NVE

Lavvannskart for Norge

Kolbjørn Engeland, Hege Hisdal, Nils Kristian Orthe,
Asgeir Petersen-Øverleir, Astrid Voksø

5
2008

OPPDRAGSRAPPORT A

Lavvannskart for Norge

Norges vassdrags- og energidirektorat
2008

Rapport nr 6

Lavvannskart for Norge

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:
Forfattere: Kolbjørn Engeland, Hege Hisdal, Nils Kristian Orthe, Asgeir Petersen-Øverleir, Astrid Voksø

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 50
Forsidefoto: Grethe Holm Midttømme: Vinstravassdraget

Sammendrag: Estimater av lavvannsindekser er grunnlaget for mange avgjørelser i vannressursforvaltningen. I denne rapporten beskrives hvordan regresjon der feltkarakteristika inngår som forklaringsvariabler kan brukes til å bestemmes alminnelig lavvannføring og 95-persentiler (den vannføringen som overskrides i 95 % av observasjonsperioden) for hele året samt sommer- og vintersesong i umålte felt. Det beskrives også hvordan denne metoden er tatt i bruk i en pilotversjon av en GIS applikasjon. I videreføringen av prosjektet skal en GIS-applikasjon for hele landet ferdigstilles. Denne applikasjonen skal fungere slik at man kan peke på et punkt i et vassdrag, få automatisk definert oppstrøms nedbørfelt, og beregnet tilhørende feltkarakteristika og ønskede lavvannsindekser.

Emneord: Lavvann, umålte felt, alminnelig lavvannføring, 95-persentil, regresjon

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

Juni 2008

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **7**

2 Data **8**

2.1 Vannføringsdata 8
2.2 Geografiske data 12

3 Regional regresjon **12**

3.1 Regioninndeling 13
3.2 Regresjon 13
3.3 Resultater 15
3.3.1 Klassifisering 15
3.3.2 Regresjon 20
3.4 Diskusjon 26

4 Applikasjonsskisse **27**

4.1 Tjenester 28
4.1.1 Automatisk nedbørfeltgenerering 28
4.1.2 Nedbørfeltkarakteristika 29
4.1.3 Regresjonslikninger 30
4.2 Presentasjon 30

5 Konklusjoner **33**

6 Referanser **35**

7 Appendiks **36**

Forord

For å kunne vurdere virkningen av sterkt reduserte vannføringer i forbindelse med inngrep i vassdrag, må man kjenne den naturlige lavvannføringen i vassdraget. Slik kunnskap er viktig i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner for eksempel for småkraftverk og revisjon av vilkår i gamle konsesjoner. I andre del av prosjektet "Lavvannskart" har vi utviklet regresjonslikninger for å estimere lavvannsindeksene "alminnelig lavvannføring" Q_{ALV} samt 95-persentilen for hele året (Q_{95}), sommersesongen (Q_{95S}) og vintersesongen (Q_{95V}) i nedbørfelt med få eller ingen observasjoner. Det beskrives også hvordan regresjonslikningene ble implementert i en GIS-basert pilot slik at man kan peke på et punkt i et vassdrag, få automatisk definert oppstrøms nedbørfelt, tilhørende feltkarakteristika og ønskede lavvannsindekser. I videreføring av prosjektet skal en operativ GIS-applikasjon for hele landet ferdigstilles.

NVE er de siste årene tilført midler for å støtte FoU-prosjekter med formål å utvikle teknologi og kunnskap for en mer effektiv utnyttelse av små vannkraftressurser. Midlene kan også benyttes til FoU-prosjekter innen opprustning og utvidelse av eksisterende større vannkraftverk eller til øvrige prosjekter for bevaring og videreutvikling av norsk vannkraftkompetanse.

Denne rapporten er en av mange som er et resultat av disse bevilgningene.

Oslo, juni 2008

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Hege Hisdal
seksjonssjef

Sammendrag

Estimater av lavvannsindekser i umålte felt er grunnlaget for mange avgjørelser i vannressursforvaltningen. I Norge har for eksempel økningen i forespørselen om konsesjon for små vannkraftverk økt etterspørselen etter lavvannsindeksene "alminnelig lavvannføring" Q_{ALV}, 95-persentilen for døgnvannføring (Q_{95}), 95-persentilen for sommersesongen (Q_{95S}) og vintersesongen (Q_{95V}) i umålte felt. Alminnelig lavvannføring blir ofte brukt som et utgangspunkt for å bestemme restvannføring når en konsesjon er nødvendig og som restvannføring når en konsesjon ikke behøves.

I offentlig saksbehandling er det behov for en objektiv metode for å bestemme lavvannsindekser i umålte felt slik at resultatene er minst mulig avhengig av personen som utfører beregningene. Det er også et ønske om å bruke den metoden som gir minst usikkerhet ved estimering av lavvannsindekser i umålte felt. Målet med dette prosjektet er å etablere en standard prosedyre for å estimere lavvannsindekser i umålte felt. I Engeland *et al.* (2006) blir regional regresjon og regional HBV-modell sammenlignet, og regional regresjon gir den beste prediksjonen i umålte felt målt både i estimeringsvarians og systematisk avvik. Det ble derfor bestemt at regresjonsmetoden bør brukes når lavvannsindekser skal beregnes i nedbørfelt uten vannføringsobservasjoner.

Regresjonsmetoden bestemmer en sammenheng mellom alminnelig lavvannføring og fysikalske og klimatiske feltkarakteristika. Det første skrittet var å bestemme homogene under-regioner. Norge ble først delt inn i geografiske regioner: øst, sør, vest, midt, nord, og Finnmark. I Norge er lavvann bestemt av to forskjellige prosesser. Årsaken til vinterlavvann er at nedbøren blir lagret som snø. Årsaken til sommerlavvann er økt fordampning. To homogene under-regioner ble derfor etablert for hver geografiske region, bestemt av hvilken måned de laveste vannføringene forekommer. For å avgjøre om et umålt felt har sommer, eller vinterlavvann ble det funnet at midlere juli-temperatur var det beste kriteriet. Individuelle regresjonslikninger ble etablert for de to under-regionene. I tillegg ble felt med mer enn 5 % bre tatt ut som en egen region. En skrittvis prosedyre ble brukt for å velge ut det optimale antallet feltkarakteristika. Innsjøer, myrer og klima var de viktigste feltkarakteristika. Kryssvalidering ble brukt for å avgjøre hvor god modellen er i umålte felt. Resultatene viser at regresjonsmodellen er mer presis i sommer-regionene enn i vinter-regionene.

Det ble satt fokus på å velge ut dataserier med god kvalitet på lave vannføringsverdier. Vannføringen blir beregnet fra den observerte vannstanden ved hjelp av en vannføringskurve. En Bayesiansk prosedyre ble brukt for å kvantifisere usikkerheten i vannføringskurven for lave vannføringer. I tillegg ble informasjon fra stasjonsansvarlige brukt for å få kjennskap til eventuelle problemer ved målestedene.

Lavvannskartet for Norge skal resultere i en GIS-basert applikasjon der brukeren skal kunne klikke på et punkt i et kart, få oppstrøms areal, feltparametre og lavvannsindekser. Beregningene skjer automatisk og det er viktig å være klar over følgende når de estimerte lavvannsindeksene skal benyttes:

- Selv om regresjonsmetoden er den beste objektive metoden for å bestemme lavvannsindekser i umålte felt, vil mangelfullt datagrunnlag i enkelte regioner gi relativt dårlig tilpasning mellom de observerte og estimerte lavvannsinndeksene. I

slike tilfeller vil det være behov for en subjektiv vurdering av resultatet basert på kunnskap om hydrologien i regionen.

- Regresjonslikningene for de ulike lavannsindeksene er bestemt hver for seg. Dette kan føre til en viss inkonsistens mellom indeksene. For eksempel vil det i en region med de laveste vannføringene om vinteren være naturlig at Q_{95V} er mindre enn Q_{95S}. De estimerte verdiene vil ikke alltid oppfylle dette kravet dersom verdien på feltparametre, for nedbørfeltet hvor indekser skal estimeres, er mye større eller mindre enn for de nedbørfeltene som er brukt for å utarbeide regresjonslikningene.

Applikasjonen er utviklet i samarbeid mellom HI, HM og VG, der HI har stått for brukergrensesnittet, VG har stått for utvikling av rutiner i ArcGis og HM har spesifisert krav til funksjonalitet og gitt de nødvendige regresjonslikningene.

1 Innledning

Lavvannsindekser i umålte felt et nødvendig grunnlag for mange avgjørelser i vannresursforvaltningen. I Norge har spesielt planlegging og konstruksjon av små vannkraftverk ført til en økende etterspørsel etter lavvannsdata i umålte felt. Lavvannsindekser er også viktig for flere vannresurstema: forurensning, økologi, irrigasjon, design og manøvrering av reservoarer, vannforsyning og fiskeoppdrett. Det europeiske vanndirektivet forlanger at alle innlandsvassdrag skal oppnå en god status i 2015. Direktivet definerer hvordan det skal bli oppnådd ved å etablere miljø og økologiske målsetninger. Minimum vannføring vil være en viktig del ved implementering av vanndirektivet.

I Norge kreves det at alminnelig lavvannføring (Q_{ALV}) bestemmes i når et lite kraftverk skal bygges. Kravet ligger i den norske vannressursloven § 10 som sier (Lovdata, www):

- Ved uttak og bortledning av vann som endrer vannføringen i elver og bekker med årssikker vannføring, skal minst den alminnelige lavvannføring være tilbake, hvis ikke annet følger av denne paragraf. Det samme gjelder når vann holdes tilbake ved oppdemming.
- I konsesjon til uttak, bortledning eller oppdemming skal fastsetting av vilkår om minstevannføring i elver og bekker avgjøres etter en konkret vurdering.

Alminnelig lavvannføring er ofte et utgangspunkt for å bestemme restvannføring når konsesjon er nødvendig og brukt som restvannføring når en konsesjon ikke er nødvendig.

Alminnelig lavvannføring bestemmes slik (basert på minst 15-20 år med data):

- Ta bort de 15 minste verdiene hvert år i en serie med døgnmiddelverdier.
- Velg årlig minimumsserie fra de resterende dataene.
- Ranger den årlige minimumsserien og ta bort 1/3 av de minste verdiene.

Den minste verdien er definert som Q_{ALV} og tilsvarer ca. 96-percentilen i varighetskurven, dvs. den vannføringen som overskrides 96 % av tida.

Alminnelig lavvannføring blir tatt ut fra data som dekker hele året. I kystnære strøk vil de laveste vannføringene komme om sommeren. I slike felt vil Q_{ALV} være alminnelig lav sommervannføring. I innlandet og i høyden forekommer de laveste vannføringene om vinteren. Alminnelig lavvannføring vil derfor være en ualminnelig lav sommervannføring. Hvis økologiske kriterier skal være grunnlag for å bestemme minstevannføring, er det behov for sesongbaserte lavvannsindekser. I prosjektet har vi derfor også estimert Q_{95} for hele året og for sommer- og vintersesong. Q_{95} er den vannføringen som overskrides 95 % av tiden. Vintersesongen er definert som 1. oktober – 30. april, og sommersesongen som 1. mai – 30. september.

I offentlig saksbehandling er det behov for en objektiv metode for å bestemme lavvannsindekser i umålte felt slik at resultatene er minst mulig avhengig av personen som utfører beregningene. Det er også ønske om å bruke den metoden som gir minst usikkerhet. Målet med dette prosjektet er å etablere en standard prosedyre for å estimere lavvannsindekser i umålte felt. I Engeland *et al.* (2006) blir regional regresjon og regional HBV-modell sammenlignet for et område i Sør-Norge, og regional regresjon gir den beste prediksjonen i umålte felt målt både i estimeringsvarians og systematisk avvik. Det ble

derfor bestemt at regresjonsmetoden bør brukes når lavvannsindekser skal beregnes for et nedbørfelt uten målinger.

Lavvannskartet for Norge er en GIS-basert applikasjon der brukeren skal kunne klikke på et punkt i et kart, få beregnet oppstrøms areal med tilhørende feltparametre (hypsografisk kurve, arealdekning, gradienter, etc.) og lavvannsindekser. Applikasjonen er utviklet i samarbeid mellom HI, HM og VG, der HI har stått for brukergrensesnittet, VG har stått for utvikling av rutiner i ArcGis og HM har spesifisert krav til funksjonalitet og levert de nødvendige regresjonslikningene.

Rapporten starter med en presentasjon av vannføringsdataene og geografiske data. Deretter blir regresjonsmetoden beskrevet og de regionale regresjonslikningene blir presentert. Videre presenteres utviklingen av GIS-applikasjonen med skisser for funksjonalitet. Til slutt trekkes noen konklusjoner.

2 Data

2.1 Vannføringsdata

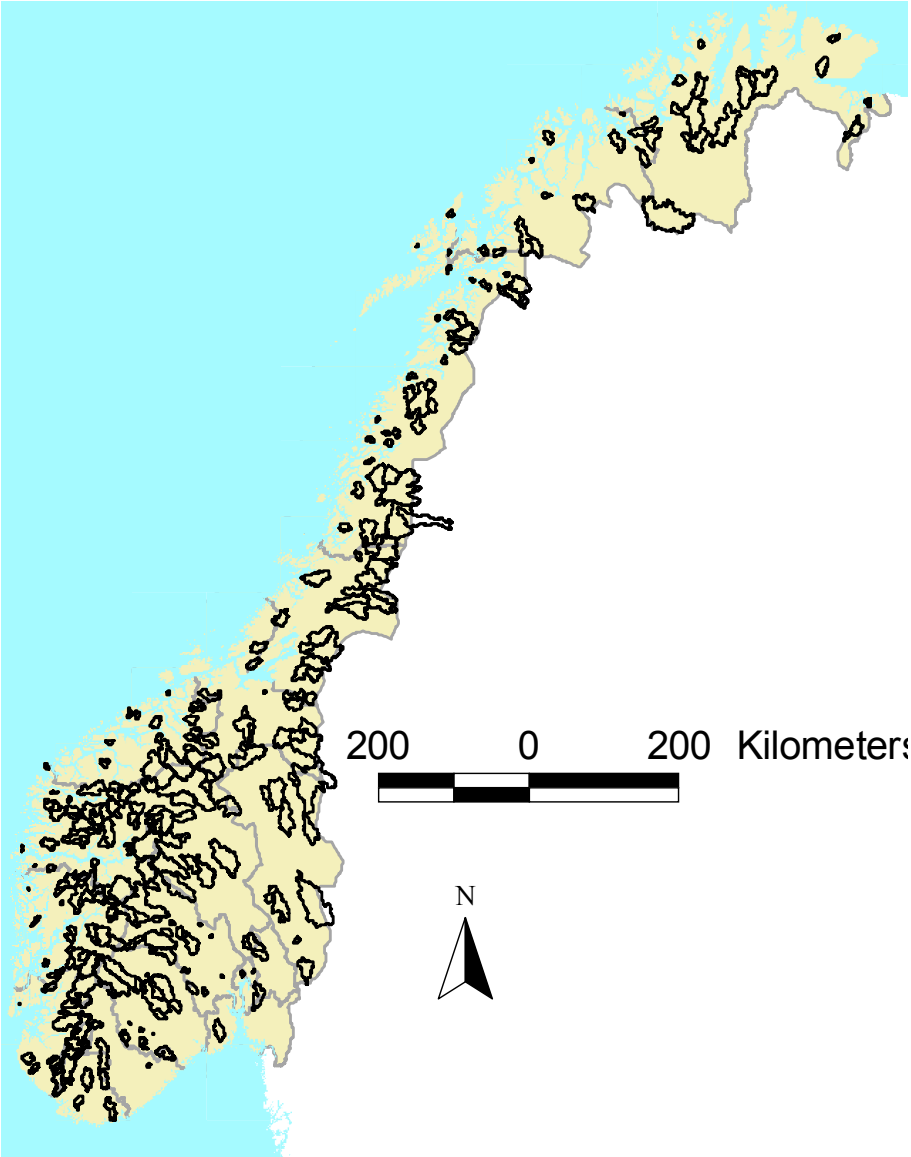
Fire lavvannsindekser ble tatt ut fra totalt 318 serier med døgnmiddelvannføring: Alminnelig lavvannføring (Q_{ALV}), samt 95 % kvantilen for hele året (Q95), 95 % kvantilen for sommersesong (Q95s) og 95 % kvantilen for vintersesongen (Q95v)

Nedbørfeltet for de 318 stasjonene er vist i Figur 1. Tabell 1 i appendikset lister opp de utvalgte stasjonene, serielengde, feltareal, midlere årsavrenning samt de fire lavvannsindeksene.

Stasjonene ble valgt ut etter lengde på dataseriene og kvalitet på de lave vannføringene. Minst 15 år med data, hvis mulig i perioden 1960-2000 ble krevd. For mange stasjoner ble imidlertid data fra før 1960 brukt siden bygging av vannkraftverk har endret den naturlige avrenningen. De historiske vannføringsdataene ble inkludert siden vi antok at variasjonen over tid er betydelig mindre enn variasjonen i rommet. Undersøkelser av data viste at for de stasjonene som viste tydelig trend i årlig minimumsvannføring, skyltes dette systematiske feil i dataene grunnet faktorer som utbygninger i vassdraget eller ustabile elveprofiler.

Det andre utvalgskriteriet var datausikkerheten på lave vannføringer. Ved målestasjonene måles vannstand som blir gjort om til vannføring ved hjelp av en statistisk tilpasset vannføringskurve. Nøyaktigheten på vannføringskurven bestemmes bl.a. av hvor mange vannføringsmålinger som er tatt på lave vannstander, usikkerheten på enkeltmålingene samt ekstrapolasjon av kurven utenfor det målte området. Vannføringskurven er etablert ved hjelp av samtidige målinger av vannføring og vannstand og har følgende form:

$$Q = \begin{cases} A_1 (H + c_1)^{b_1} & if \quad H \le h_1 \\ A_2 (H + c_2)^{b_2} & if \quad h_1 \le H \le h_2 \\ \vdots & \\ A_n (H + c_n)^{b_n} & if \quad h_{n-1} \le H \end{cases} \tag{1}$$

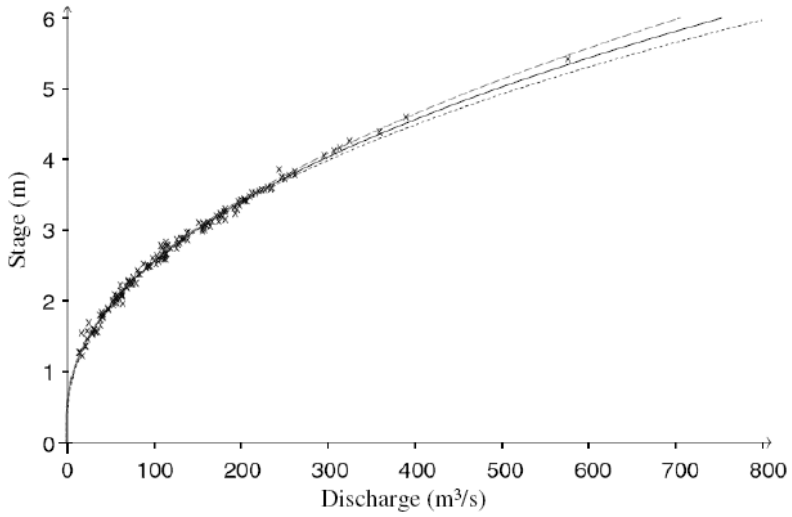


Figur 1 Nedbørfelt for de utvalgte stasjonene benyttet i lavvannsanalysen.

Der Q er vannføring, $(A_1,.. A_n, b_1,.....,b_n, c_1,....,c_n)$ er ukjente parametre for vannføringskurven og $h_1,\ldots, h_{n-1}$ er grenser for de forskjellige kurvesegmentene. Parametrene i vannføringskurven ble bestemt, segment for segment, ved bruk av Bayesiansk metodikk der man antar at modellparametrene $\theta = \{ A_1,.. A_n, b_1,.....,b_n, c_1,....,c_n \}$ er en tilfeldige (stokastiske) variable. Man kan spesifisere en a priori fordeling for parametrene gitt ved $\pi_0(\theta)$. Videre, ved å bruke likelihood $L(\theta|D)$ (som er bestemt ved å anta normalfordelte avvik mellom målinger og kurve) for parametrene betinget på data D, kan man bestemme posteriori fordelingen $\pi(\theta)$ for parametrene ved hjelp av Bayes teorem:

$$\pi(\theta) = \frac{L(\theta|D)\pi_0(\theta)}{\int_{-\infty}^{\infty} L(\theta|D)\pi_0(\theta)d(\theta)} \tag{2}$$

Ved hjelp av posteriori fordelingen for modellparametrene kan man anslå et 95 % kredibiltetsintervall også for estimerte vannføringer. Et eksempel er vist for målestasjonen Nybergsund i Trysilelva i figur 2.

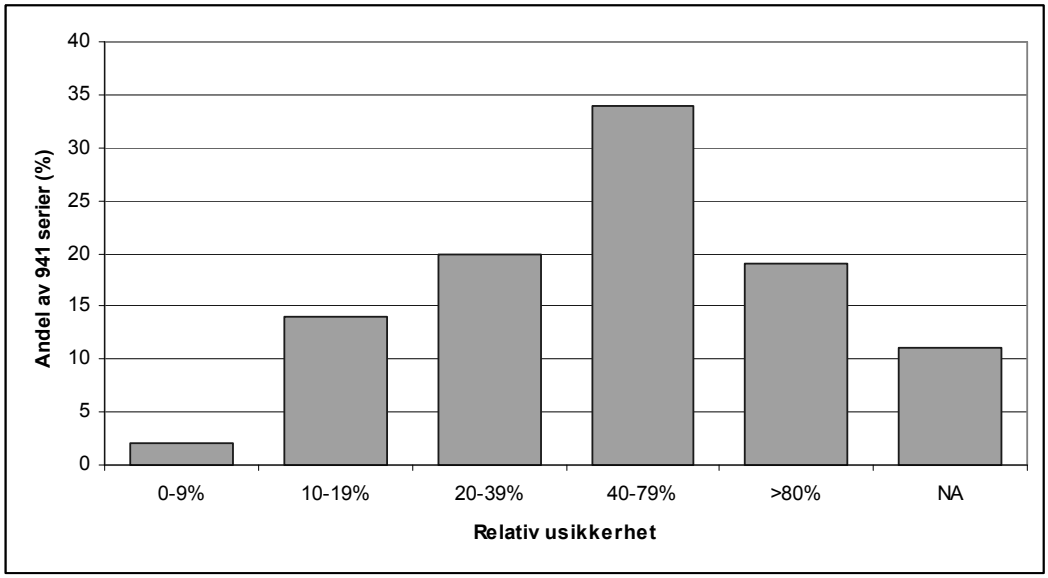


Figur 2 Eksempel på en estimert vannføringskurve (tjukk linje) fra Trysilelva ved Nybergsund. Kryssene er målinger mens de stiplete linjene er 95 % konfidensintervall.

For å anslå kvaliteten i form av kurveusikkerhet på de laveste vannføringsmålingene, ble årlig minimumsverdier for vannstand tatt ut. Middelverdien for årlig minimumsvannstand H_L ble beregnet sammen med den tilhørende vannføringen $\hat{Q}(H_L)$ samt 95 % konfidensintervall bestemt av øvre- $\hat{Q}_U^{95}(H_L)$ og nedre grense $\hat{Q}_L^{95}(H_L)$ i tilhørende posteriori fordeling. Da kan følgende statistikk B bli brukt for å beskrive relativ usikkerhet på lavvannføring:

$$B = \frac{\hat{Q}_U^{95}(H_L) - \hat{Q}_L^{95}(H_L)}{\hat{Q}(H_L)} \times 100 \tag{3}$$

Totalt ble over 941 vannføringskurver undersøkt og Figur 3 viser hvordan kvaliteten i form av kurveusikkerhet på lave vannføringer fordeler seg. Vi ser at i overkant av 40 % av vannføringskurvene har en relativ usikkerhet på mindre enn 40 %. Dette sier også noe om hvilke krav vi kan sette til kvaliteten på de estimerte lavvannsindeksene i umålte felt. Det kan ikke ventes å få en usikkerhet lavere enn +- 20 %.



Figur 3 Kvaliteten på lave vannføringer basert på relativ kurveusikkerhet. NA angir andelen serier som ikke var mulig å kvalitetskontrollere.

Kvaliteten på lavvannsverdiene ble klassifisert som vist i tabell 1. Data med kvalitet veldig dårlig ble utelatt fra analysen.

Tabell 1 Klassifisering av datakvalitet

Bredde av kredibiltetsintervall	**Kvalitetsklasse**
0-9 %	Meget bra
10-19 %	Bra
20-39 %	Tilfredsstillende
40-79 %	Dårlig
>80 %	Veldig dårlig

Vinterlavvann vil ofte få en ekstra usikkerhet bl.a. pga isoppstuing. Mange steder kan isdannelse forandre elveprofilet og gi økende vannstand uten at vannføringen øker. Såkalt isreduksjon gjennomføres mer eller mindre skjønnsmessig for å få mer korrekte vintervannføringsverdier.

I tillegg kan datalogger/limnigraf eller vannstandssensorer svikte i perioder, for eksempel i perioder med lavvann. I slike tilfeller vil det være brudd i data. Data i bruddperioden erstattes med modellerte data som videre justeres i henhold til kontrollavlesninger av vannstand i bruddperioden. Typisk vil modellen være en lineær regresjon mot nabostasjoner. Usikkerheten på modellerte data er i stor grad bestemt av nabostasjonenes representativitet og datakvalitet, samt antallet kontrollvannstander i bruddperioden.

2.2 Geografiske data

Feltparametre ble tatt ut fra NVE sitt GIS-system. Tabell 2 lister opp parametrene. Alle arealdekningsdata er basert på N50-kartene (målestokk 1:50000). Alle gradientene er basert på en høydemodell med oppløsning 25x25 m. Et digitalt elvenettverk basert på N50 kart ble brukt for å beregne elvelengde og elvegradientene. Midlere nedbør P_A, P_S, og P_W og temperatur T_A, T_S, og T_V, ble gitt av Meteorologisk institutt. De ble gitt som gjennomsnittsverdier for perioden 1961-1990 på et grid med oppløsning 1x1 km. Deretter ble de aggregert til et gjennomsnitt for hvert nedbørfelt.

Tabell 2 Feltkarakteristika

Symbol	Beskrivelse
A	Areal (km^2)
Q_M	Midlere årsavrenning (mm) fra avrenningskartet for Norge.
E_L	Elvelengde (km) fra utløpet til toppen av elva.
E_G	Elvegradient (m/km)
G_{1085}	Elvegradient eksklusive 10 % laveste delen og den 15 % høyeste delen (m/km)
F_L	Feltlengde (km) fra utløpet til det fjerneste punktet på vannskillet
H_{max}	Maksimum høyde (moh)
H_{min}	Minimum høyde (moh)
D_H	Forskjellen mellom H_{max} og H_{min} (m)
$B_{\%}$	Breprosent (%)
$T_{\%}$	Skogprosent (%)
$M_{\%}$	Myrprosent (%)
$F_{\%}$	Høyfjellsprosent (%)
$S_{\%}$	Sjøprosent (%)
S_{eff}	Effektiv sjøprosent (%)
T_A	Midlere årlig temperatur (^oC)
Ts	Midlere sommertemperatur (mai-september) (^oC)
T_V	Midlere vintertemperatur (oktober – april) (^oC)
N_A	Midlere årsnedbør (mm)
Ns	Midlere sommernedbør (mai-september)(mm)
N_V	Midlere vinternedbør (oktober – april) (mm)

3 Regional regresjon

Målet med regional regresjon er å etablere sammenhenger mellom lavvannsindekser og feltkarakteristika. Demuth og Young (2004) gir en oversikt over slike metoder. Norske studier er presentert i Krokli (1988), Skaugen *et al.* (2002), Væringstad og Hisdal (2005) og Engeland *et al.* (2006). I heterogene områder er det nødvendig å etablere homogene under-regioner (f.eks. Laaha og Blöschl, 2006). I Norge er den største forskjellen mellom vinterlavvann og sommerlavvann (Væringstad og Hisdal, 2005). En kryssvalideringsprosedyre blir ofte brukt for å evaluere hvor god modellen er i prediksjonsmodus. Feltkarakteristika som blir brukt er avhengig av hvilke karakteristika som blir antatt å være viktige for å forklare størrelsen på lavvannsindeksen og

tilgjengelige data. Karakteristika som beskriver geologi, jordarter, arealbruk, topografi og klima blir vanligvis tatt i bruk

Den regionale regresjonsprosedyren ble utført i to skritt. Det første skrittet var å dele in dataene i grupper som er homogene, det andre skrittet var å estimere de regionale regresjonslikningene.

3.1 Regioninndeling

Skal man utføre regresjon mellom lavvannsindekser og feltkarakteristika er det viktig at lavvannsindeksene er homogene med hensyn på hva slags prosesser som ligger bak. I Norge er det en stor forskjell mellom vinterlavvann og sommerlavvann. Vinterlavvann skyldes at nedbør faller som snø og blir lagret gjennom vinteren. Sommerlavvann skyldes først og fremst større fordamping og, i de fleste områder i Norge, mindre nedbør. Brefelt vil oppføre seg spesielt siden de vil ha høy vannføring gjennom hele sommeren pga smelting. I tillegg kan man forvente forskjeller mellom geografiske regioner, bl.a. pga ulikt klima. I målte felt ble vannføringsobservasjonene brukt for å avgjøre om det var dominerende sommer- eller vinterlavvann. For umålte felt ble det bruket klimaindikatorer. Det ble testet ut hvordan midlere temperatur og nedbør over feltet reproduserte klassifiseringen basert på vannføringsseriene.

3.2 Regresjon

Det andre skrittet var å utføre multippel lineær regresjon for å etablere sammenhengen mellom feltkarakteristika og lavvannsindeksen. Totalt var 21 feltkarakteristika aktuelle kandidater (Tabell 3). En skrittvis regresjon ble brukt for å velge de viktigste forkklaringsvariablene. Kryssvalidert forklart varians, R^2_{CV}, ble brukt for å avgjøre hvilke forklaringsvariabler som skulle tas med i likningene.

$$R^2_{CV} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(Q_{ALV,obs,i} - Q_{ALV.pred,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n} \left(Q_{ALV,obs,i} - \overline{Q}_{ALV,obs} \right)^2} \qquad (4)$$

der n er antallet observasjoner, $Q_{ALV,obs,i}$ den observerte Q_{ALV} ved stasjon i, $Q_{ALV,pred,i}$, den predikerte Q_{ALV} ved stasjon i. Prediksjonen ble beregnet ved å utelate observasjonen ved stasjon i når koeffisientene i regresjonslikningen ble bestemt og så bruke disse koeffisientene for å predikere Q_{ALV} for den uavhengige stasjonen. $\overline{Q}_{ALV,obs}$ er middelverdien for den observerte Q_{ALV}. R^2_{CV} vil ha 1 som optimal verdi og minimumsverdien kan komme i underkant av 0 siden det er prediksjoner som benyttes. Det ble også krevd at regresjonskoeffisientene skulle være signifikant forskjellig fra null på et 5 % nivå.

En viktig del av regresjonsanalysen er å kontrollere om viktige krav er oppfylt for å kunne gjennomføre en statistisk interferens. Følgende må kontrolleres:

1) Fordeling – er residualene normalfordelte?
2) Homoskedasitet: Er variansen til residualene avhengig av den predikerte verdien?
3) Bias: Har residualene en bias, og er den avhengig av en kovariat?

4) Konstant varians: er variansen avhengig av en kovariat?
5) Lineær: Er sammenhengen mellom avhengig og uavhengig variabel lineær eller ikke-lineær?

For mange hydrologiske anvendelser må man kompensere for 1) og 2), oftest ved å bruke Box-Cox transformasjonen der kvadratrot og log-transformasjoene er spesialtilfeller. Hvis ikke-lineære sammenhenger blir funnet mellom avhengige og uavhengige variabler kan man transformere den uavhengige variabelen. Punkt 3) og 4) indikerer problemer med modellstrukturen og nye modellformuleringer bør undersøkes.

For å evaluere hvor godt regresjonslikningene kan estimere lavvannsindekser i umålte felt, gjennomførte vi kryss-valideringstest. Hver observasjon ble suksessivt utelatt for å bestemme regresjonsparametrene. Deretter ble lavvannsindeksen estimert på den utelatte stasjonen. Den forklarte variansen for predikerte verdier ble beregnet som i likning (4). For å vurdere resultatene ble i tillegg forklart varians (R^2, likning (5)), midlere kvadratavvik (RMSE (likning 6)) og 95 % konfidensintervall for prediksjoner beregnet.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(Q_{ALV,obs,i} - Q_{ALV.sim,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n} \left(Q_{ALV,obs,i} - \overline{Q}_{ALV,obs} \right)^2} \tag{5}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(Q_{ALV,obs,i} - Q_{ALV.sim,i} \right)^2} \tag{6}$$

der $Q_{ALV,sim,,i}$ er den estimerte verdien når alle data er brukt for å bestemme regresjonslikningen.

En begrensning med en regresjonsmodell er at den ikke nødvendigvis beskriver underliggende fysiske prosesser. Tilsynelatende sammenhenger i datasettet kan enkelte ganger skyldes skjevhet i datautvalget og interne korrelasjoner mellom kovariater. For å oppnå likninger som antas å være robuste, ble det satt opp noen forventninger om lavvannsindeksene skal øke eller minke med forklaringsvariabelen. Det forventes at alle lavvannsindekser øker med økende midlere nedbør eller avrenning i alle regioner, så N_A, Ns, N_V og Q_M forventes å ha positive fortegn. Videre forventes det at økende feltstørrelse øker lavvannsindeksene slik at A, E_L, F_L har positive fortegn. Økende sjøprosent eller effektiv sjøprosent vil også øke lavvannsindeksene pga økt lagring i feltet. Ett bratt felt vil reagere raskt på nedbør, så økende feltgradient forventes å redusere lavvannføring (negativt fortegn for E_G og G_{1085}.) Myr vil som regel redusere de laveste vannføringene. En isbre vil øke lavvannføring om vinteren siden det alltid er en intern/ subglasial vannproduksjon i forbindelse med dynamikk (friksjon, strain-heating). Tabell 3 og 4 lister opp hva slags sammenheng som forventes mellom lavvannsindekser og feltkarakteristika.

Det er enkelte variable som kan ha forskjellig effekt avhengig av hvilken region man studerer og hvilken indeks man er interessert i. Økende temperatur vil føre til redusert verdi for Q_{ALV} og Q_{95} for felt med dominerende sommerlavvann pga økende fordamping,

mens i felt med dominerende vinterlavvann vil ALV øke med økende temperatur siden mindre nedbør blir lagret som snø. Økende skogprosent vil minke sommerlavvann på grunn av økt fordamping. Om vinteren vil den økte fordampingen fra skog ha mindre å si, så det er usikkert hvilket fortegn som forventes.

Tabell 3 Forventa sammenhenger mellom feltkarakteristika og alle lavvannsindekser

Symbol	Alle indekser
A	+
Q_M	+
E_L	+
E_G	-
G_{1085}	-
F_L	+
$M_{\%}$	-
$B_{\%}$	+
$S_{\%}$	+
S_{eff}	+
N_A	+
Ns	+
N_V	+

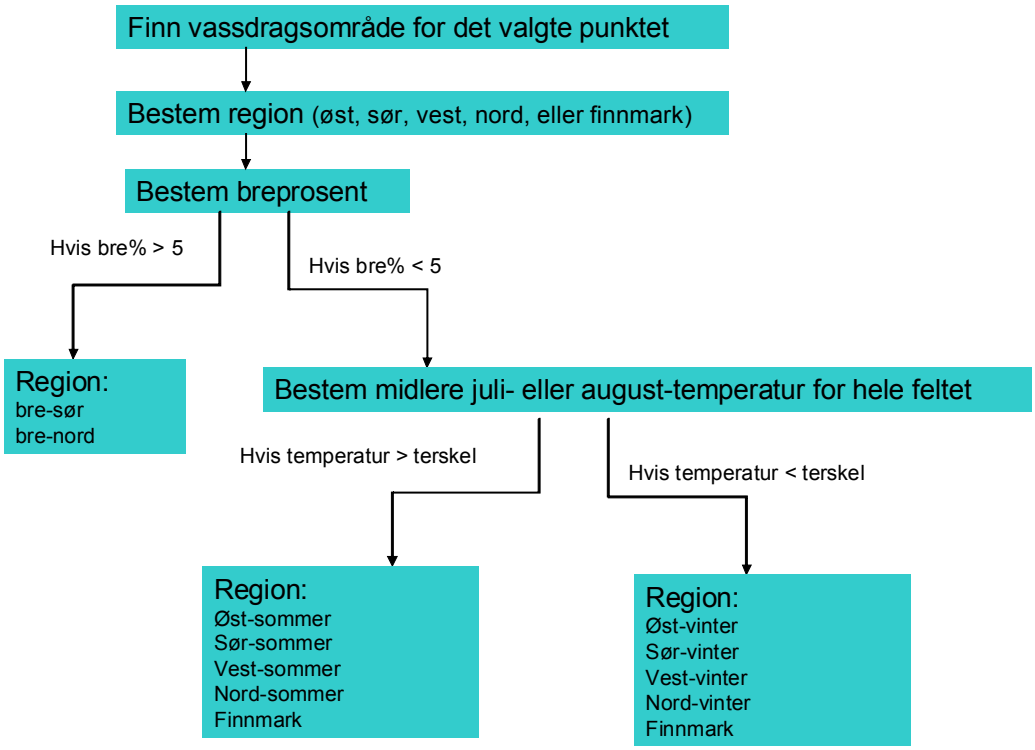
Tabell 4 Forventa sammenhenger mellom feltkarakteristika og lavvannsindekser

Symbol	ALV, Q95 Sommer regioner Q95S alle regioner	ALV/Q95 – Vinter regioner + BRE Q95V alle regioner
H_{max}	+	-
H_{min}	-	+
$T_{\%}$	-	- (+)
$F_{\%}$	+	-
T_A	-	+
Ts	-	+
T_V	-	+

3.3 Resultater

3.3.1 Klassifisering

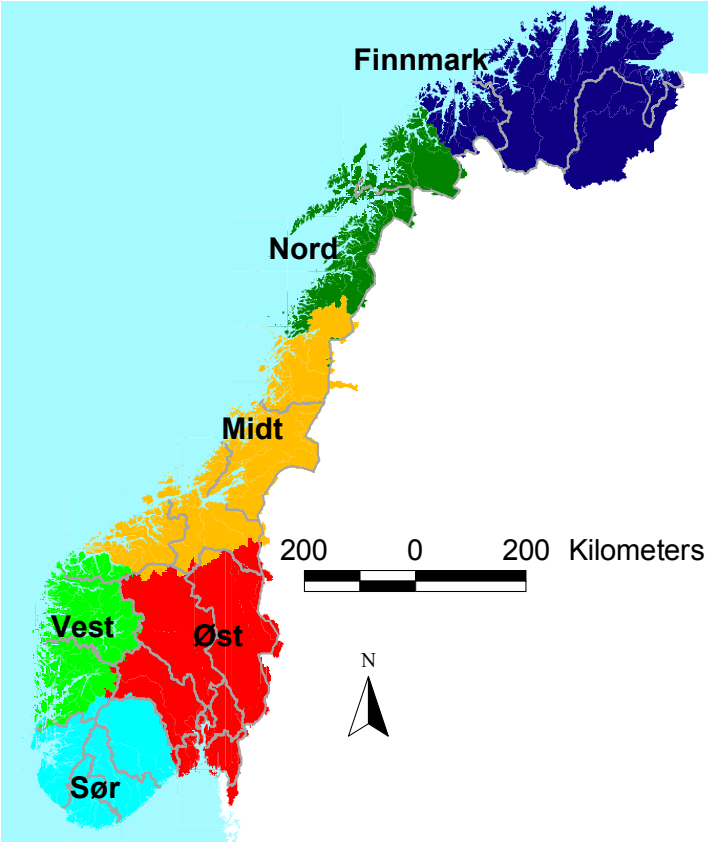
Totalt 13 lavvannsregioner ble definert. Figur 4 viser flytskjema for hvordan regionene bestemmes. Først blir det bestemt geografisk region på grunnlag av vassdragsområde. Det er definert totalt 6 geografiske regioner som spesifisert i Tabell 5 og vist i Figur 5: øst, sør, vest, midt, nord og Finnmark. Er det mer enn 5 % bre i feltet er det et brefelt. Brefeltene deles opp i to regioner bre-sør og bre-nord, grensa går ved Trondheim.



Figur 4 Flytskjema for tilordning av lavvannsregion.

Tabell 5 Geografiske regioner brukt i lavvannskartet

Region	**Vassdragsområder**
Øst	1-15 og 309-315
Sør	16 – 40
Vest	41-99
Midt	100-156 og 307-308
Nord	157-198 og 302 – 306
Finnmark	199-246 og 301

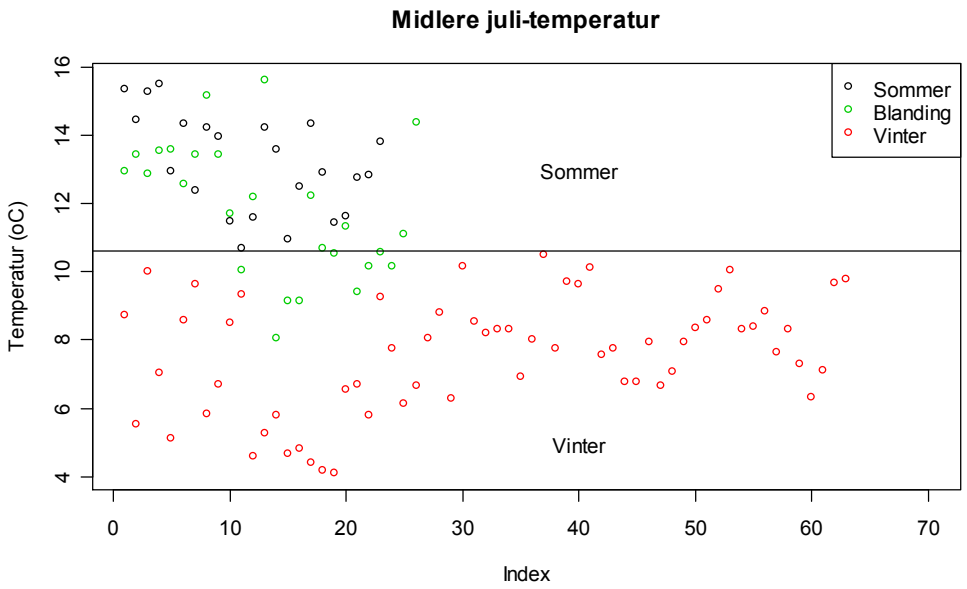


Figur 5 De 6 geografiske regionene brukt for å bestemme homogene regioner med hensyn på lavvann.

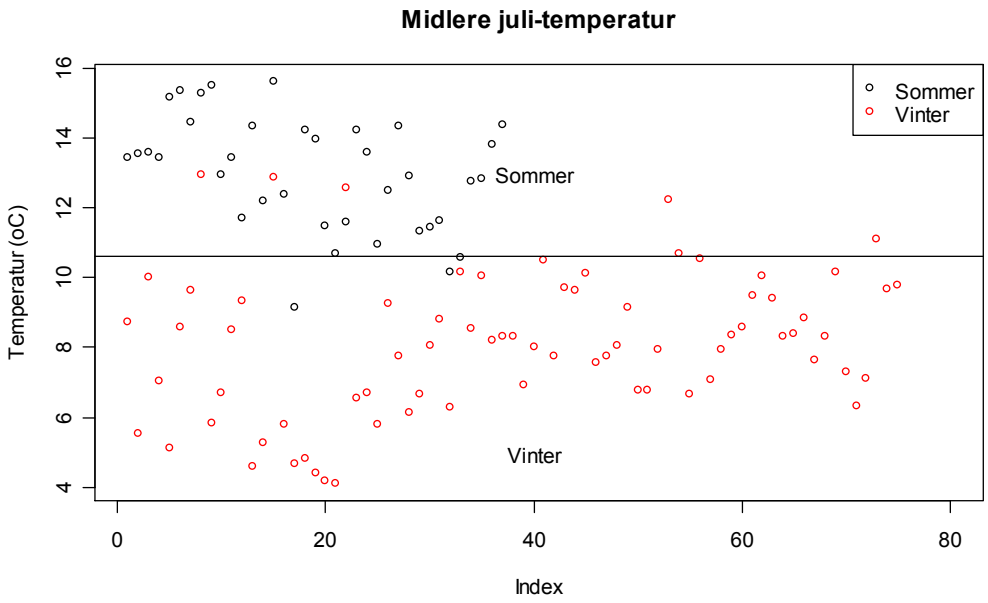
Først ble sesong med dominerende lavvann bestemt på grunnlag av vannføringsobservasjonene. Grunnlaget for klassifiseringen var i hvilken sesong årlig 16. minste vannføring finner sted (det er denne verdien som blir brukt i beregningen av ALV). Videre ble det prøvd ut to klassifikasjoner. I den første er sommerlavvann når mer enn 70 % av verdiene kommer om sommeren, vinterlavvann når mer enn 70 % kommer om vinteren, ellers blandingsregime. I den andre klassifiseringen ble bare sommerlavvann (mer enn 50 % av verdiene om sommeren) og vinterlavvann definert.

For å bestemme sesongklassen i umålte felt, må man bruke klimadata. Temperatur- og nedbørdata med middeltemperatur for hver måned for perioden 1960-1990 er gitt fra Meteorologisk institutt (met.no). Gjennomsnittet for hvert nedbørfelt ble beregnet. Deretter ble klassifiseringen basert på hydrogrammer sammenlignet med klassifiseringen basert på klimadata. For regionene Øst og Sør ble juli-temperatur funnet å være den beste indikatoren, mens for Vest, Midt og Nord var august-temperaturen den beste indikatoren. Figur 6 og 7 viser klassifikasjonene for Øst og Sør. Setter man skillet ved 10.6 ^{o}C blir ingen av de klare sommer- og vinterstasjonene feilklassifisert når man deler regionen i klassene Sommer, Blanding og Vinter (Figur 6). Delte man regionen i klassene Sommer og Vinter (Figur 7), ser man at 5 stasjoner skifter klasse. Men siden disse 5 stasjonene har en blanding av sommer- og vinterlavvann er ikke feilen så stor. For regionene Vest, Midt og Nord ble midlere august-temperatur den beste indikatoren. Figur 8 og 9 viser klassifikasjonene for Vest, Midt og Nord. Setter man skillet ved 11.6 ^{o}C, blir 1 vinterstasjon feilklassifisert når man deler regionen i klassene Sommer, Blanding og

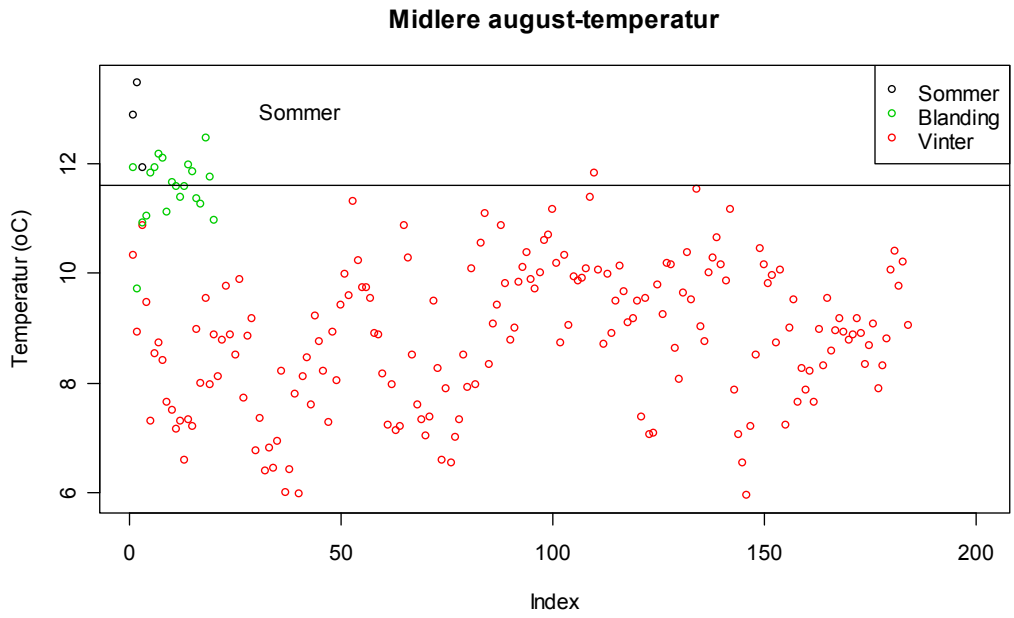
Vinter (Figur 8). Deler man regionen i klassene Sommer og Vinter, ser man at 9 stasjoner skifter klasse (Figur 9). Men siden 8 av disse 9 stasjonene har en blanding av sommer- og vinterlavvann er ikke feilen så stor. Stasjoner i Finnmarksregionen er alltid vinterstasjoner.



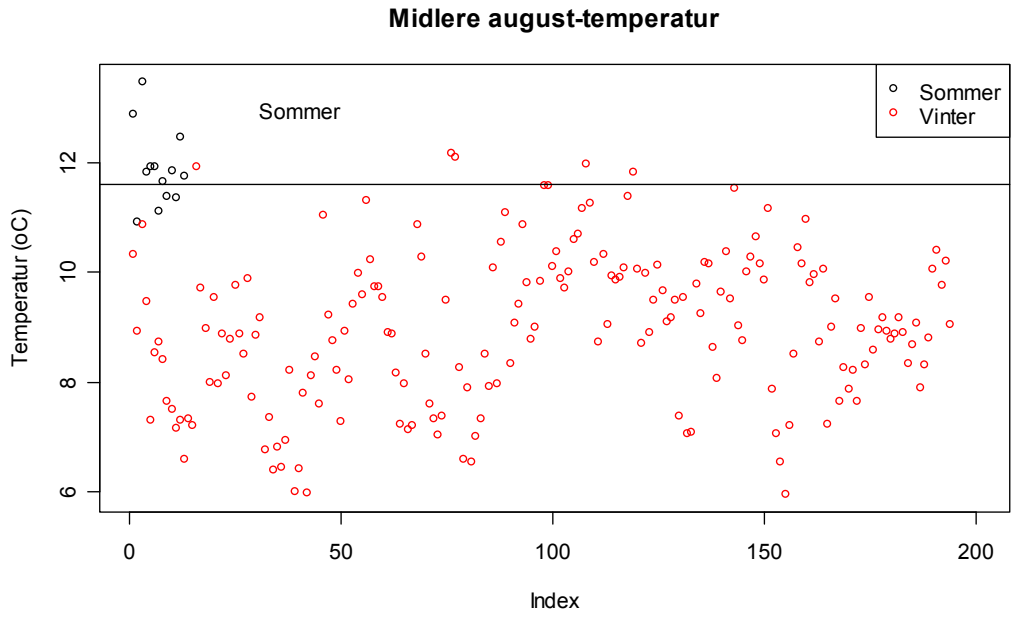
Figur 6 Klassifisering av lavvannssesong basert på temperatur (horisontal linje) sammenlignet med klassifisering basert på hydrogram (ulike symboler for punktene) for region Øst og Sør.



Figur 7 Klassifisering av lavvannssesong basert på temperatur (horisontal linje) sammenlignet med klassifisering basert på hydrogram (ulike symboler for punktene) for region Øst og Sør.



Figur 8 Klassifisering av lavvannssesong basert på temperatur (horisontal linje) sammenlignet med klassifisering basert på hydrogram (ulike symboler for punktene) for region Vest, Midt og Nord.



Figur 9 Klassifisering av lavvannssesong basert på temperatur (horisontal linje) sammenlignet med klassifisering basert på hydrogram (ulike symboler for punktene) for region Vest, Midt og Nord.

Sommertemperatur er sterkt korrelert til de andre månedstemperaturene. Derfor er den også en indikator for hvor viktig snødekket er i feltet. Sommertemperatur er i tillegg en

indikator for hvor viktig fordampingen er. En høy juli- eller augusttemperatur indikerer stor fordampning om sommeren og dominerende sommerlavvann.

3.3.2 Regresjon

En ”skrittvis” regresjon ble brukt for å velge ut de viktigste uavhengige variablene. Mange av uavhengige variablene er internt korrelerte. For å få regresjonskoeffisienter som har en prosessbasert tolking og for å få best mulig resultat i umålte felt, ble det definert grupper av uavhengige variabler. Disse er vist i tabell 6. Regresjonslikningene kunne bare ha en variabel fra hver gruppe. I Engeland *et al.* (2006) ble det funnet at best resultat ble oppnådd hvis lavvannsindeksen log-transformeres og de uavhengige variablene enten brukes utransformert eller log-transformert. Temperaturvariablene kan bli negative, så for å kunne log-transformere ble verdien 15 lagt til før transformasjonen. Arealdekningsvariablene kan bli 0, så verdien 0.1 ble lagt til før logtransformasjonen ble utført. Samme strategi ble fulgt her.

Tabell 6 Gruppering av uavhengige variabler

Symbol	Gruppe
A	1
E_L	1
F_L	1
Q_M	2
N_A	2
Ns	2
N_V	2
E_G	3
G_{1085}	3
H_{max}	4
H_{min}	5
D_H	6
$B_{\%}$	7
$T_{\%}$	8
$M_{\%}$	9
$F_{\%}$	10
$S_{\%}$	11
S_{eff}	11
T_A	12
Ts	12
T_V	12

Mange forskjellige kombinasjoner av klimatiske og geografiske regioner ble testet ut og resultatene blir vist for den kombinasjonen som gav best resultater i form av R^2_{CV}. Da endte vi opp med 11 regioner. Tabell 7 viser kryss-validert forklart varians, Tabell 8 forklart varians, Tabell 9 kryssvalidert midlere kvadratavvik (RMSE), og Tabell 10 RMSE. Tabellene viser verdiene for hver region samt den totale kryssvaliderte verdien

for hele landet sett under ett. Tabell 11-14 viser de estimerte regresjonslikningene for hver region. Figur A1 – A48 i Appendikset viser regresjonsdiagnostikk for hver region samt for hele landet under ett.

Tabell 7 Kryssvalidert forklart varians R^2_{CV} for hver region samt hele Norge. R^2_{CV} ble beregnet både for log-transformerte lavvannsindekser og for utransformerte lavvannsindekser. Merk at de samme regresjonslikningene ble brukt i begge tilfeller, den eneste forskjellen er selve transformasjonen.

	Utransformert				**Log-transformert**			
Region	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}
Øst – Vinter	0.39	0.37	0.49	0.40	0.35	0.36	0.44	0.32
Bre – Sør	0.82	0.79	0.72	0.69	0.77	0.81	0.81	0.81
Øst – Sommer	0.33	0.27	0.30	0.63	0.35	0.25	0.23	0.65
Sør – Vinter	0.68	0.78	0.71	0.74	0.77	0.83	0.82	0.78
Sør – Sommer	0.80	0.82	0.81	0.80	0.73	0.77	0.70	0.82
Vest – Vinter	0.77	0.81	0.71	0.80	0.74	0.82	0.69	0.76
Vest/Midt/Nord - Sommer	-0.040	0.15	-0.17	0.50	0.013	0.23	-0.12	0.58
Midt-Vinter	0.39	0.46	0.61	0.42	0.54	0.62	0.76	0.55
Bre – Nord	0.90	0.89	0.84	0.62	0.79	0.78	0.85	0.43
Nord – Vinter	0.81	0.81	0.47	0.88	0.77	0.81	0.68	0.82
Finnmark	0.62	0.59	0.67	0.45	0.52	0.53	0.54	0.45
Hele Norge	0.76	0.79	0.81	0.78	0.77	0.80	0.87	0.77

Tabell 8 Forklart varians R^2 for hver region samt hele Norge. R^2 ble beregnet både for log-transformerte lavvannsindekser og for utransformerte lavvannsindekser. Merk at de samme regresjonslikningene ble brukt i begge tilfeller, den eneste forskjellen er selve transformasjonen.

	Utransformert				**Log-transformert**			
Region	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}
Øst – Vinter	0.50	0.47	0.58	0.47	0.43	0.44	0.53	0.41
Bre – Sør	0.88	0.87	0.84	0.81	0.87	0.88	0.88	0.88
Øst – Sommer	0.54	0.48	0.47	0.76	0.52	0.45	0.40	0.76
Sør – Vinter	0.77	0.84	0.77	0.81	0.84	0.87	0.87	0.84
Sør – Sommer	0.89	0.90	0.91	0.86	0.86	0.88	0.86	0.88
Vest – Vinter	0.83	0.86	0.82	0.85	0.80	0.85	0.79	0.81
Vest/Midt/Nord - Sommer	0.21	0.35	0.13	0.66	0.21	0.42	0.19	0.72
Midt-Vinter	0.51	0.56	0.69	0.51	064	0.70	0.80	0.64
Bre – Nord	0.97	0.96	0.94	0.88	0.96	0.96	0.93	0.90
Nord – Vinter	0.87	0.88	0.67	0.92	0.83	0.87	0.78	0.87
Finnmark	0.74	0.75	0.75	0.66	0.69	0.71	0.63	0.66
Hele Norge	0.83	0.85	0.88	0.85	0.83	0.85	0.91	0.83

Tabell 9 Midlere kvadratavvik *RMSE* for kryss-validerte prediksjoner for hver region samt hele Norge. *RMSE* ble beregnet både for log-transformerte lavvannsindekser og for utransformerte lavvannsindekser. Merk at de samme regresjonslikningene ble brukt i begge tilfeller, den eneste forskjellen er selve transformasjonen.

	Utransformert				**Log-transformert**			
Region	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}
Øst – Vinter	0.79	0.82	2.34	0.74	0.55	0.66	0.66	0.56
Bre – Sør	1.20	1.30	7.71	1.28	0.38	0.28	0.28	0.41
Øst – Sommer	0.39	0.43	0.451	0.31	0.39	0.54	0.54	0.17
Sør – Vinter	1.62	1.40	4.22	1.40	0.31	0.37	0.37	0.31
Sør – Sommer	1.20	1.20	1.25	1.51	0.57	0.72	0.72	0.31
Vest – Vinter	1.91	1.95	5.85	1.96	0.35	0.33	0.33	0.39
Vest/Midt/Nord - Sommer	1.96	1.58	1.71	2.35	0.28	0.22	0.29	0.24
Midt-Vinter	2.11	2.11	3.91	1.96	0.43	0.40	0.33	0.45
Bre – Nord	0.30	0.31	2.46	0.53	0.22	0.23	0.25	0.50
Nord – Vinter	1.78	1.85	6.11	1.30	0.29	0.25	0.36	0.26
Finnmark	1.14	1.16	2.06	1.22	0.37	0.37	0.36	0.42
Hele Norge	1.54	1.57	4.52	1.50	0.40	0.37	0.42	0.40

Tabell 10 Midlere kvadratavvik *RMSE f*or hver region samt hele Norge. *RMSE* ble beregnet både for log-transformerte lavvannsindekser og for utransformerte lavvannsindekser. Merk at de samme regresjonslikningene ble brukt i begge tilfeller, den eneste forskjellen er selve transformasjonen.

	Utransformert				**Log-transformert**			
Region	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}	Q_{ALV}	Q_{95}	Q_{95S}	Q_{95V}
Øst – Vinter	0.72	0.75	2.12	0.69	0.51	0.51	0.60	0.53
Bre – Sør	0.97	1.01	5.80	1.00	0.30	0.30	0.23	0.33
Øst – Sommer	0.32	0.36	0.36	0.25	0.33	0.33	0.47	0.14
Sør – Vinter	1.34	1.21	3.78	1.18	0.26	0.24	0.32	0.27
Sør – Sommer	0.89	0.88	0.89	1.25	0.41	0.34	0.50	0.26
Vest – Vinter	1.62	1.69	4.64	1.72	0.31	0.28	0.27	0.35
Vest/Midt/Nord - Sommer	1.71	1.37	1.47	1.95	0.26	0.19	0.25	0.20
Midt-Vinter	1.89	1.91	3.51	1.79	0.38	0.35	0.30	0.40
Bre – Nord	0.16	0.19	1.54	0.29	0.094	0.10	0.17	0.21
Nord – Vinter	1.42	1.44	4.82	1.05	0.24	0.21	0.30	0.21
Finnmark	0.93	0.91	1.79	0.95	0.30	0.29	0.33	0.33
Hele Norge	1.36	1.35	3.67	1.34	0.34	0.32	0.36	0.34

Tabell 11 Beregnede regresjonskoeffisienter for Q_{ALV}

Region	Likninger
Øst – Vinter	$Q_{ALV} = \exp\left[1.87 - 0.525\ln(G_{1085}) + 0.101\ln(B_{\%} + 0.1)\right]$
Bre – Sør	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -60.9 + 9.59\ln(T_S + 15) - 0.246\ln(M_{\%} + 0.1) \\ +0.123S_{\%} - 0.256\ln(E_G) + 0.000829Q_M \\ +4.23\ln(H_{\max}) \end{bmatrix}$
Øst – Sommer	$Q_{ALV} = \exp\left[-0.460 + 0.332\ln(S_{\%} + 0.1) + 0.0117F_L\right]$
Sør – Vinter	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -2.97 + 0.261\ln(S_{eff} + 0.1) - 0.222\ln(H_{\min}) \\ -0.0703\ln(T_{\%} + 0.1) + 1.29\ln(T_V + 15) \\ +0.328\ln(Q_M) \end{bmatrix}$
Sør – Sommer	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -5.46 + 0.00333N_S + 0.151\ln(A) + 0.0351F_{\%} \\ +0.0890S_{\%} + 0.630\ln(T_{\%} + 0.1) - 0.116\ln(H_{\min}) \end{bmatrix}$
Vest – Vinter	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -10.8 + 0.953\ln(Q_M) + 0.156\ln(B_{\%} + 0.1) + 0.0685S_{eff} \\ +0.340\ln(D_H) + 1.09\ln(T_V + 15) - 0.0827\ln(G_{1085}) \end{bmatrix}$
Vest/Midt/Nord - Sommer	$Q_{ALV} = \exp\left[-3.06 + 1.74\ln(T_V + 15)\right]$
Midt-Vinter	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -6.93 + 0.850\ln(Q_M) + 0.0516S_{\%} + 0.0490T_V \\ +0.394\ln(F_L) + 0.0135G_{1085} + 0.0109T_{\%} \end{bmatrix}$
Bre – Nord	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} 37.5 - 8.22\ln(F_{\%} + 0.1) + 0.364\ln(S_{eff} + 0.1) \\ -1.15\ln(T_V + 15) \end{bmatrix}$
Nord – Vinter	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -3.83 + 0.00162N_V + 0.871\ln(F_{\%} + 0.1) + 0.0638M_{\%} \\ +0.0319S_{eff} + 0.0135T_{\%} \end{bmatrix}$
Finnmark	$Q_{ALV} = \exp\begin{bmatrix} -21.1 + 0.00150N_V - 0.247\ln(M_{\%} + 0.1) \\ +0.0503S_{eff} + 0.000402A + 7.00\ln(T_S + 15) \end{bmatrix}$

Tabell 12 Beregnede regresjonskoeffisienter for Q_{95}

Region	**Likninger**
Øst – Vinter	$Q_{95} = \exp\left[1.87 - 0.533\ln(G_{1085}) + 0.103\ln(B_{\%} + 0.1)\right]$
Bre – Sør	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -68.2 + 10.2\ln(T_S + 15) - 0.291\ln(M_{\%} + 0.1) + 0.124S_{\%} \\ -0.372\ln(E_G) + 0.000996Q_M + 4.97\ln(H_{\max}) \end{bmatrix}$
Øst – Sommer	$Q_{95} = \exp\left[-0.322 + 0.282\ln(S_{\%} + 0.1) + 0.0102F_L\right]$
Sør – Vinter	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -2.99 + 0.268\ln(S_{eff} + 0.1) - 0.231\ln(H_{\min}) \\ -0.118\ln(T_{\%} + 0.1) + 2.37\ln(T_V + 15) \end{bmatrix}$
Sør – Sommer	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -3.81 + 0.000928N_A + 0.153\ln(A) + 0.0294F_{\%} \\ +0.0680S_{\%} + 0.440\ln(T_{\%} + 0.1) - 0.0752\ln(H_{\min}) \end{bmatrix}$
Vest – Vinter	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -11.8 + 1.04\ln(Q_M) + 0.161\ln(B_{\%} + 0.1) + 0.0680S_{eff} \\ +0.289\ln(D_H) + 1.28\ln(T_V + 15) - 0.00174G_{1085} \end{bmatrix}$
Vest/Midt/Nord - Sommer	$Q_{95} = \exp\left[-3.05 + 1.74\ln(T_V + 15)\right]$
Midt-Vinter	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -7.20 + 0.906\ln(Q_M) + 0.0527S_{\%} + 0.0665T_V \\ +0.379\ln(F_L) + 0.0134G_{1085} + 0.0101T_{\%} \end{bmatrix}$
Bre – Nord	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} 37.1 - 8.27\ln(F_{\%} + 0.1) + 0.376\ln(S_{eff} + 0.1) \\ -0.921\ln(T_V + 15) \end{bmatrix}$
Nord – Vinter	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -3.59 + 0.00163N_V + 0.817\ln(F_{\%} + 0.1) + 0.0623M_{\%} \\ +0.0274S_{eff} + 0.0149T_{\%} \end{bmatrix}$
Finnmark	$Q_{95} = \exp\begin{bmatrix} -22.0 + 0.00168N_V - 0.238\ln(M_{\%} + 0.1) + 0.0508S_{eff} \\ +0.000419A + 7.26\ln(T_S + 15) \end{bmatrix}$

Tabell 13 Beregnede regresjonskoeffisienter for Q_{95S}

Region	**Likninger**
Øst – Vinter	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -16.8 + 2.52\ln(H_{\max}) - 0.385\ln(E_G) \\ +0.000744Q_M \end{bmatrix}$
Bre – Sør	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -2.15 + 2.04\ln(T_A + 15) - 0.0114F_{\%} - 0.00433G_{1085} \\ +0.000303Q_M \end{bmatrix}$
Øst – Sommer	$Q_{95S} = \exp[-1.51 + 0.379\ln(F_L) + 0.222\ln(S_{\%} + 0.1)]$
Sør – Vinter	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -27.1 + 1.24\ln(Q_M) + 2.67\ln(H_{\max}) \\ +0.191\ln(S_{eff} + 0.1) + 0.160\ln(F_{\%} + 0.1) \end{bmatrix}$
Sør – Sommer	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -7.06 + 0.00335N_S + 0.234\ln(A) + 0.0479F_{\%} \\ +0.0922S_{\%} + 0.828\ln(T_{\%} + 0.1) - 0.145\ln(H_{\min}) \end{bmatrix}$
Vest – Vinter	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -23.0 + 0.121\ln(B_{\%} + 0.1) + 1.35\ln(Q_M) + 2.00\ln(H_{\max}) \\ +0.0589S_{eff} + 0.00500E_G + 0.0955\ln(A) \end{bmatrix}$
Vest/Midt/Nord - Sommer	$Q_{95S} = \exp[0.883 - 0.167T_S + 0.345\ln(Q_M)]$
Midt-Vinter	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -4.18 + 0.799\ln(D_H) + 0.000512Q_M + 0.0327S_{\%} \\ +0.120\ln(B_{\%} + 0.1) \end{bmatrix}$
Bre – Nord	$Q_{95S} = \exp[1.93 + 0.456T_A + 0.189\ln(E_L)]$
Nord – Vinter	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} -9.14 + 0.00145N_V + 1.08\ln(D_H) \\ +0.247\ln(M_{\%} + 0.1) + 0.707\ln(F_{\%} + 0.1) \end{bmatrix}$
Finnmark	$Q_{95S} = \exp\begin{bmatrix} 0.305 + 0.00217N_A + 0.000311A \\ -0.0860\ln(T_{\%} + 0.1) + 0.0220S_{eff} \end{bmatrix}$

Tabell 14 Beregnede regresjonskoeffisienter for Q_{95V}

Region	Likninger
Øst – Vinter	$Q_{95} = \exp[1.68 - 0.520\ln(G_{1085}) + 0.0865\ln(B_{\%} + 0.1)]$
Bre – Sør	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -75.2 + 10.6\ln(T_S + 15) - 0.400\ln(M_{\%} + 0.1) + 0.133S_{\%} \\ -0.529\ln(E_G) + 0.00114Q_M + 5.70\ln(H_{\max}) \end{bmatrix}$
Øst – Sommer	$Q_{95V} = \exp[0.325 + 0.187S_{\%} - 0.00220H_{\min}]$
Sør – Vinter	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} 3.15 + 0.284\ln(S_{eff} + 0.1) - 0.211\ln(H_{\min}) \\ -0.0787\ln(T_{\%} + 0.1) + 0.209T_V \end{bmatrix}$
Sør – Sommer	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -7.86 + 1.41\ln(N_V) - 0.173\ln(G_{1085}) \\ +0.0352S_{\%} \end{bmatrix}$
Vest – Vinter	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -12.3 + 1.10\ln(Q_M) + 0.180\ln(B_{\%} + 0.1) + 0.0808S_{eff} \\ +0.284\ln(D_H) + 1.16\ln(T_V + 15) \end{bmatrix}$
V/M/N – Sommer	$Q_{95V} = \exp[-15.8 + 6.00\ln(T_A + 15) - 0.0114M_{\%}]$
Midt-Vinter	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -7.11 + 0.886\ln(Q_M) + 0.0529S_{\%} + 0.0726T_V \\ +0.346\ln(F_L) + 0.0112G_{1085} + 0.0119T_{\%} \end{bmatrix}$
Bre – Nord	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} 51.1 - 11.0\ln(F_{\%} + 0.1) + 0.502\ln(S_{eff} + 0.1) \\ -2.10\ln(T_V + 15) \end{bmatrix}$
Nord – Vinter	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -3.55 + 0.00159N_V + 0.0653M_{\%} + 0.866\ln(F_{\%} + 0.1) \\ +0.0144T_{\%} + 0.0297S_{eff} - 0.000315D_H \end{bmatrix}$
Finnmark	$Q_{95V} = \exp\begin{bmatrix} -23.7 + 0.00163N_V - 0.252\ln(M_{\%} + 0.1) + 0.0520S_{eff} \\ +0.000492A + 7.76\ln(T_S + 15) \end{bmatrix}$

3.4 Diskusjon

Tabell 7 og 8 viser at regresjonsmodellene forklarer en stor del av variansen i de observerte lavvannsindeksene. Ser man hele Norge under ett varierer forklart varians mellom 0.83 og 0.91, avhengig av lavvannsindekser med de fleste rundt verdien 0.85. Ser man på forklart varians for kryss-validerte prediksjoner er den noe lavere, mellom 0.76 og 0.87 med middelverdi rundt 0.80. Målt i forklart varians, er resultatene gode.

Tabell 7 og 8 viser også at det er store forskjeller fra region til region hvor godt Q_{ALV} estimeres. Dette skyldes at enkelte regioner er vanskeligere å modellere. Spesielt i region Vest/Midt/Nord – sommer var det vanskelig å få en god tilpasning og samtidig riktig fortegn på regresjonskoeffisientene. I denne regionen minker lavvannsindeksen med økende areal og sjøprosent og, øker med minkende gradient. Tillot man feil fortegn på regresjonskoeffisientene, kom R^2_{CV} i verdier over 0.8. Men dette ble ikke godtatt siden vi tror dette er en tilsynelatende sammenheng som skyldes egenskaper ved datasettet og ikke en sammenheng basert på underliggende fysiske prosesser. Region Øst var også vanskelig å modellere, men her var det mulig å finne bedre sammenhenger mellom lavvannsindeksene og feltkarakteristika.

Den lavvannsindeksen som har størst forklart varians er Q_{95S}, mens Q_{95V} estimeres med minst forklart varians. Dette reflekterer at kvaliteten på data for vinterlavvann er dårligere enn for sommerlavvann.

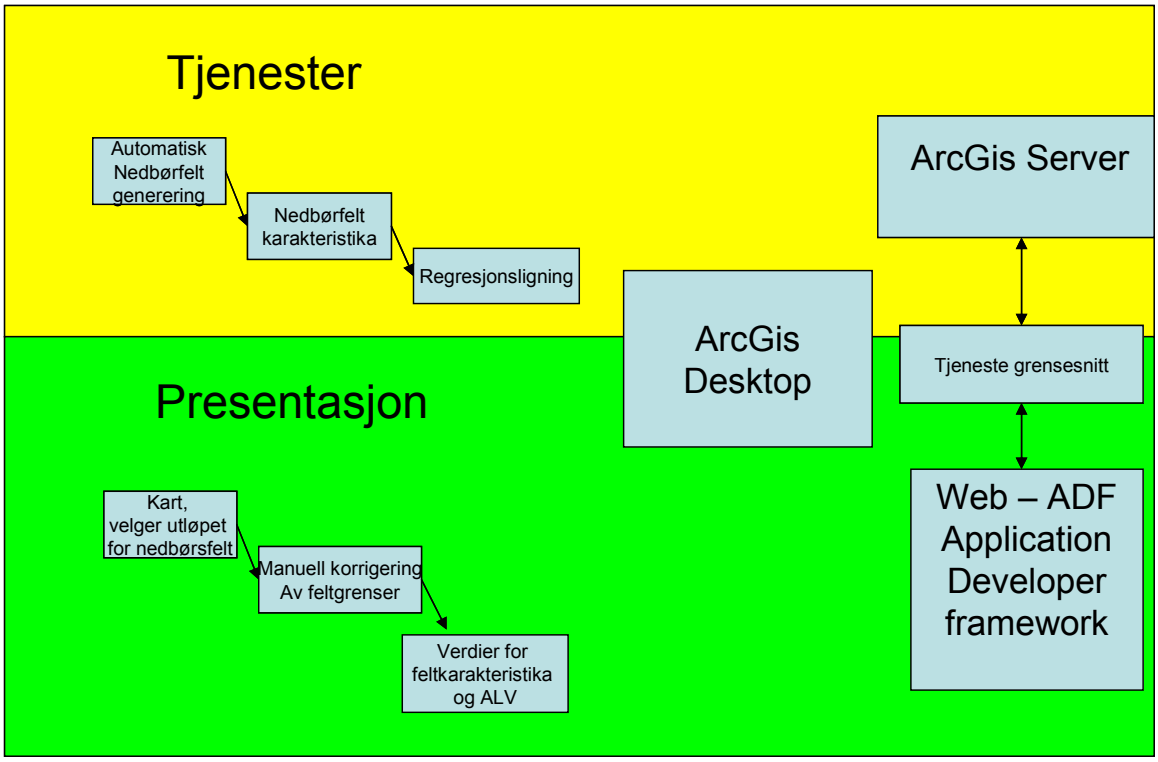
Resultatene målt i RMSE gir et litt annerledes bilde av hvor godt modellene presterer. RMSE indikerer standardavviket til regresjonsresidualene. Ved beregning av forklart varians blir variansen for regresjonsresidualene normalisert med hensyn på variansen til observasjonene. Dette gjør at to regioner kan ha samme RMSE men forskjellig forklart varians. Vi ser nå at Q_{95S} har størst RMSE mens Q_{95V} har minst eller nest-minst. Nå har også regionen Vest/Midt/Nord-sommer relativt liten RMSE. Dette skyldes at det er relativt liten variasjon i de observerte dataene.

Utvalget av forklaringsvariabler varierer fra region til region, men det er noen som kommer spesielt ofte igjen. For Q_{95V} er sjø %, temperatur og midlere avrenning de viktigste forklaringsvariablene mens for Q_{95S} er midlere nedbør, sjø % og areal de viktigste forklaringsvariablene.

4 Applikasjonsskisse

For at resultatene fra regresjonsanalysen skal kunne tas i bruk, ble det utviklet en GIS-basert test-pilot for å beregne lavvannsindekser i et vilkårlig nedbørfelt. Programmet fungerer slik at brukeren peker på et punkt i et vassdrag. Oppstrøms nedbørfelt blir så beregnet sammen med tilhørende feltkarakteristika. Regresjonslikningene blir brukt for å beregne lavvannsindeksene i det valgte nedbørfeltet.

Lavvannskart-applikasjonen leverer tjenester som har en presentasjon mot brukeren i form av et interaktivt GUI. Skissen i Figur 10 viser hvordan lavvannskartet ble implementert.



Figur 10 Skisse for hvordan lavvannskartet ble implementert.

Det var to muligheter for å utvikle applikasjonen. Den ene muligheten var å bruke ArcGis Desktop (AGD). AGD kan både utføre tjenestene og har et GUI mot brukerne. Men det vil kreves lisenser for hver enkelt bruker. Derfor ble det besluttet å bruke ArcGis Server (AGS) til å utføre tjenestene og Web.ADF for presentasjonen mot brukeren.

Utviklingen av rutinen foregikk parallelt med annen utvikling på NVE, bl.a. ny implementering av Kartulf. Målet var at lavvannskartet enkelt skal kunne integreres i GIS-tjenestene på NVE slik at brukeren ikke må forholde seg til unødvendig mange programmer.

4.1 Tjenester

Følgende tjenester er lagt inn i ArgGis Server:

4.1.1 Automatisk nedbørfeltgenerering

Det er laget en rutine for å bestemme oppstrøms areal for hvilket som helst punkt. Rutinen fungerer forutsatt at grunnlagsdataene er riktige. Et dreneringsretnigsgrid med oppløsning 25x25 m^2 ble laget på grunnlag av høydemodell med samme oppløsning samt ved å ta hensyn til elvenett og regineenheter for å få dreneringsretninger korrekte. Rutinen er testet ut for flere felt i Sør-Norge. I løpet av 2008 vil VG tilrettelegge grunnlagsdata for hele Norge slik at nedbørfeltet blir definert med minst mulig feil.

4.1.2 Nedbørfeltkarakteristika

Følgende karakteristika blir beregnet innenfor nedbørfeltet, definert ved et polygon:

- Hypsografisk kurve. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes hypsografisk kurve.
- Arealbruk. Trenger en flate/polygon og innefor dette polygonet bestemmes arealbruksandeler.
- Effektiv sjøprosent For å beregne effektiv sjøprosent må man kjenne tilsigsareal til alle innsjøer i Norge. Det mest effektive blir å forhåndsberegne disse arealene og legge det inn som en tabell knyttet til hver innsjø. Oppstrøms areal beregnes for alle innsjøer over 50x50 m^2, det blir ca 240000 innsjøer for hele Norge. Det kreves at dreneringsretningsgriddet er riktig.
- Elvelengde. Beregner lengde fra utløpet til elvestrengen som er lengst borte.
- Elvegradient. Beregner høyde i elvestrengen ved utløpet og ved starten av elva, lengde på elvestrengen og tar ut gradienten.
- 1085-gradient. Tar bort de nederste 10 % av elvestrengen og de øverste 25 % av elvestrengen og beregner gradienten for den resterende elvestrengen.
- Feltlengde. Beregner lengde fra utløpet til det punktet på nedbørfeltpolygonet som er lengst borte.
- Midlere vintertemperatur. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere sommertemperatur Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere årstemperatur. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere vinternedbør. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere sommernedbør. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere årsnedbør. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.
- Midlere årsavrenning. Trenger en flate/polygon, og innenfor dette polygonet beregnes middelverdier.

For å avgjøre hvilken regresjonslikning som skal brukes, må i tillegg følgende nedbørfeltkarakteristika bestemmes:

- Vassdragsnummer for utløpet av feltet. Det avgjør hvilken region feltet ligger i. Følgende regioner skal brukes:
    - Øst: 1-15 og 309-315

- Sør 16 – 40
- Vest 41-99
- Midt 100-156 og 307-308,
- Nord 157-198 og 302 – 306
- Finnmark 199-246 og 301.
- Merk at i region Finnmark er det ingen felt med sommerlavvann.

- Midlere juli- eller august-temperatur for hele nedbørfeltet. Hvis temperaturen er lavere enn en terskel er det er felt med dominerende vinterlavvann og regresjonslikningene for vinterlavvann skal brukes. Er temperaturen over terskelen er det et felt med dominerende sommerlavvann og regresjonslikningene for sommerfelt skal brukes.

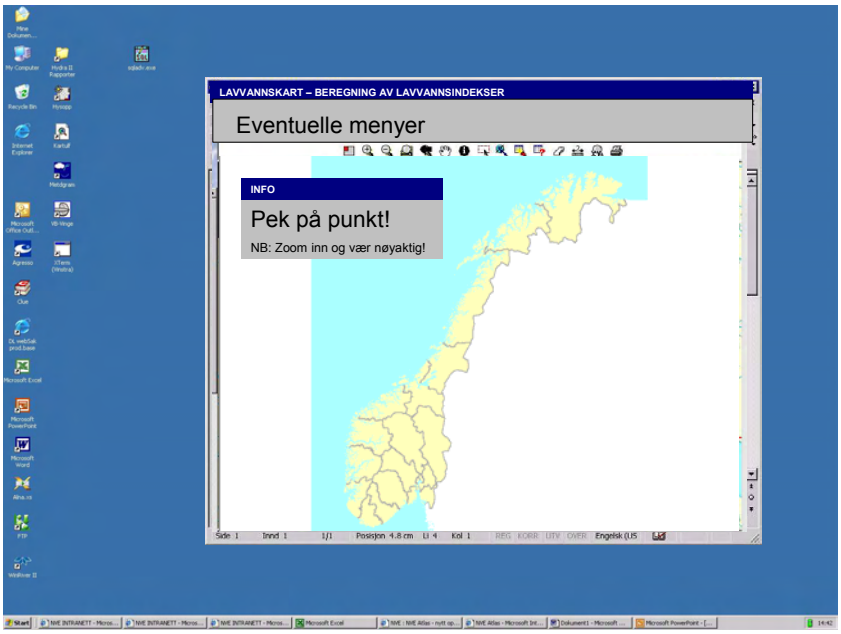
4.1.3 Regresjonslikninger

Det vil maksimalt være 13 regresjonslikninger basert på regions- og sesonginndeling. Kapittel 3 beskriver beregningen av regresjonslikningene. Merk at det ikke brukes regioner som kan defineres på ett kart siden vannføringskarakteristika er en sum av alt som skjer oppstrøms. Forskjellen på sommer og vinterfelt blir bestemt av midlere temperatur for feltet. Bre-regionen deles opp i to en for Sør-Norge og en for Nord-Norge.

4.2 Presentasjon

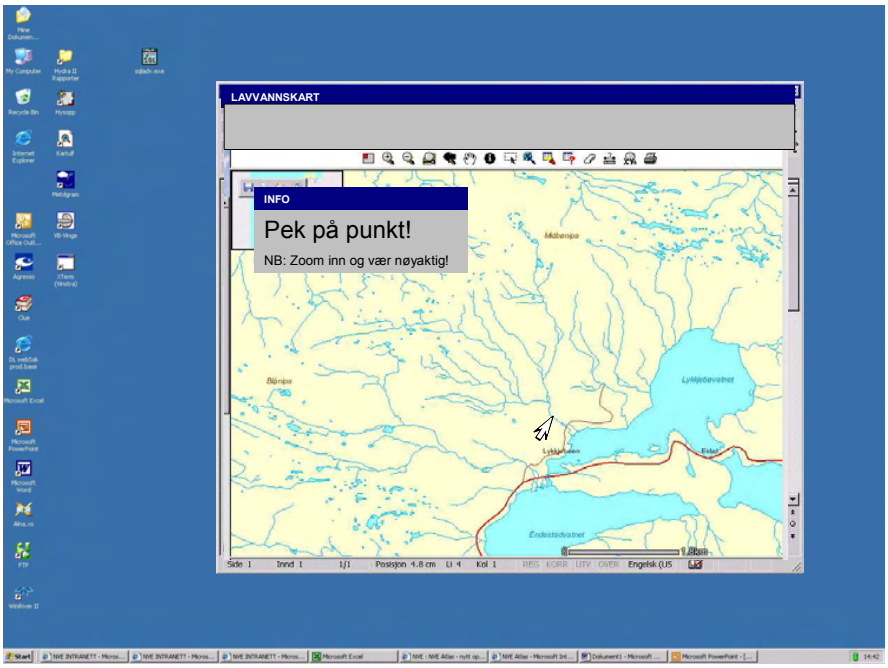
Presentasjonen og interaksjonen med brukeren ble implementert i WEBadf. Følgende skisse er brukt for utviklingen av GUI og koblingen med tjenestene på AGS.

1) Kart der man kan zoome inn til den nødvendige detaljeringsgraden (Figur 11).



Figur 11 Brukeren kan zoome seg inn mot et område.

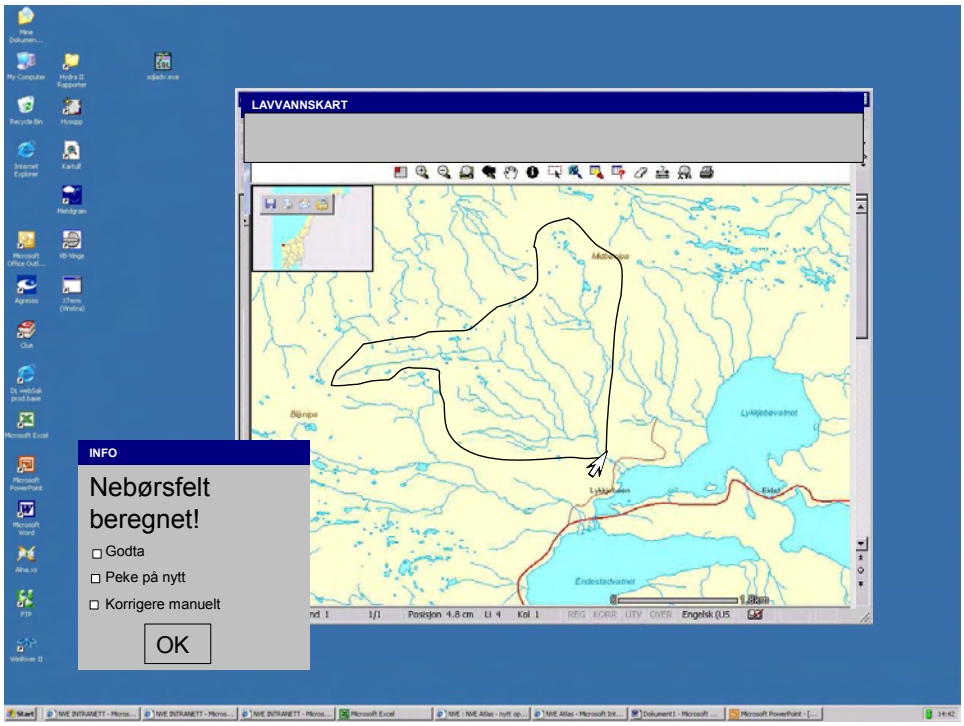
2) Bruker klikker på det ønskede utløpspunktet for nedbørfeltet (Figur 12)



Figur 12 Brukeren peker på det ønskede punktet i vassdraget.

3) Punktet sendes til AGS som beregner grensene for nedbørfeltet. AGS returnerer et polygon til GUI.

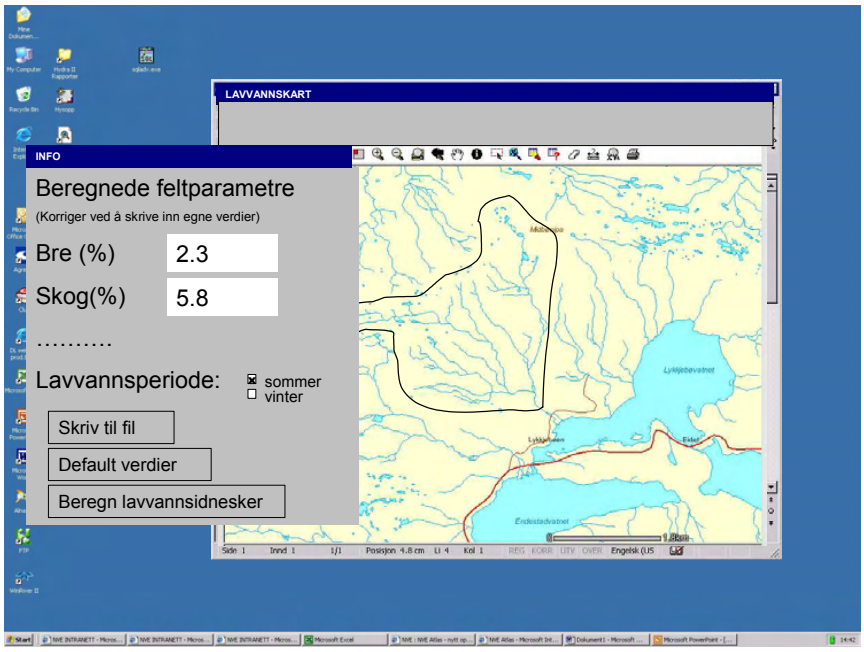
4) Bruker kan velge mellom å peke på nytt punkt, redigere nedbørfeltet manuelt eller godta (Figur 13).



Figur 13 Brukeren kan godta, editere eller lage nytt polygon.

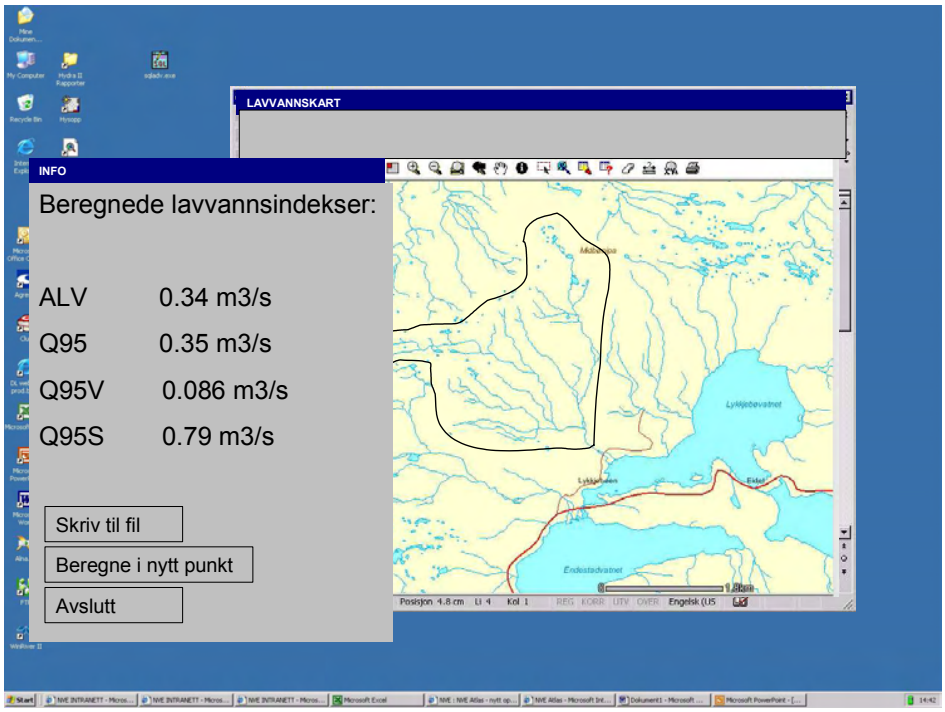
5) AGS tar imot det ferdige polygonet og kjører tjenestene for å beregne feltkarakteristika. En tabell med karakteristika returneres til GUI.

6) Feltkarakteritika vises. Bruker kan editere dem manuelt. I tillegg beregnes det om feltet har dominerende sommer- eller vinterlavvann. Bruker kan også forandre dette vis han ønsker det. (Figur 14).



Figur 14 Feltkarakteristika vises. Brukeren kan forandre dem før lavvannsindeksene beregnes.

7) De fire lavvannsindeksene beregnes på grunnlag av feltparametrene (Figur 15). Bruker skal kunne lagre kart til fil samt lavvannsindekser og feltkarakteristika. Hvilket format som er mest tjenelig kan diskuteres. I senere utgaver vil kanskje enkelte brukere ønske å lagre de beregnede feltgrensene for eksempel i ArcView-format eller et annet format som enkelt kan tas inn i de fleste GIS-program.



Figur 15 Lavvannsindekser beregnes.

5 Konklusjoner

Denne rapporten presenterer hvordan regresjon mellom feltkarakteristika og lavvannsindekser kan brukes for å bestemme lavvannsindekser i umålte felt. Norge ble delt inn i 11 regioner som ble antatt å være homogene med hensyn på lavvannskarakteristika. Regioninndelingen er basert på geografi, klima og feltkarakteristika. Det ble etablert regresjonslikninger for hver region.

Det ble lagt vekt på å bruke lavvannsdata av god kvalitet, og alle stasjonene har blitt kontrollert med en Bayesiansk prosedyre. Resultatene viste at observasjonene av lavvannsindekser i gjennomsnitt har en usikkerhet på ca +- 20 %.

Selv om regresjonslikningene er basert på alle tilgjengelige data av best mulig kvalitet, er datautvalget i enkelte regioner sparsomt i forhold de hydrologiske variasjoner en finner. Derfor bør regresjonslikningene brukes med forsiktighet der det medfører en ekstrapolasjon, det vil si at feltparametrene for det umålte feltet er mye større eller mindre enn for de nedbørfelt som er brukt for å bestemme likningene. Blir estimert lavvannsindeks mye høyere eller lavere enn de verdiene som er observert i det tilgjengelige datasettet, vil usikkerheten i estimatet være stor. Man bør også bruke regresjonslikningene med forsiktighet i de tilfellene hvor forklart varians er svært lav. Her vil det være et spesielt behov for en subjektiv vurdering av resultatet basert på kunnskap om hydrologien i regionen.

Regresjonslikningene for de ulike lavvannsindeksene er bestemt hver for seg. Dette kan føre til en viss inkonsistens mellom indeksene. For eksempel vil det i en region med de

laveste vannføringene om vinteren være naturlig at Q_{95V} er mindre enn Q_{95S}. De estimerte verdiene vil ikke alltid oppfylle dette kravet. Dette kan spesielt være et problem dersom verdien på feltparametre, for nedbørfeltet hvor indekser skal estimeres, er mye større eller mindre enn for de nedbørfeltene som er brukt for å utarbeide regresjonslikningene. I et videre arbeid vil det være mulig å ta i bruk "seemingly unrelated" regresjon, en form for multippel regresjonsanalyse hvor man tar hensyn til korrelasjonen mellom de avhengige variablene.

For at resultatene skal kunne brukes av saksbehandlere i NVE, ble det utviklet en GIS-pilot der brukeren kan klikke på et punkt i et vassdrag, få bestemt oppstrøms areal, tilhørende feltkarakteristika og få beregnet lavvannsindeksene. Piloten fungerer tilfredsstillende for et testområde i Sør-Norge.

Videre arbeid i lavvannskartprosjektet vil bestå i å lage en ferdig GIS-applikasjon for å bestemme lavvannsindekser i umålte felt. GIS-applikasjonen skal enkelt kunne integreres i et generelt GIS-verktøy ved NVE slik at man bare har ett program å forholde seg til.

6 Referanser

Demuth, S. & Young, A.R. (2004) Regionalisation Procedures, In: L.M. Tallaksen & H.A.J. van Lanen (Eds), *Hydrological Drought Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Sciences 48. Elsevier Science Publisher, the Netherlands, 307 – 343.

Krokli, B. (1988) Analyse av lavvannføringer, NVE Publikasjon Nr. 14, NVE, Oslo, Norge.

Laaha, G. & Blöschl, G. (2006) A comparison of low flow regionalisation methods - catchment grouping. *Journal of Hydrology*, **323**, 193-214.

Skaugen, T., Astrup, M., Mengistu, Z. & Krokli, B. (2002) Lavvannføring – estimering og konsesjonsgrunnlag, NVE rapport Miljøbasert vannføring, Nr. 1 2002, NVE, Oslo, Norge.

Væringstad, T. & Hisdal, H. (2005) Estimering av alminnelig lavvannføring i umålte felt, NVE rapport Miljøbasert vannføring, Nr. 6 2005, NVE, Oslo, Norge.

Engeland, K., Hisdal, H. & Beldring, S. (2006) Predicting low flows in ungauged catchments. In: *FRIEND 2006 – Climate Variability and Change – Hydrological Impacts*, IAHS Publication no. 308, 163-168.

7 Appendiks

Tabell A1 Liste over stasjoner brukt for å bestemme lavvansindekser i umålte felt.

Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
20011	Narsjø	119	1.8751	1.9532	4.5022	1.7908
20013	Nedre Sjodalsvatn	480	2.6859	2.6859	10.3056	2.4436
20028	Aulestad	866	1.3817	1.2525	2.1642	0.9725
20032	Atnasjø	463	3.4915	3.5399	12.3808	3.2507
20102	Gjende	376	2.9592	2.9592	6.3248	2.6405
20114	Aursunden ndf.	850	3.1448	3.3527	6.0653	2.9402
20135	Tysla	231	2.6039	2.3878	4.091	2.1809
20142	Knappom	1650	1.3383	1.3805	1.4652	1.3383
20147	Breiddalsvatn ndf.	127	2.6637	2.9535	7.2378	2.6637
20157	Tessa Bru	272	1.548	1.548	6.1826	1.2932
20265	Unsetåa	621	1.7802	1.7802	5.414	1.5162
20267	Mistra Bru	545	2.3507	2.3507	5.2748	1.8692
20268	Akslen	795	1.0099	1.0099	8.9834	0.869
20275	Liavatn	212	1.8845	1.8845	17.9343	1.5408
20279	Kråkfoss	433	2.1087	2.2643	1.8886	2.5932
20280	Kringlerdal	265	1.9178	1.9461	1.6528	2.2707
20284	Sælatunga	455	1.0637	1.0637	8.262	0.9341
20288	Harasjøen	52.8	1.4394	1.2864	0.8865	1.6025
20289	Høydalsvatn	78.7	2.5296	2.2485	11.758	1.9898
20290	Brustuen	254	0.9839	0.9839	12.5183	0.7126
20291	Tora	263	1.9518	1.8156	7.0293	1.6848
20292	Skjøli	175	0.4519	0.3178	7.6597	0.2469
20455	Elveseter	134	0.9981	0.9981	9.2864	0.8596
20464	Svartelva	465	1.0872	0.9278	0.6835	1.2231
20465	Flagstadelva	170	0.9001	0.953	0.7577	1.17
20606	Andfinds Bru	127	0.7368	0.657	5.462	0.5187
20614	Rosten	1828	1.2376	1.2712	7.4074	1.1084
20616	Sagstua	47.5	0.579	0.5548	0.2458	1.3183
30022	Høgfoss	301	0.9102	0.9901	0.5713	1.9798
60010	Gryta	6.96	1.0931	1.0931	0.6273	1.3856
80006	Sæternbekken	6.33	0.4109	0.5814	0.3125	1.3294
80008	Blomsterkroken	22.2	1.431	1.6216	1.2502	1.8218
110004	Elgtjern	6.75	1.2627	1.4681	0.5881	2.4335
120064	Haugastøl	381	3.4305	3.4305	9.3479	2.7225
120070	Etna	570	1.057	0.9967	1.7108	0.8829
120072	Jaren	105	1.0469	1.0469	0.7775	1.1984
120077	Slidrefjord	763	0.1995	0.1995	0.6173	0.1819
120095	Ustedalsvatn	570	2.606	2.606	9.8151	2.1688
120096	Oppsjø	1704	2.4166	2.3158	12.2285	2.0297
120110	Ølsjø	793	2.1372	1.6857	6.6964	1.1921
120150	Buvatn	23.3	1.3638	1.1096	0.8903	1.153
120154	Lio	136	0.754	0.754	6.0471	0.5847
120178	Eggedal	309	1.1557	1.1133	1.0425	1.1557

Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
120193	Fiskum	51.9	0.3797	0.4638	0.2498	1.2161
120207	Vinde-elv	270	1.1146	1.1146	1.5724	1.0057
120212	Hangstjern	11.6	0.294	0.2962	0.6049	0.294
150021	Jondalselv	127	1.0131	1.2207	0.7585	1.6733
150049	Halledalsvatn	61.6	1.1814	1.1814	1.8029	1.1814
150052	Smådøla	98.4	1.4231	1.2372	1.0709	1.2372
150053	Borgåi	94	0.7717	0.7717	1.1055	0.6323
150054	Skrykken	450	2.5024	2.7123	3.6675	2.5024
150055	Økta	49.5	0.9469	1.1985	1.4861	0.9469
150072	Sørkja	36.2	2.0148	1.7503	2.0148	1.7503
150101	Dokkeberg	692	1.5189	1.5189	3.1109	1.3964
160031	Omnesfoss	806	2.8606	2.5853	4.3378	2.2981
160032	Hjartsjø	215	2.1375	2.3752	2.3752	2.1375
160033	Seljordvatn	728	3.3808	3.5428	5.1754	3.2226
160034	Totak	855	3.7581	3.7581	9.9335	3.2962
160037	Vinjevatn	907	3.7735	3.6111	18.7107	3.1563
160066	Grosettjern	6.48	2.2191	2.2211	1.4298	2.4508
160075	Tannsvatn	117	2.6855	2.7983	2.843	2.5478
160104	Kilen	121	0.4443	0.6938	0.2438	1.4305
160112	Byrtåi	37.3	1.5429	1.3507	7.414	0.8778
160122	Grovåi	42.7	1.2019	1.4387	1.093	1.7016
160127	Viertjern	49	1.8516	1.8516	3.953	1.6383
160128	Austbygdåi	344	1.08	1.1639	2.9522	1.08
160193	Hørte	156	2.1896	2.1896	2.2436	2.1158
180010	Gjerstad	237	0.6648	0.9527	0.4823	2.5468
190073	Kilåi Bru	64.4	0.504	0.7048	0.3645	2.1646
190076	Tovsliøytjønn	115	2.6698	3.2445	2.147	4.9029
190078	Grytå	18.7	2.2782	2.2782	1.7627	2.52
190079	Gravå	6.31	0.4094	0.575	0.3125	1.3094
190080	Stigvassåi	14	0.4017	0.4985	0.1746	2.7832
190082	Rauåna	8.93	0.3792	0.6253	0.2027	2.1337
190089	Skornetten	2.62	0.1729	0.3015	0.0847	0.9691
210047	Lislefjødd	19	1.0526	1.0526	4.0765	0.7249
220005	Austerhus	413	3.1566	3.5041	3.5041	3.6867
220016	Myglevatn ndf.	182	1.0711	1.5134	0.7052	3.3007
220022	Søgne	210	1.3556	1.7848	1.0924	5.8319
240008	M?ka (Skolandsvatnet)	121	2.7627	3.4108	1.881	9.0147
240009	Tingvatn	272	2.1831	2.882	1.9202	3.852
250024	Gjuvvatn	97	7.4101	7.4101	14.0092	6.396
260004	Fidjelandsvatn	506	5.4147	5.4147	17.4223	4.09
260005	Dorgefoss	808	4.3823	4.3823	11.0301	3.8344
260006	Lindeland	963	4.3	4.9059	14.0759	4.4179
260007	Sirdalsvatn	1528	6.5012	7.308	13.9049	5.9368
260008	Lundevatn	1899	8.8427	9.4354	16.1497	7.5864
260010	Liland	72.68	2.6268	3.0629	3.5478	2.6268
260020	Årdal	77.3	5.2992	6.0092	4.4927	9.095
260021	Sandvatn	27.5	5.4268	6.1454	4.1633	8.7898
260026	Jogla	31.1	2.1705	2.1705	4.4313	1.7491
270015	Austrumdal	60.5	12.2003	13.7702	13.7702	13.7702
270020	Gya	60.7	3.9285	4.5135	3.4517	5.5141

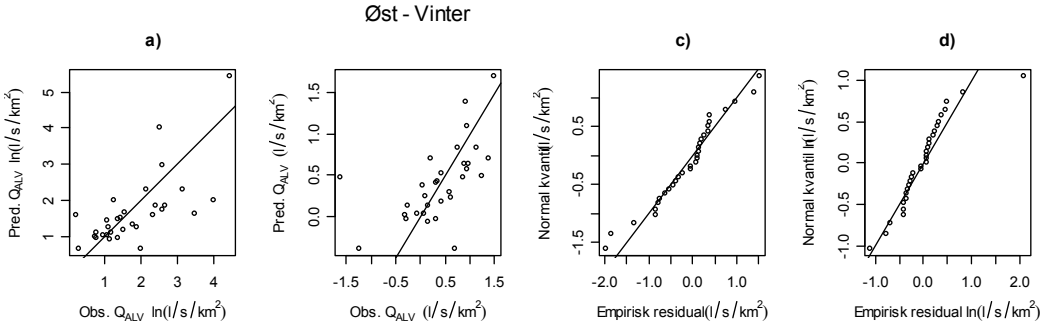
Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
270026	Ogna v/Hetland	69.5	3.5939	4.8675	3.1491	8.5675
280007	Haugland	140	3.5029	4.4199	3.1154	8.4373
310002	Lysedalen	47.2	10.223	8.19	15.004	7.2619
330002	Tveid	513	10.4052	11.2656	25.6329	9.2813
350002	Hauge Bru	394	5.9452	5.9452	24.8343	4.7498
350009	Osali (Botnavatnet)	22.6	3.6004	3.9598	8.3597	2.6479
350016	Djupadalsvatn	45.4	6.4945	6.5816	7.6238	5.9943
360011	Stråpa	1307	5.3315	5.7602	26.1953	4.9236
360014	Røldalsvatn	496	3.221	3.2257	24.3807	2.7671
360032	Lauvastøl	20.5	2.6672	2.0901	20.2266	1.5915
380001	Holmen	117	11.7964	12.2867	13.2778	11.3095
390001	Tysvær	3.34	0.5614	0.8371	0.1964	9.6689
410001	Stordalsvatn	129	9.5377	10.4211	23.2723	8.0065
410008	Hellaugvatn	27	6.188	7.4505	17.9889	5.9399
420002	Djupevad	31.9	3.9257	4.066	5.8782	3.3485
420005	Rullestadvatn	105	3.7911	3.7911	11.2576	2.7192
460003	Øyreselv	83.4	10.5987	9.7845	43.1595	7.1004
460007	Brakhaug	9.21	5.752	4.9504	33.143	3.3506
470001	Eidevatn	79.2	4.5082	5.1627	33.081	4.2034
480001	Sandvenvatn	470	3.3265	3.6062	35.9541	2.4383
480004	Jordal	51.5	5.3376	5.3376	20.534	4.5122
480005	Reinsnosvatn	121	2.8521	3.083	28.7151	1.9293
500001	Hølen	232	2.3674	2.6	16.24	2.148
500004	Viveli	391	1.3881	1.0511	7.603	0.6853
500005	Sima	125	0.6209	0.6209	16.4188	0.3947
500010	Isdøla	58.3	1.1274	0.5762	11.0685	0.208
510003	Osseter	26.7	3.2073	2.7082	14.8116	2.2584
550004	Røykenes	50	5.5724	7.0317	6.2902	7.0679
550005	Dyrdalsvatn	3.25	3.2197	5.2031	5.2031	4.1443
620004	Rjoande	141	1.1382	1.3193	11.9546	0.9725
620005	Bulken	1094	4.5063	4.8225	17.9912	3.9611
620006	Austmannhølen	295	3.1679	3.4157	15.7283	3.1679
620010	Myrkdalsvatn	159	2.9273	3.3597	15.7739	2.5865
620013	Årmot	88.9	3.9338	3.7747	15.1064	3.2607
620015	Kinne	512	7.6572	7.6519	19.5497	6.5014
620018	Svartavatn	72.1	4.2187	4.7399	9.3456	3.4833
630001	Nese	346	3.0812	3.8378	12.2061	3.0812
630002	Brakestad	224	3.8014	4.3498	14.7039	3.8014
650001	Hunvensvatnet	2.61	4.8625	5.4644	3.7751	9.928
670001	Fossevatn	63.94	6.4977	7.3541	11.4462	5.7048
680001	Kløtveitvatn	4.51	16.0942	20.4632	17.0322	22.2951
700008	Målset	7.57	3.1354	3.3049	13.724	2.4481
710001	Skjerping	268	0.986	1.264	16.045	0.7511
710005	Feios	75.2	4.3189	4.3386	20.5198	2.9417
720001	Klevevatn	109	1.4939	1.6916	8.6688	1.4939
720005	Brekke bru	267	5.6135	5.9265	22.3029	4.9847
720007	Vassbygdvatn	759	2.4107	2.4107	11.8433	2.1182
730001	Lo Bru	562	1.3246	1.0798	6.2464	0.7288
730027	Sula	30.4	1.5307	1.3502	6.4292	1.0285
740001	Årdalsvatn	979	3.3632	3.511	13.2596	3.2187

Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
740018	Fornabu	53.1	2.4859	2.7175	7.143	2.2599
750021	Rausdal	126	3.0159	3.1311	17.4603	2.6984
750022	Gilja	206	1.4049	1.4405	18.5695	1.2444
750023	Krokenelv	46.2	2.0979	2.0979	9.0799	1.8009
760005	Nigardsbrevatn	65.3	1.8508	2.0856	23.3997	1.8508
770002	Veitestrandsvatn	386	4.2246	4.0492	42.2209	3.0768
770003	Sogndalsvatn	110	2.7274	2.7274	34.1502	2.2405
780008	Bøyumselv	40.5	4.0273	4.0742	52.428	2.7306
810001	Hersvikvatn	7.19	6.8374	7.8024	4.6445	15.3378
820004	Nautsundvatn	196	5.4694	6.9986	6.6327	7.2678
830002	Viksvatn	507	6.8568	7.378	42.8569	6.3837
830004	Eldal	169	7.928	9.8108	27.1175	7.4928
830006	Byttevatn	104	10.1087	11.6226	37.7786	10.0441
830007	Grønengstølsvatn	64.6	5.7754	5.802	43.2921	5.2601
840010	Nesvatn	96.1	3.7514	4.5318	23.7045	3.7514
840012	Ytste Langvatn	20.8	14.1723	14.1723	28.4383	13.4542
840015	Jølstervatn ndf.	385	9.3528	9.3528	44.436	7.9228
840020	Holsenvatn	71.3	4.7791	5.5135	13.2113	4.4576
850001	Norddal	97.5	16.169	16.9239	46.4501	14.7376
850002	Blåmannsvatn	226	10.924	12.4263	14.0465	11.9126
850004	Straumstad	110	9.9223	11.6937	31.5129	10.2527
860001	Risevatn	32.6	15.5492	16.6721	47.2743	14.4652
860007	Bortne	15.9	4.6455	4.6455	5.3858	3.9837
860010	Åvatn	161	5.4561	7.1221	21.1941	5.3908
860012	Skjerdalselv	23.7	11.0945	11.0945	60.5146	8.5062
870001	Breimsvatn	587	8.1974	8.1974	37.6117	6.5531
870003	Teita Bru	219	6.5449	6.9451	31.7323	5.7882
880004	Lovatn	235	5.3703	5.7965	28.7046	4.9625
880011	Strynsvatn	484	5.4139	5.7673	33.4888	5.0722
880016	Hjelledøla	233	3.5229	3.575	25.6855	2.9146
880030	Nordre Oldevatn	202	7.8601	8.4252	26.766	6.8024
890001	Hornindalsvatn	382	10.0185	10.5642	21.9396	7.5553
910002	Dalsbøvatn	25.6	10.1302	9.4872	5.9719	12.3822
970001	Fetvatn	89.2	9.7185	10.4646	33.2547	9.0078
980004	Øye ndf.	139	6.2137	6.4748	29.7049	4.7556
1010001	Engsetvatn	39.9	10.0099	10.3216	8.0461	14.4979
1030007	Dalehaug	45.4	7.2357	8.4941	27.0266	7.2357
1030040	Horgheim	1099	2.4941	2.4941	14.15	2.1624
1040001	Lille Eikesdalsvatn	803	1.0838	1.0838	8.9166	0.8598
1040002	Eikesdalsvatn	1093	2.5624	2.6667	10.2337	2.2638
1040023	Vistdal	66.4	6.3053	6.4605	15.3817	4.5161
1050001	Øren	138	4.7718	5.4689	4.3434	6.3058
1070002	Hustad	43.3	6.9331	6.9331	5.2458	8.9224
1080001	Nåsvatn	54	6.8757	7.8622	8.9619	7.8622
1090004	Gjevilvatn	169	4.3263	3.4533	11.4957	2.6979
1090009	Risefoss	744	1.17	1.0707	8.1167	0.915
1090011	Vindal	161	2.0176	1.8631	7.9079	1.5746
1090012	Bruøy	474	1.8546	1.7323	10.8745	1.5579
1090021	Svoni	136	1.2088	1.0779	9.9471	0.8764
1090029	Dalavatn	86.7	2.5706	2.5706	15.4402	2.0967

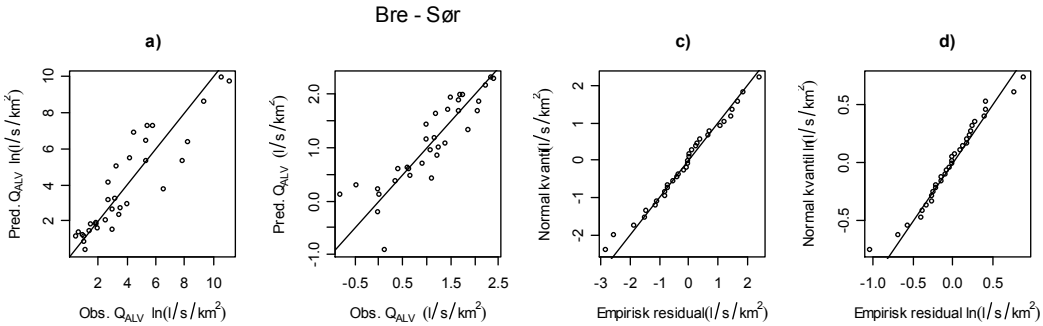
Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
1110005	Talgøyfoss	150	2.6254	2.6254	12.7861	1.6925
1110008	Nerdal	93.7	11.0227	11.6874	32.5091	10.3539
1110009	S?a	137	7.5994	7.1177	12.7651	6.2079
1110010	Nauståa	24.9	4.1008	4.1008	14.7449	3.1667
1120002	Gravvoll	113	2.0525	2.536	4.8503	2.0525
1120003	Svorka	83.3	4.6698	4.6698	5.3418	3.7518
1140001	Myra	16.5	6.0917	6.1621	5.739	6.4823
1190004	Rovatn	237	3.696	3.8751	5.7333	3.696
1210009	Næerdal	791	0.9017	0.7945	4.3232	0.5149
1220011	Eggafoss	653	1.1145	1.1145	5.0557	1.0273
1220013	Økdalsmo Bru	111	3.1842	2.4716	5.5557	1.8767
1220016	Gaua	80	2.4684	2.561	3.8973	2.3051
1220017	Hugdal Bru	546	1.6584	1.5485	4.4785	1.277
1220024	Killingdal	226	1.36	1.4857	5.9606	1.2657
1230014	Fossan	279	1.6445	1.6445	8.4405	1.4035
1230024	Rotla Bru	257	2.1858	2.1858	6.3455	1.9496
1230028	Hokfossen	8.35	1.7289	1.921	1.6287	2.158
1230029	Svarttjønnbekken	3.04	1.4227	1.6921	1.2766	2.0395
1230030	Øvre Hestsjøbekk	1.93	1.0912	1.0979	1.1078	1.0461
1230031	Kjelstad	142	2.7805	2.7805	4.9106	2.4741
1240002	Høgås Bru	495	2.9021	3.4731	7.523	2.8991
1240010	Mannseter	96.8	4.2518	4.2518	7.1225	3.2718
1240013	Feren	220	1.2347	1.2347	5.2674	0.7789
1270006	Grunnfoss	871	3.0894	3.0377	5.8265	2.508
1270013	Dillfoss	480	1.9528	2.2659	4.6908	1.7973
1280005	Storfoss	486	3.2442	3.236	4.3818	2.7539
1280009	Leksdalsvatn	177	4.2661	4.2661	4.6495	4.0793
1320004	Storvatn - Svartelva	148	4.0132	4.5529	3.5206	5.7842
1330007	Krinsvatn	207	3.4253	3.9745	3.2991	4.3242
1380001	Øyungen	244	4.8542	5.1071	4.6542	5.2805
1390003	Formofoss	1530	4.6748	4.4528	7.0188	3.6362
1390005	Namsvatn ndf.	700	2.426	2.6705	10.7688	2.1902
1390011	Tunnsjøplass	472	7.1203	7.1203	15.3664	6.1508
1390015	Bjørnstad	1037	3.5673	3.7086	12.3222	3.0353
1390019	Iskvernfoss	249	4.0161	4.0766	9.8082	3.4905
1390020	Moen	64.3	3.4453	3.9774	7.4813	3.4954
1390025	Skjellbreivatn	551	4.9383	4.4445	6.2386	3.5568
1390026	Embrethen	491	2.5021	2.3574	5.6307	1.5875
1400002	Salsvatn	431	16.4405	17.5684	22.5754	16.0705
1480002	Mevatnet	110	5.6563	6.1818	6.688	6.1818
1500001	Sørra	6.6	8.3715	7.2042	7.2042	9.6786
1510003	Hundsvatn	170	3.4668	3.4668	10.9974	3.024
1510004	Hatfjelldal	1825	3.000157	2.4329	9.2362	2.2226
1510007	Kapskarmo	473	5.7912	5.7912	14.1289	4.9368
1510009	Unkervatn	762	2.349642	2.555228	5.652108	2.349642
1510013	Øvre Glugvatn	60.8	5.8396	4.9211	7.4347	4.4913
1520004	Fustvatn	526	6.2826	6.8332	18.7783	5.823
1530001	Storvatn	48.1	8.0861	9.6865	23.6881	6.9773
1550002	Tustervatn	1499	8.7004	8.0785	14.2179	7.2948
1550012	Sjøfoss	1875	6.3336	6.3336	22.3596	5.6219

Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} ($l/s/km_2$)	Q_{95} ($l/s/km_2$)	Q_{95S} ($l/s/km^2$)	Q_{95V} ($l/s/km^2$)
1560015	Forsbakk	56.52	2.0518	2.3085	13.5371	1.3933
1560019	Bredek	229	1.6479	1.6805	13.712	1.3313
1560022	Ramnåga	68.3	2.762928	2.806442	6.642255	2.489429
1560023	Søndre Bjøllåsvatn	158	2.791911	2.791911	5.506772	2.023247
1560024	Bogvatn	37.3	2.529651	2.529651	6.152359	2.419115
1560027	Leiråga	43.7	2.06222	2.178124	19.7227	1.843089
1570003	Vassvatn	16.5	19.17891	20.49091	33.19661	17.47485
1570004	Flostrand	33.2	15.22651	15.22651	33.1453	13.63443
1590005	Strømdalen	22.2	8.442568	8.908198	14.3268	7.568559
1610002	Selfoss	787	2.076947	2.048541	16.30569	1.635811
1610003	Arstadfossen	199	0.748307	0.748307	18.55077	0.32408
1620002	Skarsvatn	115	4.539939	4.549522	6.514617	4.000496
1620004	Valnesvatn	66.8	3.598668	4.083249	5.491467	3.510719
1660001	Lakshola	228	6.171754	6.171754	22.23207	5.334053
1660012	Vallvatn ndf.	43.3	3.201339	3.525889	4.637113	3.201339
1670002	Sørfjordvatn	110	6.048418	5.720464	17.63837	4.236345
1670003	Kobbvatn	389	6.098198	6.540928	23.84895	5.676067
1680001	Storvatn	71.3	9.443254	8.624334	19.70309	7.125778
1680003	Lakså Bru	26.7	4.540637	5.137528	6.3903	4.586367
1700001	Rotvatn	244	7.855656	8.150111	19.55906	6.725971
1720005	Melkedal	92.9	2.471389	3.191324	16.57827	2.166286
1720007	Leirpoldvatn	18.8	2.58016	3.100745	7.174362	2.58016
1730001	Kjørdaelv	70.9	3.258843	3.258843	9.940903	2.474245
1730003	Sørelv Bru	372	1.649656	1.779772	4.346651	1.525874
1730004	Nordelvkors	400	1.172245	1.034783	3.846708	0.908388
1730008	Coarveij	63.4	3.348754	3.201262	3.514763	3.081483
1730022	Gamnes	799	1.913875	1.75313	3.629081	1.590302
1740003	Ïvstevatn	28.6	2.513671	2.513671	14.44098	1.873112
1770004	Sneisvatn	29.6	6.598581	7.565101	15.16983	6.598581
1780001	Langvatn	18.5	12.89411	12.89411	20.55908	12.35497
1860002	Ånesvatn	47	8.491319	9.236851	6.884511	10.25817
1890003	Tennevikvatn	85.5	6.007018	6.007018	11.77898	4.862784
1890004	Skodbergvatn ndf.	107	6.806682	7.926607	19.58495	6.806682
1910002	Ïvrevatn	525	3.601962	3.722909	17.50633	3.255813
1960007	Fiskeløsvatn	54.4	3.72136	3.72136	7.977721	3.386949
1960012	Lundberg	248	2.256653	2.256653	8.306045	2.025008
1970008	Ersfjord	19.3	8.177824	8.80829	24.71223	6.792073
2000004	Skogsfjordvatn	135	9.259423	9.259423	18.1212	8.107689
2040001	Solli	374	1.722174	1.596743	3.140882	1.363709
2080002	Oksfjordvatn	265	3.965796	3.965796	9.555615	3.496151
2090001	Njemenjaikafoss	172	1.043878	0.919512	2.339326	0.817756
2100001	Øvrefoss	170	3.542924	3.146212	7.605995	2.773876
2110001	Langfjordhamn	14.9	4.098859	4.00443	9.372483	3.383624
2120003	Jotkajavrre	99	2.209808	1.707899	2.825141	1.302657
2120007	Lille Mattisvatn	315	1.467302	1.467302	4.501393	1.300397
2120013	Kautokeino	1750.05	2.123594	2.164186	3.883983	2.083389
2120049	Halsnes	145	1.796779	1.796779	7.328449	1.607317
2130002	Leirbotnvatn	136	2.306294	2.306294	4.792735	2.102463
2130003	Skaidi	307	1.187762	1.187762	2.370365	0.927743
2130004	Kvalsund	125	2.086872	2.086872	6.393064	1.61024

Stasjonsnummer	Navn	Feltareal (km^2)	Q_{ALV} (l/s/km$_2$)	Q_{95} (l/s/km$_2$)	Q_{95S} (l/s/km^2)	Q_{95V} (l/s/km^2)
2200001	Hamnevatn	53.4	5.383783	4.866498	10.0061	3.929888
2230002	Lombola	878	2.277061	2.177462	4.905292	1.879715
2240001	Skoganvarre	944	1.388846	1.388846	2.943601	1.266153
2280001	Mattusjavri	98.7	2.784833	2.784833	5.129889	2.525572
2280002	Kunes	683	4.267984	4.267984	11.1743	4.001309
2290001	Adamsfjordfoss	708	2.243672	1.619093	5.23704	1.287904
2340002	Jiesjokka	459	4.160198	4.160198	4.753227	3.871231
2370001	Båtsfjord	22.5	2.015822	1.977467	8.071733	1.315867
2370002	Lillefossen	78.1	6.260051	5.476056	7.332305	5.476056
2410001	Bergeby	248	2.081569	1.950605	2.642476	1.699996
2460004	Lille Ropelvvatn	50.2	3.527928	3.527928	5.113845	3.184243
2460009	Sametielv	262	1.905752	1.732347	3.151336	1.548729
3070003	Limingen	673	6.093024	5.564284	13.04861	4.593129
3070005	Murusjø	346	3.299425	3.364014	7.16763	3.04978
3070007	Landbru limn.	59	4.349729	4.823746	8.245339	4.235305
3110004	Femundsenden	1791	4.438421	4.215113	6.825155	3.999626
3110460	Engeren	395	4.0009	4.1253	7.2263	3.7435
3130010	Magnor	360	1.7005	1.9272	1.3972	2.6774

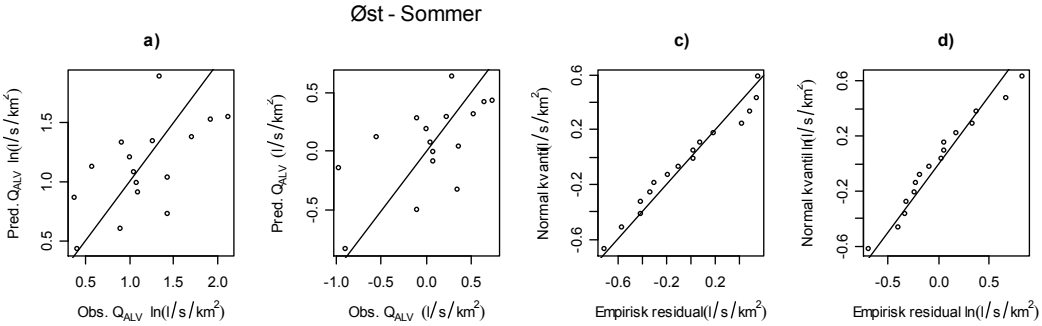


Figur A1 Resultater for region Øst – Vinter. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.

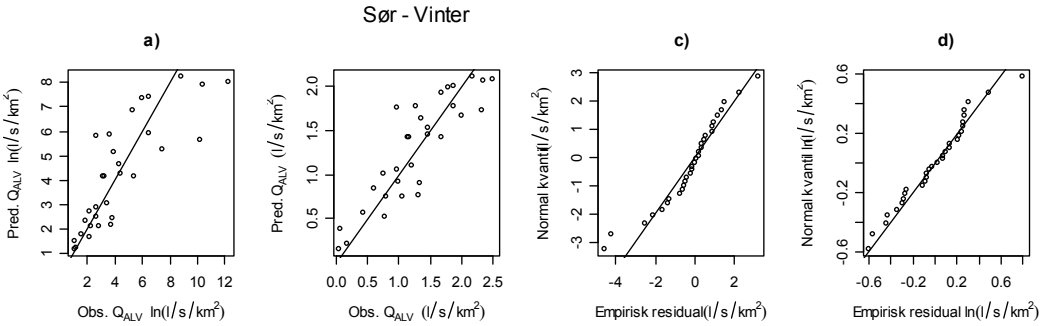


Figur A2 Resultater for region Bre – Sør. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at

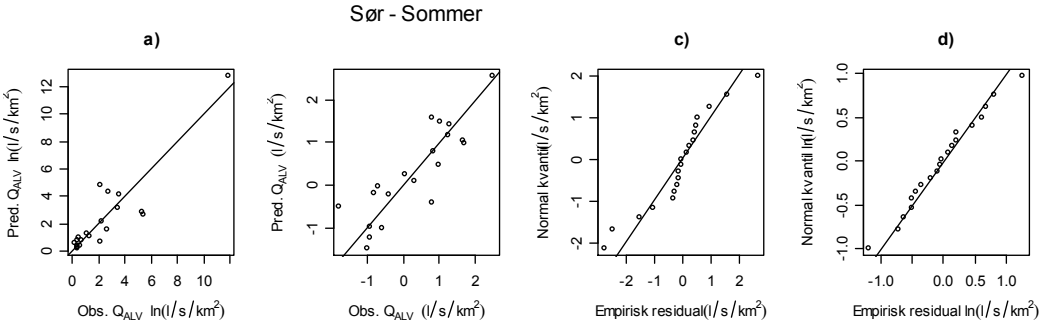
identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



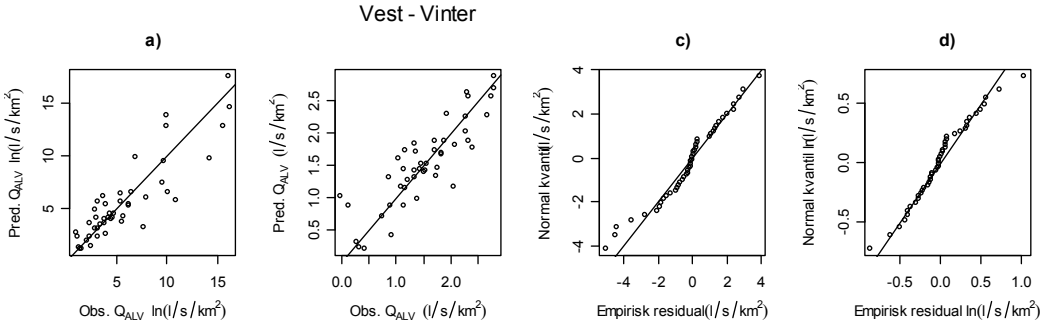
Figur A3 Resultater for region Øst – Sommer. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



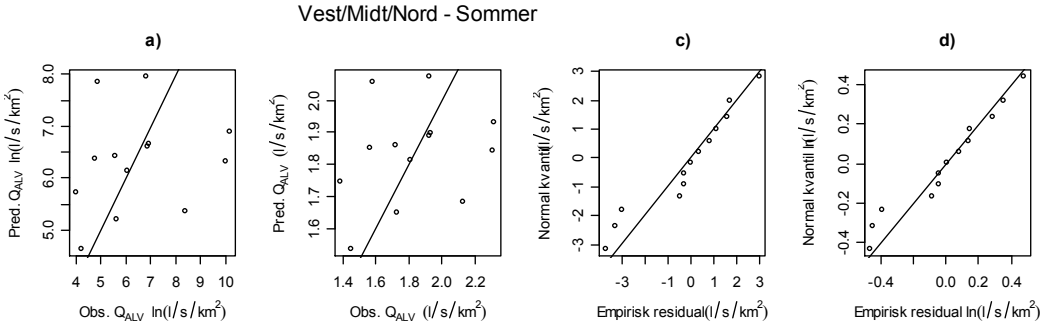
Figur A4 Resultater for region Sør – Vinter. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



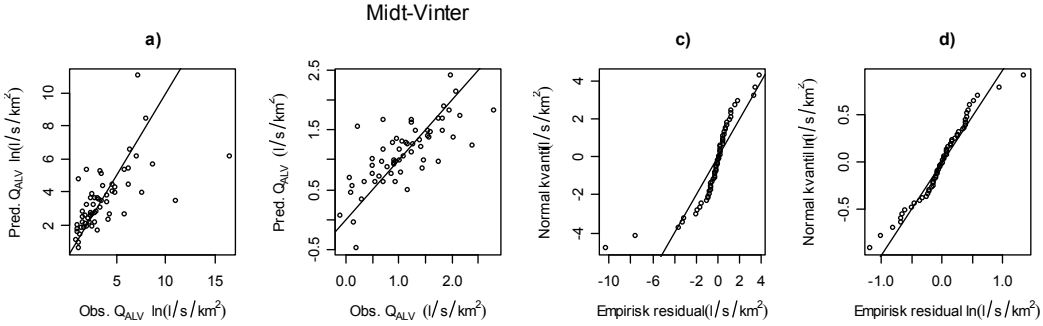
Figur A5 Resultater for region Sør-Sommer. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



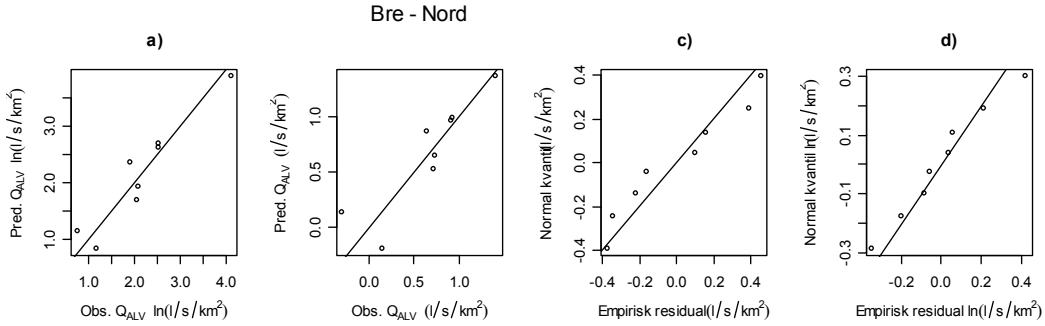
Figur A6 Resultater for region Vest – Vinter. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



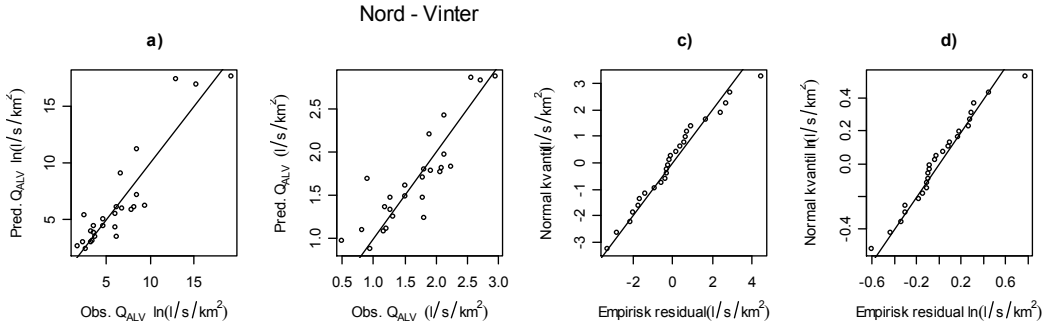
Figur A7 Resultater for region Vest/Midt/Nord - Sommer. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



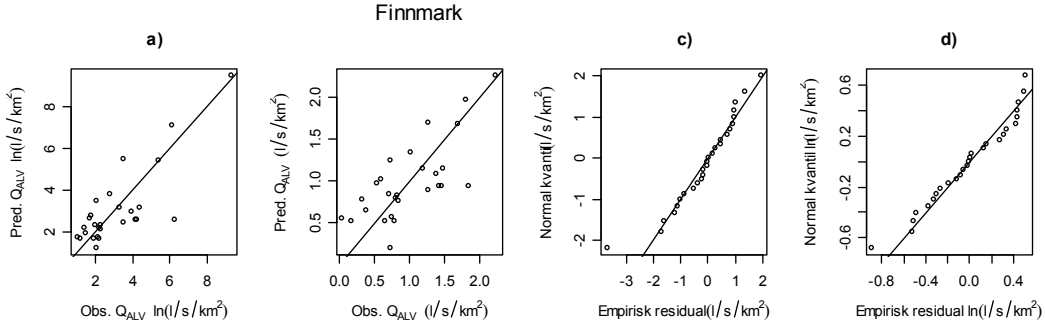
Figur A8 Resultater for region Midt – Vinter. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



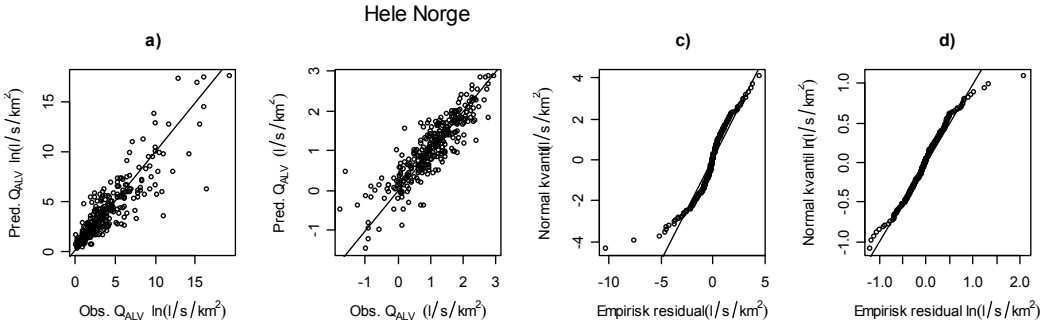
Figur A9 Resultater for region Bre – Nord. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



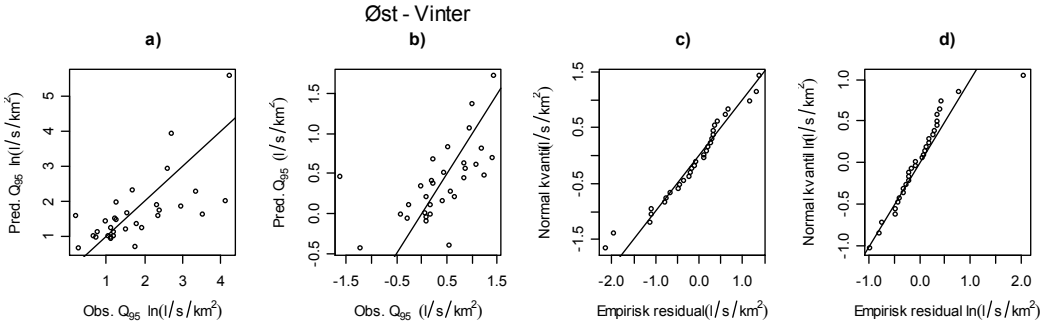
Figur A10 Resultater for region Nord – Vinter. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



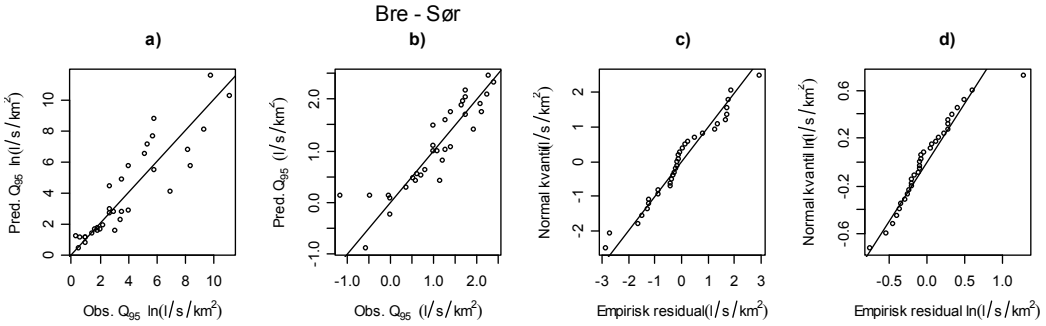
Figur A11 Resultater for region Finnmark. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



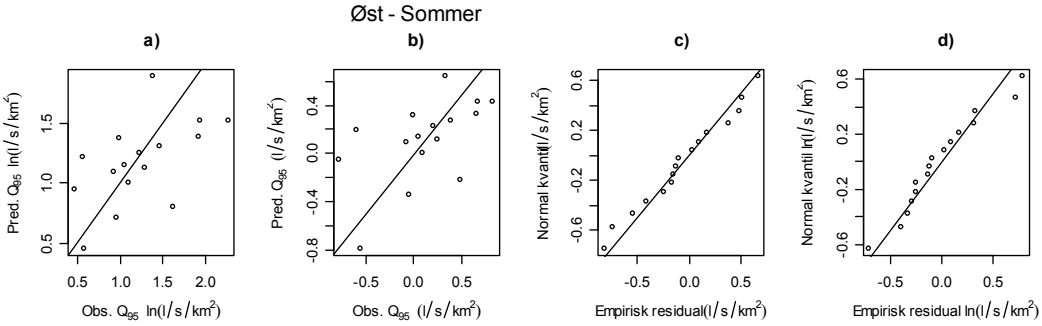
Figur A12 Resultater for hele Norge. Observert og predikert Q_{ALV} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



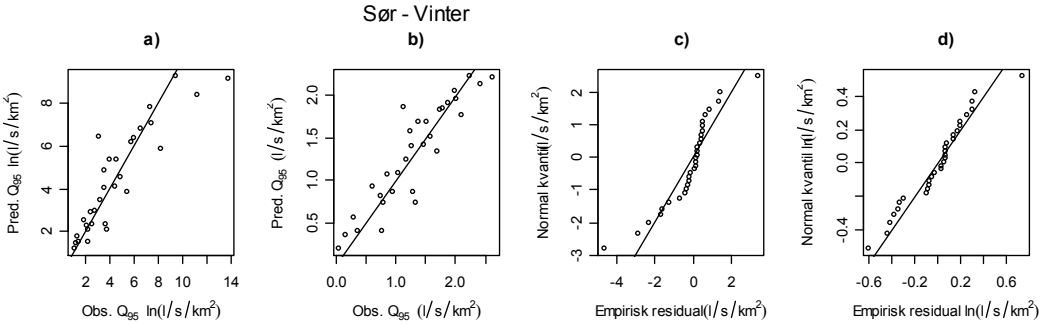
Figur A13 Resultater for region Øst – Vinter. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



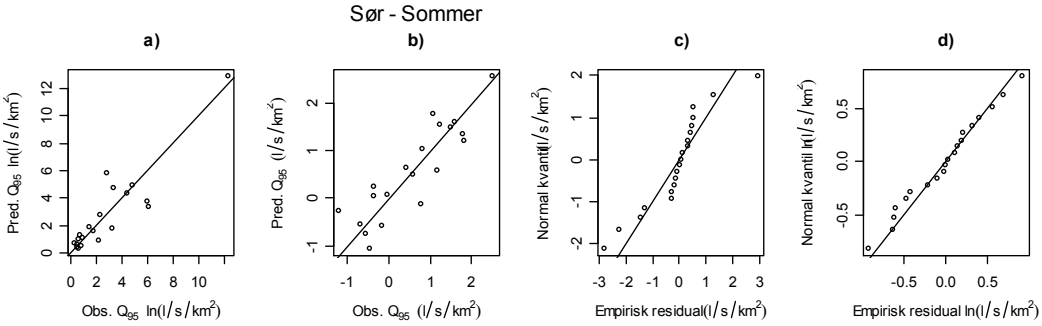
Figur A14 Resultater for region Bre – Sør. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



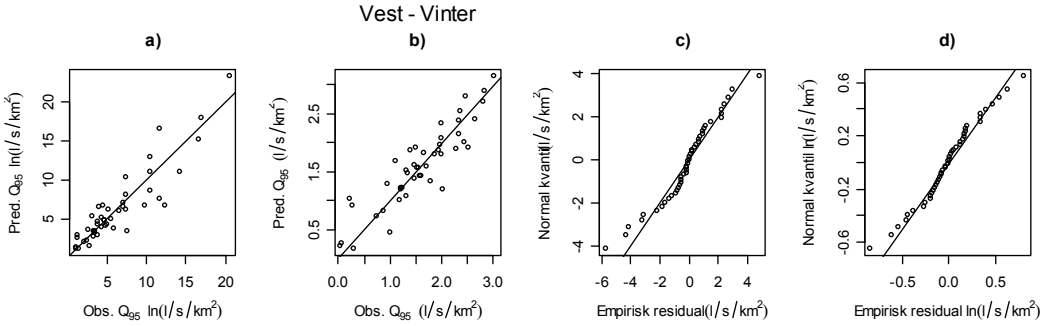
Figur A15 Resultater for region Øst – Sommer. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



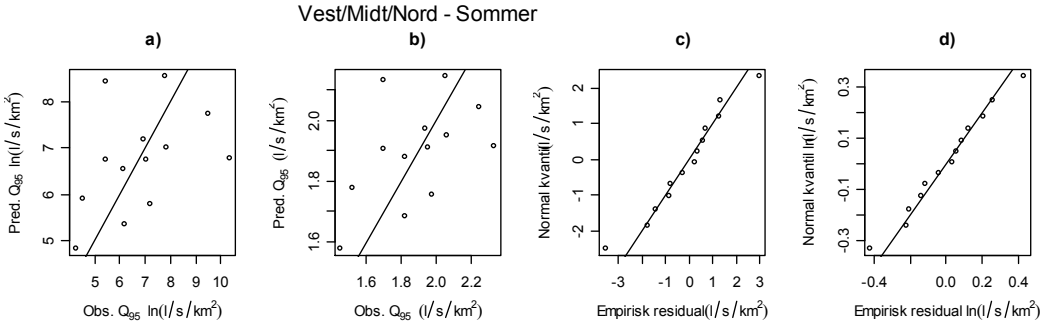
Figur A16 Resultater for region Sør – Vinter. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



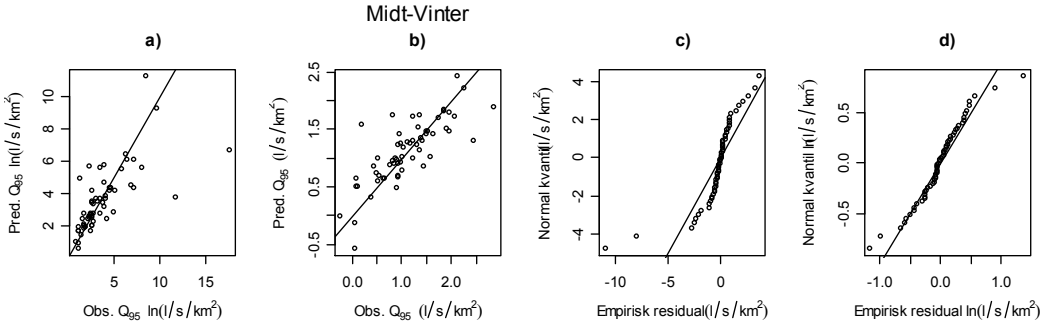
Figur A17 Resultater for region Sør – Sommer. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



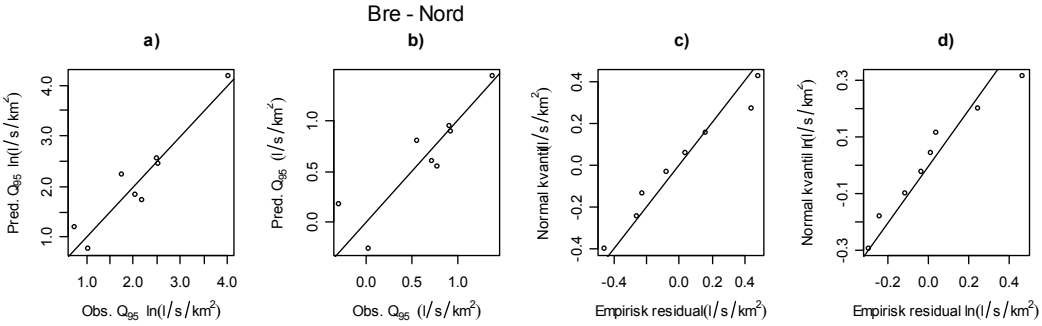
Figur A18 Resultater for region Vest – Vinter. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



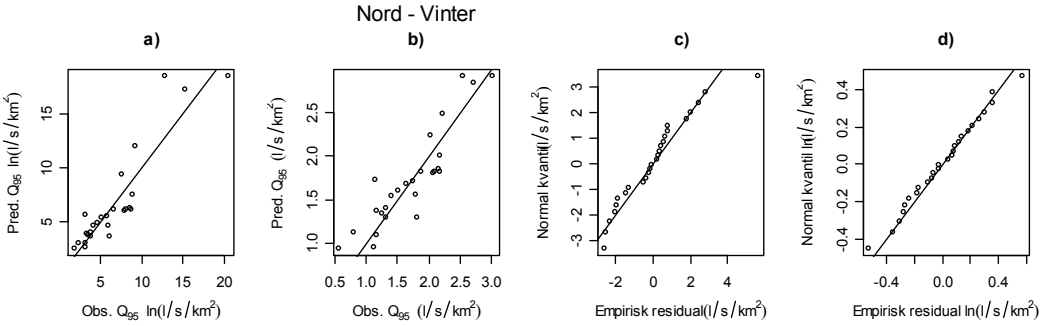
Figur A19 Resultater for region Vest/Midt/Nord – Sommer. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



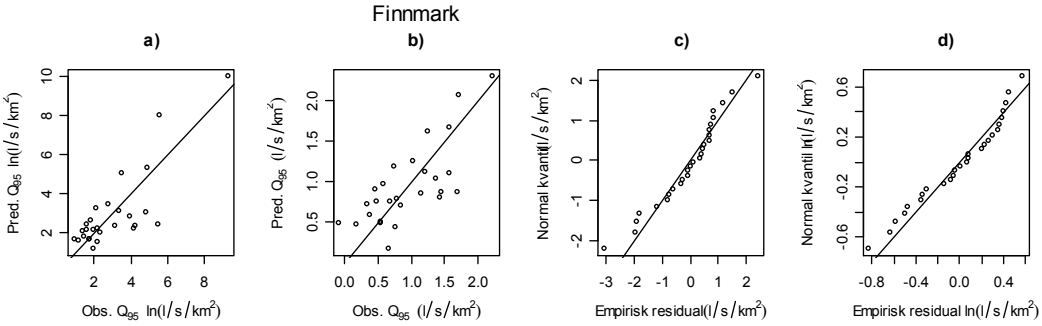
Figur A20 Resultater for region Midt – Vinter. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



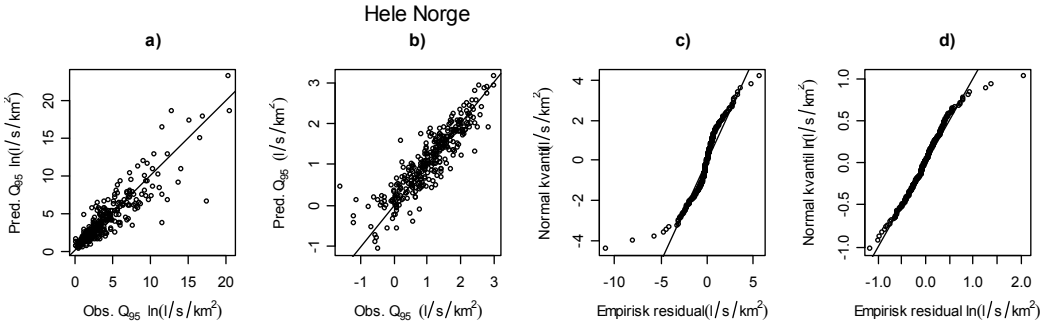
Figur A21 Resultater for region Bre - Nord. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



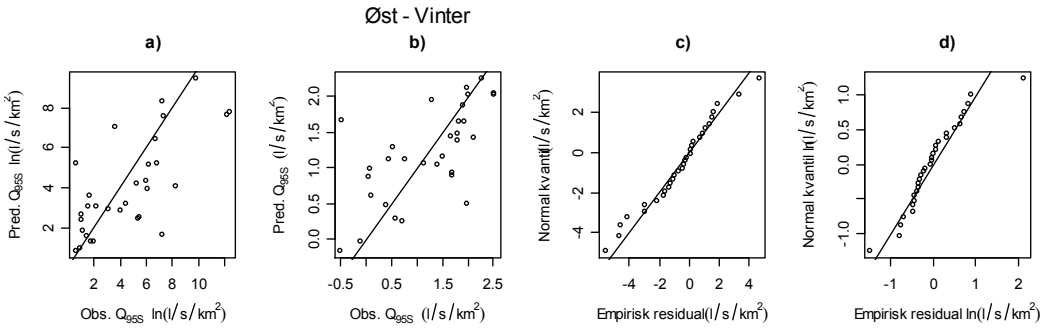
Figur A22 Resultater for region Nord – Vinter. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



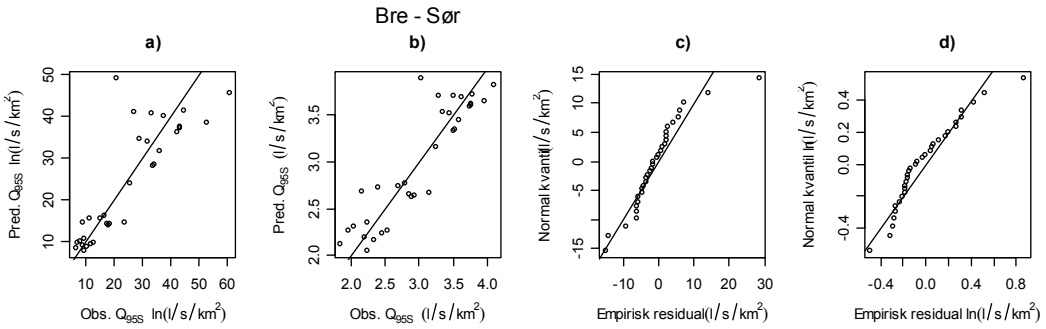
Figur A23 Resultater for region Finnmark. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



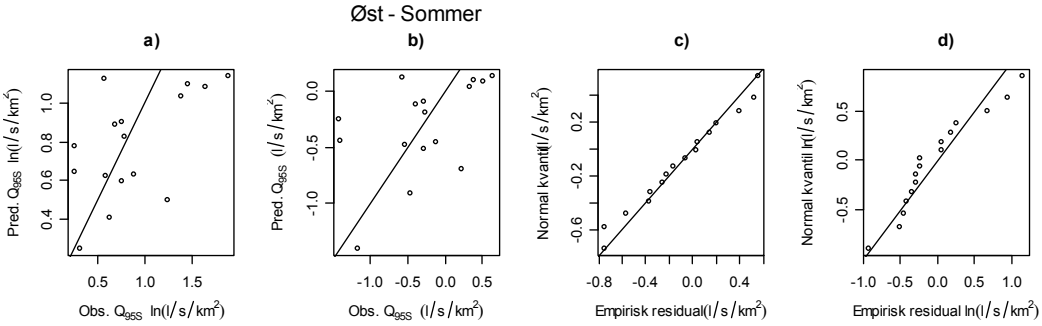
Figur A24 Resultater for hele Norge. Observert og predikert Q_{95} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



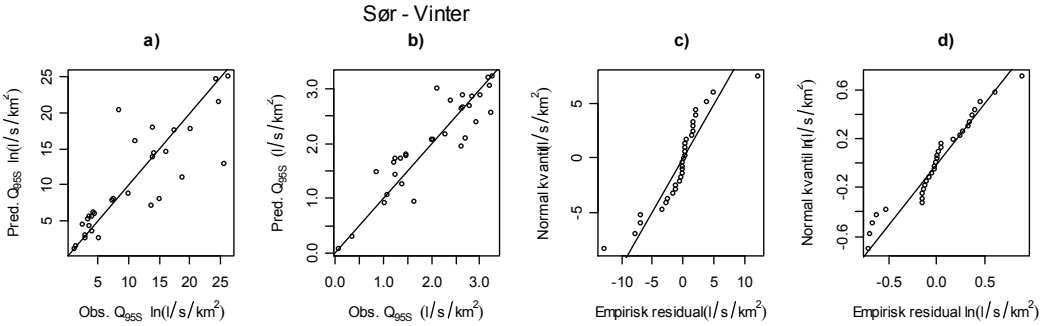
Figur A25 Resultater for region Øst – Vinter. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



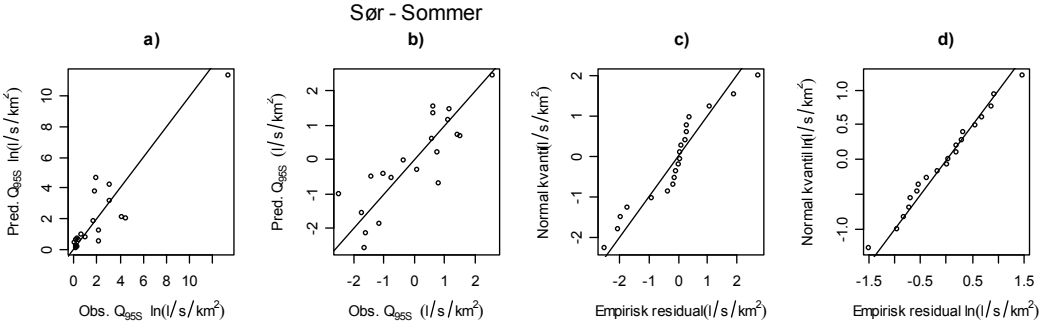
Figur A26 Resultater for region Bre - Sør. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



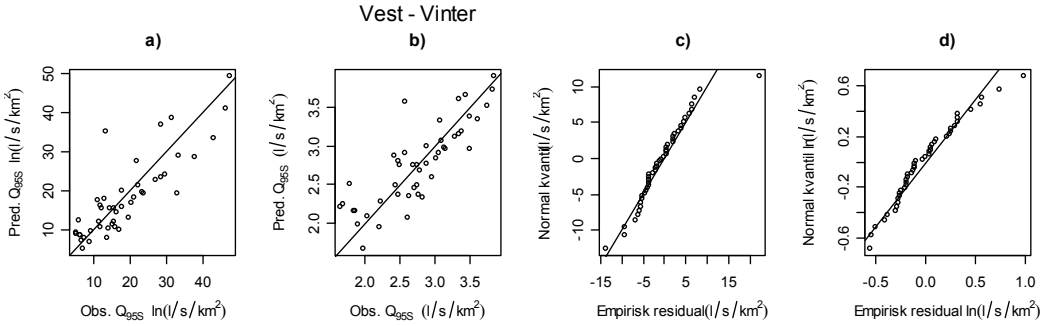
Figur A27 Resultater for region Øst – Sommer. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



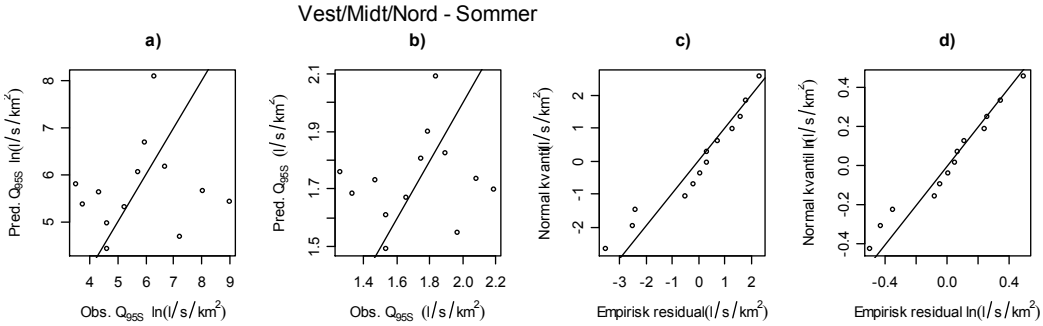
Figur A28 Resultater for region Sør – Vinter. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



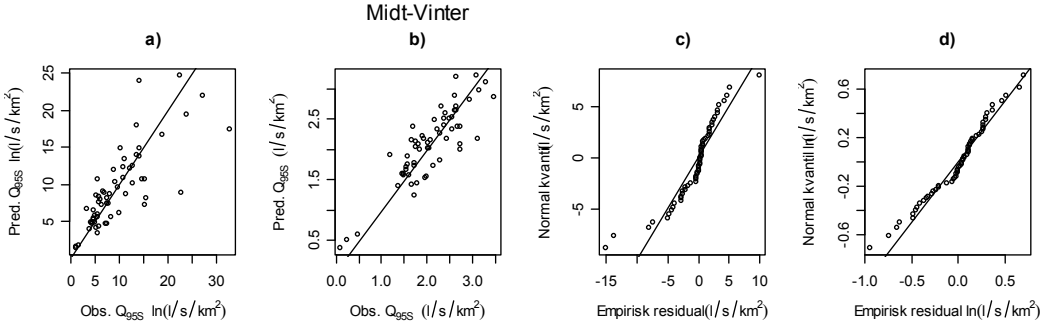
Figur A29 Resultater for region Sør - Sommer. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



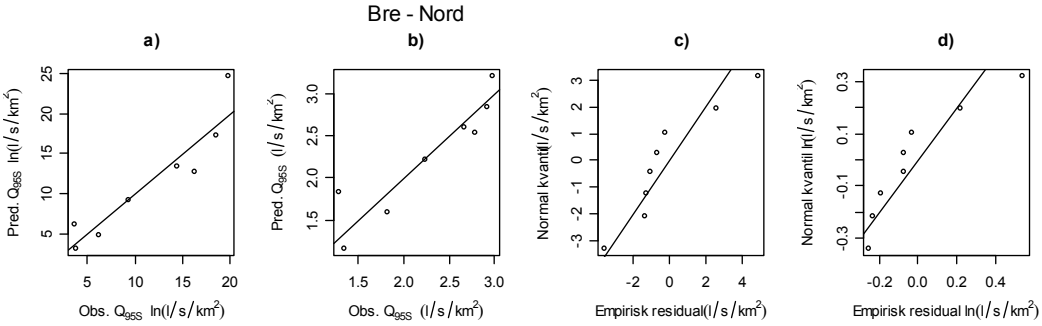
Figur A30 Resultater for region Vest – Vinter. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



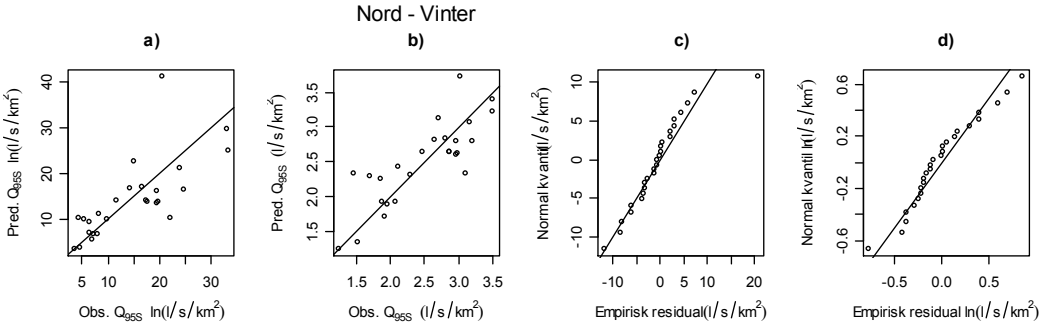
Figur A31 Resultater for region Vest/Midt/Nord - Sommer. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



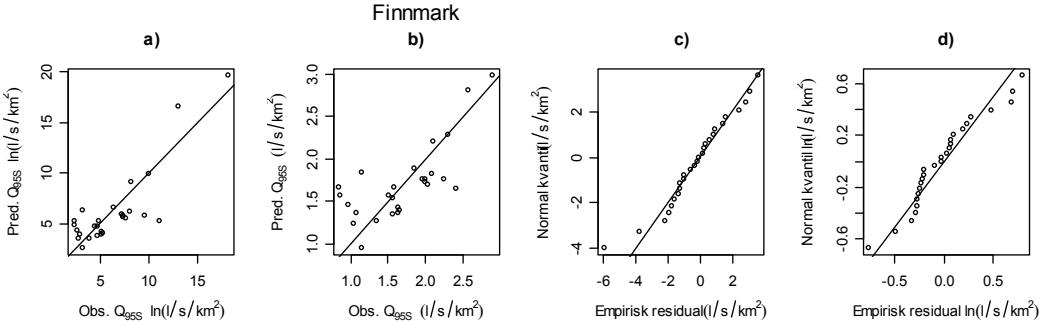
Figur A32 Resultater for region Midt – Vinter. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



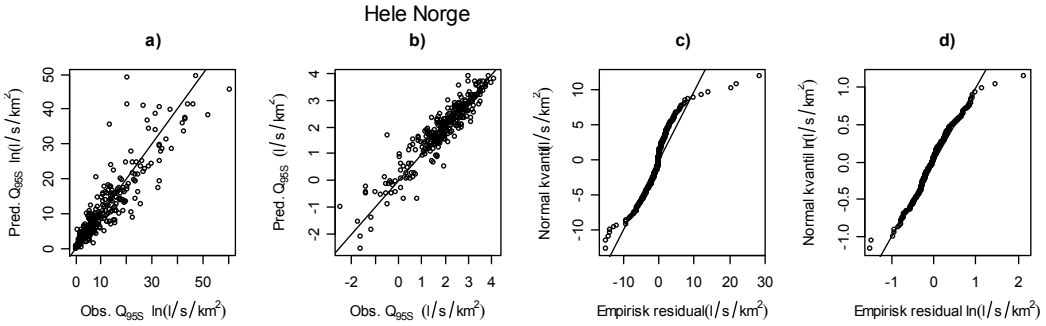
Figur A33 Resultater for region Bre - Nord. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



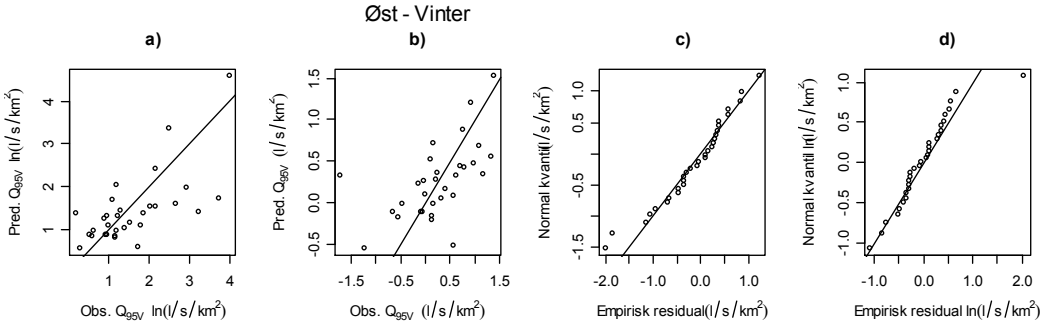
Figur A34 Resultater for region Nord – Vinter. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



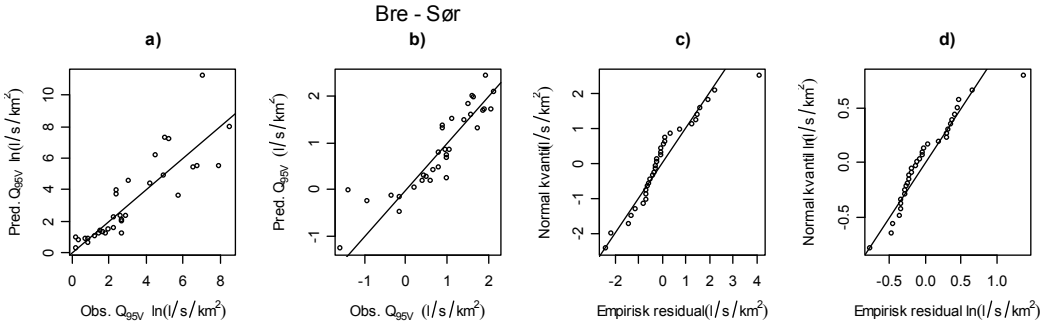
Figur A35 Resultater for region Finnmark. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



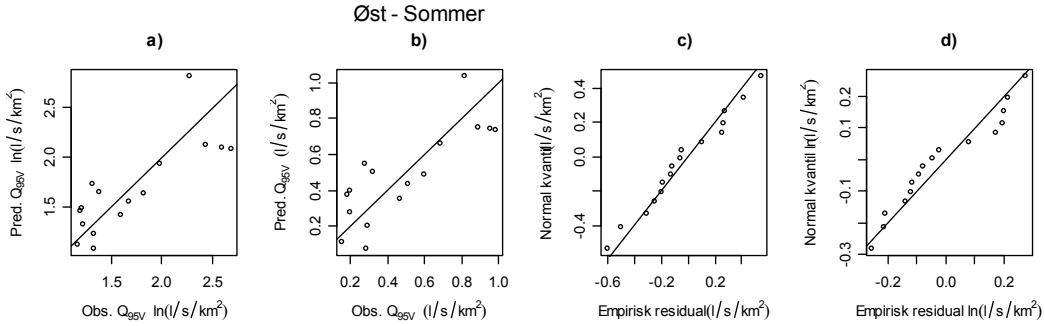
Figur A36 Resultater for hele Norge. Observert og predikert Q_{95S} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



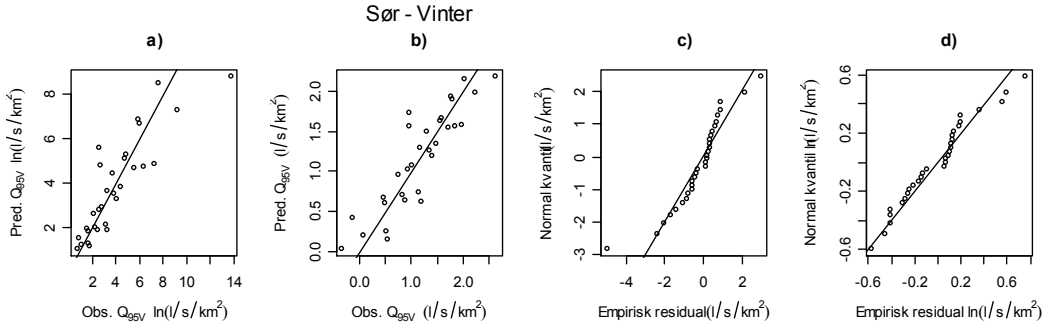
Figur A37 Resultater for region Øst - Vinter. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



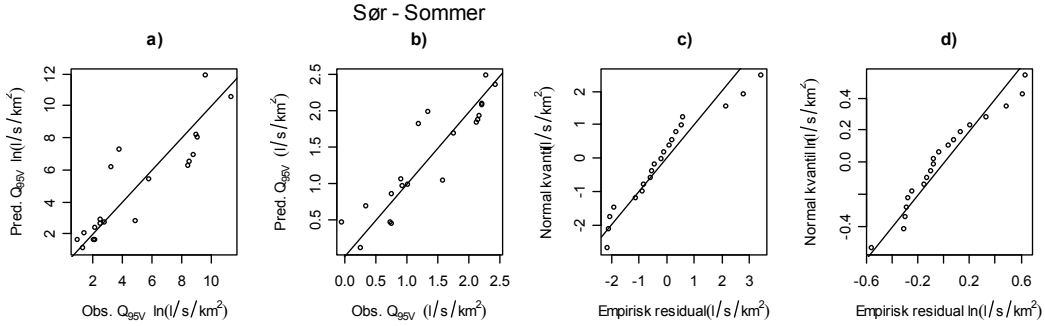
Figur A38 Resultater for region Bre - Sør. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



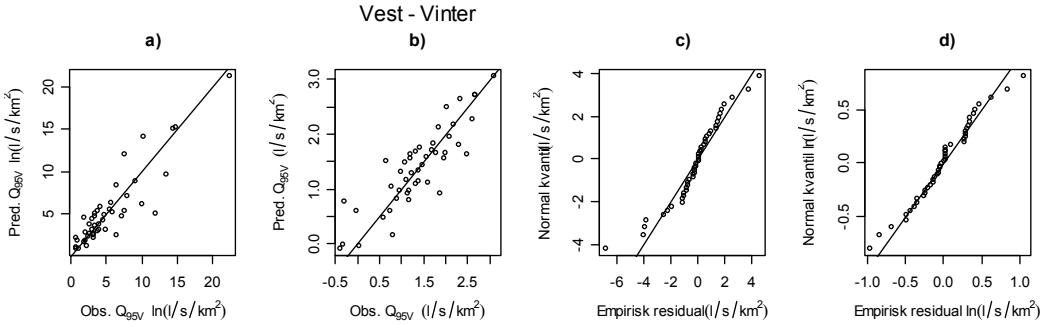
Figur A39 Resultater for region Øst - Sommer. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



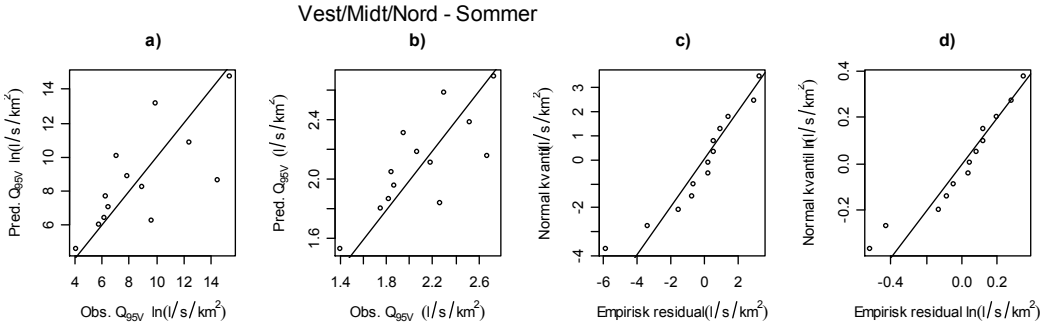
Figur A40 Resultater for region Sør - Vinter. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



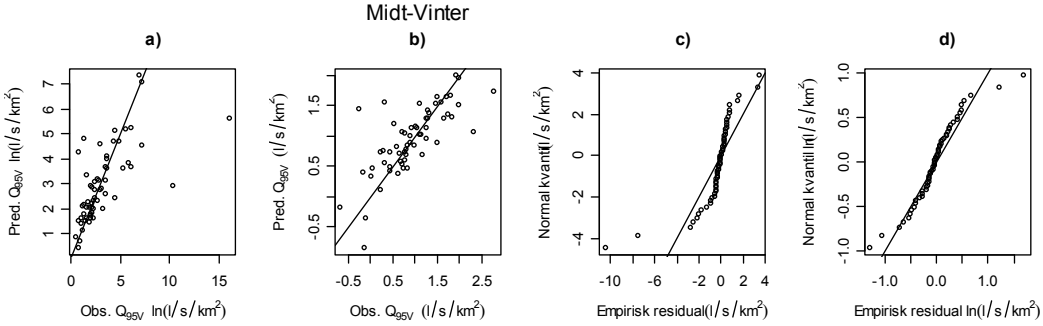
Figur A41 Resultater for region Sør - Sommer. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



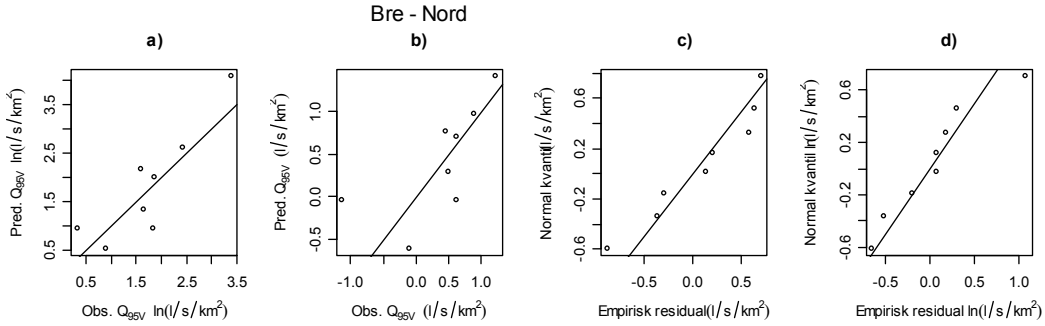
Figur A42 Resultater for region Vest - Vinter. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



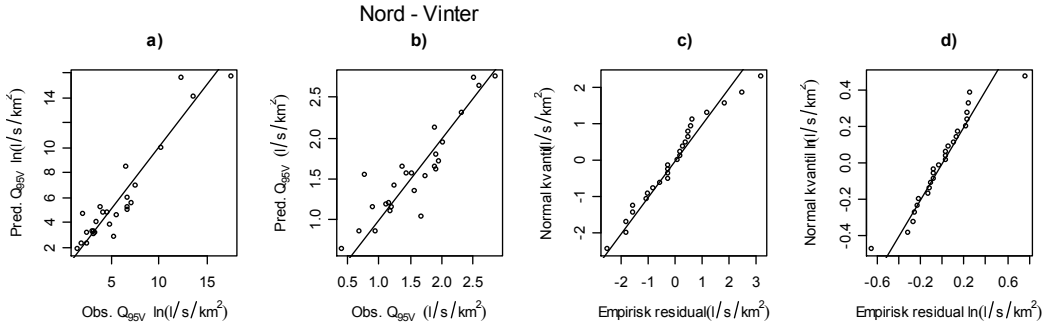
Figur A43 Resultater for region Vest/Midt/Nord - Sommer. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



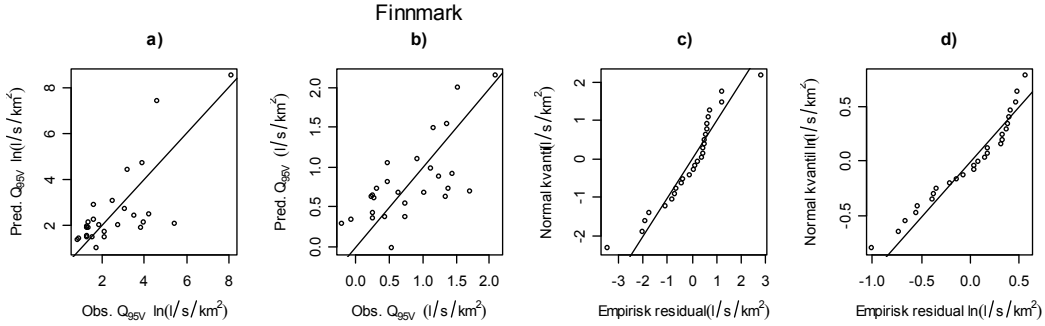
Figur A44 Resultater for region Midt - Vinter. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



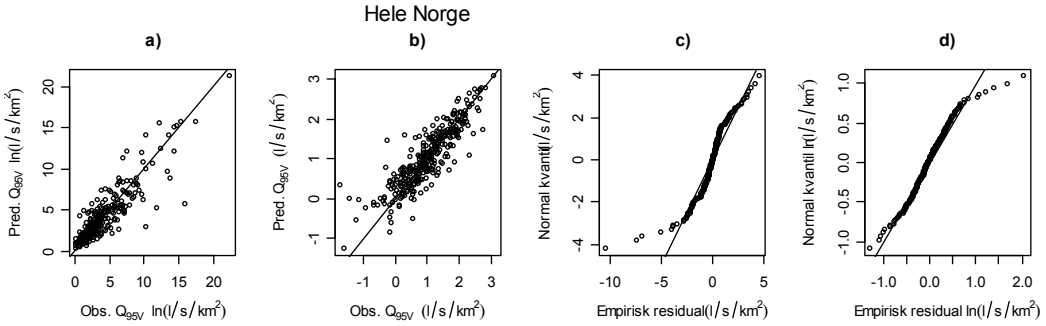
Figur A45 Resultater for region Bre - Nord. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



Figur A46 Resultater for region Nord - Vinter. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



Figur A47 Resultater for region Finnmark. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.



Figur A48 Resultater for hele Norge. Observert og predikert Q_{95V} for a) utransformerte verdier og b) log-transformerte verdier. Empiriske residualer mot normalfordelte kvantiler for c) utranformerte og d) log-transformerte verdier. Merk at identiske regresjonskoeffisienter ble brukt for å beregne utansformerte og logtransformerte verdier.

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

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2008

Nr. 1 Mari Hegg Gundersen (red.): Livsløpsanalyse av kraft- og varmeproduksjon basert på bioenergi (74 s.)

Nr. 2 Ragnar Moholt: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Resultater fra grunnundersøkelser Fossnes på Hvittingfoss, Kongsberg kommune

Nr. 3 Ragnar Moholt: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Vurdering av skredfare og sikringstiltak Fossnes på Hvittingfoss, Kongsberg kommune

Nr. 4 Jim Bogen, Truls Erik Bønsnes: Konsekvenser for erosjon og sedimentasjon av heving av vannstand i Glomma ved Rånåsfoss

Nr. 5 Kolbjørn Engeland, Hege Hisdal, Nils Kristian Orthe, Asgeir Petersen-Øverleir, Astrid Voksø: Lavvannskart for Norge (58 s.)