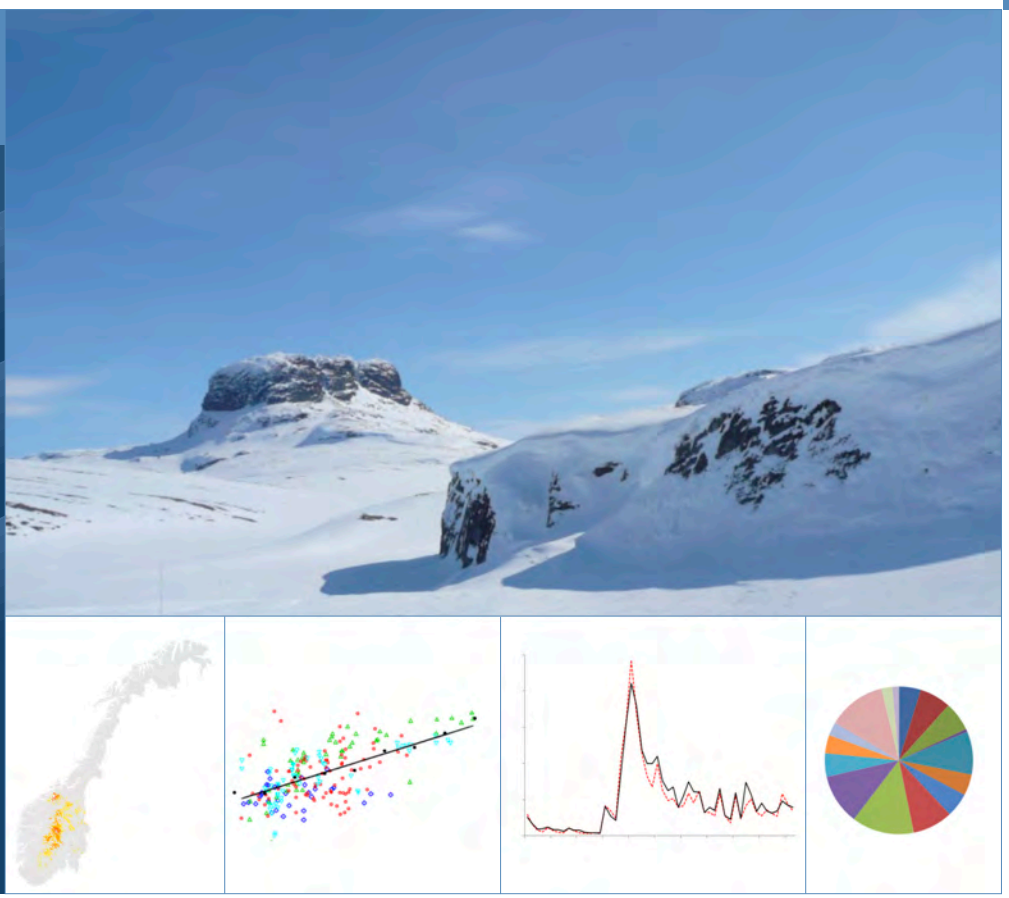
Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013

En oppsummering av aktiviteter og resultater

Erik Holmqvist (red.)

18
2014

RAPPORT



Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013

En oppsummering av aktiviteter og resultater

Norges vassdrags- og energidirektorat
2014

Rapport nr 18-2014

Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Erik Holmqvist
Forfattere: Erik Holmqvist, Wai Kwok Wong, Tuomo Saloranta, Ingjerd Haddeland, Lars Egil Haugen, Hervé Colleuille, Thomas Skaugen, Kjetil Melvold

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 20
Forsidefoto: Hårteigen, Hardangervidda 14. april 2010. Kjetil Melvold.
ISBN 978-82-410-0966-2
ISSN 1501-2832

Sammendrag: Det er laget et nytt verktøy for å prognosere energitilsig basert på HBV-modeller. Det er laget nye temakart med fokus på tørke. Det er utarbeidet nye og forbedrede snøkart, og det er laget rutiner for grafing av snø i magasinområdene. Mye av arbeidet har skjedd i nært samarbeid med prosjekter innen naturfarevarsling (flom, jord- og snøskred) i NVE.

Emneord: Energitilsig, prognoser, markvann, grunnvann, snø

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Februar 2014

Innhold

Forord **5**

Sammendrag **6**

1 Tilsigsserier/ prognoseverktøy **7**

1.1 Aktiviteter 2010 7
1.1.1 Kvalitetskontroll 7
1.1.2 Status, nye ukentlige energitilsigsprognoser 8
1.1.3 Status, scenariokjøringer 8
1.2 Aktiviteter 2011 8
1.2.1 Verktøy for ukentlige energitilsigsprognoser 8
1.2.2 Bruk av meteorologiske data, fra enkeltstasjoner til grid. 9
1.2.3 Rekalibrering av HBV-modeller basert på grid-data. 11
1.2.4 Status scenariokjøringer 11
1.2.5 Vurdering av atmosfærens ”hukommelse” 12
1.3 Aktiviteter 2012 13
1.3.1 Ny normalperiode 1981-2010, oppdaterting av statistikk og grunnlag for energitilsigsprognoser 13
1.3.2 Automatisering og forbedring av prognoseverktøy 14
1.3.3 Sammenligning av nytt og eksisterende prognoseverktøy med Nord Pools tilsigsstatistikk 14
1.3.4 HBV-modeller i brefelt, rekalibrering med fokus på god vannbalanse. 16
1.3.5 Vurdering av atmosfærens ”hukommelse” 17
1.4 Aktiviteter 2013 18
1.4.1 Nytt verktøy for energitilsigsprognoser i drift 18
1.4.2 Lagring av historiske tidsserier i GWh på Hydra II-databasen 18
1.4.3 Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller 20
1.4.4 Statistiske analyser 20
1.4.5 Status scenariokjøringer 21

2 Mark- og grunnvann **22**

2.1 Aktiviteter 2010 22
2.1.1 Videreutvikling av markvannsmodell 22
2.2 Aktiviteter 2011 23
2.2.1 Arbeid med markvannsmodell 23
2.2.2 Nye temakart, tørke 24
2.3 Aktiviteter 2012 25
2.3.1 Mark- og grunnvann 25
2.3.2 Nye temakart 26
2.4 Aktiviteter 2013 28
2.4.1 HBV og tørkehendelser 28

3 Snø **30**

3.1 Aktiviteter 2010 30
3.1.1 Hardangervidda, romlig variabilitet 30
3.1.2 Måling av snødyp med radar 30

3.2 Aktiviteter 2011 32
3.2.1 Design av målenettverk og snøtetthetsmodell 32
3.2.2 Utvikling av snøtetthetsmodell 35
3.2.3 Snø i magasinområdene, et SeNorge-produkt 36
3.3 Aktiviteter 2012 37
3.3.1 Videreutvikling av design av målenettverk 37
3.4 Aktiviteter 2013 39
3.4.1 Snøtetthetsanalyse. 39
3.4.2 Snøfigur i onsdagsrapporter, nytt grunnlag 43

Forord

I forbindelse med en anstrengt kraftsituasjon på grunn av tørke høsten 2002 og vinteren 2003, utviklet NVE i 2003 et verktøy for prognosering av tilsig til det norske vannkraftsystemet. Dette verktøyet var basert på bruk av 29 HBV-modeller fra representative nedbørfelt.

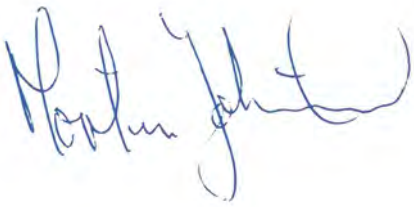
I 2008/2009 ble det etablert et nytt sett med tilsigsserier til bruk i Samkjøringsmodellen. Totalt 82 vannføringsserier fra uregulerte eller tilnærmet uregulerte nedbørfelt ble valgt. I Verktøyprosjektet er det utviklet en regnearkmodell for prognosering av energitilsig fra uke til uke basert på HBV-modeller fra disse 82 nedbørfeltene. Et nytt prognoseverktøy ble satt i normal drift fra 2013.

Det har i regi av Verktøyprosjektet også vært jobbet med problematikk knyttet til både markvann, grunnvann og snø. Dette er svært sentrale parametere for å forstå vannbalansen i et nedbørfelt, og dermed for å kunne beskrive den aktuelle hydrologiske situasjonen på en god måte.

Denne rapporten oppsummerer de aktiviteter innen Verktøyprosjektet som er gjennomført i Hydrologisk avdeling i perioden 2010 – 2013. Mye av arbeidet har skjedd i nær tilknyting til prosjekter innen naturfarevarsling (flom, jord- og snøskred) i Hydrologisk avdeling.

I tillegg til rapportens forfattere har spesielt Ruan Gusong, ved Seksjon for Hydrologisk Modellering (HM), bidratt mye i Verktøyprosjektet gjennom blant annet kalibrering av HBV-modeller og automatisering av prognoseverktøy. Rapporten er kvalitetskontrollert av Thomas Væringstad.

Oslo, februar 2014



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Det har i regi av Verktøyprosjektet i perioden 2010 – 2013 vært arbeidet med videreutvikling av prognoserverktøy for energitilsig og modellering av mark-, grunnvann og snø.

Det er i perioden blant annet etablert et nytt verktøy for ukentlig prognosering av energitilsig. I tillegg til at antall modellfelt (HBV) er utvidet fra 29 til 82, har det og skjedd store endringer i bruk av meteorologiske inngangsdata til modellene. Tidligere ble disse basert på enkeltstasjoner. Dette var imidlertid svært sårbart for endringer i det meteorologiske stasjonsnettet. Nå benyttes et landsdekkende nedbør- og temperaturgrid som til enhver tid benytter alle tilgjengelige nedbør- og temperaturdata som Meteorologisk institutt samler inn.

En modell for analyse av mark- og grunnvann er videreutviklet, og det er laget flere temakart hvor tørke er i fokus. Kartene er presentert i portalene www.xgeo.no (www.SeNorge.no). Det er og foretatt en evaluering av hvor godt enkelte av HBV-modellene, som benyttes i tilsigsprognosene, beskriver tørkehendelser.

Innen snøfeltet er det arbeidet med blant annet design av målenettverk. Dette ble utført med utgangspunkt i blant annet laserdata fra Hardangervidda, som ga en svært god romlig beskrivelse av snøforholdene der. Videre er det arbeidet med å forbedre beskrivelsen av snøens tetthet, noe som blant annet har bidratt til at NVEs snøkart nå viser et riktigere snødyp enn tidligere. Det er også laget automatiske rutiner for grafing av snømengder i magasinområdene for hvert enkelt fylke.

1 Tilsigsserier/ prognoseverktøy

I forbindelse med en anstrengt kraftsituasjon høsten 2002 og vinteren 2003, utviklet NVE i 2003 et verktøy for prognosering av tilsig til det norske vannkraftsystemet. Dette verktøyet var basert på bruk av 29 HBV-modeller fra representative nedbørfelt, og det var fortsatt i bruk i 2010.

I 2008/2009 ble det etablert et nytt sett med tilsigsserier til bruk i Samkjøringsmodellen. Totalt 82 vannføringsserier fra uregulerte eller tilnærmet uregulerte nedbørfelt ble valgt (NVE-rapport 7-2008). Det har vært et ønske om å harmonisere utvalget av tilsigsserier som NVE benytter til henholdsvis ukentlige energitilsigsprognoser og Samkjørings-modellen.

Det er i årene 2010-2013 etablert et nytt verktøy for ukentlig prognosering av energitilsig. I tillegg til at antall modellfelt (HBV) er utvidet fra 29 til 82, har det og skjedd store endringer i bruk av meteorologiske inngangsdata til modellene.

Arbeidet med å utvikle og forbedre prognoseverktøyet for energitilsig har skjedd i nært samarbeid med flomvarslingstjenesten i NVE. Etablering av nye HBV-modeller (vannbalansemodeller), rekalibrering av eksisterende modeller og videreutvikling av scenariokjøringer er eksempler på aktiviteter hvor synergieffekten har vært stor.

1.1 Aktiviteter 2010

1.1.1 Kvalitetskontroll

Det er gjennomført en visuell kvalitetskontroll av en rekke historiske vannføringsdata. Enkelte feil er funnet og rettet. Det antas at de 82 tilsigsseriene som nå benyttes som inngangsdata til Samkjøringsmodellen har en tilfredsstillende kvalitet.

HBV-modeller er rekalibrert. Spesielt er vintervannføringene blitt bedre. Historiske tilsigsserier er forlenget tilbake til 1958 og oppdatert til og med 2009. Flere av seriene er forlenget ved hjelp av de nykalibrerte HBV-modellene.

Det vil være et kontinuerlig behov for rekalibrering av modeller i årene fremover. Dette skyldes blant annet at vannføringskurver forbedres og endres, og dermed endres historiske sammenhenger mellom nedbør og vannføring. Dessuten vinner vi stadig ny erfaring med bruk av de nye HBV-modellene, som er basert på nedbør- og temperaturgrid, og ikke som tidligere et utvalg av forhåndsdefinerte meteorologiske stasjoner. Dette medfører at modellene våre i mye mindre grad enn tidligere er sårbare for endringer i det meteorologiske stasjonsnettet. Nå benyttes til enhver tid alle tilgjengelige nedbør- og temperaturdata som Meteorologisk institutt samler inn.

Det er etablert en automatisk rutine som korrigerer prognosert vannføring fra HBV-modellene i forhold til hvor godt de ”treffer” de foregående dagers vannføring.

Det er startet et arbeid for å sjekke hvordan HBV-modellene tolker de meteorologiske dataene i prognoseperioden.

1.1.2 Status, nye ukentlige energitilsigsprognoser

Underlagsdata til bruk i nytt ukentlig verktøy for prognosering av energitilsig ble mottatt fra Energiavdelingen høsten 2010. Det skal etableres beregninger for hele landet, fire delområder og i tillegg 16 fylker (grupper av fylker).

Det er laget et program for raskt å kunne ta ut normaler for ulike vannbalanseparametrene (10 aktuelle parametere). Programmet leser en fil med aktuelle stasjoner og dumper resultatet for en gitt parameter på en fil. Det betyr for eksempel at en kan beregne normalavrenning for alle de 82 stasjonene som inngår i utvalget for Samkjøringsmodellen ved kun noen få tastetrykk. Alternativet ville vært manuell kjøring av et standard ”normal”-program 82 ganger for 10 ulike parametere – dvs. 820 ganger.

Det er beregnet normaler for alle vannbalanseparametrene i HBV-modellen (nedbør, avrenning, markvann, grunnvann, snø, fordampning) og evaluering av disse er startet opp. Enkelte modeller viser seg å ha normaler som avviker klart fra de øvrige, der en ikke finner en god forklaring på dette, må en vurdere om disse bør rekalibreres i løpet av 2011.

I løpet av november/ desember vil vi starte et forberedende arbeid for å vurdere både vårt nye og dagens prognoseverktøy mot tilsigsstatistikken fra Norpool. Vi vil vurdere både hvor godt ukeprognosene treffer basert på de meterologiske korttidsprognosene, og hvor godt våre energitilsigsmodeller treffer basert på historiske vannføringsdata, og om de nye energitilsigsprognosene gir vesentlige forbedringer.

1.1.3 Status, scenariokjøringer

Det er jobbet videre med kvalitetskontroll og operativ drift av scenariokjøringer mht vannføring/ tilsig.

Vi avventer tilbakemelding fra E angående hvor lange tidsperioder og hvilket format data ønskes levert på. Når dette er klart vil vi kunne designe vår ”output” for dette slik at E kan starte testkjøringer med tilsigsscenarier i Samkjøringsmodellen.

Det er laget et enkelt regneark for en grov vurdering av ”vårflomvolum” i forhold til normalt. Dette er basert på dagens tilsigsprognoseverktøy (29 HBV-modeller som benytter data fra meteorologiske enkeltstasjoner, ikke grid).

1.2 Aktiviteter 2011

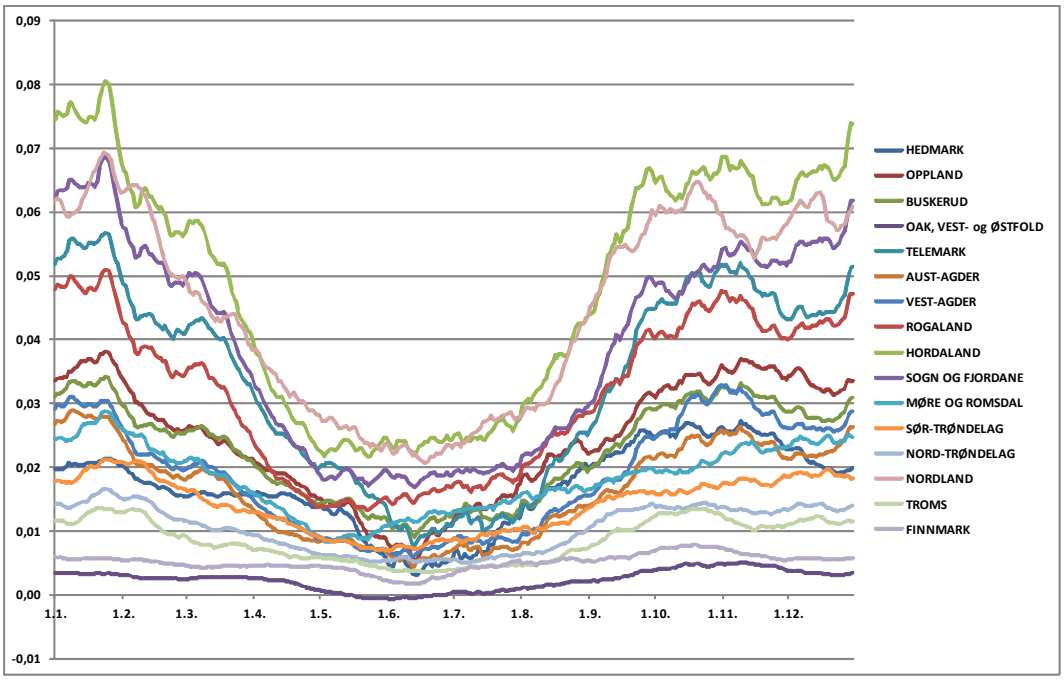
1.2.1 Verktøy for ukentlige energitilsigsprognoser

Prøveversjonen av nytt verktøy for ukentlige energitilsigsprognoser, som er basert på 82 HBV-modeller med input fra griddet nedbør- og temperaturdata, er videreutviklet i 2011. Det kan nå utføres beregninger for både de fire ”standard” delområdene og fylkesvise beregninger. Fylkene Oslo, Akershus, Østfold og Vestfold er samlet til en Oslofjordregion, da kraftproduksjonen i disse fylkene er langt mindre enn i landets øvrige fylker (se figur 1).

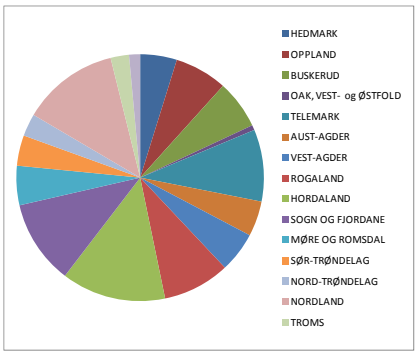
Det nye prognoseverktøyet er foreløpig ikke operativt, dette har flere årsaker. Blant annet stor arbeidsbelastning både i forbindelse med en svært flomrik sommer og høst, og sist

vinter, en anstrengt kraftsituasjon. I tillegg mangler vi resultater fra beregninger med NVEs Samkjøringsmodell for perioden 1981-2010. Disse er lovet oss fra ER i løpet av desember 2011.

En rapport med arbeidstittel ”Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller” er påbegynt høsten 2011. Her blir grunnlaget for vårt nye prognoseverktøy dokumentert. Blant annet blir middelverdier for 30-årsperioden 1981-2010 presentert for de ulike elementene som inngår i vannbalansen for de ulike tilsigsseriene. Det blir også presentert data som viser hvordan nedbør, mark- og grunnvann, snø og avrenning varierer mellom de ulike landsdelene (et eksempel er vist i figur 1). Det vil også bli beskrevet hvordan man regner om fra for eksempel nedbør i mm til nedbørenergi i TWh.



Figur 1. Midlere nedbørenergi 1981-2010 gjennom året for de ulike fylkene (over). Enheten på y-aksen er TWh/ dag. Til høyre, relativt andel av nedbørenergi fordelt på de ulike fylkene. Nedbørenergi er her beregnet ut fra effektiv nedbør, eller nedbør fratrukket fordampning.



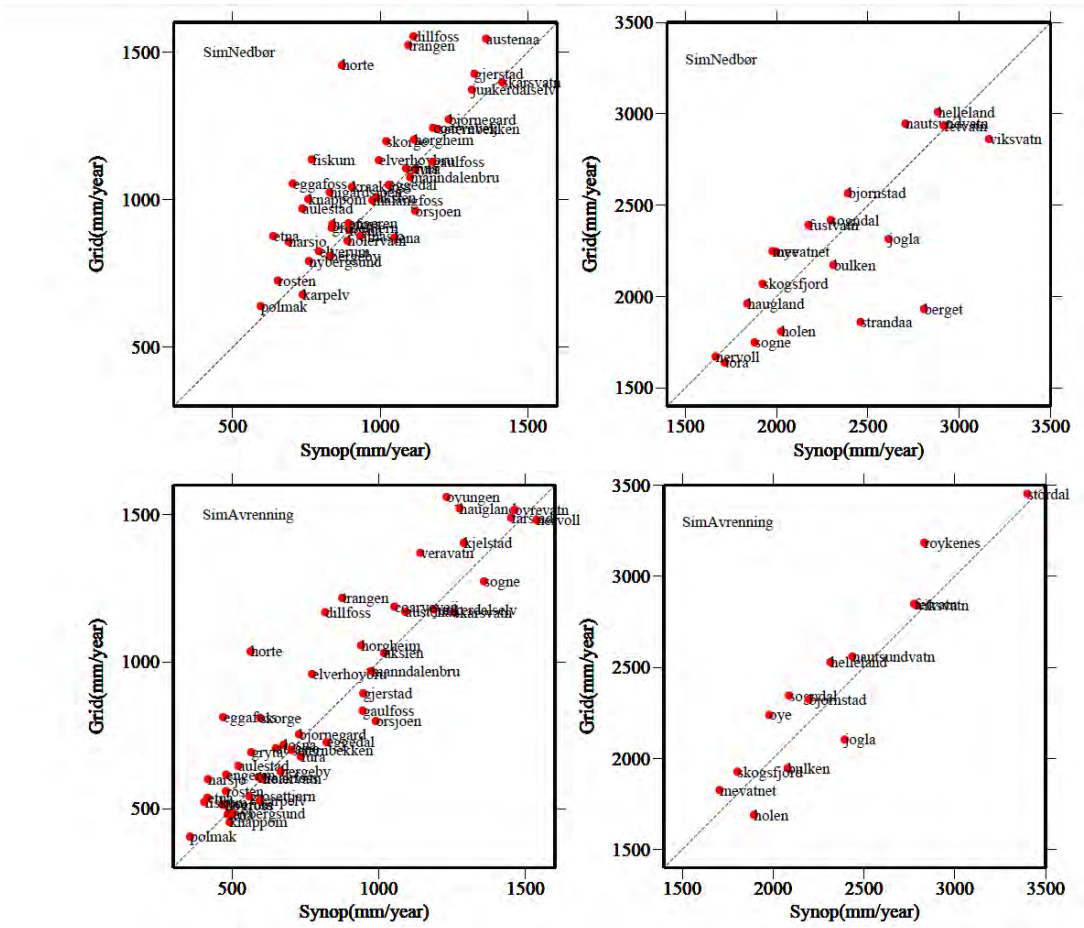
1.2.2 Bruk av meteorologiske data, fra enkeltstasjoner til grid.

Våre tidligere HBV-modeller, som NVEs prognoseverktøy for energitilsig i 2011 er basert på, benytter synop-data fra enkeltstasjoner. Dette har imidlertid vist seg å være svært sårbart, da en rekke meteorologiske stasjoner er lagt ned og nye er opprettet eller automatisert de siste årene. Meteorologiske griddata blir generert ved hjelp av observasjoner av alle tilgjengelige nedbør og temperaturdata som Meteorologisk institutt samler inn. Deretter korrigerer Meteorologisk institutt nedbørobservasjonene for

oppfangningssvikt og interpolerer både nedbør og temperatur til et rutenett med en oppløsning på en kilometer.

Det er gjennomført en sammenligning av nedbør og avrenning fra HBV-modeller basert på meteorologiske synop- og griddata. Figur 2 viser resultatet som gjennomsnittlige årlige verdier for perioden fra og med år 2000 til og med 2007; dvs. totalt 8 år.

For eksempel viser grafen øverst til høyre i figur 2 at for Viksvatn er midlere årsnedbør (2000 -2007) redusert fra nesten 3200 mm ved bruk av punktbaserte synop-verdier til snaut 2900 mm ved bruk av nedbørgriddet. Dette har stor betydning for beregning av nedbørenergi og energitilsig. Det må derfor beregnes blant annet nye omregningsfaktorer fra nedbør i mm til nedbørenergi i TWh for alle modellfeltene våre (82 totalt). Dette arbeidet vil bli videreført når vi har mottatt resultatene fra ER med beregning av nyttbart tilsig for perioden 1981-2010.



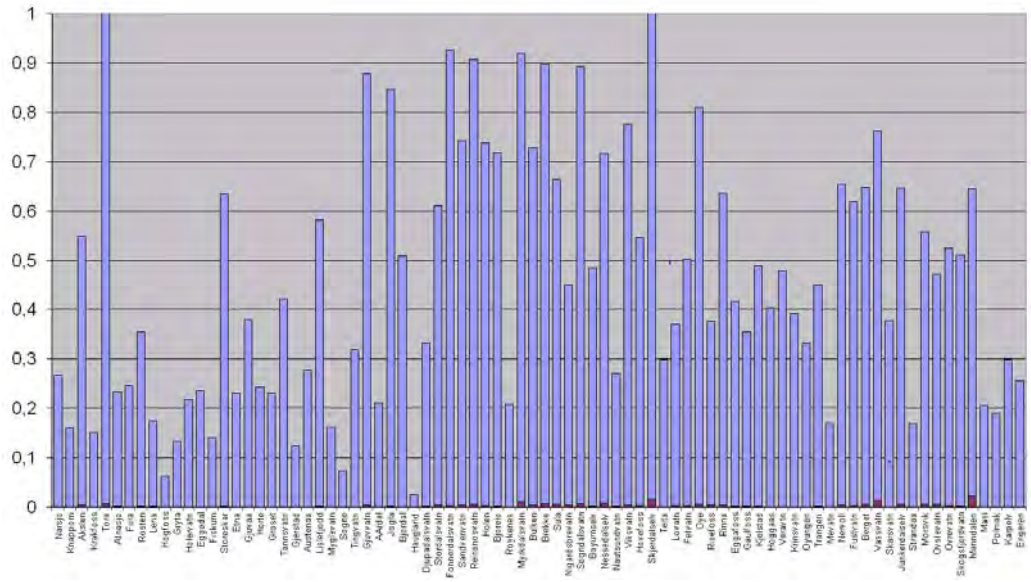
Figur 2. Sammenligning av gjennomsnittlig årlig simulert nedbør (øverst) og avrenning (nederst) fra modeller kalibrert på synop- og griddata.

1.2.3 Rekalibrering av HBV-modeller basert på grid-data.

Alle tilsigsseriene til Samkjøringsmodellen er knyttet opp mot en HBV-modell for prognosering av tilsig de neste dagene og ukene. Også i 2011 er det jobbet videre med å forbedre modellverktøyet.

I år har vi hatt spesielt fokus på hvordan modellene simulerer snøforhold. For flere bre- og høyfjellsfelt har modellene tidligere generert så mye snø at snøen ikke har rukket å smelte i løpet av sommeren. Det medførte at vannbalansen i enkelte modeller ikke gikk opp. Det vil si at sum nedbør har vært større enn sum avrenning og fordampning. Over tid er ikke dette rimelig. I figur 3 er beregnet snømagasin i våre HBV-modeller etter siste rekalibrering illustrert. En ser at alle modellene er gjennomsnittet av minste snømagasin hvert år null eller nær null. Det vil si at all snø smelter i løpet av sommeren. Modeller som har midlere minimumsverdier litt over null, skyldes at det i høyfjellet av og til kommer snø også om sommeren/ tidlig på høsten.

Det er imidlertid fortsatt noe problem med enkelte brefelt, nå ved at det genereres for lite nedbør/ snø i disse feltene. Dette kompenseres ved for stor bresmelting. Det vil bli arbeidet videre med dette, slik at en også i disse feltene får en mer korrekt gjengivelse av vannbalansen.



Figur 3. Midlere årsmaksimum (blå) og minimum (lilla) snømagasin i m vannekvivalent for perioden 1981-2010. Y-aksen er gitt i meter, for to felt er maksimalt snømagasin beregnet til over 1000 mm eller 1 m. Verdiene er basert på beregninger med HBV-modeller for nedbørfeltene til de 82 tilsigsseriene som benyttes til NVEs Samkjøringsmodell.

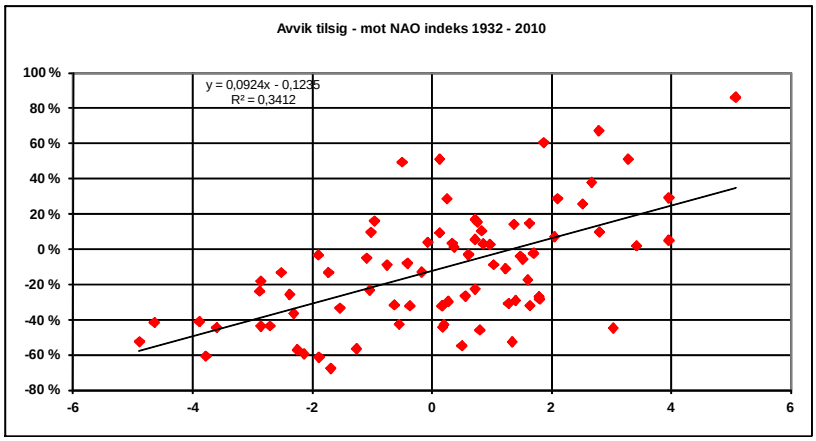
1.2.4 Status scenariokjøringer

Det er i løpet av 2011 levert tilsigsscenarioer for alle tilsigsseriene som inngår i NVEs Samkjøringsmodell. Testkjøringer med disse er gjennomført i EA. Det avventes

ytterligere tilbakemeldinger/ konkretiseringer fra EA med hensyn til hvordan dette arbeidet ønskes videreført.

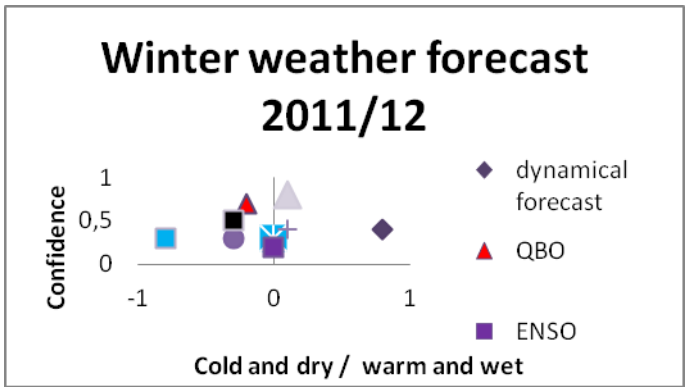
1.2.5 Vurdering av atmosfærens "hukommelse"

Det er gjennomført analyser som viser at det er en relativt, men på ingen måte entydig korrelasjon mellom NAO-indeksen (Northern Atlantic Oscillation) vinterstid og tilsiget gjennom vinteren (figur 4). For denne indeksen fins det 14 dagers prognoser tilgjengelig via National Weather Service sine nettsider. Gode sesongprognoser basert kun på denne indeksen har vi ikke funnet.



Figur 4. Tilsig i prosent av middel for årene 1981-2010 mot NAO-indekser. Verdiene er beregnet for månedene desember til mars. NAO-indeksene er hentet fra National Weather Service sine nettsider. www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/new.nao.shtml

Som en del av dette arbeidet har vi også deltatt på et seminar i regi av StormGeo om utsiktene for vinterværet 2011/2012. De har undersøkt hvordan en rekke faktorer påvirker vinterklimaet på våre breddegrader, for om mulig å kunne gi en tidlig indikasjon på om man får en mildere eller kaldere vinter enn normalt. Eksempler på indikatorer de har undersøkt i tillegg til NAO-indeksen er utviklingen av snødekket i Sibir i oktober, UV-stråling, isforholdene i Arktis og gjenkjenning av værmønstre. Som figur 5 illustrerer, peker de ulike indikatorene i ulike retninger for årets vinter.



Figur 5. Sannsynlighet for en kald og tørr eller en varm og fuktig vinter ut fra ulike indikatorer. Analysene er utført av Storm Geo pr. 2. desember 2011.

1.3 Aktiviteter 2012

1.3.1 Ny normalperiode 1981-2010, oppdaterting av statistikk og grunnlag for energitilsigsprognoser

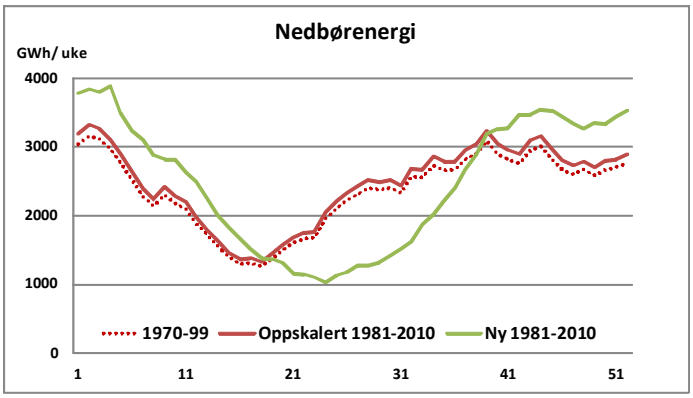
Det er utført produksjonssimuleringer for perioden 1981-2010 ved bruk av Vannsimtap/ NVEs samkjøringsmodell. Til hver av de drøyt 1000 modulene i Samkjøringsmodellen er det knyttet en av i alt 82 tilsigsserier. Utvalget av disse seriene er tidligere beskrevet i blant annet NVE-rapport 7-2008. Det er Thore Jarlset ved ER som har stått for beregningene. I sum er det årlige nyttbare tilsiget for perioden 1981-2010 beregnet til 128,5 TWh. Ut fra dette er det beregnet hvor mye hver av de 82 seriene bidrar med i årlig nyttbart tilsig (GWh/ år).

I denne forbindelse er også de 82 tilsigsseriene lagt ut på NVEs nettsider (http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Data-databaser/Historiske-vannforingsdata-til-produksjonsplanlegging-/) slik at de er tilgjengelig for allmennheten.

Det er beregnet nye omregningsfaktorer mellom alle vannbalanseparametere i mm og energiinnhold i GWh (TWh).

Statistikk for nyttbart tilsig er oppdatert med data for perioden 1958-2010. For beregning av gjennomsnittsverdier er 30-årsperioden 1981-2010 benyttet.

For nedbørenergi er tidligere beregnet 30-årsnormal for 1970-99, oppskalert slik at denne harmonerer med nyttbart tilsig 1981-2010 (128,5 TWh) (figur 6). Ved implementering av ny prognosemodell, vil vi imidlertid benytte en nedbørenergi som har en annen årsfordeling enn tidligere. Dette skyldes dels endringer mellom periodene 1970-99 og 1981-2010, men først og fremst at vi nå vil ta hensyn til at fordampningstapet varierer gjennom året. Det vil gi en mer korrekt beskrivelse av ”effektiv” nedbørenergi enn i dagens system, hvor det er antatt en fast prosentvis reduksjon hele året for å kompensere for fordampningstapet.



Figur 6. Nedbørenergi med rød stiplet og hel strek er beregnet ved å nedskalere observert nedbør hele året med en fast faktor slik at årssummen blir 122,5 TWh (1970-99) og 128,5 TWh (1981-2010). Nedbørenergi med grønn strek (1981-2010) er beregnet med utgangspunkt i differansen mellom nedbør og fordampning.

Også statistikken for snøfiguren, som presenteres i vinterhalvåret i onsdagsrapportene og som er basert på simuleringer med data fra www.seNorge.no , er oppdatert med 1981-2010 som referansenivå for normalverdier.

1.3.2 Automatisering og forbedring av prognoseverktøy

Det er laget et landsdekkkende regneark for generering av tilsigsprognoser for den kommende uka. Hovedendringen i forhold til tidligere er.

- Det benyttes 10 døgns nedbør- og temperaturprognoser mot tidligere 6 døgn
- Det benyttes 82 modellfelt mot tidligere 29.
- Nedbør- og temperatur baseres på 1 x 1 km gridverdier i stedet for et utvalg av synop-stasjoner.
- Nedbørenergi beregnes med utgangspunkt i differansen mellom nedbør og fordampning, tidligere ble nedbør nedskalert med en fast faktor gjennom hele året. Endringen forskyver nedbørenergi fra sommer mot høst/ vinter.
- Temperaturavvik i forhold til normalt beregnes for mer geografisk enhetlige områder enn tidligere.
- Det beregnes avvik i forhold til normalt i mark- og grunnvann, dette ble tidligere ikke utført.

I tillegg er det noe enklere enn tidligere å ”bytte” mellom observerte og simulerte vannføringer i beregningene. Dette er spesielt viktig vinterstid, hvor isoppstuving ofte medfører ”kunstig” store vannføringer.

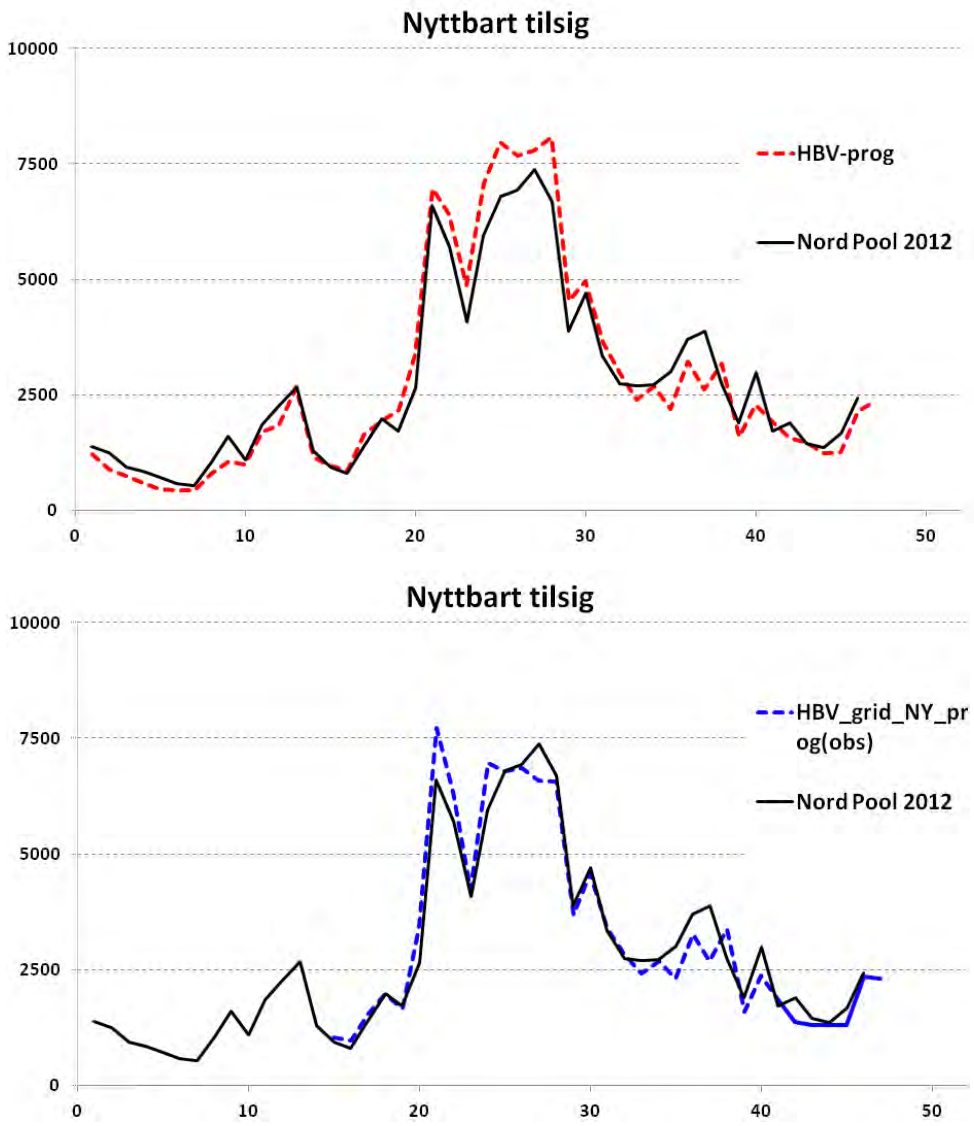
Ny ukerapport er satt i produksjon med leveranse til våre faste ”onsdagskunder” fra og med uke 1 i 2013.

1.3.3 Sammenligning av nytt og eksisterende prognoseverktøy med Nord Pools tilsigsstatistikk

I 2012 har avviket mellom prognosert tilsig en uke fram og observert tilsig i henhold til Nord Pools tall variert fra 0 til +/- 30 %. I gjennomsnitt har avviket vært omkring 16 % (figur 7).

Foreløpige analyser antyder at også vårt nye utvalg av modellfelt gir avvik på inntil 30 % mellom prognosert og observert tilsig. I gjennomsnitt hittil er avviket for dette utvalget drøyt 10 %. Deler av denne statistikken er imidlertid basert på data også fra perioden før HBV-modellene var ferdig rekalibrert (figur 7).

Avvikene skyldes både usikkerhet i værprognosene, at våre modellfelt ikke gjenspeiler tilsiget til de ulike magasinområdene perfekt, og forhold som at vi til tider av året har en del flomtap eller kraftverk som er ute av drift på grunn av for eksempel vedlikehold.



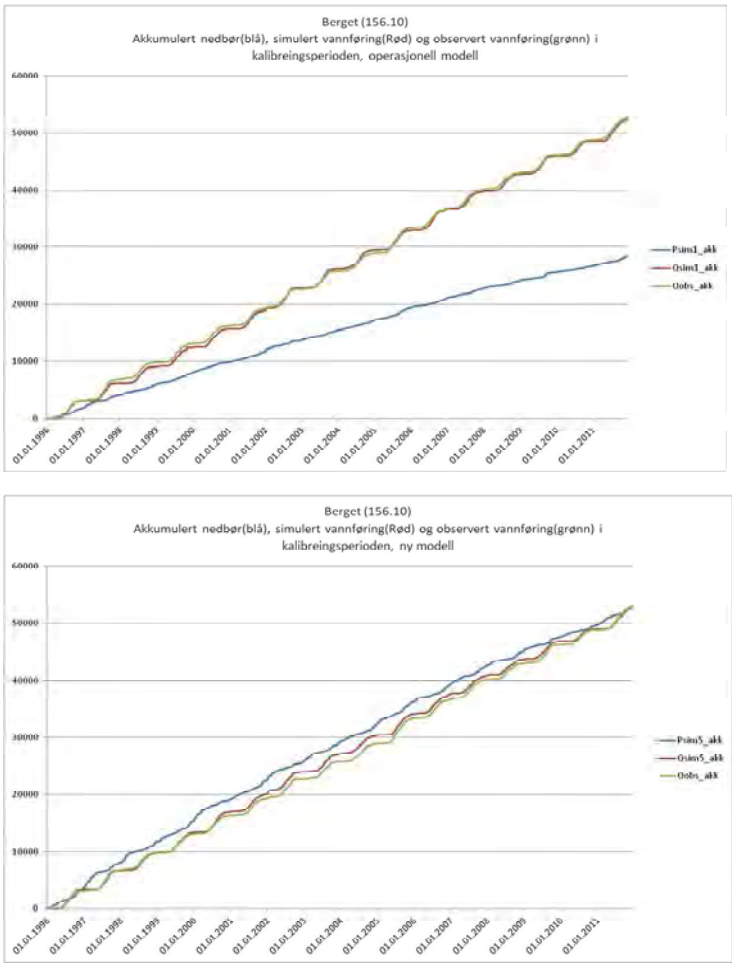
Figur 7. Nyttbart tilsig 2012 i henhold til Nord Pools tilsigsstatistikk (svart). Prognosert energitilsig kommende uke basert på dagens utvalg med 27 HBV-modeller (rød kurve) og nytt utvalg med 82 HBV-modeller(blå kurve). Den blå kurven er stiplet frem til uke 41 og er deretter heltrukken, dette for å indikere at fra uke 41 var våre nye HBV-modeller ferdig rekalibrert.

1.3.4 HBV-modeller i brefelt, rekalibrering med fokus på god vannbalanse.

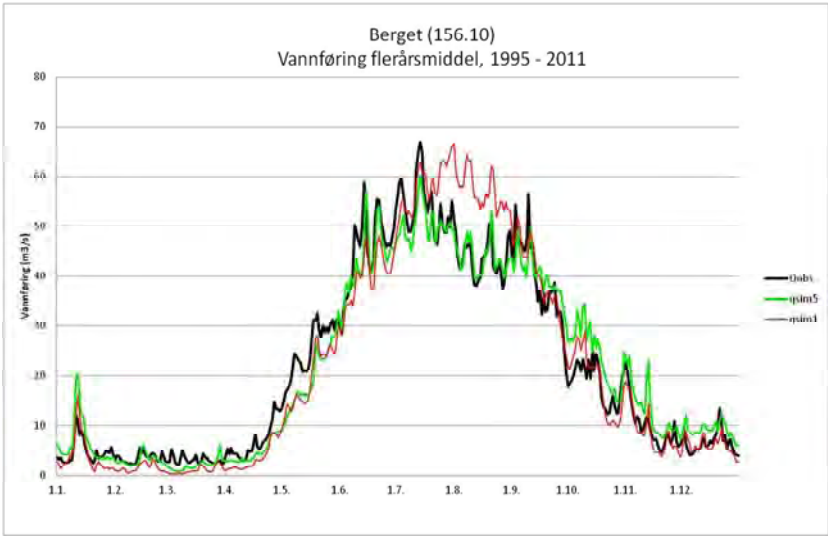
Alle tilsigsseriene til Samkjøringsmodellen er knyttet opp mot en HBV-modell for prognosering av tilsig de neste dagene og ukene. Også i 2012 er det jobbet videre med å forbedre modellverktøyet.

Det har i 2012 vært spesielt fokus på brefelt, da det viste seg at tidligere kalibreringer ga for lite snø i mange av disse feltene, dette ble kompensert med økt bresmelting slik at beregnet vannføring likevel ble rimelig korrekt. Ved blant annet beregning av nedbørenergi ga dette en stor ubalanse i forhold til beregnet nyttbart tilsig.

For eksempel for brefeltet Berget, som drenerer sørlige deler av Svartisen, er årlig modellert nedbør økt med ca. 1500 mm i forhold til tidligere kalibrering. Mye av dette kommer som snø, slik at snømagasinets midlere kulminasjon har økt fra ca. 650 til 1700 mm (vannekvivalent). Dette har ført til en bedre beskrivelse av de hydrologiske forholdene i nedbørfeltet (figur 8 og 9). Totalt er det 7 brefelt hvor det har skjedd betydelige endringer i beregnet nedbør / snømagasin.



Figur 8. Akkumulert nedbør (blå), og akkumulert observert (rød) og simulert (grønn) avrenning for årene 1996 – 2011 for stasjonen 156.10 Berget. Alle verdier er gitt i mm. Figurene viser situasjonen før (øverst) og etter (nederst) rekalibrering av HBV-modellen.



Figur 9. Midlere vannføring gjennom året ved stasjonen 156.10 Berget. Den svarte kurven viser observert vannføring. Den rød og grønne kurven viser simulert vannføring henholdsvis før og etter rekalibrering av HBV-modellen.

I tillegg er 12 andre HBV-modeller rekalibrert fordi vannføringskurvene (sammenhengen mellom vannstand og vannføring) ved de aktuelle målestasjonene er endret i løpet av det siste året.

Etter de siste rekalibreringene er midlere årlig nedbørenergi (1981-2010) i våre modeller beregnet til 151,7 TWh, av dette forsvinner 23,2 TWh ved fordampning, slik at midlere energitilsig blir 128,5 TWh. Før rekalibrering hadde vi en ubalanse på omkring 10 TWh i disse beregningene.

1.3.5 Vurdering av atmosfærens ”hukommelse”

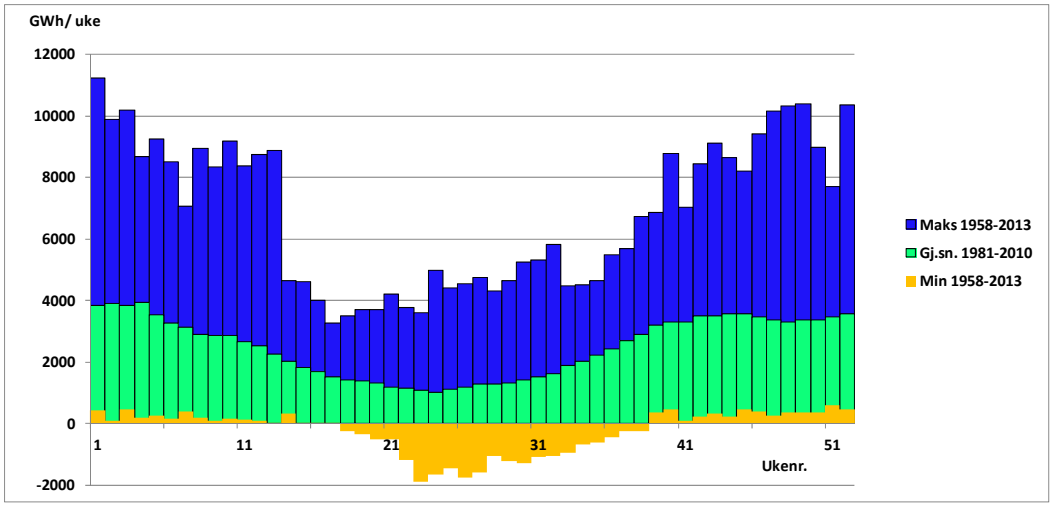
StormGeo har undersøkt hvordan en rekke faktorer påvirker vinterklimaet på våre breddegrader, for om mulig å kunne gi en tidlig indikasjon på om man får en mildere eller kaldere vinter enn normalt. Vi deltok med to personer på et seminar de arrangerte 30. november, hvor de presentere utsiktene for vinterværet 2012/2013.

1.4 Aktiviteter 2013

1.4.1 Nytt verktøy for energitilsigsprognoser i drift

Nytt ukentlige prognoseverktøy ble satt i drift fra 1.1.2013. Det er gjort flere forbedringer/ oppdateringer av verktøyet i løpet av året:

- Innlesing av data er automatisert.
- Midlere nyttbart tilsig (1981-2010) er oppdatert fra 128,5 til 130 TWh/ år. Dette inkluderer oppdatering av energinormaler også for øvrige vannbalanseparametre (mark-, grunnvann, snø og nedbør).
- Ukestatistikk for nedbørenergi (figur 10) og energitilsig, som benyttes i onsdags- og kvartalsrapporter er utvidet og oppdatert med data for hele perioden 1958-2012.



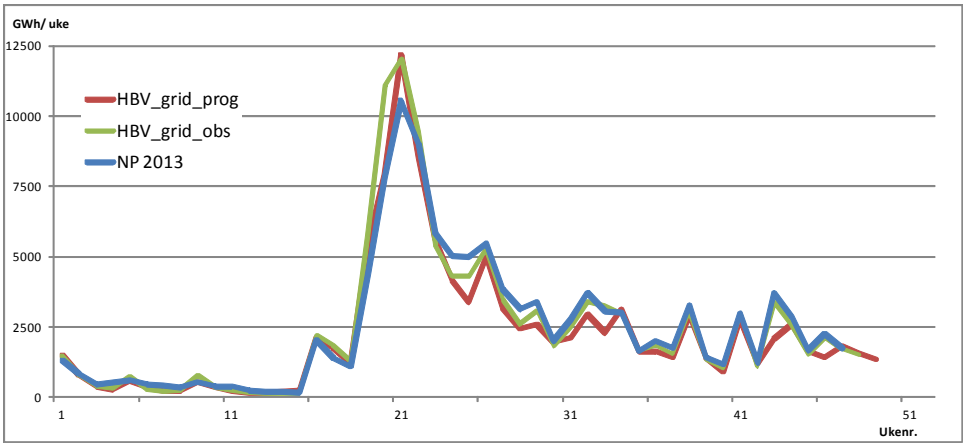
Figur 10. Nedbørenergi (GWh/ uke) for normalperioden 1981-2010 og maksimum og minimum i løpet av årene 1958-2013.Negative verdier betyr at beregnet fordampning (evapotranspirasjon) er større enn beregnet nedbør den aktuelle uken.

- Resultater med bruk av det nye prognoseverktøyet for energitilsig er sammenlignet med Nord Pools tilsigsstatistikk fra de siste årene. Resultatene for 2013 er vist i figur 11.

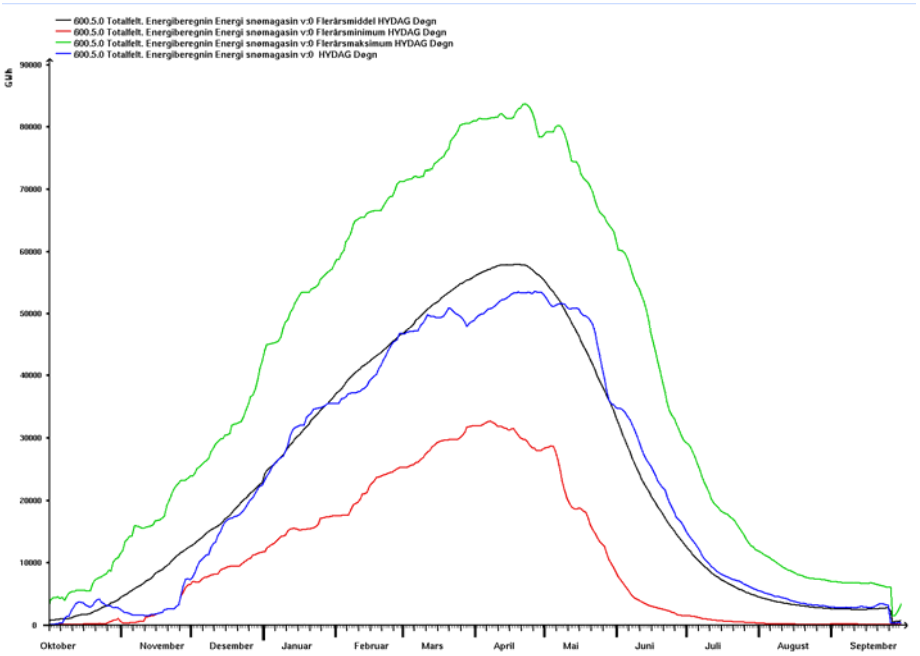
1.4.2 Lagring av historiske tidsserier i GWh på Hydra II-databasen

Det er laget rutiner for automatisk generering av historiske tidsserier av energitilsig, nedbørenergi og øvrige vannbalanseparametrene (GWh/ døgn). Det er generert døgndata for disse variablene tilbake til 1. januar 1958. Dataene er lagret på HYDRA II-databasen, noe som muliggjør et bredt spekter av statistiske analyser ved hjelp av Hydrologisk avdelings programvarer.

Disse seriene dekker sum Norge og magasinområdene 1-4. Et eksempel på presentasjon av disse dataene er vist i figur 12. Her er snømagasinets utvikling vinteren 2011/ 2012 vist sammen med beregnet største og minste snømagasin i perioden 1958 – 2012 og middelet for normalperioden 1981-2010.



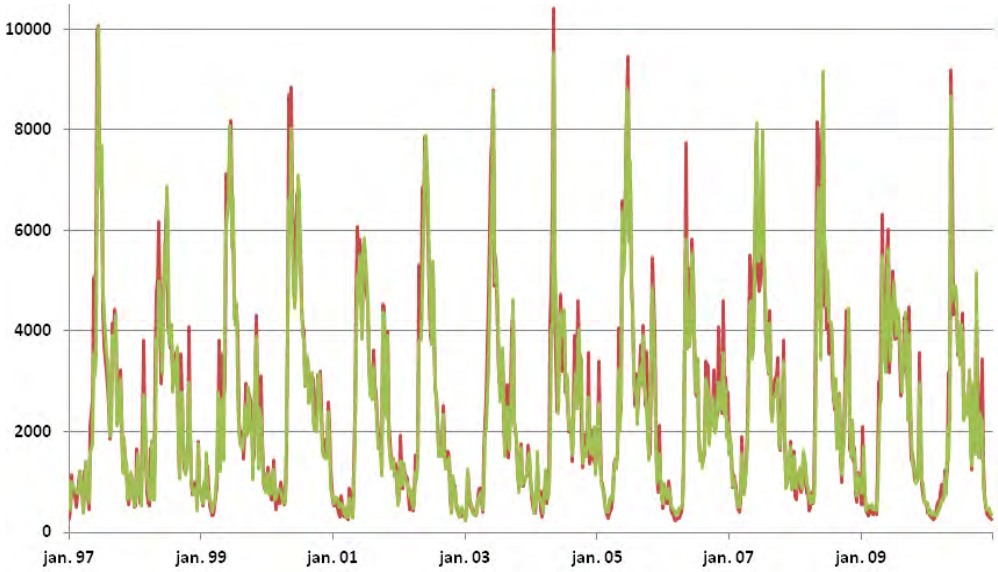
Figur 11. Den blå streken viser sum nyttbart tilsig basert på Nord Pools tall for uke 1-47 i 2013. Den røde streken viser prognosert tilsig med våre HBV-modeller, dette er basert på varslet nedbør og temperatur. Den grønne streken viser beregnet tilsig basert på observert nedbør og temperatur.



Figur 12. Beregnet sum snømagasin til det norske vannkraftsystemet ved bruk av HBV-modeller. Den blå streken viser beregnet snømagasin vinteren 2011/2012, den svarte gjennomsnittet for normalperioden 1981-2010 og den grønne og rød henholdsvis største og minste beregnede snømagasin dag for dag i løpet av årene 1958 – 2012. Enheten på y-aksen er GWh.

1.4.3 Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller

I januar/ februar 2012 mottok vi resultater fra beregninger med NVEs Samkjøringsmodell for perioden 1981-2010. Disse beregningene viser at det utvalget av tilsigsserier som vi benytter gir en god beskrivelse av tilsiget til det norske vannkraftsystemet (figur 13). I september/ oktober 2012 var HBV-modellene våre ferdig rekalibrert (se kap. 1.3.4).



Figur 13. Nyttbart tilsig 1997-2010 beregnet med NVEs Samkjøringsmodell (rød) og fra Nord Pools tilsigsstatistikk. Enheten på y-aksen er GWh/ uke.

Begge disse arbeidene har gitt viktig og nødvendig input til rapporten om "Beregning av energitilsig basert på HBV-modeller" (NVE-rapport 29-2013) som ble ferdigstilt i april 2013.

I rapporten blir grunnlaget for vårt nye prognoseverktøy dokumentert. Blant annet blir middelverdier for 30-årsperioden 1981-2010 presentert for de ulike elementene som inngår i vannbalansen for de ulike tilsigsseriene.

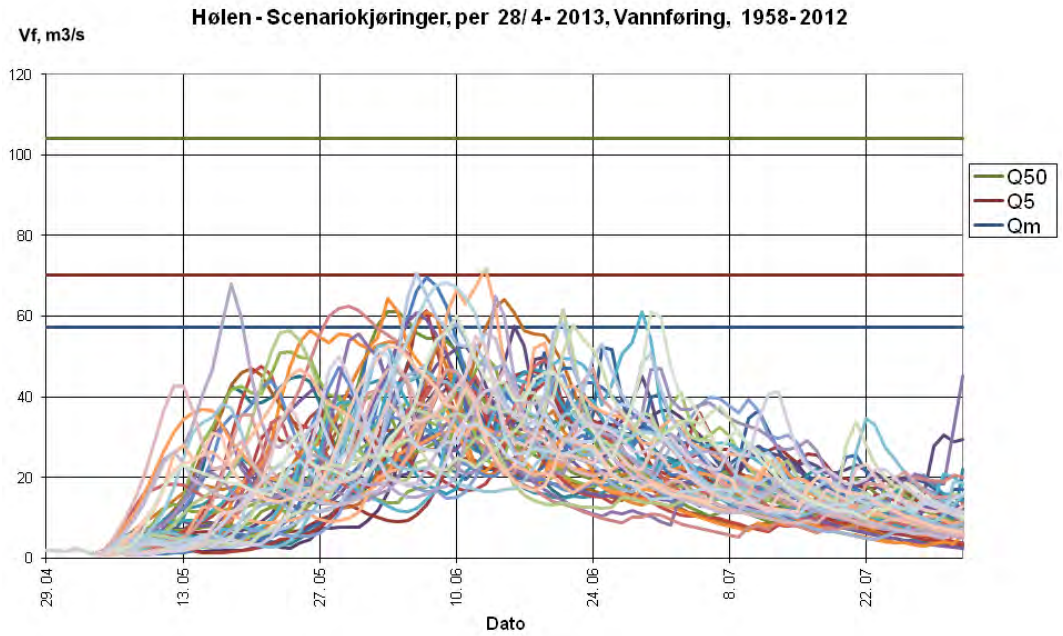
1.4.4 Statistiske analyser

Statistiske analyser av variasjonene i antall TWh i snø-, mark- og grunnvannsmagasin, effektiv nedbør (nedbør- fordampning) og tilsig er startet opp. Noen resultater er gitt i NVE-rapport 29-2013, men mer utfyllende statistiske analyser er under arbeid med blant annet gjentaksintervall for tørrår og eventuelle trender i snømagasin. Dette er planlagt publisert i en statistikk-rapport som er under arbeid.

1.4.5 Status scenariokjøringer

Testkjøringer med tilsigsscenarioer for alle tilsigsseriene som inngår i NVEs Samkjøringsmodell er gjennomført i EA fra 2011. De hydrologiske scenarioene er basert på værvarsler for de nærmeste dagene og deretter historiske nedbør og temperaturdata for årene 1958-2012. Scenarioer kan kjøres fra valgfri dato og frem til slutten av inneværende år (31/12).

I figur 14 er det vist et eksempel på slike scenarioer fra en av stasjonene som benyttes som inngangsdata til Samkjøringsmodellen.



Figur 14. Vannføringsscenarioer for målestasjonen 50.1 Hølen i Kinso utarbeidet i april 2013. Til grunn for scenarioene ligger den aktuelle hydrologiske tilstanden i modellen (snømagasin, mark- og grunnvann), værvarsler for de nærmeste 6 døgn og deretter historiske data for nedbør og temperatur for alle år fra 1958 – 2012. De horisontale strekene viser nivå for modellens middel-, 5- og 50-års flom.

2 Mark- og grunnvann

Mange av aktivitetene som omtales i dette kapitlet er i hovedsak finansiert gjennom andre FoU-prosjekter enn Verktøyprosjektet, for eksempel i tilknytning til utviklingen av verktøy for jordskredvarsling.

2.1 Aktiviteter 2010

2.1.1 Videreutvikling av markvannsmodell

Det er utført flere oppgaver relatert til utvikling av analyseverktøyet COUP (Coupled heat and mass transfer modell for soil-plant-atmosphere system) i 2010.

Programmeringen av markvannsmodellen i MAT-LAB har kommet så langt at en utprøving er under oppstarting. De fleste feilene i programkoden er fjernet. Et grafisk analyseverktøy for sammenligning av ulike resultatvariabler, som målinger og simuleringer og en enkel rutine for parametrisering er nesten ferdig utviklet. Rutinene for batch-simuleringer med klimadata fra 60 stasjoner er utprøvd.

De parametriserte COUP-modellene (”COUP den eldre”) med klimadata fra 60 synoptiske stasjoner spredd over hele landet har fungert som et nyttig verktøy ved vurdering av ”vintertørken” av grunnvann på Sør- og Vestlandet i 2010. Stedene gir en brukbar dekning av klimaforholdene i Norge og av områder som er av betydning for kraftproduksjon. Dette betyr at man kan analysere markvann- og grunnvannstilstand på ca. 60 steder i Norge. Oppdateringen av tilstand med nye klimadata/simuleringer er forbedret, men manuell oppstart og klargjøring av modellen er fortsatt nødvendig. Det er fortsatt behov for ca.1 times arbeid pr. stasjon for oppdatering.

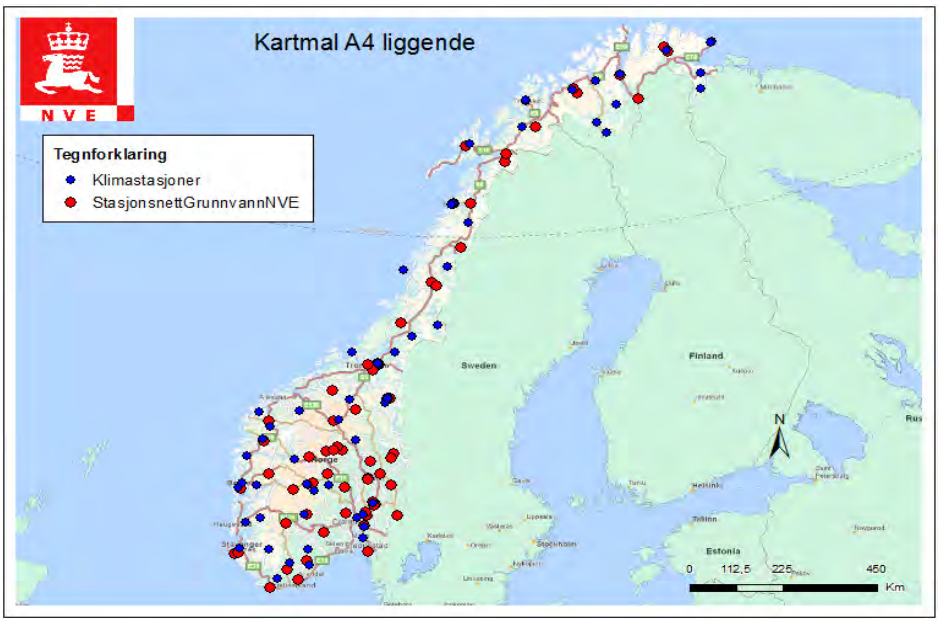
En produksjonslinje for fremstilling av data tilknyttet grunnvann og markvann er under utvikling. Et nøkkelpunkt har vært å få en smidig og rask innhenting av klimadata fra MET sine synoptiske stasjoner. En har vurdert flere alternativer, men håper at både historiske data og prognoser vil kunne hentes fra HYDRA II i nær fremtid. Akilleshælen er hvordan en enkelt kan skaffe data tilknyttet strålingsbalanse, for eksempel skydekke og globalstråling, til veie fra MET. Lufttemperatur og nedbør oppdateres nå daglig på HYDRA II, men fortsatt gjenstår utarbeiding av rutiner (HI) for henting av data fra databasen.

2.2 Aktiviteter 2011

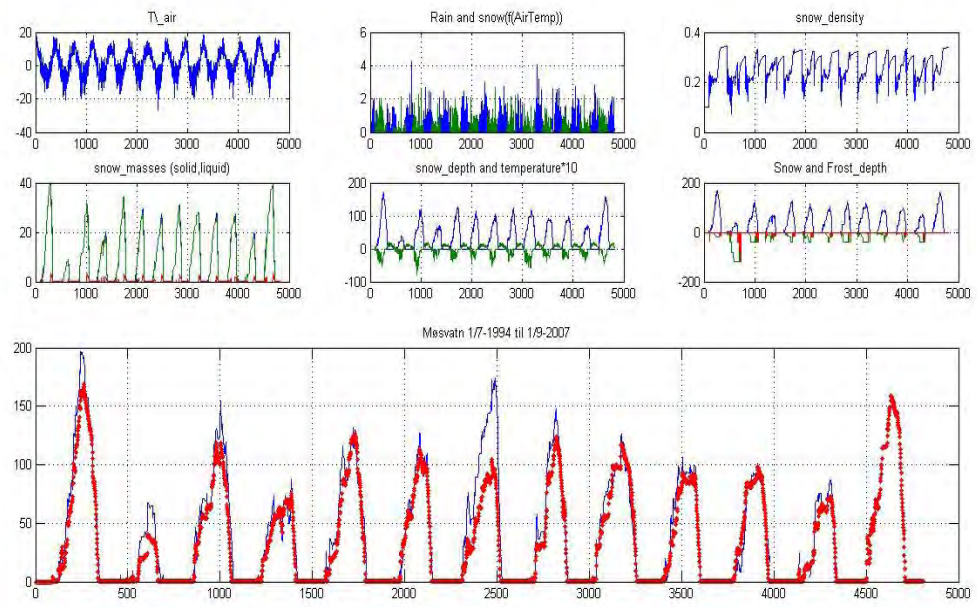
2.2.1 Arbeid med markvannsmodell

Det er utviklet rutiner for nedlasting av nedbør og lufttemperatur av griddata i seNorge.no. Data er lastet ned for hver av LGN-stasjonene (Landsdekkende Grunnvanns Nett). Det mangler foreløpig en rutine for nedlastning av prognoser for langbølget stråling.

For å få en enklere rutine for simulering av markvannstilstand er den tidligere benyttede markvannsmodellen, COUP, erstattet av en enklere utgave programmert i Matlab/C#. Modellen har i år vært under utprøving, blant annet gjennom sammenligninger av målt og simulert snødyp ved ca 60 synoptiske meteorologiske stasjoner spredd over hele landet (se figur 15). En mest mulig korrekt beskrivelse av snødekket er av stor betydning for å kunne simulere markvannstilstanden på en god måte. Et eksempel på sammenligning av observert og simulert snødyp for stasjonen Møsstrond er vist i figur 16. De andre resultatene i figur 16 viser andre variabler av betydning for tolkningen av snødekke. Et verktøy for parametrisering av parametre tilknyttet snødekke er utviklet og vil bli brukt på alle met-stasjonene i 2012.



Figur 15. Oversikt over LGN-stasjoner (grunnvann/markvann) og benyttede meteorologiske stasjoner. Stasjonene er valgt ut på grunnlag av lange tidsserier samt at det er observasjoner av lufttemperatur, relativ fuktighet, vindhastighet, nedbør og skydekke i rimelig nærhet.



Figur 16. Observert (blå) og simulert (rød) snødyp for Møsstrond for perioden 1/7-1994 til 1/9-2007. I tillegg er observert lufttemperatur, observert nedbør estimert som snø eller regn (ut fra temp) og simuleringer av snøtetthet, frosset og flytende vann i snø, snødyp og teledyp vist.

2.2.2 Nye temakart, tørke

Det er laget nye temakart med fokus på tørke. I 2011 er kartene laget i en testversjon. Kartene viser antall dager med sammenhengende tørke (figur 17a), tørkeklassifikasjon basert på persentiler (figur 17b) og akkumulert regn og snøsmelting siste 31 dager i persentiler (figur 17c).

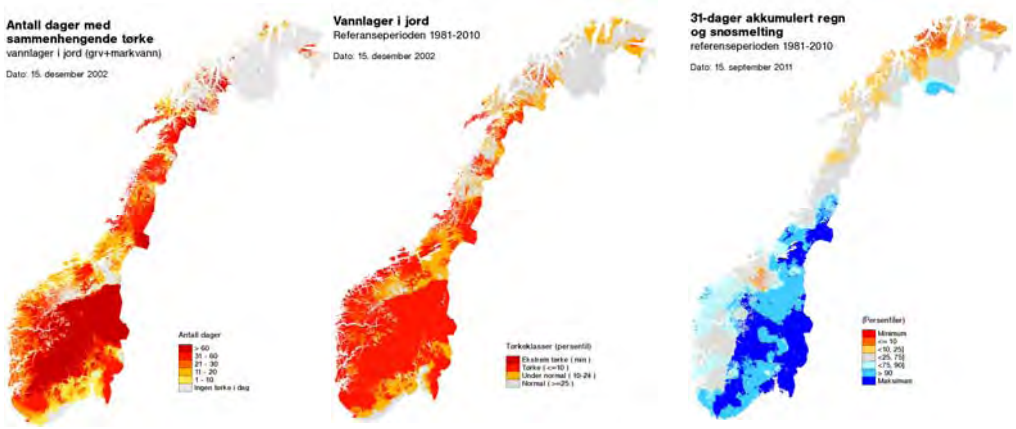
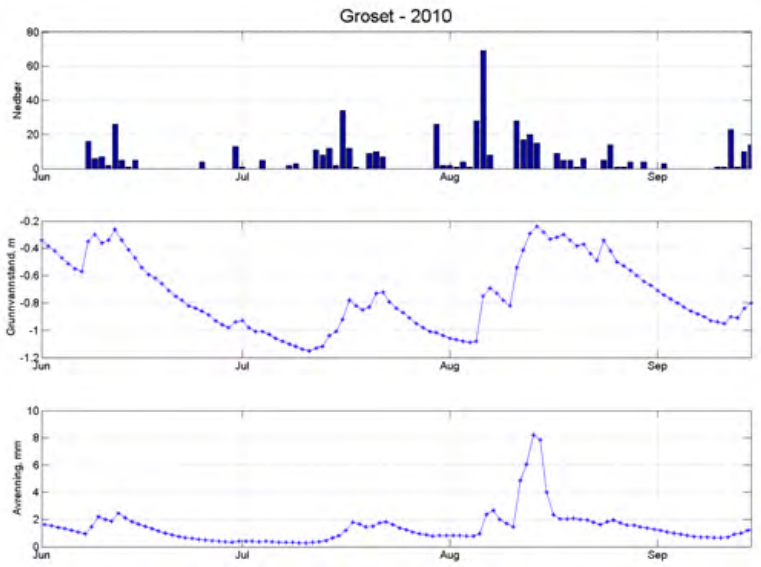


Fig. 17
a) Antall dager med sammenhengende tørke i vannlager i jord frem til 15.12.2002.
b) Klassifikasjon av tørke i vannlager i jord basert på persentiler for 15.12.2002. Persentilene er beregnet ut fra daglig simulert vannlager i jord ved bruk av en griddet versjon av HBV-modellen for perioden 1981-2010.
c) Akkumulert nedbør og snøsmelting siste 31 dager frem til 15.09.2011.

2.3 Aktiviteter 2012

2.3.1 Mark- og grunnvann

Det er etablert rutiner for nedlasting av observasjoner (nedbør og temperatur) og prognoser for grid-celler samt observert vannføring for HBV-feltene til bruk i en modell for jordas vann- og energibalanse. Det er i tillegg forslag om å laste ned grunnvannsobservasjoner i eller i nærliggende felt. Dette vil være et hjelpeverktøy spesielt for vurderinger av flom, skredfare og tørke. Et eksempel på slike data fra Groset er vist i figur 18. Nedbør er fra gridceller på 1x1km, grunnvannstand er observert ved Groset grunnvannstasjon og avrenning er fra observasjoner ved Grosettjern.



Figur 18. Figurene viser: Øverst; nedbør i mm/ døgn fra en 1 x 1 km celle som ligger nær grunnvannstasjonen på Groset i Telemark. Midten; observert grunnvannstand i meter under bakken. Nederst; observert avrenning i mm/ døgn fra målestasjonen i Grosettjern.

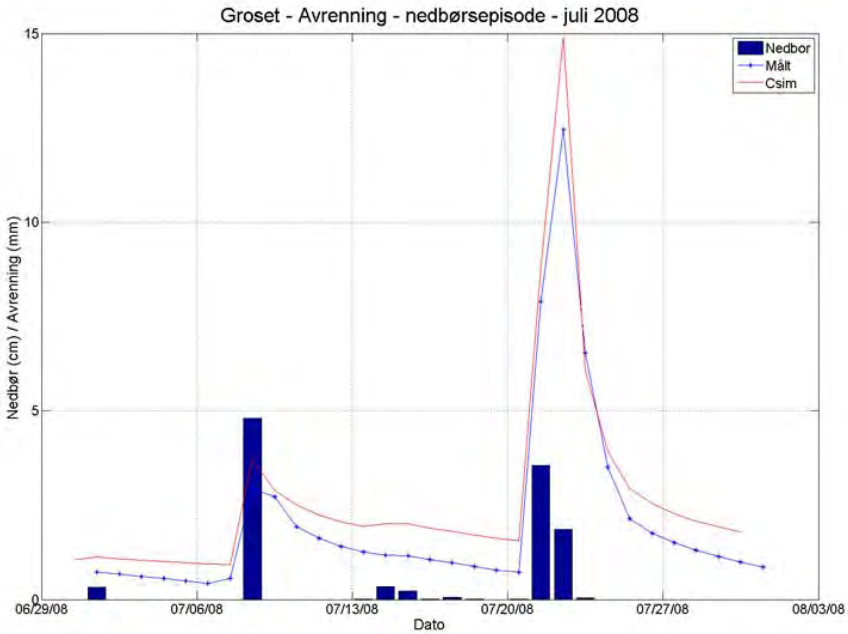
Det var i 2012 planlagt å lage rutiner for nedlasting av prognoser for stråling, relativ fuktighet og vind fra MET's varslingsmodell "UM4". Oppløsningen på disse dataene er 4 x 4 km. Det vil komme nye prognosedata fra MET (HARMONY) for et rutenett på 2.5 x 2.5 km. Det er derfor valgt å avvente og lage operative rutiner for nedlasting av slike data.

En tar sikte på å fremstille hovedresultater (maksimalt 3 grafer) fra modellsimuleringene av jordas vann- og energibalanse på tilsvarende måte. Punktene vil i første omgang representere meteorlogiske stasjoner hvor lange tidsserier for observasjoner av lufttemperatur, relativ fuktighet, vind, nedbør og skydekke foreligger. Stedene vil være spredd over hele Norge.

Begrenset tid og problemer med modelltesting har gitt noen forsinkelser i arbeidet.

Observerte vannføringsdata fra stasjoner med HBV-modeller, samt grunnvannsdata er klargjort til bruk for parametriseringen av vann- og energibalansemodellen. Vurderinger

tilknyttet fremstilling av dataene er godt i gang. En ny fremstilling for enkle vurderinger av effekten av nedbør på avrenning i mm er vist i figur 19.



Figur 19. Observert (blå) og simulert (rød) avrenning ved Grosettjern sommeren 2008. Simuleringene er basert på bruk av en 1D vann- og energibalanse-modell. Nedbør (blå søyler) er beregnet fra www.SeNorge.no fra en 1x1 km celle som ligger nær målestasjonen Grosettjern.

2.3.2 Nye temakart

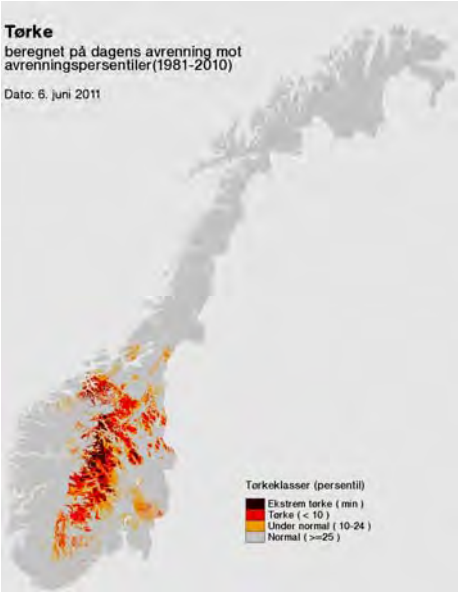
Nye temakart med fokus på tørke er i 2012 gjort tilgjengelige i portalen SeNorge (http://nyforevar. senorge.no/?p=forevar). Varighet og klassifikasjon av tørke er beregnet tilbake til 1980.

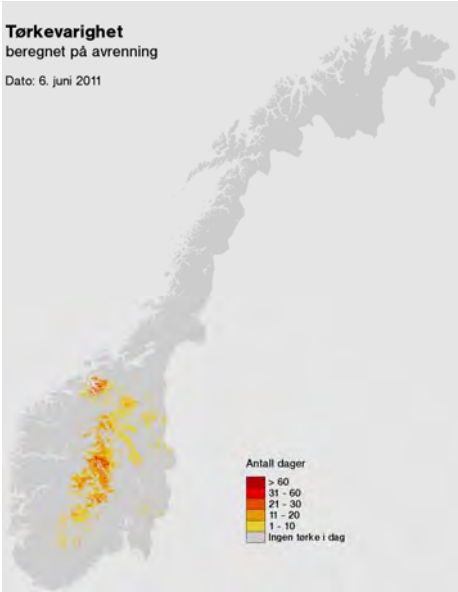
Følgende parametere legges ut:

- Tørkeklassifikasjon basert på persentiler for avrenning og vannlager i jord (fig. 20a).
- Tørkevarighet for avrenning og vannlager i jord (fig. 20 b).
- Sum nedbør som regn og snøsmelting i mm pr. måned (fig. 21)

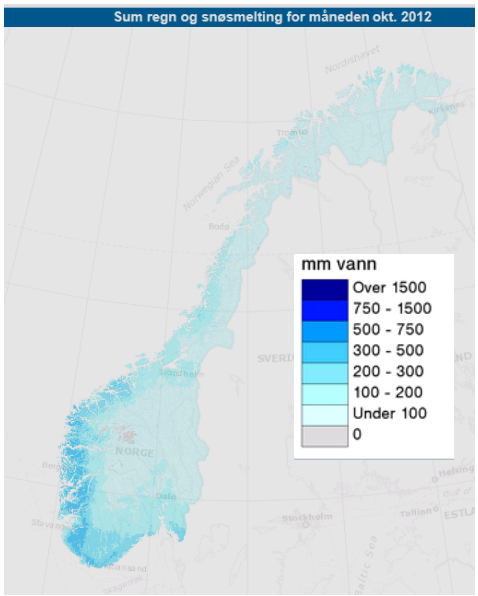
Det vil også bli publisert 9-døgns prognoser knyttet til de to første parametere. Kartene, som er tilgjengelige i portalen www.SeNorge.no, er utvidet med mulighet for også å kunne se observert grunnvannstand tilbake til starten av 2011. Målinger av grunnvannsstand vises som punkter (LGN-stasjonene). Punktets farge viser tilstanden (persentil-grupper) (figur 22), mens en graf med aktuell tidsperiode vil fremkomme ved å trykke på punktet. I eksemplet er tørkevarighet benyttet som bakgrunnskart.

Et delprosjekt med publisering av grenser for elspotområder er skrinlagt etter intern vurdering i Analyseseksjonen i Energiavdelingen (EA).





Figur 20 a) og b).
Klassifikasjon av avrenningstørke basert på persentiler (venstre) og tørkevarighet(høyre) beregnet som antall dager med sammenhengende avrenning under 10-persentilen.



Figur 21. Sum regn og snøsmelting i mm/ måned.

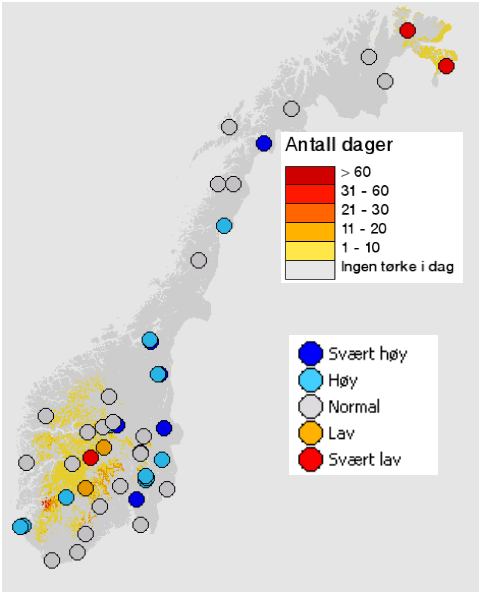


Fig. 22. Kartet viser antall dager med sammenhengende tørke frem til 6. juni 2012. Tørke er her definert som antall dager med avrenning mindre enn 10-persentilen. Sirklene viser observert grunnvannstand samme dato klassifisert i forhold til normalperioden 1981-2010.

2.4 Aktiviteter 2013

2.4.1 HBV og tørkehendelser

HBV-feltene som benyttes i tilsigsberegningene er ikke kalibrert spesielt mot lavvannføringer. Det er derfor gjennomført en studie for noen utvalgte felt for å vurdere hvor godt modellene simulerer tørkehendelser (uvanlig lave tilstander for mark-, grunnvann og avrenning) i sommerhalvåret.

I denne studien er enkelte simulerte tørkehendelser for noen utvalgte HBV-felt sammenlignet med grunnvanns- og vannføringsobservasjoner for å avdekke eventuelle avvik. I tillegg er de nye tørkekarakteristikkene i xgeo.no, som er basert på simuleringer fra en distribuert HBV-modell og som tidligere er utviklet for Verktøyprosjektet, evaluert mot de samme tørkehendelsene.

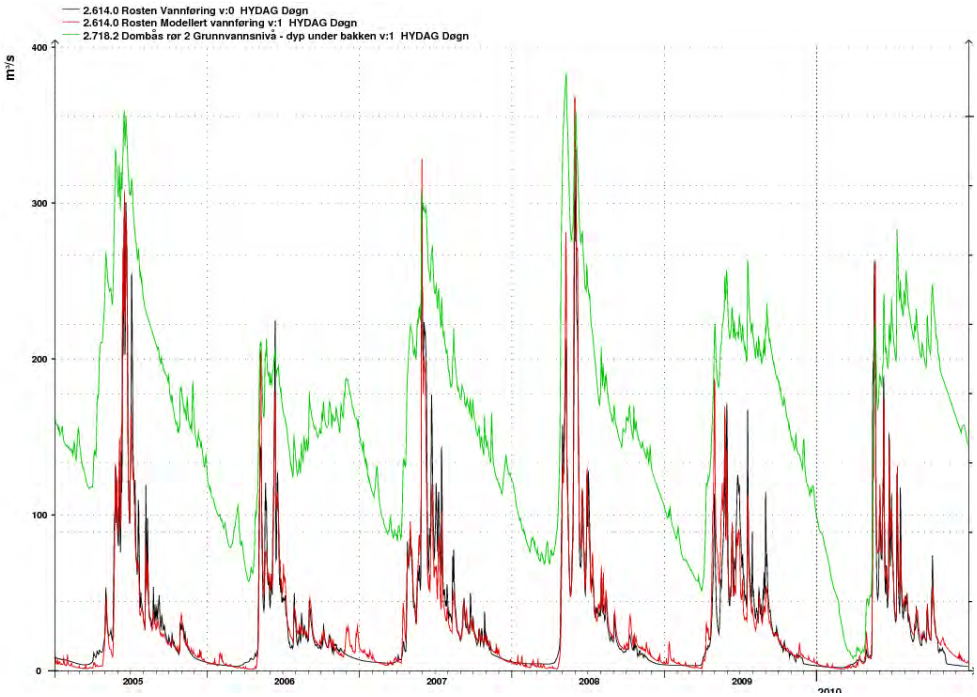
Tre nedbørfelt med hver sin kalibrerte HBV-modell og nærliggende grunnvannstasjon ble valgt ut. I tillegg ble tilsvarende resultater fra xGeo.no analysert. Feltene og grunnvannsstasjonene som ble analysert er: 1) Rosten (Dombås, Oppland), 2) Narsjø (Abrahamsvoll, Hedmark) og 3) Sula (Kyrkjestølane, Oppland/ Sogn og Fjordane).

Selv om de feltbaserte HBV-modellene ikke er kalibrert spesielt med hensyn på lavvann, viser enkle visuelle inspeksjoner av de observerte og simulerte vannføringsseriene at det er relativt godt samsvar mellom dem. Observasjoner fra nærliggende grunnvannsstasjoner indikerer lignende variasjonsmønster som vannføringens (se eksempel fra Rosten i figur 23).

En døgnvarierende terskel basert på et 7-døgns vindu samt 10-persentil ble brukt. Når terskelen ble underskredet, ble feltet klassifisert som å ha tørke. Perioden som ble analysert med hensyn til tørkevarighet var 1981-2010. For gridbasert HBV, ble gjennomsnittet av de gridceller som ligger innenfor nedbørfeltet benyttet.

Generelt gir kalibrert, feltbasert HBV-modell et godt resultat når det gjelder tørkevarighet for både Rosten og Narsjø. Tørke med lang varighet er relativt godt simulert. For Sula, er resultatet mindre bra. Selv om analysen kun var foretatt med19 år med data, er nok hovedårsaken en mer usikker modellkalibrering.

Resultater ved bruk av distribuerte HBV-modeller (xGeo.no) er som ventet ikke like gode som med feltbaserte HBV-modeller, men likevel brukbare. Dette fordi analysene er midlet over hele feltet, og de distribuerte modellene er ikke spesielt kalibrert for feltene. Her gir den distribuerte modellen for Sula, som er et lite nedbørfelt, noe bedre resultat enn for de to større feltene. Et fellestrekk for alle modellene, både de feltbaserte og distribuerte HBV-modellene, er at de har en tendens til å stykke opp langvarig tørke i flere mindre tørkehendelser.



Figur 23. Observert (svart) og simulert vannføring (rød) ved Rosten fra 2005 til 2010. Observert grunnvannsnivå, angitt som dyp under bakken er vist med grønn strek.

I begge versjoner av HBV-modellen (feltbasert og grid), er grunnvannet delt i øvre og nedre sone. Før sammenligning mot observasjoner ble de to sonene lagt sammen. En kortere sammenligningsperiode ble også benyttet pga. manglende observasjoner. I tillegg hadde ikke grunnvannsstasjonene kontinuerlige målinger, men kun manuelle målinger 2 ~ 4 ganger i måneden i store deler av perioden.

Resultater fra både feltbasert og distribuert HBV viser tydelig at modellen ikke klarer å simulere tørkevarighet på en tilfredsstillende måte. I motsetning til en observert vannføring, som er en størrelse akkumulert over et areal, er observert grunnvannstand kun en punktmåling. Det kan diskuteres hvorvidt det er rimelig å sammenligne HBV-resultater direkte mot punktobservasjoner. I tillegg simulerer HBV grunnvannsmengde, mens observasjon angis som nivå under bakken, dvs. volum mot lengdeenhet. Variasjon i lengdeenhet (observasjoner) kan være mindre enn i volum (simuleringer).

Det kan også ha sammenheng med at tørkehendelser ikke er fanget opp i tilstrekkelig grad av en begrenset måleperiode, som igjen påvirker bestemmelsen av terskler. Dessuten er HBV-modellen kun kalibrert mot avrenning. Det er derfor sannsynlig at det enkle, aggregerte grunnvannet fra HBV ikke er en god nok indikator alene for forholdene under bakken. HBV resultater bør derfor bearbeides mer før endelig vurdering kan foretas.

3 Snø

Analysene av snødata i Verktøyprosjektet er utført i tett samarbeid med utviklingen av snømodellen i SeNorge og oppbyggingen av verktøy i forbindelse med snøskred-varslingen i NVE. Resultatene er mer omfattende presentert i en rekke andre rapporter, se blant annet referanseliste gitt i slutten av kapittelet.

3.1 Aktiviteter 2010

3.1.1 Hardangervidda, romlig variabilitet

Vi har sett på romlig variabilitet av snø for å se på hvilken skala som dominerer hhv nedbørvariabilitet og refordeling pga vind og topografi. Resultatene fra Hardangervidda viser at på liten romlig skala dominerer refordeling pga vind. For å undersøke hvordan variabiliteten varierte ved forskjellige romlig skala og terrengtyper ble snødataene aggregert opp til mange forskjellige skalaer (2*2, 4*4m, 8*8, …, 2048*2048 m).

Resultatene viste at når skalaen blir større en 1-2 km avtar den romlige variabiliteten, og man nærmer seg variabiliteten man forventer å finne i nedbørfordelingen (ikke påvirket av refordeling av snø etter at snøen er falt) (figur 24). Variabiliteten i stor romlig skala ser ut til å være relativ lik den man finner i SeNorge, som i hovedsak styres av høyden over havet og avstand fra kyst. Det må her nevnes at det er forskjeller mellom Øst- og Vestvidda samt endringer fra nord til syd. I områder med liten endring i topografi (lite kupert), slik man har nordøst på Hardangervidda, er den romlige variabiliteten mye mindre enn de man finner i vest og syd på Hardangervidda (hvor terrenget er mer kupert). Dette viser at på Østvidda har mindre å hente på å inkludere en mer detaljert høydefordeling enn Vestvidda. Resultater av denne analysen er blitt presenter på to konferanser, en i Oslo og en i København.

Det har blitt etablert en semiautomatisk produksjonsløype for å ekstrahere ut høydemodeller og snødyp data fra laserdataene. En slik produksjonsløype er nødvendig da datasettet er stort og vanskelig og håndtere uten.

3.1.2 Måling av snødyp med radar

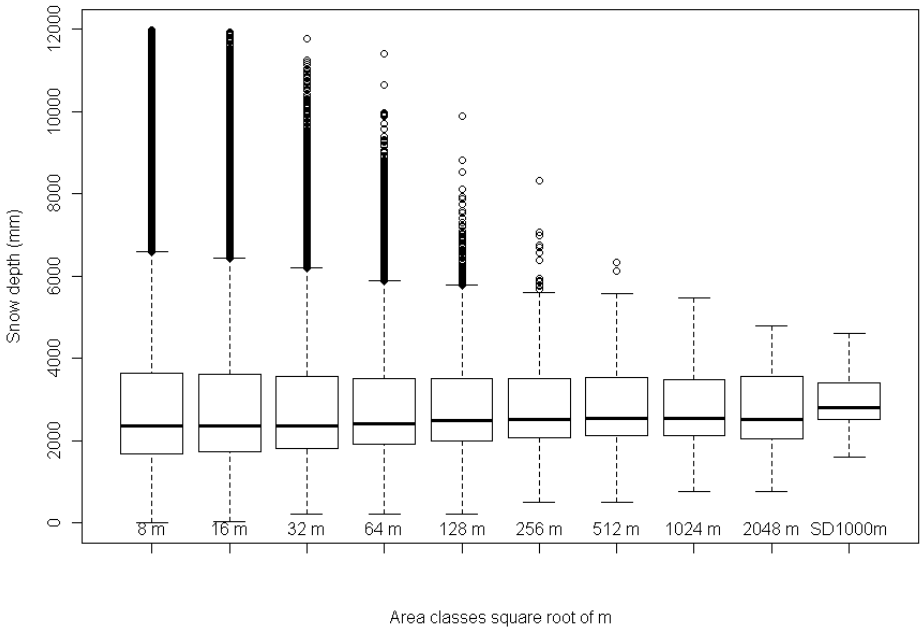
Innenfor design av målenett har vi sett på om snødata fra snøradarmålinger kan gi representative verdier av snødyp. Radarmåling av snø kan sammenlignes med snøstrekkmålinger ved at man kun måler snødyp rett under radarene. Med radaren måles snødypet mer eller mindre kontinuerlig (avstanden mellom målepunkt fra 10-50 cm) langs snøstrekket slik at man får et mer eller mindre kontinuerlig bilde av hvordan snødypet endres. Ved manuelle målinger er det flere meter eller titalls meter mellom hver måling. En annen fordel med radarmålingen er at disse kan utføres mye raskere enn tradisjonelle snøsonderinger.

I denne studien ble lasermålt snødyp antatt å gi et korrekt bilde av faktisk snødyp i terrenget. Laserdataene gir snødyp og snødyp-variasjoner over et areal. Det er derfor mulig å sammenligne radarmålt snø med lasermålt snø i områder hvor disse sammenfaller.

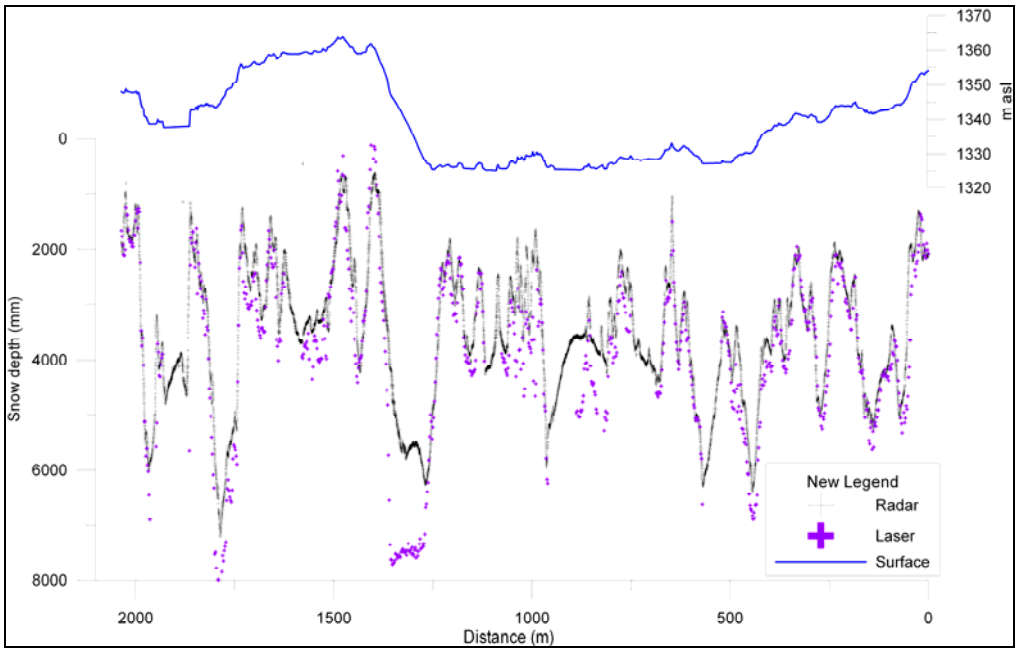
Figur 25 viser hvordan snødypet varierer over et 2 km langt snøstrekk målt på Vestvidda i 2008. Både snødyp fra snøradar og laserdata er vist for samme snøstrekk. Figuren viser at det i hovedsak er godt samsvar mellom radarmålt og lasermålt snødyp. Avvik sees ved ca 1300 m og 800 m. Dette kan skyldes enten feiltolking av radardataene ved at man ikke har klart å finne overgangen mellom snø og bar bakke i radardatane, eller at man passerer over en gammel snøfonn hvor man har hatt smelting av gammel snø i tillegg til sist vinters snø.

I gjennomsnitt var snødyp fra radarene 3,5 m mens den fra laserdataene var 3,8 m. Målingene med snøradarene antas derfor å underestimere snødyp med ca 10 %. Lignende resultater fant vi også for andre strekk på Vestvidda. Vi venter at avviket er mindre på Østvidda, men data er enda ikke ferdig bearbeidet.

Det var planlagt å utvikle enn snøtetthetsmodell for å beregne snøens vanninnhold (SWE) fra de observerte, laserskannede snødypene. Dette arbeidet har vi utsatt da vi vil samkjøre aktiviteten med utviklingen av SeNorge-snømodellen og modellverktøy som blir utviklet i forbindelse med snøskredvarsling.



Figur 24. Boksplot av målt snødyp vs arealklasser som er blitt benyttet til å beregne til beregne gjennomsnittsverdier for et av de 80 km lange strekkene målt med laser på Hardangervidda. Dataene er fra den 16. april 2008. Boksen helt til høyre (SD1000m) viser verdiene man får fra SeNorge for det samme området. Den målte medianverdien er 2,3-2,5 m, mens modellert i SeNorge er ca. 3,3 m.



Figur 25. Viser snødyp langs et 2 km langt snøstrekk fra Vestvidda litt syd for Hårteigen. Snøstrekket går fra øst (0m) mot vest. Snødyp fra laser er markert med lilla kryss, mens de fra snøradar vises med svarte kryss. Høyden for profilet langs snøstrekket er vist med blå strekk.

3.2 Aktiviteter 2011

3.2.1 Design av målenettverk og snøtetthetsmodell

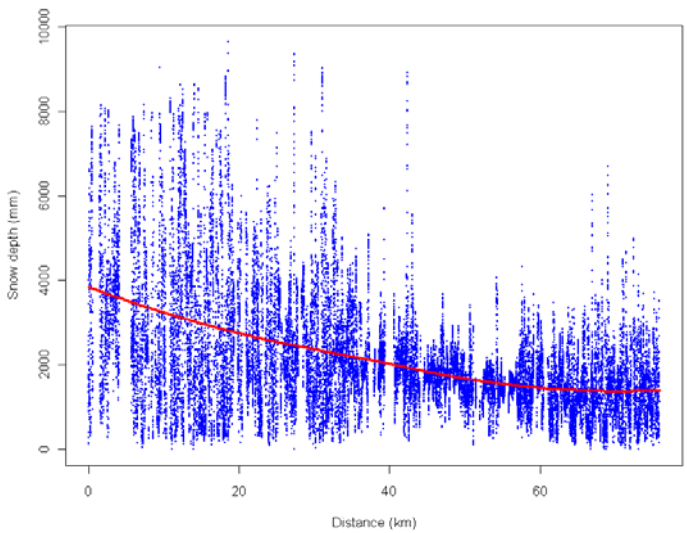
I løpet av 2011 har arbeidet med lasermålte snødyp stort sett dreid seg om å kvantifisere variabilitet på forskjellig måleskala og i forbindelse med design av målenettverk. Arbeidet har vært presenteret på to konferanser, Northern Research Basins (Melvold og Skaugen, 2011a) og Nordic Branch of International Glaciological Society (Melvold og Skaugen, 2011b).

I forbindelse med design av målenettverk har vi sett på hvor mange målinger som trengs for å gi et godt estimat av gjennomsnitt snødyp. Fra lasermålte snødyp har man et godt bilde av hvordan snødypet varierer ned til 2 meter skala ved en gitt dato. Siden laserdataene er arealdekkende kan man anta at man har sann snøfordeling i feltet fra målingene (gi et korrekt bilde av faktisk snødyp i terrenget.). En kan derfor beregne statistiske parametrer fra hele snødyp populasjonen. Man har dermed en fasit som man kan bruke i forbindelse med etablering av måledesign og hvor mange målinger som må utføres for å estimere middelverdien med en gitt usikkerhet/innenfor gitt konfidensintervall (f.eks ønsker man at 95 av 100 måleoppleggene skal gi et estimat av ”sann” middelverdi ± 10%).

Det er kjent at forskjellige (tilfeldige) delprøver fra samme populasjon vil gi forskjellige verdier for middelverdien. Figur 26 viser hvordan snødyp varierer langs et 80 km langt snøstrekk som går fra vest mot øst over Hardangervidda. Snødypet som er vist er tatt ut fra de arealdekkende snødyp målingen langs et tenkt øst-vest snøstrekk. En kan se at

variabiliteten er større på Vestvidda enn på Østvidda. Det var derfor naturlig å dele dataene opp i et vestlig og østlig snøstrekk (se også Ragulina m.fl. 2011, for nærmere beskrivelse av dette). For hver av disse ble det valgt å ta ut 500 målepunkter, noe som tilsvarer et ca 1 km langt strekk med data.

For hver av de to snøstrekkene ble middelverdien μ ± 10% bestemt for hele populasjonen (tabell 1). Neste steg er å bestemme middelverdien fra tilfeldig valgte delprøver med et angitt antall datapunkter. Vi har valgt å ta 100 slik tilfeldige prøver med samme antall datapunkter fra samme populasjonen. Dette gjøres for forskjellig antall datapunkter $n=N/(i*i)$ (500, 125,81,31,20,14,10 og 8) i hver delprøve. For hvert subsampel blir gjennomsnittet og standardfeilen beregnet. Standardfeilen er standardavviket til middelverdiestimatene gitt ved s/sqrt(n) hvor s er standardavviket og n antall.



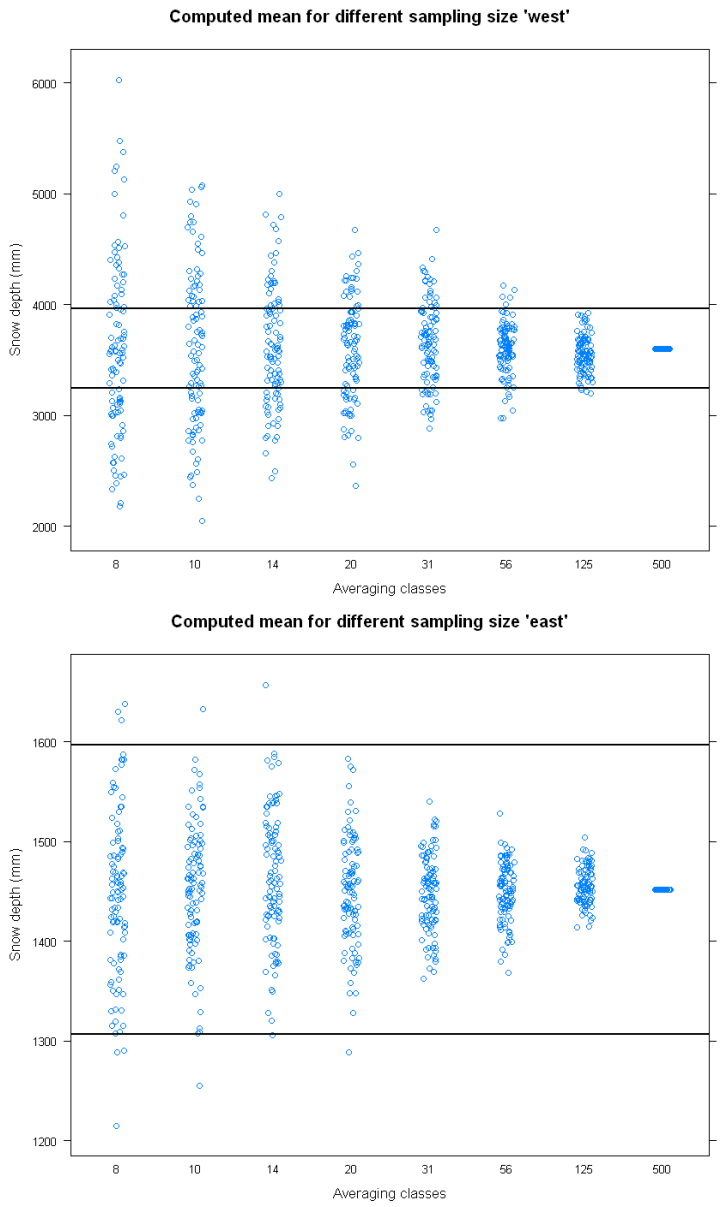
Figur 26. Snødyp fra laser for et 80 km langt vest øst profil på Hardangervidda. Rød kurve er glattet snødyp.

Tabell 1. Data for Øst- og Vestvidda

	N	Middelverdi	± 10%	Min antall målepunkter
Vestvidda	500	3603	360	50
Østvidda	500	1456	146	10

De beregnede middelverdier (langs y-aksen) for hver delprøve med angitt antall punkt (langs x-aksen) er vist i figur 27. Fra figuren kan man se at antall målpunkter som kreves for å oppnå et estimat av middelverdien med gitt usikkerhet på ± 10% vil være på mer enn 10 % av totale målepunkter for Vestvidda, mens man på Østvidda kan klare seg med 2 %.

Det vil i vårt tilfelle, hvor hele populasjonen består av 500 målinger, bety at man på Vestvidda må gjøre 50 tilfeldige målinger. På Østvidda kan man derimot klare seg med 10 målinger. Dette viser at antall målinger som trengs for å gi et godt estimat av middelverdien avhenger av variabiliteten i snødypet (innenfor gitt skala) og ønsket nøyaktighet. Når variabiliteten øker kreves det flere målinger noe som betyr økt innsats for å estimere en middelverdi innefor en gitt usikkerhet. I vårt tilfelle har vi kun sett på hvordan effekten er basert på et tilfeldig valgt målepunkt. I praksis i felt kan det være vanskelig å designe og utføre slike målinger. Vi vil derfor jobbe videre med å etablere et mer gjennomførbart feltbasert måleopplegg som tilfredsstiller krav til usikkerhet.



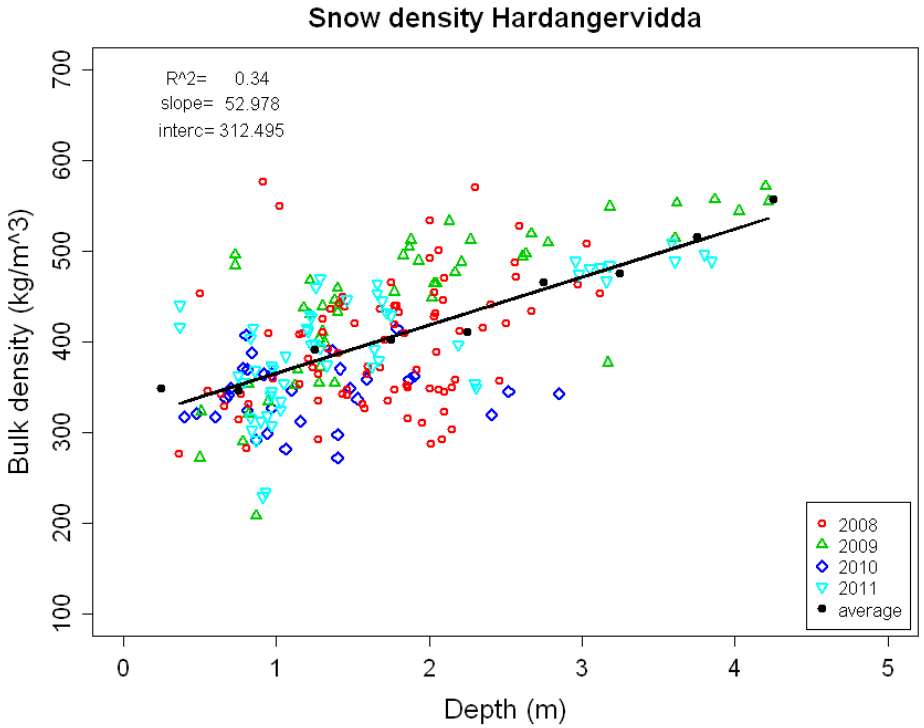
Figur 27. Plottet viser hvordan variabiliteten i gjennomsnittlig snødyp avtar på Vest- (øverst) og Østvidda (nederst) når antall målinger som benyttes økes fra 8 til 500, hvor 500 tilsvarer hele populasjonen. Øvre og nedre grense for middelverdi ± 10% vist med horisontal strekk.

3.2.2 Utvikling av snøtetthetsmodell

Parallelt er det arbeidet med å se på forskjellige empiriske og mer fysisk baserte modeller for å estimere snøtetthet. Empiriske modeller undersøker regresjonssammenhenger mellom snøtetthet og: 1) snødyp, 2) dag nummer, 3) geografisk posisjon, 4) høyde over havet, 5) transformasjoner av snødyp) 6) temperatur, og 7) fraksjon flytende nedbør.

De variablene som best forklarte variasjoner av snøtetthet var snødyp, dagnummer i snøsesongen og høyde over havet. I figur 28 vises en lineær sammenheng mellom snødyp og snøtetthet fra målekampanjene (2008-2009) på Hardangervidda i tillegg til datafor 2010 og 2011. En slik modell er sannsynligvis det beste vi kan bruke for å estimere SWE fra de lasermålte snødypene.

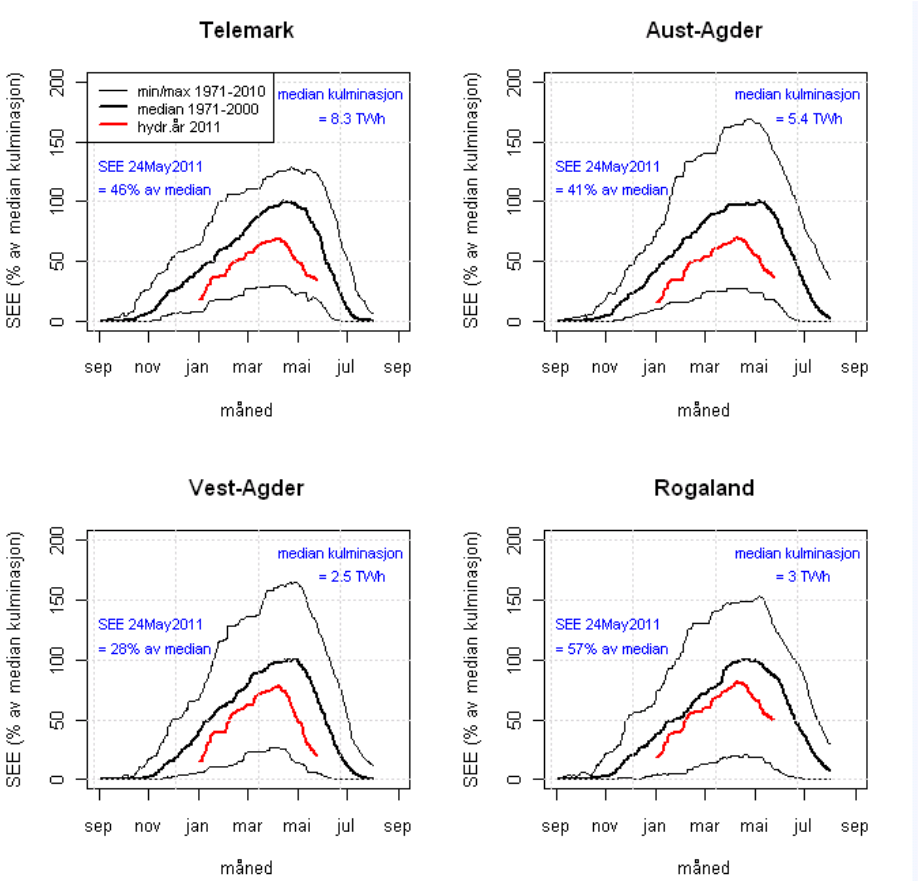
Tetthetsestimatene fra SeNorge gir klart bedre resultater enn de empiriske regresjons-metodene, men SeNorge-estimatet har en uheldig positiv bias, som betyr at det jevnt over beregnes for stort vanninnhold (for høy tetthet) i snøpakka. Det foregår et arbeid med å korrigere denne modellen.



Figur 28. Målt snøtetthet på Hardangervidda fra årene 2008, 2009, 2010 og 2011. Målingene er utført langs et eller to 80 km langt vest-øst profil. I utgangspunktet ble det planlagt å ta en tetthetsmåling for hver andre km langs profilet. Antall punkter varierer avhengig av tilgjenglighet til målepunktet. Alle målingene ble utført i midten av april når snødypet var nært sitt årlige maksimum. Rett linje er regresjonsligning basert på alle data fra alle år. Gjennomsnittsverdier er beregnet for 50 cm snødypsklasser eks. 0- 50, 50-100,…, 450-500 cm.

3.2.3 Snø i magasinområdene, et SeNorge-produkt

Innen ”snø-feltet” ble det også vinteren 2011 laget nye grafer for presentasjon av snødata fra SeNorge. Det er kun snø i magasinområdene som er medregnet, og denne er vektet i forhold til hvilke kraftverk vann fra de ulike magasinene utnyttes i. De absolutte verdiene i TWh bør ikke benyttes direkte, da det er stor usikkerhet knyttet til snøens vann-ekvivalent, spesielt i fjellområdene (jmf. kap. 3.2.1). Grafene viser snømengde i prosent av median kulminasjon (energiinnhold i TWh) for hvert enkelt fylke. Referanseperioden er 1971-2000.



Figur 29. Snømagasin i prosent av median kulminasjon for 4 fylker vinteren 2010/2011. Det er kun snø i magasinområdene som er medregnet, og snømagasinet er vektet i forhold til energiekvivalentene (kWh/ m3) for de ulike magasinene. Oppgitt størrelse for median kulminasjon, som for eksempel for Vest-Agder er 2,5 TWh, må ”tas med en klype salt”. Først og fremst fordi det er stor usikkerhet knyttet til de absolutte snømengdene i fjellområdene.

3.3 Aktiviteter 2012

3.3.1 Videreutvikling av design av målenettverk

På høyfjellet blir snøen kraftig refordelt på grunn av interaksjonen mellom snø, terreng og vind. Dette fører til at snødypet varierer mye over relativt korte avstander (noen meter). Det dannes avblåste områder uten snø, mens i andre områder får man snøfonner med flere meter dyp snø. På høyfjellet har man funnet variasjonskoeffisienter (CV) opp mot 1.2.

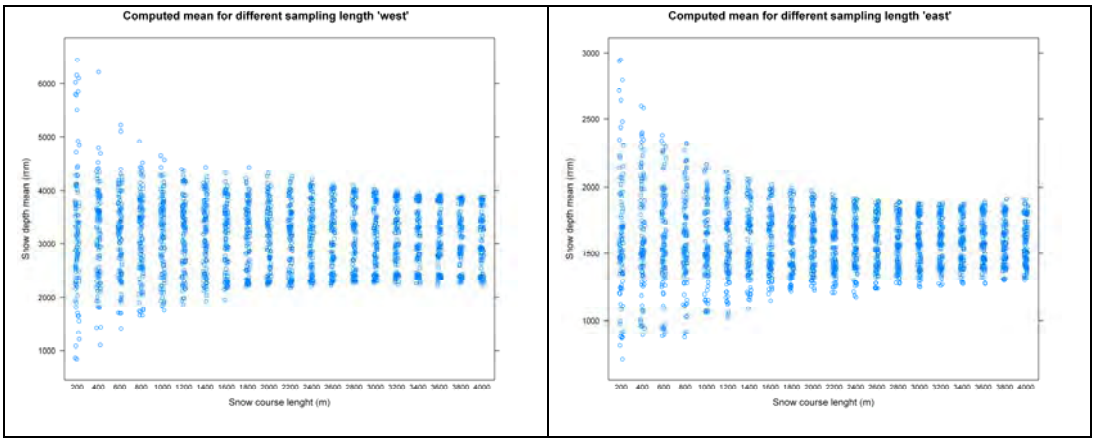
For å få et bilde av snøfordeling og et estimat for gjennomsnittlig snødyp i et gitt område måles snødypet langs gitte målestrekk/snøstrekk. I høyfjellet er målestrekkene typisk 1-2 km lange med målinger for hver 25-50 m.

I fortsettelsen av arbeidet med design av målenettverk har vi i 2012 sett på om typiske snøstrekk gir et godt estimat av snødyp i et gitt område. Her tenker vi på et godt estimat av gjennomsnittlig snødyp for et gitt område.

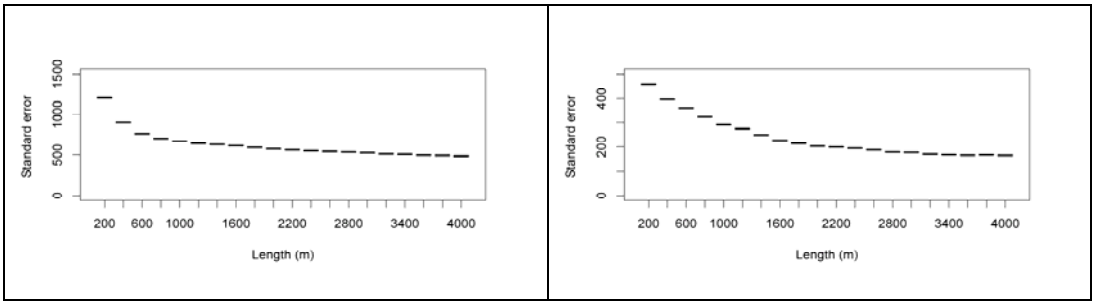
Som i 2010 og 2011 ble lasermålt snødyp antatt å gi et korrekt bilde av faktisk snødyp i terrenget. Fra denne sanne arealfordelte snøpopulasjonen kan man resample data for å undersøke om tradisjonelle snøstrekk gir et godt estimat av gjennomsnittsverdi for snødyp i et gitt område. Siden variabiliteten er større på Vestvidda enn på Østvidda (vist i 2011) er det naturlig å dele dataene opp i et vestlig og østlig datasett og undersøke disse separat.

Resamplingen av laserdata ble gjort langs tenkte snøstrekk av forskjellige lengde. Startpunkt for snøstrekkene ble vilkårlig valgt fra gang til gang. De virtuelle snøstrekkene varierte i lengde fra 200, 400 m, osv opp til 4 km (i alt 10 lengdeklasser), og det ble tatt snømålinger for hver 10 m langs snøstrekket. I alt ble det generert 2000 snøstrekk (100 i hver lengdeklasse). For hvert snøstrekk ble gjennomsnitt og standardavvik for snødyp beregnet. For hver lengdeklasse ble standardfeilen på gjennomsnitt beregnet.

Resultatene viser at på Østvidda vil den beregnede middelverdien i snødyp for et 200 m langt snøstrekk variere fra 0,72 m til 2,95 m, mens for et 4 km langt snøstrekk variere fra 1,31 m til 1,91 m (figur 30 a). Midlere snødyp i området var 1,60 m. På Vestvidda varierte den beregnede middelverdien i snødyp for et 200 m langt snøstrekk fra ~0,50 m til ~6,00 m, mens for et 4 km langt snøstrekk varierer den fra ~2,2 m til ~3,88 m (figur 30 b). Midlere snødyp i området var 3,00 m. Både på Øst- og Vestvidda avtar variabiliteten i de estimerte middelverdiene ettersom snøstrekklengden øker. For korte snøstrekk, spesielt på Vestvidda hvor topografien er variabel, er snømengden sterkt påvirket av lokale effekter og gir ikke noe godt estimat av gjennomsnittlig snødyp for et større område. For hver av de 100 snøstrekkene i hver lengdeklasse ble standardfeilen på middelverdien beregnet. Standardfeilen på middelverdien avtar ettersom lengden på snøstrekket øker og resultatene viser at det er lite å hente på å øke snøstrekklengden utover 2 km (figur 31). For et 2 km langt snøstrekk kan man vente en standardfeil på gjennomsnittlig snødyp på ca 15-20 %.



Figur 30. Beregnet middelverdi for virtuelle snøstrekk med forskjellig lengde fra 200, 400 osv opp til 4 km på Vest- (venstre) og Østvidda (høyre). I alt er det 100 snøstrekk per lengdeklasse.



Figur 31. Beregnet standard feil på gjennomsnitt snødyp for hver lengde klasse. Plott til venstre fra Vestvidda, mens Østvidda er plottet til høyre.

Resultatene av arbeidet er blitt presenteret på to konferanser: ”International symposium on Seasonal snow and Ice”, i Lathi, Finland (Melvold og Skaugen, 2012a) og ”Nordic Branch of International Glaciological Society”, i Stockholm, Svergie (Melvold og Skaugen, 2012b).

I tillegg til arbeidet med å se på representativiteten til tradisjonelle snøstrekk har vi også vist at lasermålte snødyp kan benyttes til å evaluere snødyp fra SeNorge snømodellen Melvold and Skaugen, (2013). Resultatene fra dette arbeidet viste at snøfordelingen (endringer f.eks øst-vest, nord-syd) på Hardangervidda er godt beskrevet i SeNorge data, men at det var en bias ved at snødyp var overestimert i SeNorge Denne biasen vil trolig være mindre med neste generasjon av SeNorge. Arbeidet har vært presenteret på konferansen, International symposium on Seasonal snow and Ice, i Lathi, Finland (Melvold og Skaugen, 2012c). En vitenskaplig publikasjon er blitt utarbeidet i denne forbindelsen Melvold and Skaugen, (2013).

3.4 Aktiviteter 2013

3.4.1 Snøtetthetsanalyse.

Saloranta (2011) analyserte snøtetthetens relasjon til ulike forklaringsvariabler vha. ca. 40 000 målinger av snøens tetthet, vannekvivalent og snødyp. Dette store datasettet er blitt samlet av ulike regulanter siden 1910-tallet, og mesteparten av målingene er foretatt i mars-april. Resultatene viste at, av i alt 12 studerte forklaringsvariabler, snøtettheten er sterkest korrelert med

- Snødyp ($R^2 = 0.22$; for log-transformert data $R^2 = 0.16$). I tillegg er tetthet korrelert med SWE, men dette er ikke uavhengig variabel siden SWE er ofte estimert på basis av snødyp og tetthet.
- Sesong, dvs. dagen av året i snøsesongen ($R^2 = 0.22$)
- Høyde over havet ($R^2 = 0.12$)
- Vest-øst koordinat ($R^2 = 0.04$)

Resten av de studerte variablene (år, sør-nord koordinat, temperatur, antall dager med temperatur over +1° C, og fraksjon av regn i nedbør) viste ingen sterk sammenheng med målt tetthet ($R^2 < 0.01$).

Deretter ble tre ulike statistiske modeller evaluert mot samme datasett, for å finne ut hvor godt de kunne predikere snøtettheten ut fra 1) sted, 2) tid og 3) målt snødyp. Disse modellene var basert på studier av Sturm et al. (2010) og Jonas et al. (2009), samt en egentilpasset logistisk regresjonsmodell. I tillegg ble tetthetssimuleringer fra den mer fysisk-baserte seNorge snømodellen inkludert i sammenligningen. Resultatene fra evalueringen av tetthetsmodellene (Tabell 2) viser at seNorge modellen hadde den klart beste korrelasjonen med målt tetthet (selv om den gamle versjonen 1.1 i snitt overestimerte tettheten med 0.1 kg/L; dette er korrigert i den nye versjonen 1.1.1).

Et naturlig spørsmål blir følgelig om modellbasert tetthet er bra nok til å erstatte tetthetsmålingene.

For å estimere snøens vannekvivalent *SWE* [mm] i f.eks. et nedbørfelt, må man estimere både snødyp (H_s) [m] og snøens tetthet ρ [kg m^{-3}] i et utvalg av punkter innen nedbørfeltet. Da blir gjennomsnitts *SWE*

$$\langle SWE \rangle = \langle \rho \cdot H_s \rangle$$

Måling av snødyp er relativt enkelt og effektivt å utføre, mens måling av tetthet er mye mer tidkrevende. For eksempel måler NVE hver vår snødyp hver 10. cm i et 80 km langt strekk over Hardangervidda i løpet av 1-2 døgn vha. en bakkeradar. Samtidig med disse ca. 800 000 snødypmålinger tar man ca. 100 tetthetsmålinger (2-3 replikater per målested).

Snøens tetthet varierer typisk som funksjon av 1) snødyp, 2) tid av året, 3) region, og 4) høydenivå. Når man for eksempel skal kombinere ca. 800 000 snødypmålinger over Hardangervidda med ca. 100 tetthetsmålinger for å beregne gjennomsnitts *SWE*, er det fornuftig å først estimere en relasjon mellom observert snøtetthet og snødyp, og så anvende denne relasjonen til alle de ca. 800 000 snødypmålingene for å konvertere dem til snøens vannekvivalent.

Tabell 2. *Medianen, 5 og 95 % -persentiler av forskjellen i simulert og observer snøtetthet (ρ , kg/L) og SWE (mm). R^2 verdier av modellens tilpasning til observasjoner er også vist.*

Tetthetsmodell	**simulert - observert ρ (kg/L), median (5, 95%)**	**R^2 av modell-tilpasningen for ρ**	**simulert - observert SWE (mm), median (5, 95%)**	**R^2 av modell-tilpasningen for SWE**
Sturm et al. 2010	+0.03 (-0.07, +0.13)	0.32	+30 (-92, +131)	0.93
Jonas et al. 2009	-0.02 (-0.13, +0.08)	0.22	-19 (-166, +77)	0.92
Logistisk regresjon	0.0 (-0.11, +0.10)	0.24	0 (-116, +108)	0.93
seNorge model	+0.10 (-0.0, +0.18)	0.47	ikke funksjon av tetthet	0.95
Konstant tetthet	0.0 (-0.12, +0.12)	0	1 (-224, +94)	0.92

Jonas et al. (2009) utviklet en empirisk modell for snøtetthet der tetthet estimeres utfra 1) snødyp, 2) tid av året, 3) region, og 4) høydenivå. Relasjon mellom snødyp og tetthet er i deres modell en enkel lineær relasjon:

$$\rho = a + b \cdot H_s$$

der *a* er skjæringspunktet og *b* vinkelkoeffisienten, som angir hvor mye tettheten øker ved økende snødyp.

Datasettet i Jonas et al. (2009) ble splittet opp i klasser for årstid, region og høyde før regresjonen (snødyp vs. tetthet) ble utført. Siden alle våre målinger fra Hardangervidda var utført på samme årstid, i samme region og innenfor omtrent samme høydeintervall, kan vi her se bort fra disse ekstra forklaringsvariablene.

Figur 32 viser en lineær modell som ovenfor, tilpasset til snødyp- og tetthetsmålinger fra Hardangervidda fra 2008, 2009, 2011 og 2013 (blå linje). I figuren er det også gjort en lignende tilpasning til simulert snødyp og snøtetthet for samme trase i seNorge snøkart (lilla linje).

Resultatene viser at:

- Det er ganske stor spredning i observert relasjon mellom snødyp vs. tetthet, og konfidensgrenser på tilpassede parametere *a* og *b* er ganske vide (optimaliserte verdier for *a* og *b*, samt 90 % konfidensgrenser er vist i Figur 4).

- SeNorge snøkartmodellen gir som regel noe lavere verdier for tilpassede parametere *a* og *b*. Pga. generelt lavere tetthetsestimater i seNorge modellen, underestimeres *SWE* med 10 til 20 % avhengig av året, hvis observert tetthetsrelasjon erstattes av simulert tetthetsrelasjon.

Til sammenligning, så viser en tilpasning gjort til en subsett av regulantsnømålinger (565 målinger) rundt om kring i Norge på ulike høydeintervaller i tidsrommet 15/3-15/4:

$$\rho = 274 + 43 \cdot H_s$$

SeNorge snøkartmodell kalibrert mot samme datasett gir i samme punktene

$$\rho = 282 + 30 \cdot H_s$$

Dette tyder igjen på at tetthetsøkning ved økt snødyp er noe lavere i simulerte seNorge snøkart (30 kg m^{-3} m^{-1}) enn i observert data (43 kg m^{-3} m^{-1}).

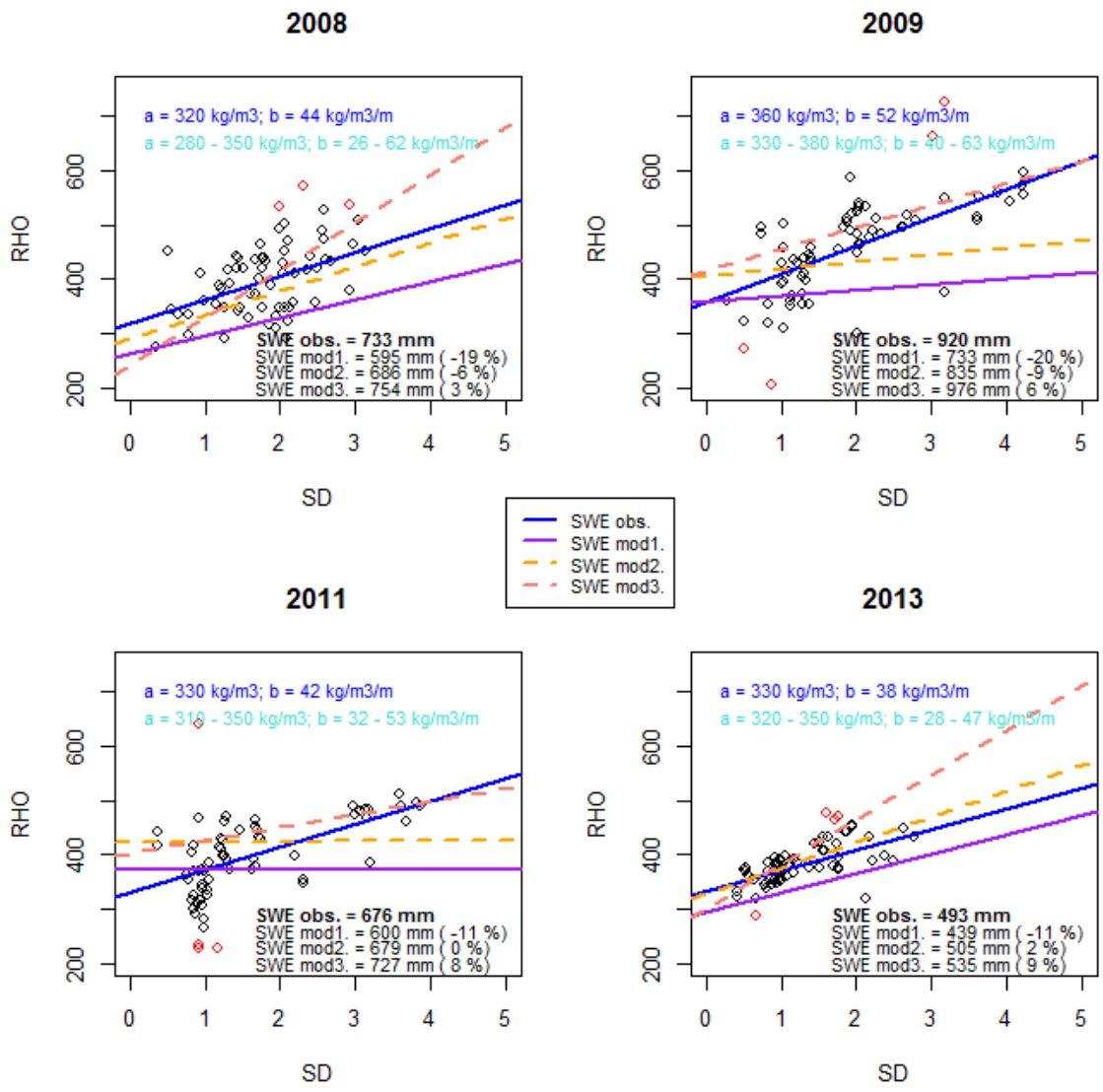
Snøtetthet er utfordrende både å observere og simulere riktig. Selv om det er usikkerheter også i tetthetsobservasjoner, ser det ut som om den nåværende seNorge tetthetsmodellen ikke greier å ”nå helt opp” til de største observerte tetthetstallene over ca. 400 kg/m^3. For å forbedre dette må man se nærmere på parametriseringen av snøens viskositet. Sturm & Holmgren (1998) har vist at viskositet kan variere mye mellom ulike typer av snøklima (maritim, alpin, prærie, etc.). F.eks. det å skille mellom viskositetsparameter over og under tregrensen, vil gi en bedre tilpasning (gul stiplet linje i figur 32), og avvik fra observasjonsbasert *SWE* blir maksimalt -9 %. Dette kunne fysisk begrunnes med at snøkrystallene er mer vindpåvirkede over tregrensen, og snøens viskositet er dermed lavere. Selv om tettheten i snitt blir bedre estimert i denne relasjonen, er det fortsatt avvik mellom modell- og observasjonsbasert parameter *b* (stigningstall), spesielt i 2009 og 2011.

En alternativ formulering av snøens viskositet (Teufelsbauer, 2011) ble også testet (rosa stiplet linje i figur 32), og med denne modellen blir størst avvik fra observasjonsbasert *SWE* +9 %. Også her er det fortsatt avvik mellom modell- og observasjonsbasert parameter *b* (stigningstall), spesielt i 2008 og 2013.

Konklusjon:

Det er gjort en sammenligning mellom modell- og observasjonsbaserte tetthetsrelasjoner. Tetthetsdataene kommer fra fire år (april) med målinger på Hardangervidda. Resultatene viser at ved bruk av <u>justert tetthetsrelasjon</u> (mod 2 i figur 32) fra seNorge snømodell, fikk man omtrent samme gjennomsnitt *SWE* som i observasjonsbasert metode i to av de undersøkte fire årene (2011, 2013). I de to andre årene (2008, 2009) ga modellbasert metode en 6-9 % underestimering i *SWE*. For mange applikasjoner ville denne presisjonen i estimeringen av *SWE* være akseptabel.

I videre arbeid, kunne man gjort lignede studie på en annen type nedbørfelt (for eksempel snømålingene på Atna, fra skog til fjell), for videre å teste modellens evne til å simulere tettheten og snødyp-tetthetsrelasjonen.

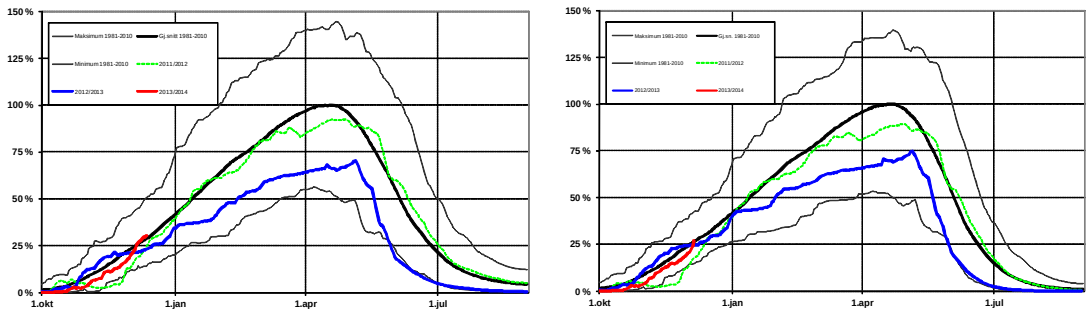


*Figur 32. Observert snødyp vs. tetthet på Hardangervidda i 2008, 2009, 2011 og 2013, og tilpasset lineær modell (blå). Lilla linje (SWE mod 1) viser tilpasset lineær modell ved bruk av simulert snødyp og tetthet fra seNorge snøkart for traseen P2 over Hardangervidda, og gul stiplet linje (SWE mod 2) det samme, men der viskositetsparameteren C_6 er nedjustert (21 m^3 kg^{-1}). Rosa stiplet linje (SWE mod 3) viser den samme tetthetsmodellen, men med viskositetsformulering fra Teufelsbauer (2011). Røde punkter viser uteliggere (utenfor 2*S.E.) som er fjernet fra analysen. Resultert gjennomsnitts SWE er beregnet og vist for alle modellene (avvik fra den observasjonsbaserte modellen er vist i prosent).*

3.4.2 Snøfigur i onsdagsrapporter, nytt grunnlag

Med bakgrunn i blant annet studier av snødata fra Hardangervidda, er snøkartene i portalen www.seNorge.no blitt oppdatert med data tilbake til vinteren 1957/58. Dette har skjedd som en del av andre prosjekter tilknyttet flom- og skredvarslingen i NVE. Som en følge av dette er også referanseverdiene for snøfigurene i ”onsdagsrapporten” oppdatert, foreløpig for perioden 1981-2013. Disse dataene er utvidet tilbake til 1958 i januar 2014.

En foreløpig sammenligning viser at det er god overensstemmelse mellom de relative snømengdene (snø i prosent av normalt energiinnhold) beregnet fra henholdsvis HBV-modeller og de oppdaterte snøkartene (figur 33).



Figur 33. Snømengder i % av normalt energiinnhold basert på beregninger med våre 82 HBV-modeller (venstre) og på snøkartet (www.senorge.no) (høyre).

Det er imidlertid stor forskjell i de absolutte verdiene i de to beregningene, mens HBV-modellene gir et gjennomsnittlig maksimalt snømagasin på 58 TWh gir snøkartene omkring 37 TWh. Før oppdatering ga imidlertid snøkartene 64 TWh. Den store reduksjonen i TWh beregnet fra snøkartene skyldes at kartene tidligere ga altfor store snømengder i fjellet. Dette er noe vi har vært kjent med og er en av årsakene til at vi kun har presentert relative snømengder i våre ”offisielle” figurer i for eksempel ”onsdagsrapportene”.

Årsakene til nåværende avvik mellom HBV-modeller og snøkart skyldes flere forhold, blant annet er omregningsfaktorene (mm vannekvivalent til GWh) som benyttes i snøkartene omkring 10 år gamle, dessuten dekker disse kun nedbørfelt som drenerer til magasin. Beregningene basert på HBV-modellene er basert på omregningsfaktorer tilpasset et midlere nyttbart tilsig på 130 TWh/år, og disse beregningene dekker både snø i magasinområdene og i uregulerte delfelt til kraftverk.

Vår GIS-database ble oppdatert/ oppgradert i desember 2013. Det er lagt til rette for å gjøre flere analyser også med tanke på kraftsystemet. Dette har medført at det ikke har vært tid til å utvikle metoden for beregning av gridda energiekvivalenter i inneværende år (oppdatering av omregningsfaktorer fra mm vannekvivalent til GWh for hver eneste km2-rute av Norge).

År til år variasjon i snømengder, tidspunkt for kulminasjon og variasjon i snømagasinets utvikling gjennom sesongen, samt korrelasjon mellom nyttbart tilsig i smelteperioden og snømengder ved gitte datoer vil bli presentert i statistikkrapporten som er under arbeid.

Arbeidet med snø i Verktøyprosjektet har skjedd i nært samarbeid med andre snøprosjekter i NVE. Resultater fra arbeidene er også presentert i:

Melvold K. and T. Skaugen, 2011. (Abstract) Snow depth variability at Hardangervidda, Norway, measured by airborne laser scanning. Nordic Branch Meeting Oslo. 27-29 October. *Oral presentation.*

Melvold K. and T. Skaugen, 2011. (Abstract) Spatial distribution of snow depth at Hardangervidda, Norway, measured by airborne laser scanning. International Research Basins Symposium and Workshop, Western Norway. 15-20 August. *Oral presentation.*

Melvold K. and T. Skaugen, 2012. (Abstract) Spatial variability of snow depth determined from airborne laser scanning: implication for snow course design example from Hardangervidda southern Norway. Nordic Branch Meeting, Stockholm 25-27October. *Oral presentation.*

Melvold K. and T. Skaugen, 2012b. (Abstract) Spatial variability of snow depth determined from airborne laser scanning: implication for snow course design example from Hardangervidda southern International symposium on Seasonal snow and Ice, i Lathi, Finland. 28 May to 01 June. *Oral presentation.*

Melvold K. and T. Skaugen, 2012c. (Paper in revision). Spatial distribution of snow depth at Hardangervidda Mountain, Norway, measured by airborne laser scanning. International symposium on Seasonal snow and Ice, i Lathi, Finland. 28 May to 01 June. *Poster presentation.*

Ragulina G., K. Melvold, T. Saloranta. 2011. GPR-measurements of snow distribution on Hardangervidda mountain plateau in 2008-2011. NVE Report no. 8. s. 32.

Melvold, K, T. Skaugen 2013. Multiscale spatial variability of lidar-derived and modeled snow depth on Hardangervidda, Norway, Annals of Glaciology. Vol.54 No. 52. doi:10.3189/2013AoG62A161

Saloranta.T, 2011. Modelling snow bulk density using an extensive snow data set from Norway. Upublisert forskningsnotat, NVE.

Andre referanser

Jonas et al. 2009. *J. Hydrol. 378*, 161-167

Sturm and Holmgren, 1998. *Ann. Glaciol. 26*, 125-130.

Teufelsbauer, 2011. *Natural Hazards 56*, 481-497.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2014

Nr. 1 Analyse av energibruk i forretningsbygg. Formålsdeling. Trender og drivere

Nr. 2 Det høyspente distribusjonsnettet. Innsamling av geografiske og tekniske komponentdata

Nr. 3 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet: Eirik Førland, Jostein Mamen, Karianne Ødemark,Hanne Heiberg, Steinar Myrabø

Nr. 4 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7. Skred og flomsikring. Sikringstiltak mot skred og flom Befaring i Troms og Finnmark høst 2013

Nr. 5 Kontrollstasjon: NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen

Nr. 6 New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. Tuomo Saloranta

Nr. 7 EBO Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk

Nr. 8 Erfaringer fra ekstremværet Hilde, november 2013

Nr. 9 Erfaringer fra ekstremværet Ivar, desember 2013

Nr. 10 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 3. kvartal. Ellen Skaansar (red.)

Nr. 11 Energibruksrapporten 2013

Nr. 12 Fjernvarmens rolle i energisystemet

Nr. 13 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer. Delprosjekt. 5.1.5

Nr. 14 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer

Nr. 15 Tilleggsrapport: Oppsummering av Energimyndighetens og NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen

Nr. 16 Flomberegning for Nesttunvassdraget (056.3Z). Thomas Væringstad

Nr. 17 Årsrapport for tilsyn

Nr. 18 Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013. En oppsummering av aktiviteter og resultater. Erik Holmqvist (red.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no