



TIETOKONESÄÄTIETOA

Laura Rontu, Meteorologinen tutkimus/Ilmatieteen laitos

12. huhtikuuta 1999

Tässä paketissa on tietoa ja kuvitelmia sään ennustamisesta tietokoneella

Sisältö:

HIRLAM, Richardson ja tulevaisuus
(*Puhuri 1/1999*)

Tietokone säänennustajana I-III
(*Ilmastokatsaus, tammi-, helmi- ja maaliskuu, 1999*)

HIRLAM, RICHARDSON JA TULEVAISUUS

HIRLAM ei kuullosta tippaakaan tulevaisuudelta. Nimikin on latteaa kuin pannukakku: **HIgh Resolution Limited Area Model**. Tällaisten lyhytaikaisia sääennusteita tuottavien rajatun alueen mallien ylläpito kuului Ilmatieteen laitosten lakisääteisiin tehtäviin jo parikymmentä vuotta sitten.

Lyhyitä ennusteita

Big whirls have little whirls,
That feed on their velocity;
And little whirls have lesser whirls,
And so on to viscosity.¹

Neljä kertaa vuorokaudessa HIRLAM ryntää ilmakehän loputtoman liikkeen ja vuorovaikutusten keskelle. Se rajaa itselleen palan maapalloa, kahmaisee alkutilakseen saatavilla olevat tiedot ilmakehästä ja ryhtyy töihin toivoen, että joku muistaa kaiken aikaa syöttää sitä reunoilta. Malli aikoo tehdä lyhyen ajan ennusteen eli kuvata alueensa ilmakehän koko tilan kahden vuorokauden päästä.

HIRLAM ei ymmärrä ilmakehästä yhtikäs mitään. Se ei osaa luoda ensimmäistäkään käsitettä eikä teoriaa. Se vain loikkii, typerästi laskea roskuttaen, ajanhetkestä toiseen. Oikeastaan se ei edes laske itse, vaan komentaa tietokonetta. Kun nappia painetaan, kattila alkaa kiehua: kaikki mallin yhtälöt alkavat hyrrätä yhtä aikaa. Kaikki liikkeet ja vuorovaikutukset kytketään kerralla mukaan. Sitten toivotaan, että ne toimisivat suurinpiirtein samoin kuin ilmakehässä itsessään.

Kattilan äärellä istuvat käyttäjät. He odottavat saavansa sopasta huomisen lämpötilan Pelloon ja sateen olomuodon Helsinkiin. Omituista kyllä, tämä usein onnistuu. Toisinaan ei, ja silloin nälkäiset käyttäjät murisevat. Päivystävät meteorologit ja tilastotieteilijät ryhtyvät korjaamaan mallin ennustetta.

Pitkiä ennusteita

Englantilainen matemaatikko ja meteorologi L.F.Richardson teki maailman ensimmäisen numeerisen sääennusteen. Hän kehitti laskumenetelmää ollessaan ambulanssinkuljettajana ensimmäisessä maailmansodassa. Richardson haaveili myös tulevaisuuden ennustetuotannosta: salista, jossa laskunjohtaja huolehtii yhtälöistä, sadat laskuapulaiset laskevat kukin oman osansa, ja pikalähetit juoksuttavat tuloksia ja ohjeita. Etusivun kuva on taiteilija A.Lannerbackin käsitys Richardssonin ennustetehtaasta²

Tulevaisuudessa HIRLAM-malli kuuluu joka kodin keittiöön. Mallia ajetaan itse, Ilmatieteen laitos toimittaa - maksua vastaan - tarvittavat havainnot ja reunaehdot. Huomisen ennuste valmistuu sillä aikaa kun perhe syö illallista.

Tulevaisuuden meteorologit jakaantuvat kahteen osaan: mallinkehittäjiin ja valistajiin. Mallinkehittäjät kehittävät HIRLAMia. Valistajat kiertävät televisiossa, kouluissa ja perheenmäntien HIRLAM-illoissa opettamassa malliasioita: *“Kun laskette vortisitiadvektiota, muistakaa käyttää sellaista advektioskeemaa ja horisontaalidiffuusiota, että enstrofia kulkee suuresta skaalasta pienempään k^{-1} -kaltevuuden mukaan eikä pysähdy seitsemänteen aaltolukuun.”* Valistajat pitävät esitelmiä myös meteorologian ja ilmakehän yleisen kiertoliikkeen perusteista.

¹ L.F.Richardson

² lainattu: L. Bengtsson, *ECMWF*, 1984

Ennusteiden osuvuudesta

HIRLAMin lyhyet ennusteet vaikuttavat kohtalaisen järkeviltä, kun niitä verrataan havaintoihin. Richardsonin tulevaisuudenkuvaa sopii verrata sääennusteiden laskentaympäristöön nykyajan supertietokoneissa. Mitä mahtavat ensi vuosituhanen asukkaat voivat tuumia esitetystä HIRLAM-tulevaisuudenkuvasta ...

Taitaisi olla viisainta uskoa viime vuosisadan huomattavaa tiedemiestä ja jättää tulevaisuuden keittiön reseptit laatimatta³. Siinä keittiössä puuhaavat sen ajan asiantuntijat, jotka tietävät paremmin mitä pitää tehdä. Meidän aikamme tutkijan pitäisi sensijaan ymmärtää historiaa ja oman aikamme asioita kunnolla. Ohjeeksi sopii: "Epäile kaikkea"⁴.

Meidän pitää tuntea ilmakehän ominaisuudet ja dynamiikka. On osattava rakentaa käsitteitä ja teorioita ja tehdä niistä mallin yhtälöitä. Tarvitaan myös laskennan teoriaa: miten tietokonetta komennetaan. Mikään ei ole käytännöllisempää kuin hyvä teoria⁵.

Voi olla, että hyvä teoria tuottaa tulevaisuudessa parempia lämpötilaennusteita Pelloon ja parempia lumisade-ennusteita Helsinkiin.

Tietokone sääennustajana I-III
(*Ilmastokatsaus, tammi-, helmi- ja maaliskuu, 1999*)

TIETOKONE SÄÄNENNUSTAJANA (osa I)

Maapallo kiittää avaruudessa akselinsa ympäri pyörien. Planeetan rosoisen pinnan täyttävät vesi ja vuoristot, metsät ja aavikot, ympärillään ilmakehän ohut kerros. Tuo kerros on täynnä liikettä, virtauksia ja olomuodon muutoksia. Niistä syntyvät sää ja ilmasto, joiden keskellä ihmiset elävät ja joiden ymmärtämisestä he ovat aina haaveilleet.

Vuosisadan alun norjalainen teoreettinen fyysikko Vilhelm Bjerknes teki meteorologiasta tiedettä. Hänen aloitteestaan säähavaintoja lähdettiin tarkastelemaan klassisen virtausmekaniikan peruslakien valossa. Kaksikymmentäluvulla Jacob Bjerknes (Vilhelmin poika), Halvor Sohlberg, Tor Bergeron ja muut norjalaisen koulukunnan meteorologit loivat liikkuvan matalapaineen mallin. Synoptinen analyysi oli syntynyt. Norjalaisten luoman teorian ja menetelmien avulla tämänkin päivän meteorologit yhä hahmottelevat järjestystä sääkartan merkintöihin: löytävät matalapaineen keskukset, rintamat ja niihin liittyvän sään sekä arvioivat lähiajan sään kehitystä.

Vilhelm Bjerknes lähestyi sään ongelmaa toiseltakin suunnalta. Hän ehdotti, että säätä ennustettaisiin ratkaisemalla suoraan virtausmekaniikan perusyhtälöt. Alkutilana käytettäisiin säähavaintoja. Vilhelm Bjerknesin ideoita kehitti ja sovelsi englantilainen matemaatikko ja meteorologi Lewis Fry Richardson. Samoihin aikoihin kuin norjalaisten syklonimalli ilmestyi, hän rakensi maailman ensimmäisen numeerisen sääennustusmallin ja laski sillä ennusteen Keski-Eurooppaan.

Richardsonin vasta myöhemmin kuuluisaksi tullut ennuste epäonnistui perusteellisesti. Hänen Keski-Eurooppaan laskemansa ilmanpaineen muutos oli 145 hPa kuudessa tunnissa, kun se tavallisesti olisi tuossa ajassa muutamia hehtopascaleita. Epäonnistuminen ei johtunut siitä, että menetelmä olisi ollut

³ K.Marx

⁴ Akateemikko Erik Palmén

⁵ G.W.F.Hegel

väärä. Tuohon aikaan ei vain tiedetty, että säähavaintojen pienet epätarkkuudet kasvavat laskennan aikana valtaviksi, jos havaintoja ei heti ennusteen alussa soviteta toisiinsa ja laskentamenetelmään.

Richardson haaveili tulevaisuuden laskennasta: suuresta salista, jossa laskunjohtaja huolehtii yhtälöistä, sadat laskuapulaiset laskevat kukin oman osansa, ja pikalähetit juoksuttavat tuloksia ja ohjeita. Vasta tietokoneiden kehitys toisen maailmansodan jälkeen teki todella mahdolliseksi sään laskemisen fysiikan perusyhtälöistä. Nykyiset sääennusteet perustuvat suurimmalta osaltaan tietokonemallien tuloksiin.

Ilmakehän virtaukset ja fysiikan peruslait

Ilmakehän ja merten virtaukset saavat energiansa auringon säteilystä. Maan ja meren pinta, ilmakehän kaasut ja pilvet imevät itseensä säteilyä. Maan ja meren pinta lämpenevät. Lämpöä siirtyy alustasta ilmakehään. Kevyt lämmin ja kostea ilma nousee: syntyy pystyvirtauksia ja pilviä. Mutta maapallo pyörii kallellaan ja lämpenee siksi epätasaisesti.

Lämmityserot synnyttävät ilmanpaineen eroja. Niistä saavat alkunsa vaakasuuntaiset ilmavirtaukset, tuulet. Pyörivällä maapallolla syntyy liikkuvia matala- ja korkeapaineita. Ne kuljettavat energiaa päiväntasaajan läheisiltä alueilta napoja kohti. Meidän leveysasteillamme sään muutokset liittyvät näihin liikkuviin häiriöihin.

$$\frac{du}{dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + fv = \mathbf{F}_x$$

$$\frac{dv}{dt} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - fu = \mathbf{F}_y$$

$$0 = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

$$c_v \frac{dT}{dt} + p \frac{d\rho^{-1}}{dt} = \mathbf{Q}$$

$$\frac{dq}{dt} = \mathbf{S}$$

$$\frac{dCCC}{dt} = \mathbf{P}$$

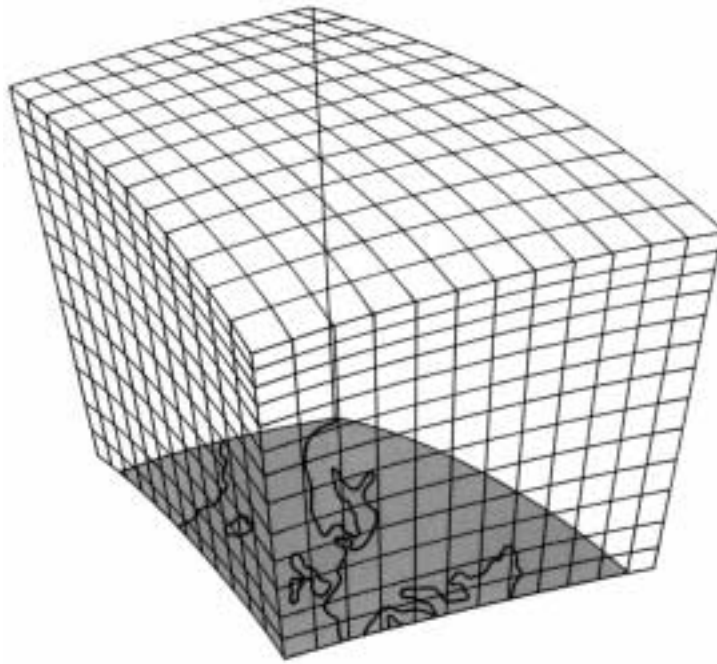
$$\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt} = - \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

$$p = \rho RT$$

Kuva 1: Mallin perusyhtälöt

Ilmakehän liikkeitä hallitsevat yleiset liikemäärän, energian ja massan säilymisen lait. Ne voidaan kirjoittaa osittaisdifferentiaaliyhtälöiden muotoon (kuva 1). Kuvassa on esitetty liikeyhtälöt, hydrostaatiikan perusyhtälö, termodynamiikan ensimmäinen pääsääntö, kosteuden ja pilvi veden sekä massan jatkuvuusyhtälöt, viimeisenä ideaalikaasun tilanyhtälö. Varsinaisia mallin muuttujia ovat tässä tuulen länsi- ja eteläsuuntaiset komponentit (u ja v), lämpötila (T), kosteus (q), pilven vesisisältö (CCC) sekä ilmanpaine (p). Lihavoidut symbolit yhtälöiden oikealla puolella kuvaavat eri suureiden lähteitä ja nieluja.

Yhtälöissä kukin muuttuja riippuu ajasta ja paikasta. Yhtälöryhmän ratkaisu ei onnistu puhtaasti matematiikan teorioiden avulla. Tarvitaan tietokoneita, joiden avulla saadaan mahdollisimman tarkka likimääräinen ratkaisu. Ratkaisua varten jatkuvat yhtälöt pitää diskretisoida eli muuttujat esittää hilassa (kuva 2),



Kuva 2: Mallin kolmiulotteinen hilaruudukko

eräänlaisessa paikkaruudukossa, eri ajanhetkinä. Ratkaisuun tarvitaan lisäksi suureiden alku- ja reuna-arvoja.

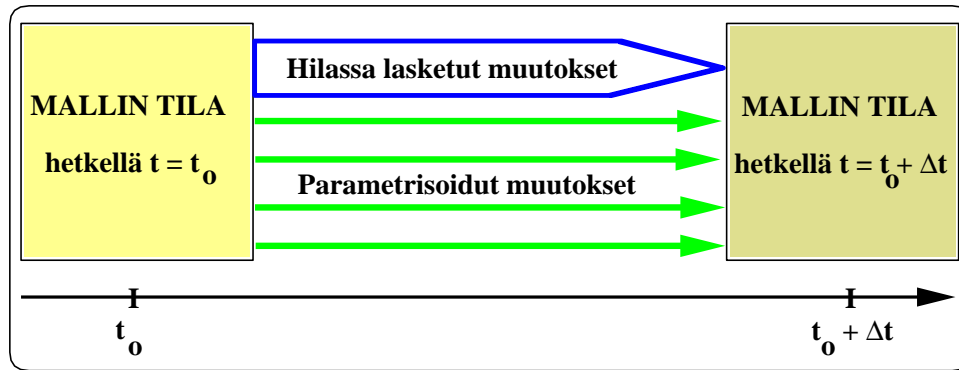
Kirjoituksen seuraavassa osassa kerrotaan tarkemmin ennustemallin ratkaisumenetelmästä, lähteistä ja nieluista sekä alku- ja reuna-arvoista.

TIETOKONE SÄÄNENNUSTAJANA (osa II)

Kirjoituksen ensimmäisessä osassa kerrottiin periaatteesta, jolla tietokonemalli ennustaa säätä. Se ratkoo virtausopin perusyhtälöitä käyttäen alkutilana säähavaintoja. Käsiteltävät arvot jaetaan kolmiulotteiseen hilaan ja suureiden muutokset lasketaan ajanhetki kerrallaan.

Perusyhtälöitä ratkottaessa osa muutoksista voidaan laskea suoraan, mutta osa ilmiöistä on liian pieniä mallin hilassa laskettaviksi. Yhtälöissä esiintyvät lähteet ja nielut pitää kuvata tarkemmin ja liittää ne epäsuorasti mallin perusmuuttujiin. Tätä sanotaan parametrisoinniksi. Kuvassa 3 esitetään miten ennustusmalli loikkii ajanhetkestä toiseen ratkoen yhtälöitä ensin ilman lähteitä ja nieluja ja sitten lisäten näiden vaikutuksen.

Ensimmäisissä numeerisissa sääennustusmalleissa parametrisointeja ei juuri ollut. Silti suuren mitatakaan virtausoloista saatiin kohtalainen käsitys. Meteorologi tulkitsi mallia kokemuksensa ja uusien



Kuva 3: Malli siirtyy aika-askeleesta toiseen

havaintojen avulla, vaikkapa: jos virtaus viiden kilometrin korkeudella maapinnasta näytti tuollaiselta ja pintapaine tällaiselta, huomenna oli sadetta odotettavissa. Nykyiset mallit pyrkivät ennustamaan yleisten virtausolojen lisäksi myös maanpinnan läheisen kerroksen säätä: tuulta, lämpötilaa, kosteus- ja sadeoloja sekä ilmapaineen muutoksia. Siksi lähteiden ja nielujen kuvaus mallissa on tullut tärkeämmäksi.

Ilmatieteen laitoksen lyhyiden sääennusteiden HIRLAM-mallissa parametrisoidaan lämmön ja kosteuden kulku maassa, maanpinnan ja ilmakehän vuorovaikutus, tiivistymis- ja sadeprosessit sekä säteilyn kulku ilmakehässä.

Parametrisointi eli lähteet ja nielut

Ilmavirtausten liikevoima on kokonaan peräisin auringon säteilystä. Ilman molekyylit ja hiukkaset, pilvet ja maanpinta imevät ja heijastavat auringon säteilyä. Ne myös lähettävät oman lämpötilansa mukaista pitkäaaltoisäteilyä takaisin avaruuteen. Tärkeintä sään kannalta on laskea oikein maanpinnan säteilytase: tulevan ja lähtevän säteilyn summa. Mallin säteilyparametrisointi pitää huolta säteilylaskelmista.

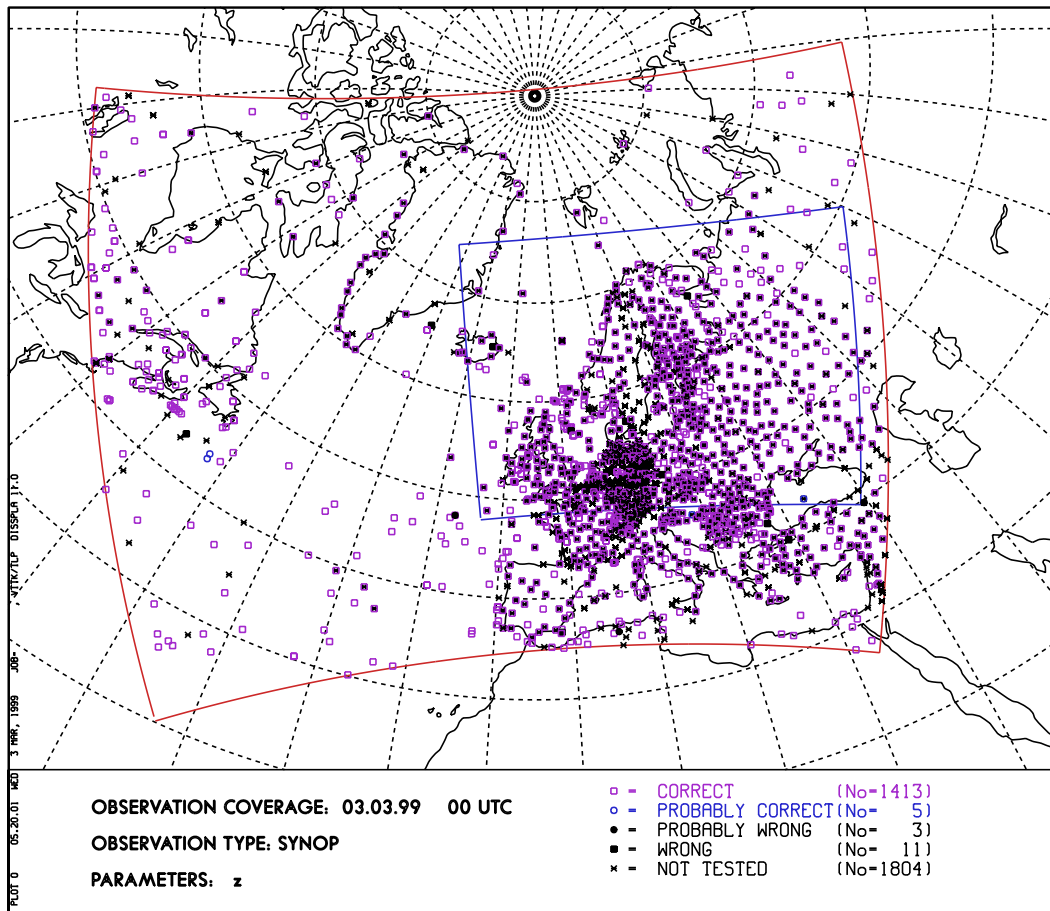
Maanpinnan lämpötilaan vaikuttavat säteilytase ja lämmön kulku maan sisässä sekä ilmakehän alimassa kerroksessa. Sade ja haihtuminen sekä kosteuden siirtyminen maan sisässä määräävät pinnan kosteuden ja lumipeitteen kehityksen. Pintaparametrisointien ohjelma laskee näitä asioita. Laskelmiin tarvitaan myös tietoa meren pintalämpötilasta ja jääpeitteestä. Mallin pitää tietää pinnanmuodoista - vuorten korkeuksista, vesien ja metsien osuuksista. Siksi malliin kuuluu suuri maanpintatietojen tietokanta.

Ilmakehän alin kilometrin tai parin korkuinen kerros, jota kutsutaan ilmakehän rajakerrokseksi, vuorovaikuttaa maanpinnan kanssa. Rajakerroksessa lämpöä, kosteutta ja liikettä siirtyy pyörteinä pinnasta ylemmäs ilmakehään. Pyörteiden omaisuuksia voidaan arvioida, kun tunnetaan lämpötilan, kosteuden ja tuulen pystyjakauma. Mallin turbulenssiparametrisointi käsittelee näitä rajakerroksen pyörteitä.

Pilvet syntyvät ilmakehässä kun vesihöyry tiivistyy pilvipisariksi. Yleensä näin käy, kun ilma nousee ja jäähtyy laajentuessaan. Nousuvirtauksia syntyy säärintamiin tai auringon lämmittämään rajakerrokseen. Koska kylmään ilmaan mahtuu vähemmän kosteutta, pilvipisaroita syntyy tiivistymisytimien, ilmakehän hiukkasten ympärille. Suotuisissa oloissa pisarat voivat kasvaa ja tulla liian isoiksi leijuakseen ilmassa. Isot pisarat putoavat sateena maahan. Tiivistymisparametrisoinnit kuvaavat pilvien ja sateen synnyn mallissa.

Alkutila ja reunat

HIRLAM-ennustusmallia ajetaan Ilmatieteen laitoksessa kahdella rajatulla alueella (kuva 4). Isomman alueen mallissa hilapisteiden väli on 44, pienemmän 22 kilometriä. Pystytasoja malleissa on 31 ja ne ulottuvat maanpinnan tasolta ilmakehän ylärajalle (käytännössä noin 30 km korkeuteen). Laskentapistettä kummassakin mallissa on yhteensä noin 840 000. Laskennan aika-askel on isossa kolme, pienessä kaksi minuuttia. Kummallakin mallilla lasketaan kahden vuorokauden ennusteita.



Kuva 4: HIRLAM-mallin laskenta-alueet ja esimerkki pintahavaintojen jakaumasta

Laskentaa varten malli tarvitsee alku- ja reuna-arvot. Alkuarvot saadaan havainnoista: luotauksista, pintahavainnoista, satelliitti- ja lentokonemittauksista. Kuvassa 4 on esimerkki yhden päivän pintahavainnoista. Laskennan aluksi epätasaisesti jakautuneet havainnot pitää jakaa mallin säännölliseen hilaan. Lisäksi ne pitää sovittaa toisiinsa ja mallin yhtälöihin - asia, joka jäi Richardsonilta 1920-luvun historiallisessa ennusteessa tekemättä. Näistä valmistelutöistä huolehtivat mallin analyysi- ja initialisointiohjelmistot. Ne ajetaan ennen kuin ennusteyhtälöitä ryhdytään ratkomaan.

Iso HIRLAM-ajo saa ennusteen laskennan aikana käyttävät reuna-arvot Euroopan keskipitkien sääennusteiden keskuksen (ECMWF) mallista. Pieni HIRLAM-ajo käyttää ison alueen ennusteita reunoina. Reunojen käsittelyyn ja sovitukseen liittyy aina virheitä, jotka mallin ajon aikana siirtyvät virtauksen mukana keskemälle malliin. Siksi reunat pyritään pitämään mahdollisimman kaukana alueilta, joilla ennustetta varsinaisesti tarvitaan.

Kirjoituksen viimeisessä osassa käsitellään ennusteen laskentaan tarvittavia tietokoneresursseja, kerrotaan tietokone-ennusteiden käytöstä ja arvioidaan tulosten luotettavuutta.

TIETOKONE SÄÄNENNUSTAJANA

(osa III)

Kirjoituksen toisessa osassa kerrottiin tietokone-ennusteen laskennasta, pienten ilmiöiden parametrisoinnista sekä alku- ja reuna-arvoista. Malli loikkii aika-askeleesta toiseen ratkoen perusyhtälöitä ja lisäksi laskentaan pienten ilmiöiden vaikutuksen. Alkuarvot saadaan säähavainnoista ja reuna-arvot suuremman alueen mallin ennusteesta.

Laskennan haasteita

Laskettaessa Ilmatieteen laitoksen HIRLAM-mallilla kahden vuorokauden sääennustetta Pohjois-Eurooppaan tehdään 840 000 pisteessä 1440 aika-askeleen kuluessa yhteensä yli viisi biljoonaa laskutoimitusta. Sääennusteen laskennassa pitää käyttää parhaita mahdollisia laskentamenetelmiä ja tehokkaita tietokoneita, jotta ennuste olisi ajoissa valmiina. HIRLAM-mallia ajetaan Tieteellisen laskennan palvelun (CSC) Cray T3E-supertietokoneella, joka suoriutuu 8.5 miljardista laskutoimituksesta sekunnissa. Laskentaan käytetään tietokoneen 128 prosessoria.

Koko ennusteen laskenta valmisteluineen ja tulostuksineen päivineen kestää viitisentoista minuuttia. Tulokseksi saadaan 10 MB pakattuja ennustekenttiä. Kodin parhaiden mikrotietokoneiden ainoalla prosessorilla kahden vuorokauden ennusteen laskenta kestäisi vuorokauden ja ennusteet olisivat vanhentuneita heti valmistuttuaan.

Tietokone ja meteorologi

Lehtien, radion ja television sääennusteet perustuvat suurelta osin tietokone-ennusteisiin. Mitä virkaa sitten on meteorologilla, jos tietokone laskee ennusteet? Päivystävä meteorologi vertaa eri ennustusmallien tuloksia, tulkitsee, korjaa ja lisää uutta tietoa niihin. Tämä on mahdollista, koska päivystäjällä on käytössään uusimmat säähavainnot. Lisäksi meteorologi tuntee ennustuspaikkojen maantieteelliset erityispiirteet ja ilmaston. Hänellä on kokemusta mallien käyttäytymisestä ja virheistä erilaisissa säätilanteissa. Meteorologi osaa muotoilla ennusteet erilaisille käyttäjille paremmin kuin mikään kone.

Sääennustusmallin tuloksia käyttävät hyväkseen toiset mallit, jotka laskevat yksityiskohtaisempia paikallisennusteita, esimerkiksi tiesäättä tai kaupunkien ilmanlaatua. Mallitieto on pohjana myös onnettomuustilanteiden laskelmissa, joissa selvitetään vaarallisten aineiden leviämistä.

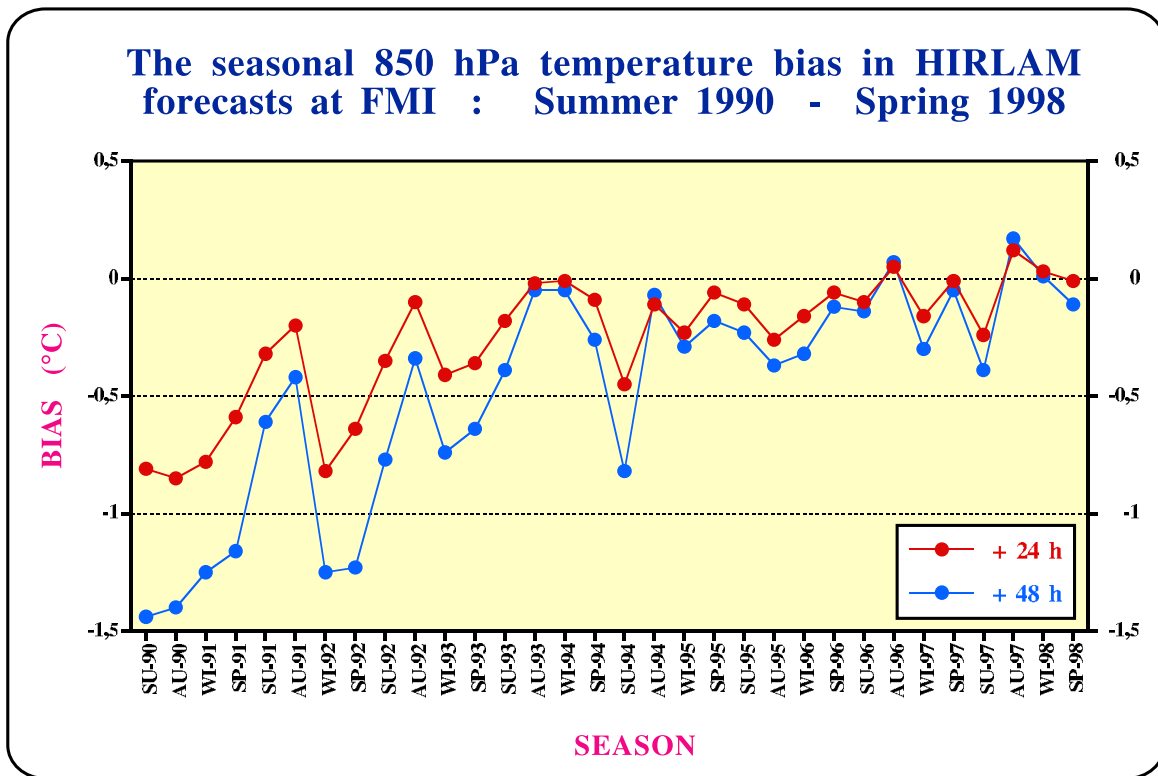
Lyhyitä ja pitkiä ennusteita

Ilmakehän käyttäytymistä hallitsevat yhtälöt (joita esiteltiin kirjoitussarjan ensimmäisessä osassa) käyttäytyvät kaoottisesti: pienet erot mallin alkutilassa voivat johtaa aivan erilaisiin ennusteisiin. Ennusteen käyttökelpoista pituutta rajoittavat myös mallin oletukset: miten tieto jaetaan mallin hilapisteikköön, mitä laskentamenetelmiä käytetään, miten parametrisoidaan. Parin vuorokauden ennuste on nykyisin yksityiskohdiltaankin melko tarkka. Muutosten suunta voidaan useimmiten ennustaa noin viikoksi.

Pitempiin ennusteisiin tarvitaan toisenlaisia menetelmiä. Voidaan esimerkiksi laskea useita ennusteita samasta, mutta eri tavoin hiukan muunnellusta alkutilasta, ja tarkastella todennäköisyyksiä. Tätä sanotaan parviennusteiden menetelmäksi. Se on käyttökelpoinen viikon-parin sään arvioinnissa. Arvioita vaikkapa tulevan kesän säästä yritetään myös tehdä, mutta silloin mallissa pitää kytkeä ilmakehän ja valtameren dynamiikka toisiinsa. Tulokset ovat epävarmoja - ilmastotilasto on toistaiseksi myös paras ilmastoennuste.

Ilmatieteen laitoksessa seurataan jatkuvasti malliennusteiden toteutumista. Sitä varten joka ennusteajossa verrataan mallin tuloksia säähavaintoihin. Tilastollisin menetelmin lasketaan jokaisen ennustetun suuren harha ja neliöllinen keskivirhe. Tällaiset vertailut ovat välttämättömiä mallin kehitystyössä. Niitä tarvitsevat myös ennusteita laativat meteorologit, jotka saavat käsityksen mallin luotettavuudesta ja ongelmista.

Kuvassa 5 on esimerkki HIRLAM-mallin ennustaman 850 hPa tason (noin puolentoista kilometrin korkeudella) lämpötilan virheestä vuodesta 1990 alkaen. Alkuvuosina malli ennusti järjestelmällisesti hiukan



Kuva 5: HIRLAM-mallin ennustaman lämpötilan virhe

liian kylmää, mutta virhe pieneni selvästi syksyllä 1994. Silloin mallissa otettiin käyttöön uusi, Helsingin yliopistossa kehitetty säteilyn parametrisointiohjelmisto. Kuvasta näkyy myös, että eri vuodenaikoina lämpötilan virhe vaihtelee: keväisin on usein liian kylmää, syksyisin liian lämmintä.