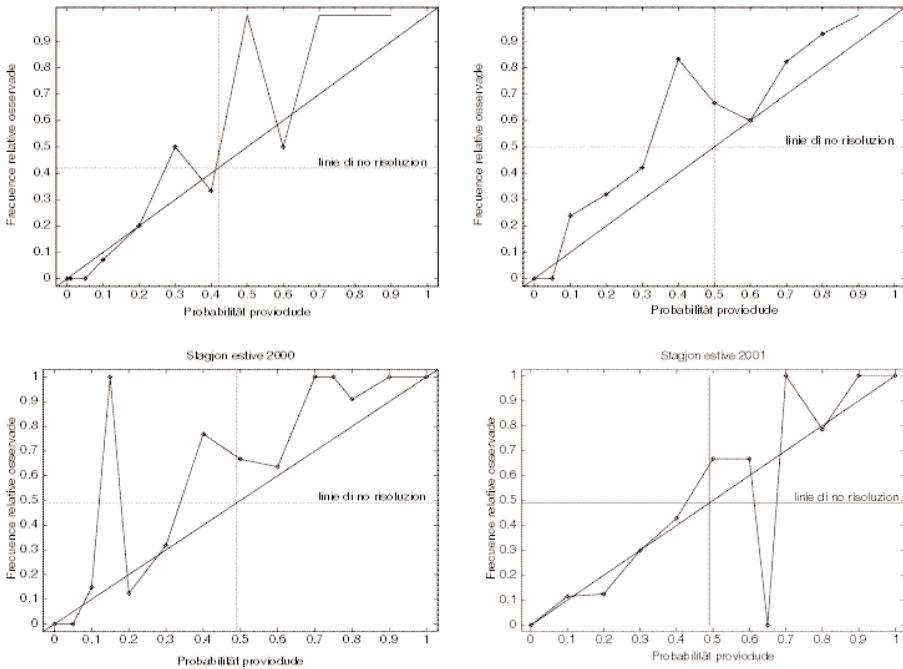


Figure 5. Il digram dai atribûts des previsioni sogjetivis par ogni istât tal periodi 1998-2001.

che il BIAS al è plui grant di un e la braure plui alte. Tratant lis *previsiones sogjetivis*, vie pe stagjon dal 1999, al è une vore facil che i previsôrs a sedin stâts influenzâts des analisis fatis su lis previsioni dadis l'an prime. Insom dal 1998 al jere stât dit che cuasi dutis lis previsioni, dadis vie pe istât, che a vevin une probabilitât dal 50% o plui grande, a vevin vût une frecuence osservade di 1. Specialmentri pe classe dal 50% (viôt la Figure 5 pal an 1998) al è clâr che si trate di une situazion di basse calibrizion. I previsôrs a vevin dit che gran part dai valôrs di 50% che a vevin dât a jerin chei di situazions une vore dificilis pe valutazion dal divignê dal timp. Ducj a vevin ricognossût che un punteç miôr si varès vût se si fos lassât pierdi lis classis dal 40%, 50% cirint di sfuarçâ il judizi viers classis plui estremis. Tal 1999 i previsôrs a àn sfuarçât il lôr judizi (chest si viôt inte Figure 6), ma masse situazions dificilis a àn dât percentuâls plui bassis dal 40% e chest al à puartât a une nete sotstime des zornadis cui temporâi. Tes analisis fatis plui indenant il probleme al è stât mostrât,

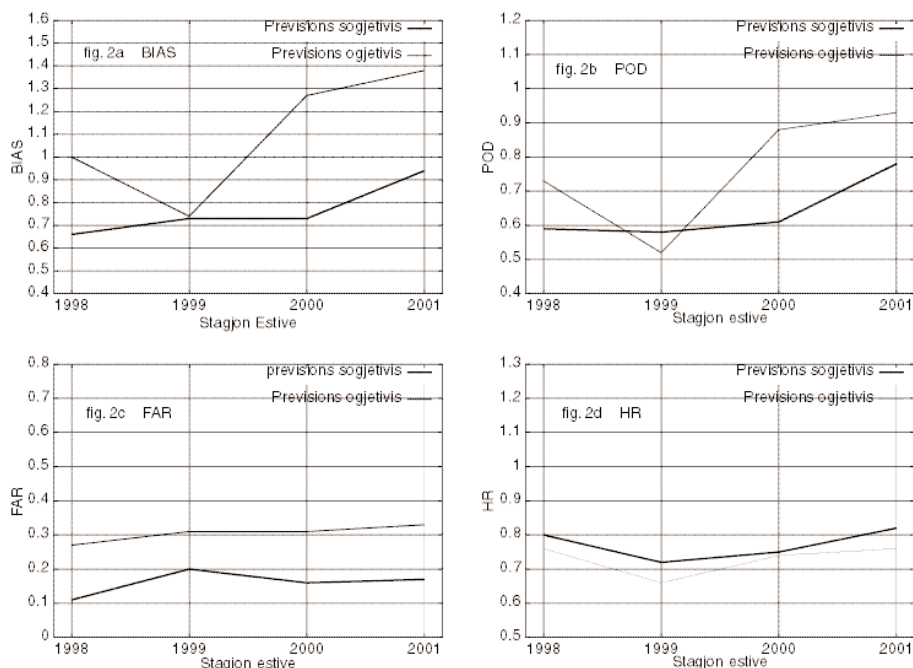


Figure 6. L'istogram des probabilitâts pes previsioni sogjetivis tal periodi 1998-2001.

a ogni mût i previsôrs a àn mantignût la buine idee di sfuarçâ la lôr prevision e chest si viôt intai istograms dai agns 2000 e 2001 (inte Figure 6). Il compartament che al è stât a pene descrit al è un esempi di efiet di *feedback* su lis previsioni che al ven prodot de lôr analisi. Se o lin a cjâlâ i bas valôrs di FAR des *previsiones sogjetivis* (Figure 2c) e lis grandis frequencis relativis osservadis intes classis che a àn un alt valôr de percentuâl dade, disin il 70%, 80% e 90%, al ven fûr che cuant che i previsôrs a crodin ce tant che e vegni une zornade cui temporài,alore chê e ven. Inte stesste maniere a cjapin lis previsioni cuant che a dan probabilitâts bassis e i temporài no vegnin. I fastidis a vegnin cuant che no son situacions di timp avonde claris e lis zornadis cui temporài no vegnin ricognossudis e pierdudis ridusint il POD. Par lâ in miôr cu lis previsioni i autôrs a consein di meti insiemit lis *previsiones ogjetivis* e *sogjetivis*, sarès a dî che i previsôrs a dan la lôr probabilitât che tal doman e sedi une zornade cui temporài cence cjâlâ l'indiç *coin*, po dopo se la lôr probabilitât

e je fûr dal interval [40%, 60%], la probabilitât e ven lassade chê che e je, se no a àn di lâ a cjâlâ l'indiç *coin* e la probabilitât e à di diventâ chê di une zornade cui temporâi (=50%) o cence temporâi (<50%) daûr che a son lis *previsions ogjetivis*. La probabilitât dade e vignarà cambiade daûr dal limit che al darà l'indiç *coin*, ma il gnûf valôr al reste simpri sot dal judizi dal previsôr. Previsions pusticis a son stadis fatis par sotinsiemits des stagjons estivis passadis doprant la regule che e je a pene stade spiegade, in particolâr lis indicazioni des *previsions ogjetivis* a son stadis trasformadis in probabilitât dadis dal 60% intal câs di zornade proviodude cui temporâi e dal 40% tal câs di zornade cence temporâi. La valutazion di chestis previsions pusticis e mostre un clâr meiorament intal POD e un acetabil aument dal FAR rispjet a chei che si àn cun previsions che a son dome *previsions sogjetivis* in plui si à ancje un aument dal HR; dut chest al puarte a plui alts, ancje se di pôc, valôrs dai ponts di braure di Heidke. Sigurementri la analisi des probabilitâts dadis no à sens parcè che l'algoritmi che al è stât doprât par modificâ lis probabilitâts dadis nol simule lis sieltis che l'om al pues fâ su la modifìche des probabilitâts stessis.

5. Zonte

5.1 I modei numerics e lis variabilis meteorologjichis. I modei numerics a son i struments plui potents par fâ lis modernis previsions dal timp. Essenzialmentri i modei numerics a son programs par calcoladôr, grancj e complicâts, doprâts par simulâ la evoluzion de atmosfere, cognossint il so stât presint e lis leçs che le regolin. Ven a stâi che no si pues riprodusi la atmosfere in dute la sô complessitât e continuitât, chest sisteme al è rapresentât su di une rêr tridimensionâl finide. In ogni pont di cheste rêr al è definît un insiemit di variabilis (e.g. temperadure, umiditât, velocitât e direzion dal aiar, e v.i.) cu lis sôs condizions di partence. Fat chest, lis variabilis a vegnin fatis evolvi seont lis leçs de fisiche e tignint in considerazion lis fuarçantis come la orografie, la gjeografie e la radiazion dal soreli. Il prodot dai modei numerics al è rapresentât di un insiemit di cjamps di variabilis fundamentâls mostradis a livei standard e a timps futûrs fissâts. Cognossint chescj valôrs, il previsôr al pues emeti lis sôs previsions dal timp.

Cualchi volte in meteorologjie al conven definî gnovis variabilis che, ancje se no son dongje a la comun sensibilitât des personis, a son utilis

par ridusi i timps par fâ i conts tai modei numerics o pûr a son une vore leadis ai fenomenis meteorologjics che si riferissin. Une di chestis variabilis e je la altece gjeopotenziâl H , definide a la distance h_1 dal centri de Tiere come:

$$H(h_1) = \frac{1}{9.80665} \int_0^{h_1} \Phi(z) dz \quad (m)$$

dulà che z e je la distance dal centri de Tiere, $\Phi(z)$ il potenziâl gravitazionâl de Tiere e 9.80665 e je la acelerazion di gravitât standard a la altece medie dal mâr. Cheste gnove variabil e je util parcè che lis massis di arie che si movin daûr des liniis dal stes gjeopotenziâl no gambiin la lôr energjie potenziâl mecaniche.

Une altre variabil doprade dispès in meteorologjie lavorant sui fenomenis convetîfs e je la temperadure ecuivalente potenziâl. Di fat, considerant une masse di arie, se si sta movint verticalmentri te atmosfere, e je par fuarce sogjete a une espansion (si môf di rive in sù) o a une compression (si môf di rive in jù), par chest e cambie la sô temperadure. Cun di plui, se la masse di arie no je secje, e pues cambiâ la sô temperadure intai moviments verticâi cuant che si à condensazion/evaporazion par vie dal calôr latent. Par chest mutîf, i fisics a àn introdusût une gnove variabil clamade temperadure ecuivalente potenziâl, che e je la temperadure che la masse di arie e varès se puartade jù al nivel dal mâr e sogjete a une complete condensazion dal vapôr di aghe. La formule doprade par rigjavâ la temperadure ecuivalente potenziâl θ_e e je cheste:

$$\theta_e = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{C_p}} e^{\left(\frac{Lw}{C_p T} \right)}$$

dulà che T e je la temperadure in grâts Kelvin, L il calôr latent di condensazion, w il rapuart di messedance (masse di vapôr di aghe par unitât di masse di arie secje), P_0 e je la pression al nivel dal mâr, P la pression de masse di arie, C_p il calôr specific de arie a pression costante e R la costante dai gâs. Se al puest de temperadure T si dopre la temperadure T_s , in corrispondence di cheste la arie e sarès sature, alore si rigjave la temperadure ecuivalente potenziâl sature θ_{es} . Chestis temperaduris a son une vore utilis intes analisis dal timp e tes previsionis parcè che a rindin faciù i confronts tra diferentis massis di arie a diferentis alticis e duncje il calcul de instabilitât.

5.2 *La funzion di densità di probabilitat unide des previsionis e des osservazioni.* La structure de funzion di densità di probabilitat empiriche unide des previsionis e des osservazioni 2x2, ven a stâi la funzion tipiche pes previsionis categorichis e je chê culî:

<i>Forecast</i>	<i>Observation</i>		
Yes	Yes	Not	(6)
Not	a	b	
	c	d	

a e je la frazion di câs la che l'event si è verificât e che al è stât proviodût ben. **b** e je la frazion di câs la che l'event no si è verificât ma al jere stât proviodût. **c** e je la frazion di câs la che l'event si è verificât ma nol jere stât proviodût. **d** e je la frazion di câs la che l'event no si è verificât e nol jere stât proviodût. **b** e **c** a son lis previsionis che a son sbaliadis parcè che lis osservazioni no son compagnis des previsionis, mentri **a** e **d** a son lis previsionis che a son ladis ben. A son une vore di parametris che a pue-din sedi calculâts de funzion di densità di probabilitat empiriche unide, che disot o mostrin dome chei che o vin doprâts in chest lavôr.

$$BIAS = \frac{a + b}{a + c}$$

Il *BIAS* al è il rapuart tra il numar dai events che a son stâs proviodûts e chei che a si son verificâts. Lis previsionis cun $BIAS = 1$ a son cence deviazions, se $0 = BIAS < 1$ lis previsionis a stimin mancûl events di chei che a son stâts, di chê altre bande se $BIAS > 1$ lis previsionis a stimin masse events.

$$POD = \frac{a}{a + c}$$

POD e je la probabilitat di cjapadis, che al sarès il numar di previsionis che al vegni l'event dividût pal numar di events che a son realmentri vignûts. Intal câs che $POD = 1$ ducj i events che a son vignûts a son ancje stâts proviodûts ben.

$$FAR = \frac{b}{a + b}$$

FAR, il rapuart dai fals alarms, e je la frazion di events che a jerin stâts proviodûts ma che no son vignûts. Valôr di *FAR* dongje di zero a son tipics di previsionis buinis, mentri grancj valôrs di *FAR* par solit si cjatin tes previsionis che a sorestimin il numar di events.

$$HR = \frac{a+d}{a+b+c+d}$$

La frazion di dutis lis cjapadis, HR, e calcole la part di previsionis che a son ladis ben su dutis lis previsionis che a son stadis fatis. Chest numar al ten cont sedi des previsionis dal event che a son ladis ben sedi chês che no proviodevin l'event e che a son ancje ladis ben. Tant di plui HR al è dongje di 1 tant di plui la cualitât des previsionis e je alte. Dal sigûr HR = 0 al vûl dî che lis previsionis a son dal dut sbaliadis.

La braure des previsionis e je stimade fasint il confront tra lis presta-zions des previsionis che si è daûr a studiâ cun des previsionis di riferiment. Par solit lis previsionis di riferiment a son chês che si fasin doprant la probabilitât climatiche che al vegni l'event o ancje chês che si fasin doprant proceduris a câs, ven a stâi che a son dutis previsionis che no si zovin di un judizi critic sul timp che al vignarà. Il confront al ven fat cussì:

$$SS = \frac{P - P_{ref}}{P_{perf} - P_{ref}}$$

i ponts di braure, SS, a son une misure de difference tra chel parametri P che al è stât sielzût pe valutazion des previsionis e il stes parametri ma calcolât pes previsionis di riferiment P_{ref} relatîf a la difference tra chel des previsionis perfetis P_{perf} e chel dal stes riferiment. I ponts di braure di Heidke al è un punteç che al ven definît sielzint come parametri la frazion di dutis lis cjapadis, viôt la ecuazion 3 intal articul.

5.3 *Scomposizion dai ponts di Brier*. Tignint presint la definizion dai ponts di Brier, viôt la ecuazion 4 intal articul:

$$BS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2$$

al è pussibil dividilu in plui components, Murphy (1973), e ognidune di chês e dipent di cualchî particolâr carateristiche des probabilitâts dadis. Chest al da il vantaç di podè gjavâ plui informazions su lis previsionis probabilistichis. La scomposizion e ven fate metint adun ducj lis n cubiis (y_j, o_j) di previsionis e osservazions in N classis che a dipindin di chel stes valôr di probabilitât dade $y_j, j \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$. Par ogni classe, \bar{o}_j la frequence relative osservade, e ven calcolade cussì:

$$\bar{o}_j = \frac{1}{m_j} \sum_{k=1}^{m_j} o_k(j)$$

$o_k(j)$ a son lis osservazioni inte classe che e dipent de probabilitât dade y_i e m_i ; al è il numar des osservazioni in chê classe. Dal sigûr al scugne sedi $n = \sum_{j=1}^N m_j$ e cun di plui la frecuece totâl dal event, che e sarès la frecuece climatiche dal event, e je:

$$\bar{o} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n o_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N m_j \bar{o}_j$$

Daûr des definizioni che a son stadis dadis culi di sore, la scomposizion dai ponts di Brier e je che ca:

$$BS = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N m_j (y_j - \bar{o}_j)^2 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N m_j (\bar{o}_j - \bar{o})^2 + \bar{o}(1 - \bar{o}) \quad (7)$$

Il prin tiermin inte bande gjestre de ecuazion 7 e je la component clamade *reliability*. La *reliability* e spieghe in curt la calibradure des previsionis che al sarès trop che ogni prevision dade e je dongje a la frecuece relative osservade \bar{o}_j . La *reliability* e scugne sedi dongje di zero pes previsionis buinis, pes previsionis perfetis la *reliability* e je zero. Il secont tiermin e je la risolucion. Cheste component e spieghe trop che lis previsionis a rivin a capî cuâi che a son i periodis la che la probabilitât che l'event si verifici e je diferente de probabilitât climatiche. In chest tiermin la probabilitât dade no je presinte, a ogni mût e je une funzion de probabilitât dade parcè che \bar{o}_j e dipint di jê. L'ultin tiermin al ven clamât *uncertainty* e al è un component dai ponts di Brier che nol dipint de abilitât dal previsôr, stant che al è funzion dome de probabilitât climatiche complessive. Chest tiermin al è simpri no negatîf e al à un massim par $\bar{o} = 0.5$. Intal câs che si vedi a ce fâ cun events râr $\bar{o} \approx 0$ se invezit a son une vore frequents $\bar{o} \approx 1$, il contribût de *uncertainty* ai ponts di Brier al è une vore piçul, ma par events che a àn una probabilitât climatiche dongje dal 50% il so contribût al è avonde, chest a vûl dî che si à une vore di incertece intal fâ lis previsionis che al vegni l'event.

Notis

¹ Dal 2002, i previsôrs dal ARPA-OSMER a puedin doprâ ancje un gnûf prodot dal ECMWF, clamât "previsions di insiemit", che al consist in

50 corsis dal stes model numeric otignudis cun 50 condizions di partence un pèl diferentis. In chest mût i previsôrs a puedin vè ancje une stime de robustece da lis previsionis numericis dovudis a lis incertecis des condizions di partence.