

VERIFIKACIJA NAPOVEDI VIŠINE BAZE OBLAKOV NA LETALIŠČU LJUBLJANA-BRNIK

VERIFICATION OF CLOUD-BASE HEIGHT FORECAST FOR LJUBLJANA AIRPORT

Boris ŽORŽ¹
(mentor Jože RAKOVEC²)

prispelo 20. julija 1999

sprejeto 22. novembra 2000

POVZETEK

Predstavljena je verifikacija napovedi višine baze oblakov na letališču Ljubljana-Brnik: preverili smo kakovost napovedi višine baze najnižje plasti oblakov v letaliških napovedih TAF, sestavljenih ob 10. in 16. uri v letih 1998 in 1999. Najprej je opisana metoda merjenja višine baze oblakov s ceilometri, nato pa potek oblačnosti nad letališčem Brnik od leta 1993 do 1999. Prikazan je dnevni potek količine, vrst in višine oblačnosti za toplejši in hladnejši del leta. Metoda za verifikacijo TAF-ov je povzeta po predlogu verifikacije TAF-ov v okviru TIPS (TAF Interactive Production System) in prirejena za razpoložljivo obliko podatkov. Predstavljeni so rezultati verifikacije napovedi višine oblakov za dve leti, pozimi, poleti januar in avgust, in to za napovedi, sestavljene ob 10. in 16. uri.

SUMMARY

The verification of cloud base forecasting at Ljubljana-Brnik airport is presented: it examines the quality of forecasts of the lowest layer of clouds height in TAFs, composed at 10 and 16 UTC in the years 1998 and 1999. The cloud base height measurements with ceilometers are described and a typical daily course of cloud type, amount and height for warmer and colder part of the year for Brnik airport in the years from 1993 to 1999 is given. The TAF verification method is based on the proposal for TAF verification within TIPS (TAF Interactive Production System) and is arranged for use with specific data that was available. The results of cloud base height forecast verification for two-year period, winter, summer, January and August, all this for forecasts, composed at 10 and 16 UTC, are presented.

¹ Boris Žorž, Hidrometeorološki zavod R Slovenije, Služba letalske meteorologije, Vojkova 1b, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, boris.zorz@rzs-hm.si

² Jože Rakovec, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, joze.rakovec@uni-lj.si

1 UVOD

Prikazana je verifikacija napovedi višine baze na letališču Brnik. Napoved višine baze oblakov sestavi prognostik s pomočjo različnih podatkov, napoved pa poda v obliki TAF (Terminal Airfield Forecast), ki se uporablja za potrebe letalstva. Ta vsebuje napoved več plasti oblačnosti in za vsakega poda višino in količino. Ker TAF obravnava oblačnost bolj natančno kot druge napovedi, so bili za verifikacijo napovedi višine baze oblakov izbrani prav TAF-i.

2 PODATKI IN METODA

Za verifikacijo napovedi so najbolj primerni tako imenovani long TAF-i, ki napovedujejo vreme za 18 ur naprej. Na Brniku take napovedi izdajajo dvakrat na dan, prvič ob 10^h, drugič pa ob 16^h. Prvi TAF za 18 ur velja od 18. ure istega dne do 12^h naslednjega dne, drugi TAF pa velja od 0 do 18^h naslednjega dne. Skupaj sta torej na razpolago dve napovedi višine baze oblakov na dan, za dve leti, 1998 in 1999.

Metoda za preverjanje napovedi višine baze oblakov je povzeta po predlogu za verifikacijo TAF-ov (Mahringer in Kerschbaum, 1998) v okviru TIPS. TIPS pomeni TAF Interactive Production System in je skupina, ki se ukvarja z avtomatsko generacijo in verifikacijo TAF-ov. Podatki o dejanskem vremenu, s katerimi bi preverjali napovedi, so posebej za letalstvo na razpolago na vsake pol ure. Kodirani so v METAR poročilih o vremenu na letališčih. Zaradi pomanjkanja poročil METAR sem metodo verifikacije priredil za uporabo s poročili SYNOP. Ker nimam drugih podatkov, verificiram le višino najnižjih oblakov.

Metoda TIPS preverja točnost napovedi tako, da napovedi in opazovanja razporedi v razrede, potem pa s posebno metodo preverja, ali sta za določen termin razreda enaka. Uporabljeni so kar enaki razredi kot v poročilih SYNOP, ki so pri tleh bolj podrobni, v višinah pa manj. Tako je npr. 0. razred: od 0 do 49 m, 1. razred: od 50 do 99 m, 2. razred: od 100 do 199 m, itd, tja do 8. razreda: od 2000 do 2499 m in 9. razreda: 2500 m in več. Napovedi CAVOK, SKC ali NSC so pri naši obdelavi prav tako uvrščene v 9. razred.

Način verifikacije napovedi je sorazmerno zapleten, saj upošteva napoved, verjetnost napovedi, prehode med dvema napovedima in prekrivanje večih napovedi za isti termin, tako da gredo nekatere napovedi skozi več verifikacijskih ciklov. Rezultati verifikacije se vpisujejo v kontingenčne tabele, iz njih pa se lahko izračuna posamezne indekse, ki pomagajo pri interpretaciji rezultatov.

Verjetnost dogodka (p(E)) je preprosto število opazovanj v nekem razredu, deljeno s številom vseh opazovanj. Tako dobimo relativni delež opazovanj po razredih.

Verjetnost odkritja (POD - Probability Of Detection) je določena kot število pravih napovedi, deljeno z opazovanji. Če je bila napoved popolna, je verjetnost odkritja enaka 1, če pa so bile vse napovedi napačne, je verjetnost odkritja enaka 0.

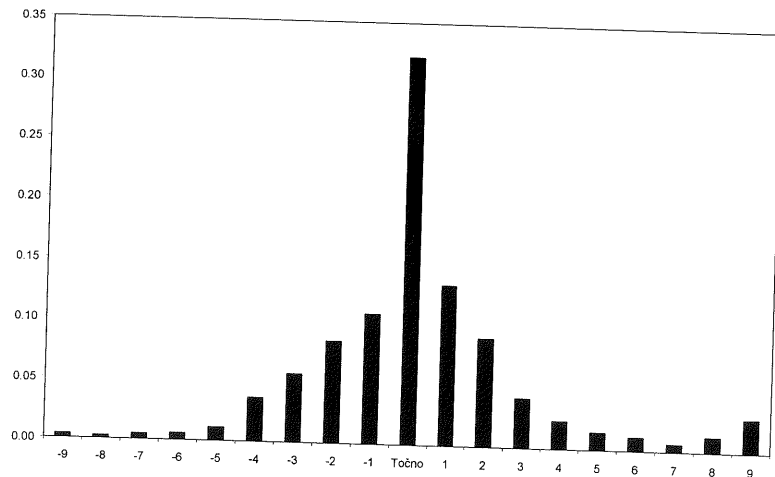
Pogostost lažnih alarmov (FAR - False Alarm Rate) je določena kot število neuspešnih napovedi, deljeno z vsemi napovedmi. Če so bili napovedani le lažni alarmi, je FAR enak 1, če pa ni bil napovedan noben, pa je FAR enak 0.

Indeks TSS (True Skill Statistic) dobimo, če od pravilne napovedi, deljeno z vsemi opazovanji, odštejemo število neuspešnih napovedi, deljeno s številom dogodkov, ko ni bilo

opazovanj v tem razredu. TSS se lahko giblje med -1 in 1. Če je TSS negativen, to pomeni, da je napoved slabša kot lahko pričakujemo po klimatologiji, če pa je pozitiven, pa je napoved boljša kot lahko pričakujemo po klimatologiji.

3 REZULTATI

Rezultati verifikacije kažejo, da napovedi niso enako dobre čez vse leto, ampak da so poleti precej boljše kot pozimi. To velja tako za napovedi, sestavljene ob 10^h, kot za tiste, sestavljene ob 16^h. To nakazujeta že najboljši in najslabši mesec po uspešnosti napovedi, saj so bile le-te najboljše v avgustu, najslabše pa v januarju. Podobna slika je zato tudi pri kakovosti napovedi v različnih letnih časih. Pri napovedih, sestavljenih ob 10. uri, denimo, je bilo poleti točnih 37% napovedi, pozimi pa le 28%. Pozimi je bilo nekoliko manj napovedi, ki so predvidevale za nekaj razredov višjo bazo oblakov kot je dejansko bila, poleti pa manj takih, ki so predvidevale za nekaj razredov nižjo bazo. Velika razlika je tudi pri odstopanjih opazovanega razreda višin od napovedanega za 8 oziroma 9 razredov, kjer je pozimi kar precejšnje število napovedi, skupaj kar okoli 10%. Pojavijo se zato, ker je bila napovedana megla ali nizka oblačnost, ki pa bodisi ni nastala bodisi se je prekmalu razkrojila, nad njo pa je bilo jasno nebo ali pa so bili oblaki višji od 2500 m. Rezultat je tako veliko odstopanje napovedi od opazovanj.



Slika 1. Odstopanje opazovanega razreda višin od napovedanega za vse napovedi ob 10. uri. Negativni razredi pomenijo precejšnje, pozitivni razredi pa podcenjeno višino.
Figure 1. Frequency distribution of deviations of forecasted class of cloud-base heights from the observed ones for 10 a.m. forecasts. Negative classes contain overestimated, while positive classes contain cases of underestimated heights.

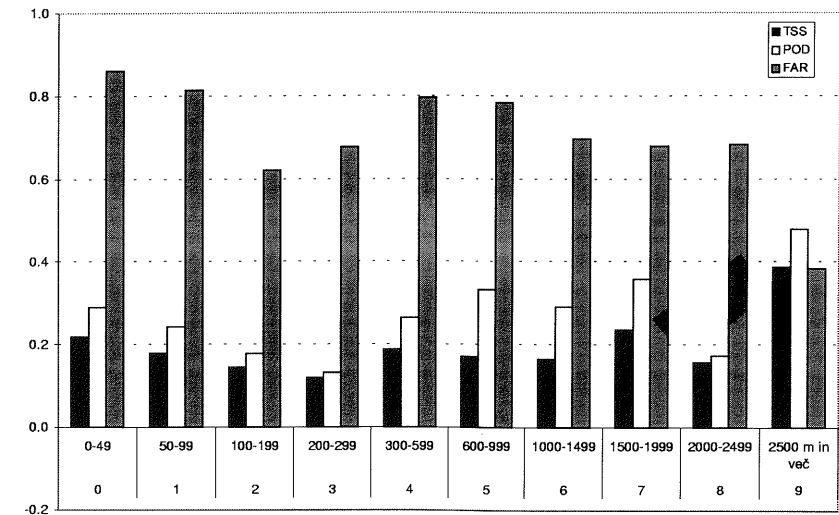
Odstopanje opazovanega razreda višin od napovedanega za vse napovedi ob 10. uri. Negativni razredi pomenijo, da je bila napovedana višina precejšnja in da je bila dejanska višina baze za določeno število razredov manjša, pozitivni razredi pa, da je bila višina podcenjena.

Tudi pri napovedih ob 16. uri so razmere zelo podobne, razlika je le v deležih posameznih razredov. Tako je še večja razlika med točnimi napovedmi poleti in pozimi, saj je bilo pozimi točnih 31%, poleti pa že 43% napovedi, torej je razlika za 12%. Še večje razlike so

med napovedmi za januar in avgust, ki sta najslabši in najboljši mesec po uspešnosti napovedi. Avgusta je bilo namreč uspešnih skoraj 44% napovedi, medtem ko je bilo januarja le 23% napovedanih višin oblakov v istem razredu kot kasnejša opazovanja.

Kar se tiče kakovosti napovedi za posamezne razrede višin baze oblakov, so med poletnimi in zimskimi meseci razlike. Pozimi je namreč precej več nizkih oblakov kot poleti in zato je poleti napoved prvih nekaj višinskih razredov, recimo do višine 300 m, nekoliko slabša. Precej boljše so napovedani nekoliko višji razredi, kjer se verjetnost pravilne napovedi približa 50%. Pozimi so napovedi slabše kot poleti, nekoliko boljše pa so napovedani nižji oblaki, pri višjih pa so rezultati zelo odvisni od razreda, saj napovedi nihajo v kvaliteti. Izjema je le 9. razred z višinami baz nad 2500 m, kjer so tudi pozimi dobri rezultati. Vzrok je to, da je pozimi precejšnje število jasnih dni, ko je napoved višin oblakov precej lažja kot na primer pri pojavu ali razkroju megle.

Značilna za zimske mesece je tudi velika količina lažnih alarmov, torej da je bila višina oblakov napovedana za nek razred, pa se napoved ni uresničila. Vrednosti se v glavnem gibljejo okoli 0,8, torej je bilo okoli 80% napovedi napačnih. Poleti so vrednosti nekoliko nižje, vseeno pa so pri nekaterih višinskih razredih vrednosti zelo visoke.

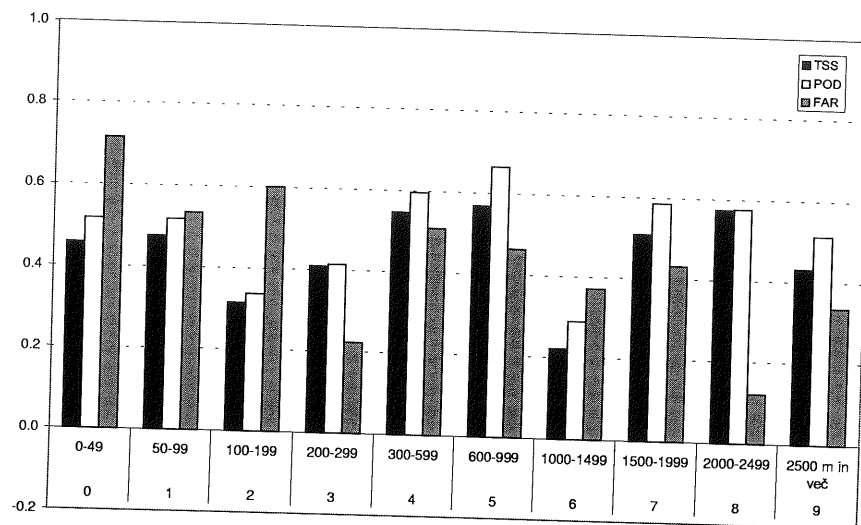


Slika 2. Tri merila za uspešnost napovedi. Verifikacija je bila narejena za dve leti napovedi, sestavljenih ob 10. uri. Značilna je velika stopnja lažnih alarmov in dokaj slaba verjetnost odkritja.
Figure 2. Three indexes of successfulness of forecast (POD - Probability Of Detection, FAR - False Alarm Rate, TSS - True Skill Statistic) for forecasts at 10 a.m. Note high FAR and low POD values.

Splošna ugotovitev je torej, da so poleti napovedi višin baze oblakov bolj zanesljive kot pozimi. V nekaterih razredih so pozimi rezultati sicer boljši, vendar je poleti v teh razredih relativno malo napovedi in rezultati so zato zelo občutljivi na nekaj neuspešnih prognoz.

Če pogoje za uspešnost napovedi višine baze oblakov nekoliko omilimo, se pravi, da dopustimo, da se napovedana višina baze od dejansko opazovane razlikuje za en višinski razred, povsod dobimo precej boljše rezultate. Razlog za to je, da se je lahko opazovana višina baze le za malo razlikovala od napovedane, pa je bila uvrščena v sosednji razred, kar

se je prej štelo za napačno napoved, tako pa je še pravilna. S tem se zraven dobi še precej napovedi iz sosednjih razredov, kar pa bistveno popravi uspešnost napovedi.



Slika 3. Kot slika 2, toda tu štejemo napako za samo en razred kot uspešno napoved. Stopnja lažnih alarmov je sedaj precej nižja, verjetnost odkritja pa višja.
Figure 3. As figure 2, but here an error for only one class is counted as successful forecast. Note substantially lower FAR and higher POD values

To se posebej pozna pri nižjih višinskih razredih, ki imajo zelo majhno širino in je torej tam treba zelo natančno napovedati višino baze. Z upoštevanjem sosednjega razreda se lahko tu za nekajkrat poveča območje višine baze oblakov in posledično se tudi napoved precej izboljša. Podoben rezultat bi lahko pričakovali, če bi povečali območje razredov. Najbolj objektivno bi bilo, če bi bili vsi razredi enako veliki, vendar zaradi oblike podatkov, ki so nam bili na voljo, to ni bilo mogoče.

Zanimivo si je tudi pogledati kakovost napovedi ob dveh različnih terminih. Ob 10. uri se izdaja prognoza, ki velja od 18. ure do 12. ure naslednjega dne, ob 16. uri pa za naslednji dan od polnoči do 18. ure. Tema dvema napovedima je skupno to, da pričneta veljati 8 ur po izdaji, obe pa tudi napovesta vreme od 0^h do 12^h. Razlika med njima je v tem, koliko podatkov ima prognostik na voljo oziroma koliko ga je uspel pregledati, in pa to, da enkrat napoveduje vreme zvečer, drugič pa popoldne. Primerjava rezultatov verifikacije napovedi pokaže, da so prognoze ob 16. uri boljše kot ob 10^h. To velja tako za posamezne mesece kot za letne čase in posledično tudi za vse napovedi skupaj. Če preverimo uspešnost vseh napovedi v obdobju dveh let, izdanih ob 10. uri, lahko ugotovimo, da jih je bilo povsem točnih 32%, pri izdanih ob 16. uri pa nekoliko več, namreč 36%.

Napovedi, sestavljene ob 16^h so skoraj vedno boljše od tistih, ki so jih pripravili ob 10^h, pa naj gre za verjetnost odkritja ali za lažne alarme. Ker skoraj enake rezultate dobimo tudi pri primerjavi najboljših in najslabših napovedi ter pri napovedi za različne letne čase, lahko nedvoumno zatrdimo, da so tiste ob 16^h boljše od napovedi ob 10^h. Vzroka za to sta lahko

dva. Prvi je ta, da je mogoče nekoliko lažje napovedovati višino oblakov v popoldanskem času kot zvečer, ta del dneva pa spada v prognozo ob 16. uri. Drugi razlog bi lahko bil napoved oblakov oziroma megle v jutranjem času, kar je zelo zahtevno opravilo. Ob 16^h ima prognostik več podatkov, ki jih lahko uporabi za svojo napoved, pa tudi več časa že spremlja vreme in ima nad njim boljši pregled, zato so tudi napovedi lahko boljše.

4 SKLEP

Višine baze oblakov je očitno dokaj težko napovedati, saj rezultati niso preveč dobri. Nekoliko boljše razmere so v poletnih mesecih, pozimi pa so rezultati dokaj skromni. Napovedi, pripravljene ob 16^h, so boljše od napovedi, ki jih pripravijo ob 10^h, kar je verjetno posledica napovedi za nekoliko različna termina in pa več podatkov, ki jih ima na voljo prognostik.

LITERATURA

- Bradbury, T., 1996: *Meteorology and Flight, A pilot's guide to weather*, Second edition, A&C Black, London.
- Brnik, 1998-1999: *Napovedi TAF*, HMZ, Služba letalske meteorologije, Brnik
- HMZ, 1993-1999: *Poročila SYNOP*, Arhiv HMZ RS
- Mahringer, G. in Kerschbaum, M., 1998: *Principles and Algorithms for TAF Verification within TIPS*, <http://projects.dnmi.no/~tips/>
- WMO, 1996: *Aerodrome reports and forecasts: A user's handbook to the codes (revised edition)*; Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva. ii + 68 pp.