



Norwegian
Meteorological Institute
met.no

met.no report

Rapport nr. 5/2013
Meteorologi
ISSN: 1234-5678
Oslo, 13. februar 2013

Sluttrapport for MIST 4.1.1 Finskala nedbør og hydrologi

Viel Ødegaard og Mariken Homleid



Norwegian
Meteorological Institute
met.no

report

Number 5/2013	Subject Meteorologi	Date 13. februar 2013	Classification <input checked="" type="checkbox"/> Open <input type="checkbox"/> Restricted <input type="checkbox"/> Confidential	ISSN 1234-5678
Title Sluttrapport for MIST 4.1.1 Finskala nedbør og hydrologi				
Authors Viel Ødegaard og Mariken Homleid				
Client(s) Statkraft			Client reference MIST 4.1.1	
Abstract				
Keywords Finskala nedbørprognoser, snømodellering, snøanalyse				

Disiplinary signature

Responsible signature

Postal address
PO Box 43 Blindern
N-0313 Oslo
Norway

Office
Niels Henrik Abels vei 40

Telephone
+47 2296 3000

Telefax
+47 2296 3050

e-mail: met.inst@met.no
Web: met.no

Bank account
7695 05 00601

Swift code
DNBANOKK

Innledning

Prosjektet startet opp i 3. kvartal 2010 og var planlagt ut 2012. Budsjetterte og fakturerte kostnader er vist i Tabell 1, planlagt framdrift i Tabell 2. Trygve Aspelien, Mariken Homleid, Dagrun Vikhamar Schuler og Viel Ødegaard har arbeidet på prosjektet. I tillegg har Morten Salomonsen gitt et vesentlig bidrag.

	2010	2011	2012
Budsjett	400kNOK	600kNOK	400kNOK
Fakturert	416kNOK	469kNOK	515kNOK

Tabell 1: Budsjett

Aktivitet/milepæl	2010-Q2	Q3	Q4	2011-Q1	Q2	Q3	Q4	2012-Q1	Q2	Q3	Q4
Optimalt areal	x	x	x								
Statistisk evaluering			x	x	x	x	x				
Forfining og videreutvikling								x	x	x	x
Snøanalyse	x	x	x								
Snøsmelting/overflateavrenning	x	x	x	x							
Jordfuktighet/avrenning		x	x	x	x	x	x				
Analyse EKF				x	x	x	x	x	x	x	x

Tabell 2: Framdriftsplan med milepæler

Problemstilling og begrunnelse for prosjektet

Værprognosenes nedbør, oppløst eller parameterisert, vil alltid ha en grad av tilfeldighet ved seg både når det gjelder mengde og plassering/utbredelse. Nedbørsutløsning avhenger ikke bare av atmosfærens tilstand, men styres også av topografi, bakkens egenskaper og flukser ved overflaten. Hvor godt og realistisk dette er beskrevet kan være svært forskjellig, og avhenger av modellenes oppløsning og formulering.

Et viktig punkt for beregning av bakkens fuktighetsforhold er bruk av observasjoner til å korrigere modellberegningene. I det internasjonale fagmiljøet utvikles metoder for benytte frikoblede bakkemodeller til å kombinere observasjoner med modellens beregninger på en optimal måte i en analyse. Analysens oppgave er å bruke observasjonene til å justere modellens tilstandsvariable, og sørge for at observasjonene får en 'optimal' romlig influens og vekt.

Mål

Prosjektet har to delmål. Det første delmålet er å utvikle en metode til å estimere sannsynlighetsfordelingen for nedbør ('probability density function' - pdf) for nedslagsfelt i norsk topografi for modeller med oppløsning på 1 og 4 km.

Kvaliteten på beregningen av overflateavrenning fra bakken i snøsmeltingsperioden avhenger av at snømengden er riktig modellert, og at smeltehastigheten er realistisk. Snøens vannekvivalent (SWE) er modellens tilstandsvariabel, og indirekte informasjon om denne tilstandsvariablen får modellene våre i dag fra bakkeobservasjoner av snødybde. Optimal utnyttelse av disse observasjonene i vårt analysesystem innebærer å forbedre interpolasjonsmetode og beregningsmetoder for snøtetthet som funksjon av snøens temperatur og aldring. Bakkemodellens smelteberegninger og energiutveksling med atmosfæren vil studeres i denne sammenhengen, der beregnet avrenning er en annen kontrollvariabel. Det er ønskelig å benytte Statkrafts observasjoner av avrenning. Arbeidet med forbedret snøanalyse er påbegynt. Studier av energiutvekslingen mellom bakke og atmosfære med fokus på å forbedre bakkemodellens smelting vil pågå ut 2010.

Metodikk

En metode utviklet ved UK Met Office tar i bruk radarobservasjoner til evaluering av nedbørprognoser med hensyn på modellenes oppløsning. *met.no* vil i samarbeidet med Statkraft benytte denne metoden på modeller med oppløsning 1- 4 km og avansert output tilpasset Statkrafts behov.

HARMONIE har en eksternealisert bakkemodell, SURFEX, som inneholder all kode for å beskrive bakkefysikk og fysiske prosesser for utveksling mellom bakke og atmosfære. Det betyr at koden som brukes 'inline' i HARMONIE også kan brukes i 'offline' eksperimenter. Snødybdeberegningene egner seg godt til å testes med en offline bakkemodell der man kan kjøre mange simuleringer for en hel snøsessong.

I snøanalysen i HARMONIE oppdateres snøen en gang pr. døgn, kl. 06 UTC, på grunnlag av snødybdeobservasjoner fra synopstasjoner. Analysemetoden er optimal interpolasjon.

Utført arbeid

Nedslagsfeltene Selbu og Ålen som ligger i området som er dekket av Rissa-radaren har vært testfelt for metoden i perioden 5. mai til 30. november 2011. Data fra den numeriske værprognosemodellen HARMONIE med 2.5 km gitteroppløsning og kvantitative nedbørberegninger fra radar har vært benyttet. Det er beregnet sannsynlighet for nedbør i nedslagsfeltene. Sannsynlighetsprognosene er verifisert med standard metoder for alle tilgjengelige nedbørobservasjoner i Norge i perioden. Arbeidet er dokumentert i detalj i *met.no* note 2/2012.

Tre snøskjemaer er tilgjengelig i HARMONIE SURFEX: 1-lags, 3-lags og CROCUS. CROCUS er svært detaljert, og er utviklet og i operasjonell bruk for snøskredvarsling. I denne sammenheng tjener CROCUS som referanse for de andre skjemaene. Testperioden er vinteren 2010-2011.

Det ble det satt opp en daglig leveranse av et prognosedata integrert over de samme nedslagsfeltene til Statkraft. Leveransen inneholder bakkemodellens smelteberegninger og energiutveksling med atmosfæren samt beregnet avrenning. Den inneholder også nedbør, sannsynlighet for nedbør, nedbørfase, snødybde, snøsmelting og kvantitativ nedbør fra radar fra siste 30 timer. Leveransen er en test og skal evalueres av Statkraft.

Snøanalyseeksperimenter er gjennomført med siktemål å gjøre best mulig bruk av tilgjengelige snødybdeobservasjoner. Det er også gjennomført eksperimenter for å evaluere potensialet i å inkludere snødybder fra nedbørstasjoner. Disse vil bli tilgjengelig i sann tid og mulig å bruke operasjonelt i løpet av 2013. De første eksperimentene med satellittdata - CryoRisk - er også gjennomført for perioden mars-mai 2012.

Resultater

Nedbørprognoser fra HARMONIE har god treffsikkerhet for nedbør i punkt, men en svak tendens til overestimering, særlig i tilfeller av små nedbørmengder. Sannsynlighetsprognosen har god kvalitet for alle terskelverdier av nedbør opp til 20 mm/døgn med unntak av sannsynligheter over 70 % for denne mengden. Integrert nedbør over nedslagsfelt sammenlignet med målt vannføring indikerer at modellen ikke har systematiske feil i nedbørberegningene på nedbørfeltskala.

Sammenligning av modellert snømengde med observasjoner viste at 3-lags snøskjema gav svært gode resultater, på nivå med CROCUS. 1-lags snøskjema har en tendens til å underestimere snøakkumuleringen i løpet av vinteren og gi for sen snøsmelting.

Snøanalysen i HARMONIE bruker snødybdeobservasjoner fra synopstasjoner og gir gode resultater i områder med representative observasjoner. Nettverket av synopstasjoner er i midlertid ganske glissent. Til gjengjeld måles det også snødybde på mange nedbørstasjoner. Eksperimentene viser at når disse inkluderes i snøanalysen vil det gi forbedring både av snømengde og også temperaturprognosene om våren. Satellittproduktet - CryoRisk - gir sannsynlighet for snø/ikke snø i områder uten skyer og viser potensiale til å forbedre modellert snø om våren i områder der det ikke er representative snødybdeobservasjoner.

Diskusjon av resultater

Sannsynlighetsprognosene viser tegn til innbyrdes avhengighet, noe som er naturlig siden de er basert på en enkelt modellberegning. For å beskrive usikkerhet i selve værutviklingen utover relativt små romlige forskyvninger, må man basere seg på et fullt ensemblesystem.

Kvantitativ nedbør fra radar er gjennomsnittlig mindre enn fra modell i de områdene som er studert. Områdene ligger i ytterkant av radarens dekningsområde, der radarstrålene går relativt høyt. På bakgrunn av dette, fant vi at radar som driverdata til hydrologiske beregninger med SURFEX ville gjøre det vanskelig å skille mellom radarens underestimering og eventuell bias i SURFEX. Imidlertid fant vi godt samsvar mellom vannbalanseberegninger fra SURFEX og observasjoner av vannføring i en studie av flommen i Gudbrandsdalen i juni 2011.

Fysisk modellering av hydrologi slik det gjøres i SURFEX er relativt nytt innenfor operasjonell numerisk værvarsling, og det benyttes heller ikke i operasjonell hydrologisk varsling. Det var derfor et behov både hos *met.no* og Statkraft for å få bedre innsikt i modellens antakelser og ligninger. For å imøtekomme dette, ble det arrangert et seminar der temaet ble dekket i sin fulle bredde av foredragsholdere fra *met.no*. Foredragene ligger som vedlegg A. Det ble også utarbeidet en oversikt over oppsettet og ulike valg i SURFEX på *met.no*. Oversikten er gjengitt i appendix B.

Optimal interpolasjon er ikke optimalt for å assimilere satellittdata som gir sannsynlighet for snø, ikke snødybde. De to eksperimentene som ble gjort med CryoRisk satellittdata brukte samme datasett, men på forskjellig måte. Det ene gav litt for rask smelting, men signifikante forbedringer, det andre gav altfor langsom smelting. Det er antagelig mulig å få enda mer ut av disse dataene, både med optimal interpolasjon og med mer avanserte metoder som Extended Kalman Filter (EKF). SODA (SURFEX Offline Data Assimilation) som har implementert både OI og EKF vil være et nyttig verktøy for videre eksperimenter med snøanalysen.

Konklusjon

HARMONIE med SURFEX gir nedbørprognoser og prognoser for hydrologiske variable med god kvalitet. Sannsynlighetsfordelingen fra nabopunktmetoden representerer en del av usikkerheten i prognosen, men sannsynlighetene er ikke uavhengige.

Pr. idag brukes et helt enkelt snøskjema i HARMONIE. Snødybdeobservasjoner fra synopstasjoner brukes i snøanalysen og bidrar til gode resultater i områder med representative observasjoner. Potensielle forbedringer relatert til snø forventes både ved overgang fra 1-lags til 3-lags snøskjema, og ved at flere observasjoner inngår i snøanalysen.

Leveranser

- Seminar om bakkemodellering 16. mars 2011, appendix A.
- Notat om oppsettet av SURFEX ved *met.no*, appendix B.
- Viel Ødegaard: Probabilistic precipitation forecasts based on neighboring gridpoints technique, *met.no* note 2/2012, tilgjengelig på <http://met.no/Forskning/Publikasjoner/>
- Mariken Homleid and Mari Anne Killie: HARMONIE snow analysis experiments with additional observations, *met.no* report 6/2013, tilgjengelig på <http://met.no/Forskning/Publikasjoner/>
- Daglig leveranse fra mars 2012 av et testdatasett med prognoser for hydrologiske parametre i nedslagsfeltene Ålen og Selbu basert på HARMONIE 2.5 med SURFEX, sannsynlighet for nedbør og observert nedbør fra radar.

Appendix A

Seminar om bakkemodellering med SURFEX 16. mars 2011

Seminar innenfor rammene av MIST-prosjektet. Formålet er å beskrive utveksling mellom bakke og atmosfære, samt prosesser i bakken slik de beregnes i SURFEX.

Inviterte deltakere:

Eli Alfnes, Oddbjørn Bruland, Gaute Lappegard, Knut Sand, Stian Solvang (Statkraft), Stein Beldring, Ingjerd Haddeland, Tuomo Saloranta (NVE) og Sjur Kolberg (Sintef)

Program:

Thor Erik Nordeng gav en innføring i numerisk atmosfæremodellering med utfyllende detaljer om turbulent utveksling av varme og energi mellom bakke og atmosfære.

Trygve Aspelien presenterte konseptet med tiling av overflatetyper og patching av naturtyper. Han ga også en oversikt over datasettet ECOCLIMAP som grunnlag for tiling, patching og bestemming av fysiske parametre i tiler og patcher.

Viel Ødegaard presenterte ligningene for transport av vann og energi i bakken slik de er formulert i ISBA-skjemaet. ISBA har to tilnærminger til problemet: force restore og diffusive ligninger.

Mariken Homleid (v. Trygve Aspelien) presenterte ligningene i snøskjemaene i SURFEX, ett-lags og tre-lags. En del resultater med snømodellen i HARMONIE sammenlignet med norske observasjoner ble også vist.

Dagrun Vikhamar Schuler viste resultater med offline kjøring av CROCUS, en detaljert snømodell for skredvarsling, som også er implementert i siste versjon av SURFEX. Hun har gjort et sensitivitetstudium på inputdata.

Presentasjoner:

Thor Erik Nordeng: Utveksling av energi og vann mellom bakke og atmosfære. Fysiske prosesser og matematisk formulering.

Trygve Aspelien: Fysiografi, overflatetyper og datagrunnlag.

Viel Ødegaard: SURFEX - ISBA-skjemaet

Mariken Homleid: SURFEX - snømodellen

Dagrun Vikhamar Schuler: Offline snømodellering med surfex - CROCUS

Appendix B

HARMONIE med SURFEX ved *met.no*

Den numeriske værvarslingsmodellen HARMONIE i 2.5 km med SURFEX bakkemodell er planlagt for videre bruk i MIST. Nedenfor følger en kort dokumentasjon av oppsettet til HARMONIE med fokus på SURFEX. For mer dokumentasjon av SURFEX, se <http://www.cnrm.meteo.fr/surfex/>

1. HARMONIE

HARMONIE med 4 km oppløsning har kjørt i testrutine ved *met.no* siden oktober 2008. I den første versjonen av HARMONIE ble det brukt en enkel bakkemodell. HARMONIE 4 km ble erstattet av HARMONIE 5.5 km og HARMONIE 2.5 km 5. mai 2011. HARMONIE 2.5km kjører på et 2.5 x 2.5 km gitter i Lambert projeksjon. Gitteret har 349 x 789 punkter og dekker hele Norge. Modellen kjører 4 ganger daglig basert på observasjoner 00, 06, 12 og 18 UTC. Prognoselengden er 60 timer fra 00 og 12. 06 og 18 er mellomterminer for å fange opp siste observasjoner, og har 6 timers prognoselemdge. Tilgjengelighet lokal sommertid for 00 og 12-prognosene er hhv ca 7:35 og 19:10. Grunnen til at de er sent ferdig, er at modellen ikke er prioritert produksjon mens den er i testfase. HARMONIE 2.5 km kjører med beregning av fysiske prosesser tilpasset skalaer fra 2-3 km og mindre, f.eks eksplisitt konveksjon og orografisk friksjonsdrag, også omtalt som AROME-fysikk.

2. Bakkemodellering for utveksling med atmosfæren

Utteksling av vann og energi mellom bakke og atmosfære er avhengig av bakkens fysiske egenskaper. Disse varierer på skala som er mindre enn gridskala. For å ta hensyn til dette benyttes konseptet tiling i SURFEX, som deler inn hver gitterrute i 4 tiler (fliser) med ulike overflatetype: natur, hav, innsjø og by. Natur er igjen inndelt i 12 ulike vegetasjonstyper (patches). Størrelsen på tiles og patches varierer mellom gitterrutene og bestemmes av datasettet ECOCLIMAP.

Bakkemodellen SURFEX ble introdusert i HARMONIE 14. september 2010, og brukes også i HARMONIE 2.5 km og HARMONIE 5.5 km. I oppsettet av SURFEX på *met.no* initialiseres gitteret med de fire tilene som er standard valg i SURFEX: natur, hav, innsjø og by. For hver av tilene kjøres hhv modellene ISBA (Interaction Soil Biosphere Atmosphere), SEAFIX, WATFLX og TEB (Town Energy Balance).

I ISBA benyttes 3-lags force-restore skjema for hydrologi, 2-lags force-restore for temperatur, og 1-lags snømodell (Douville -95). Dette er standard valg for ISBA i SURFEX.

WATFLX er en enkel modell. Videre utviklingsmuligheter ligger i den mer omfattende innsjø-

modellen FLAKE, men i første omgang er det nødvendig å bygge opp en innsjødatabase, med data for bl.a innsjøenes dybde.

SEAFLX og TEB omtales ikke her.

3. Fysiografi

Naturtyper i ISBA er basert på ECOCLIMAP II der 273 overflatetyper identifiseres automatisk og kombineres til 12 vegetasjonstyper: i) bar jord ii) stein iii) permanent snø iv) løvfellende skog v) barskog vi) vintergrønn løvskog vii) dyrka mark i temperert sone iix) dyrka mark i tropisk sone ix) dyrka mark som vannes x) gress xi) tropisk gress xii) hage og park. Parametrene som gis for naturtypene er utarbeidet for å initialisere SVATs (Soil Vegetation Transfer Scheme) av typen ISBA. Oppløsningen er $1/120^0$ for overflatetype og 1 km for parametre. Datasettet dekker Europa fra 11^0 W til 62^0 E og fra 25^0 N til 75^0 N.

Parametre for jord er jorddybde og prosent sand, parametre for vegetasjon er prosent vegetasjonsdekke, bladarealindeks, minimum motstand mot fordampning fra spalteåpninger, ruhet-slengde. Albedo og emmisivitet avhenger av både jord og vegetasjon.

Topografidatasettet er basert på gtopo30 som har 30 '' (ca 1 km) oppløsning og gir i tillegg ruhet og retningsbestemt helning. Jordtype bestemmes fra et datasett fra FN-organisasjonen FAO som beskriver andel av leire og sand i jordsmonnet.

4. Initialisering av bakkelfelt som varierer med tiden (bakkeanalyse)

Initialverdiene for temperatur i 2 jordlag og vanninnhold i 3 jordlag baseres på 6-timers prognose fra forrige modellkjøring, som korrigeres ved å spre informasjon fra observasjoner av 2m temperatur og relativ fuktighet med optimal interpolasjon (OI). Metoden innebærer å legge mindre vekt på observasjonen og større vekt på prognosen, når gitterpunktet som skal initialiseres ligger langt fra observasjonspunktet. Når gitterpunktet ligger nær observasjonspunktet, får observasjonen større vekt.

Før vinteren 2010 ble snøanalysen i HARMONIE oppgradert til 'HIRLAM'-nivå (se beskrivelse under). Det ble gjort tekniske tilpasninger for å gjøre vertikal interpolasjon av observasjoner på basis av trykk i stedet for topografi. Snøens tetthet ble estimert fra månedlige klimatologiske felt i stedet for å bruke samme verdi over hele gitteret. Med innføring av SURFEX ble snøanalysen deaktivert, da det manglet en del tekniske detaljer for å kjøre snøanalysen sammen med SURFEX. I løpet av våren 2011 ble dette tekniske arbeidet utført. På 06-terminen brukes observasjoner av snødybde i snøanalysen. Snødybde observeres hovedsaklig 06. Ved å utføre analyse på de andre terminene, vil noen få observasjoner få for stor vekt og påvirke modellens snødybde framover.

Initialverdiene for snødybde baseres tilsvarende på en 6-timers prognose som ved hver modellkjøring 06 UTC korrigeres med snødybdeobservasjoner som spres ut i gitteret med OI med noen utvidelser. I interpolasjonen tas det også hensyn til høydeforskjellen mellom gitterpunktet som skal initialiseres og observasjonspunktet slik at for et høytliggende gitterpunkt med mye snø legges det mindre vekt på en observasjon som ligger vesentlig lavere. Dette er viktig f.eks der observasjonen ligger i en dal som modellen ikke har oppløsning til å representere. Snødybdeobservasjonene ligger forholdsvis spredt i forhold til å beskrive den geografiske variasjonen i snødybde. Testing og vurderinger ligger bak valget av funksjonen som beskriver observasjonens vekt i forhold til avstanden fra observasjonspunktet.

Oppgradering av snøanalysen i HARMONIE og teknisk arbeid for å få den til å kjøre sammen med SURFEX er utført på *met.no* og vil bli implementert som en del av HARMONIE/SURFEX-systemet i det internasjonale HIRLAM-prosjektet.

5. Lokale innstillinger i SURFEX *met.no*

I ISBA aktiveres et flerlagsskjema mellom bakken og toppen av vegetasjonen (canopy). Et lokalt valg er også å aktivere friksjonsdrag innenfor canopy. I WATFLX er et lokalt valg å deaktivere flerlagsskjema for beregning av flukser over innsjøer.