

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Masteroppgaven har blitt utført ved Institutt for plante- og miljøvitenskap (IPM), ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB), på Ås våren 2011. Interessen og muligheten til å skrive rundt problemene knyttet til bruken av veisalt og kartlegging av klorid fra nedbør fikk jeg gjennom et kurs tatt her ved Universitetet. Oppgaven har vært en interessant og lærerik prosess med mange opp og nedturer, der jeg har lært meg selv bedre å kjenne. Særlig med tanke på strukturering, fremdrift og evnen til å yte maksimalt i en stressende situasjon.

Først vil jeg takke hovedveileder, førsteamanuensis Nils-Otto Kitterød ved IPM for å ha gitt meg muligheten til å skrive en oppgave innenfor et så viktig og spennende tema, samt for å ha hatt god tålmodighet med meg gjennom utallige samtaler innen fagfeltet og problemer som har oppstått underveis. Videre rettes en stor takk til hjelpeveileder, førsteamanuensis Ståle Haaland ved IPM og Bioforsk for gode innspill og kommentarer under skriveprosessen, samt samtaler rundt vinklingen og oppsettet av oppgaven.

En stor takk rettes og til Sara for god støtte underveis, spesielt når ting har sett som mørkest ut, samt for gode råd og tilbakemeldinger under skriveprosessen. Til slutt en takk til min mor for korrekturlesing av oppgaven, samt til alle andre som har bidratt i ulik grad og gjort dette til et hyggelig siste semester ved UMB.

Helge Tjøstheim

UMB Ås, 27.5.2011

Sammendrag

En økt tilførsel av natriumklorid (NaCl) til innsjøer via veisalting, vil påvirke innsjøers kjemiske og fysiske egenskaper, som igjen vil ha en effekt på akvatisk biota. En rekke innsjøer i Norge får årlig tilført store mengder NaCl via veisalting. Hvor stor andel av en innsjøes totale NaCl tilførsel representerer dette antropogene bidraget med NaCl, i forhold til det naturlige bidraget som tilføres innsjøer via nedbør?

Med bruk av data fra NILU og NVE, har den romlige kloridkonsentrasjon i nedbør over Norge blitt estimert. Den ble beregnet til å ligge mellom 0 – 4,5 mg/l. Fra dette har kloridkonsentrasjonen i grunnvannet blitt beregnet. For å få det til ble en korreksjonsfaktor som tok hensyn til oppkonsentrering av salt via evapotranspirasjon beregnet. Kloridkonsentrasjonen i grunnvannet ble beregnet til å ligge mellom 0 og 8 mg/l. Som forventet var det en klar trend med de høyeste konsentrasjonene nær kysten, både i nedbør og grunnvann.

Den beregna kloridkonsentrasjonen i grunnvannet ble sammenlignet med målinger av kloridkonsentrasjoner i 2427 grunnvannsbrønner fordelt utover Norge. Differansen mellom beregnet og målt kloridkonsentrasjon i grunnvannet, ga et estimat på hvor stor andel av den totale kloridkonsentrasjonen i grunnvannet som kom fra nedbør, og ga også et bilde av hvor i landet andre kloridkilder som veisalt og marine sedimenter gjør seg gjeldende.

Med bruk av data fra Vegvesenet ble veisaltets årlige kloridbidrag til naturen kvantifisert og sammenlignet med den mengden klorid som kommer fra nedbør. For vinteren 2009/2010 sto veisalt for rundt 10 % sammenlignet med bidraget fra nedbøren. Preliminære tall for veisaltforbruket fra sist vinter (vinteren 2010/2011), tyder på at denne prosentandelen vil stige. En fortsatt økende trend i bruken av veisalt vil kunne medføre langt større konsekvenser for resipienter og akvatisk biota i tiden som kommer.

Abstract

Increases in the level of sodium chloride (NaCl) in lakes, caused by road salt, will affect the chemical and physical properties of lakes. This will in turn affect the aquatic biota. Road salt contributes annually large quantities of NaCl to a number of lakes in Norway. What share of a lake's total level of NaCl does this anthropogenic contribution stand for, compared to the natural contribution of NaCl from precipitation?

Using data from NILU and NVE, the spatial chloride concentration in precipitation over Norway has been estimated as being in the range of 0 – 4.5 mg/l. Furthermore the chloride concentration in groundwater was calculated. To achieve this, a correction factor which took into account the concentrating of salt via evapotranspiration was calculated. The chloride concentration in groundwater was estimated to be in the range of 0 – 8 mg/l. As expected, a clear trend was discovered, with the highest concentrations of chloride found near the coast, both with regard to precipitation and groundwater.

The estimated chloride concentration in groundwater was compared with measurements of chloride concentrations in 2427 groundwater wells, distributed throughout Norway. The difference between the calculated and the measured chloride concentration in the groundwater gave an estimate of the proportion of the total chloride concentration in groundwater coming from precipitation and furthermore indicated areas of the country where other sources of chloride, such as road salt, are most apparent.

Using data from the Public Road Administration the annual contribution to nature of chloride from road salt was quantified and compared with the amount of chloride that comes from precipitation. Compared to the contribution from precipitation, road salt stood for about 10 % of the chloride level of lakes during the winter of 2009/2010. Preliminary data for the use of road salt during the winter of 2010/2011, indicate that this percentage will rise. A continued upward trend in the usage of road salt can lead to far greater consequences for recipients and aquatic biota in the future.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag	III
Abstract	IV
Innholdsfortegnelse	V
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Tidligere studier	3
1.3 Problemstilling og formål.....	4
2 Materiale og metode.....	5
2.1 Kloridkonsentrasjon i nedbør.....	5
2.2 Vannbalansen	6
2.3 Observasjoner av kloridkonsentrasjon i grunnvann.....	8
2.4 MATLAB-beregninger	9
2.4.1 Fra massefluks til konsentrasjon.....	10
2.4.2 Koordinatsystem og oppløsning	10
2.4.3 Interpolering	10
2.4.4 Sammenligning og fordeling av brønnene.....	11
2.5 Relevans og usikkerhet i målinger og beregninger	11
3 Resultater	12
3.1 Bidraget fra nedbør	12
3.2 Brønnenes plassering og variasjon	15
3.3 Beregning av usikkerheten i dataene	21
3.4 Klorid fra veisalt sett i forhold til klorid fra nedbør	21
4 Diskusjon.....	23
4.1 Klorid fra nedbør	23
4.2 Kloridkonsentrasjonen i brønnene sett i forhold til saltet vei.....	24
4.3 Klorid fra veisalt og nedbør	26
4.4 Feilkilder og usikkerheter i målinger og beregninger	28
5 Konklusjon.....	30
6 Litteraturliste.....	31

Vedlegg 1: MATLAB-skript

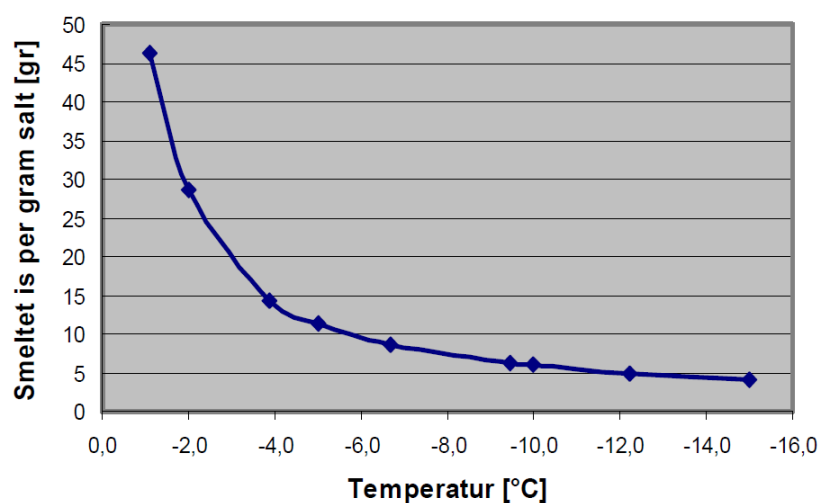
Vedlegg 2: Kart over avstand fra brønn til saltet vei

Vedlegg 3: Koordinater og observert kloridkonsentrasjon i brønnene, og beregna kloridkonsentrasjon i 1x1 km² rutene

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Veisalt blir brukt for å øke trafikksikkerheten og for å opprettholde framkommeligheten gjennom vinteren. I Norge saltes det i all hovedsak ved snøfall eller når det er is i veibanen. 99,9 % av det veisaltet som brukes på veiene er natriumklorid (NaCl), da som tørt eller befuktet salt (Wike 2011). Salt benyttes også på veg som støvdemping, men her benyttes fortrinnsvis magnesiumklorid (MgCl₂) (Aldrin & Steinbekk 2010). Det tilføres store mengder veisalt hvert år, og i løpet av vinteren 2009/2010 ble det brukt over 200 000 tonn salt langs 55 000 km riks- og fylkesveier i Norge (Breivik 2010). Saltets egenskap er at det senker vannets frysepunkt, og ved en optimal blanding av NaCl og vann blir frysepunktet senket med 21,1°C (Sivertsen et al. 2007). Mengden smeltet is per gram NaCl avtar derimot ved lave temperaturer (figur 1). Det har vært utført en rekke studier på negative effekter av veisalt på både terrestriske og akvatiske miljøer (Amundsen et al. 2008). På grunn av de potensielt negative konsekvensene veisalt kan ha, er det ønskelig å begrense bruken. Dette er særlig aktuelt dersom økt saltforbruk ikke bedrer trafikksikkerheten. Utvikling og forsøk med alternative typer salt og alternative måter til salting for å opprettholde god og sikker framkommelighet på våre vinterveier, skjer fortløpende. Et eksempel er forsøk med bruk av kalsium-magnesium-acetat (CMA), som er en blanding av dolomittkalk og eddiksyre. Gjennom feltforsøk er det vist at CMA smelter is like godt som veisalt, selv ved en lavere dosering (Ramakrishna & Viraraghavan 2005).



Figur 1: Smeltekapasitet for 1 gram salt (Sivertsen 2010).

Klorid adsorberes i liten grad til partikler (Nègrel & Deschamps 1996), og er et konservativt ion som følger vannstrømmen uten å bli særlig påvirket av biologiske eller kjemiske reaksjoner. Med konservativt ion menes det her at det har en liten anionbyttekapasitet, og fungerer i prinsippet kun som et mobilt anion for transport av kationer i nedbørsfeltet (Appelo & Postma 1993). Klorid som tilføres nedbørsfelt, vil relativt raskt strømme ut i resipienter som innsjøer og elver (Environmental Canada 1999).

I mange områder står veisalt for over halvparten av den totale tilførselen av klorid til en vannforekomst (Thunqvist 2004). Langs kysten bidrar nedbøren med en stor del av den totale tilførte mengden klorid. Sjøsaltepisoder, det vil si episoder med mye sjøsalt i nedbør, vil tidvis kunne gi meget høye konsentrasjoner av klorid og natrium i vannforekomster nær kysten (Andersen 2002; Hindar et al. 1995). Lenger inne i landet vil det være andre kilder som eksempelvis utlekking av salter fra marine avsetninger (Thunqvist 2004; Økland & Økland 2006). Avløp, søppelfyllinger og kunstgjødsel kan også bidra til økt saltkonsentrasjon i grunnvann og overflatevann (Thunqvist 2004). Effekten av tilført klorid på vannforekomster vil kunne være av kjemisk, fysisk eller biologisk karakter (Thunqvist 2004). Hvor store tilførsler av salt en vannforekomst tåler avhenger av flere faktorer, og det er vanskelig å angi eksakte tålegrenser. For eksempel vil en innsjø med lav ionekonsentrasjon respondere annerledes enn en ionerik innsjø på en bestemt mengde tilført veisalt. Generelt sett vil en økt tilførsel av klorid i hovedsak kunne medføre fire negative konsekvenser for en innsjø (Ramakrishna & Viraraghavan 2005):

- 1) Endring i tetthetsgradienten i innsjøen på grunn av tilførsel av saltforurenset vann.
- 2) Økt kloridkonsentrasjon i innsjøen, noe som gjør seg oftere gjeldene i små enn i store vannforekomster, og skyldes at små vannforekomster har en mindre evne til å fortynne salttilførsler på grunn av lite vannvolum. Små innsjøer har også ofte lav teoretisk oppholdstid.
- 3) Stratifisering som vil kunne føre til oksygenmangel i deler av vannmassene, noe som er essensielt for plante- og dyrelivet i vann.
- 4) Stimulert vekst av blågrønn alger og økt fare for videre algevekst i innsjøen.

Intensjonen i Vanddirektivet er at alle vannforekomster skal ha god økologisk status og direktivet har som mål å beskytte og tilbakeføre alle vannforekomster til deres naturtilstand innen utgangen av 2015 (Alvsvåg et al. 2005; Commi 2010). Med tanke på veisalt er det

derfor nødvendig å kartlegge hva som er den naturlige bakgrunnskonsentrasjonen for klorid i vannforekomstene.

1.2 Tidligere studier

Det er gjennom en rekke publikasjoner blitt påvist at bruken av veisalt vil medføre negative miljømessige konsekvenser for nærliggende vannforekomster (Amundsen et al. 2008; Godwin et al. 2003; Ramakrishna & Viraraghavan 2005; Rosenberry et al. 1999; Wike 2007). I tillegg til konsekvensene av økt salttilførsel, har det i disse studiene blitt sett på en rekke andre parametere i forbindelse med veisalt som vil kunne medføre negative konsekvenser for både terrestriske og akvatiske miljøer.

Hvordan det naturlige bidraget av klorid spiller inn på den totale konsentrasjonen av klorid er det gjort færre studier av. I januar 1993 var det kraftig sørvestlig vind med høy temperatur og mye nedbør i sørvest Norge. Dette resulterte i en kraftig sjøsaltepisode. Målinger gjort i Suldalslågen viste at kloridkonsentrasjonen var oppe i 25 mg/l i området, mot normalt 3 – 4 mg/l, og det ble i elver og innsjøer målt høye konsentrasjoner av natrium og klorid i uker og måneder etter sjøsaltepisoden (Blakar et al. 2004; Haaland 2011). I en studie gjort i Skottland ble det den naturlige tilførselen av klorid til et nedbørsfelt på 2100 km² estimert. Kjemiske målinger ble gjort på 59 ulike prøvepunkter i nedbørsfeltet, annen hver uke over et år (Smart et al. 2001). Foruten avstanden til kysten, ble kunstgjødsel sett på som den viktigste kloridkilden, selv om veisalt gjorde seg gjeldene i enkelte områder. I nedbørsfeltet ble kaliumklorid (KCl) mye brukt som gjødsel, og resultatet tilsa at 30 % av kloridkonsentrasjonen i elvene i nedbørsfeltet kom fra gjødsel. Smart et al. (2001) fant også ut at bruken av landarealene kunne påvirke kloridkonsentrasjonen i en nærliggende elv eller innsjø. I en tilsvarende studie fant man ut at en økende skogandel i nedbørsfeltet kunne gi økning i kloridkonsentrasjonen i vannforekomster, men skogsdekke måtte overstige 25 % for å ha signifikant effekt (Hornbeck et al. 1993).

1.3 Problemstilling og formål

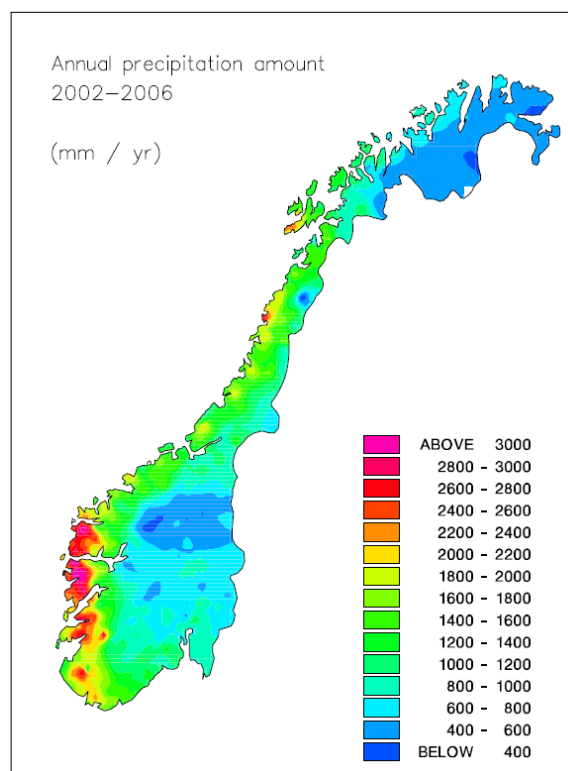
Problemstillingen i denne oppgaven er at kildene til natriumklorid i vannforekomster i Norge er dårlig kvantifisert, og at kunnskapen om forholdet mellom de naturlige og antropogene tilførselene av natriumklorid er dårlig kvantifisert.

Formålet har vært å kvantifisere den romlige variasjonen i kloridbidraget fra nedbør over Norge, samt å kvantifisere forholdet mellom klorbidraget fra nedbør og kloridbidraget fra veisalt til norske vannforekomster.

2 Materiale og metode

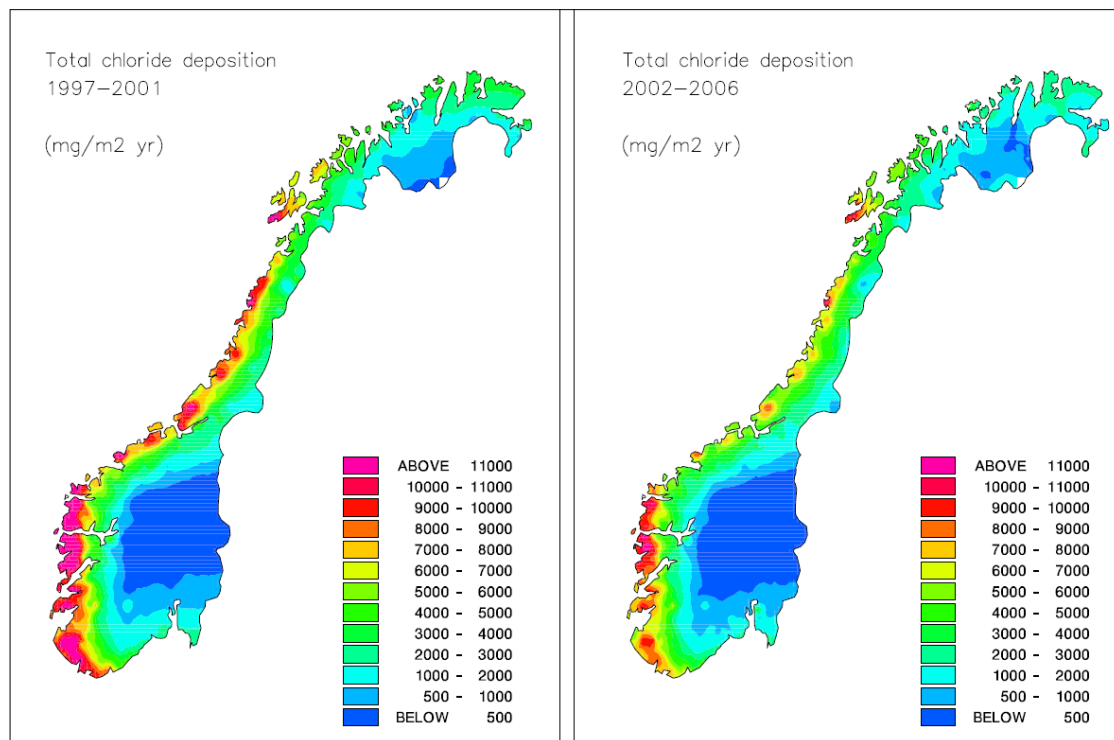
2.1 Kloridkonsentrasjon i nedbør

Nedbørsdata med tilhørende kloridkonsentrasjoner er fra NILU (Norsk Institutt for Luftforskning). Beregningene er basert på tilgjengelig data gjennom det nasjonale luft- og nedbørsovervåkningsprogrammet gjort av Klif (Klima og forurensningsdirektoratet) i perioden 2003 – 2007, og data på nedbørsmengder for perioden 2002 – 2006 fra det nasjonale meteorologiske nettverk (figur 2) (Aas 2008).



Figur 2: Gjennomsnittlig nedbørsmengde (mm/år) i perioden 2002-2006 (Aas 2008).

NILU har siden 1971 tatt daglige luft- og nedbørsmålinger i Norge av en rekke uorganiske forbindelser, for eksempel kationer som kalsium, magnesium, natrium og kalium, og anioner som sulfat, nitrat og klorid. Målinger av kloridkonsentrasjoner fra perioden 1978 – 2001 har blitt benyttet, og den totale kloridavsetningen over Norge fra 1997 – 2006 er vist i figur 3 (Aas 2008). Målestasjonene i de nasjonale overvåkningsprogrammene er lokalisert på steder lite påvirket av lokal antropogen forurensning, noe som gir et best mulig estimat over langtransporterte forurensninger.



Figur 3: Total kloridavsetning (mg/m² år) over Norge i periodene 1997-2001 og 2002-2006 (Aas 2008).

Kloridobservasjonene gjenspeiler et gjennomsnitt av de ulike målestasjonene i et 50x50 km² rutenett over Norge. Arealet av rutene varierer noe, dette skyldes at enkelte ruter inngår i Sverige eller strekker seg ut i havet. Disse rutene er ikke tatt med i beregningen av totalareal i den videre prosessen for beregning av kloridavsetning over Norge (Aas 2008). Konsentrasjonen av klorid i luft og i nedbør ved de ulike målestasjonene, gir kun en representativ kloridkonsentrasjon for akkurat det stedet der målestasjonene står. For å få dette over i et regulært rutenett, er det benyttet en romlig interpoleringsmetode kalt kriging. Dette er en statistisk metode som minimaliserer usikkerheten mellom de kjente verdiene (Aas 2008).

2.2 Vannbalansen

Arealnedbør, avrenning og evapotranspirasjon baserer seg på målinger og beregninger gjort av NVE (Norges Vassdrag og Energidirektorat) i siste normalperiode (1961 – 1990). I beregningen av dataene er det brukt en romlig fordelt versjon av den hydrologiske modellen HBV med 1x1 km² celler som beregningsgrunnlag (Beldring et al. 2002; 2003). HBV-modellen er en nedbørs- og avrenningsmodell som benytter seg av begrepsmessig numeriske beskrivelser av hydrologiske prosesser helt ned på nedbørsfeltskala (SMHI 2006). Metoden

som er benyttet ved beregningen av dataene er beskrevet i Beldring et al. (2002; 2003). For å kunne utarbeide et avrenningskart for Norge er resultatene fra den hydrologiske modellen, gitt som normal årsavrenning, korrigert mot antall observasjoner. Dette er gjort for å gi samme verdier som observerte data fra stasjonsnett til Hydrologisk avdeling. Årsavrenning er begrenset til intervallet $250 \text{ mm/år} \leq q_{\text{år}} \leq 5500 \text{ mm/år}$. Verdier større eller mindre enn dette er henholdsvis endret til maksimums- og minimumsverdien. Videre er det begrensede datasettet multiplisert med forholdet mellom årsavrenningen fra observasjonene og årsavrenning beregnet fra den hydrologiske modellen, da gjeldende for alle celler innenfor nedbørsfelt som inkluderer observasjoner (Beldring et al. 2002; 2003). Celler liggende mellom to observerte nedbørsfelt fikk korreksjonsfaktoren bestemt ved hjelp av interpolering. Resultatet ble et datasett med en oppløsning på $1 \times 1 \text{ km}^2$, som ga en korreksjonsfaktor for bestemmelse av avrenningen over hele Norge. Usikkerheten i avrenningskartet varierer fra $\pm 5 \%$ til $\pm 20 \%$, og skyldes varierende tetthet av målestasjonene samt usikkerheten i de observerte dataene (Beldring et al. 2002).

Kloridkonsentrasjonen i grunnvann vil over lengre perioder være høyere enn kloridkonsentrasjonen i nedbør. Dette skyldes evapotranspirasjon fra jord og planter. En korreksjonsfaktor for dette ble beregnet (1):

$$\begin{aligned}
 \text{Massefluks}_{\text{grunnvann}} &= \text{Massefluks}_{\text{nedbør}} \\
 \text{Massefluks}_{\text{nedbør}} &= C_p \times P \\
 \text{Massefluks}_{\text{grunnvann}} &= C_g \times (P - E) = C_g \times R \quad (1) \\
 C_g \times R &= C_p \times P \\
 C_g &= C_p \times (P/R)
 \end{aligned}$$

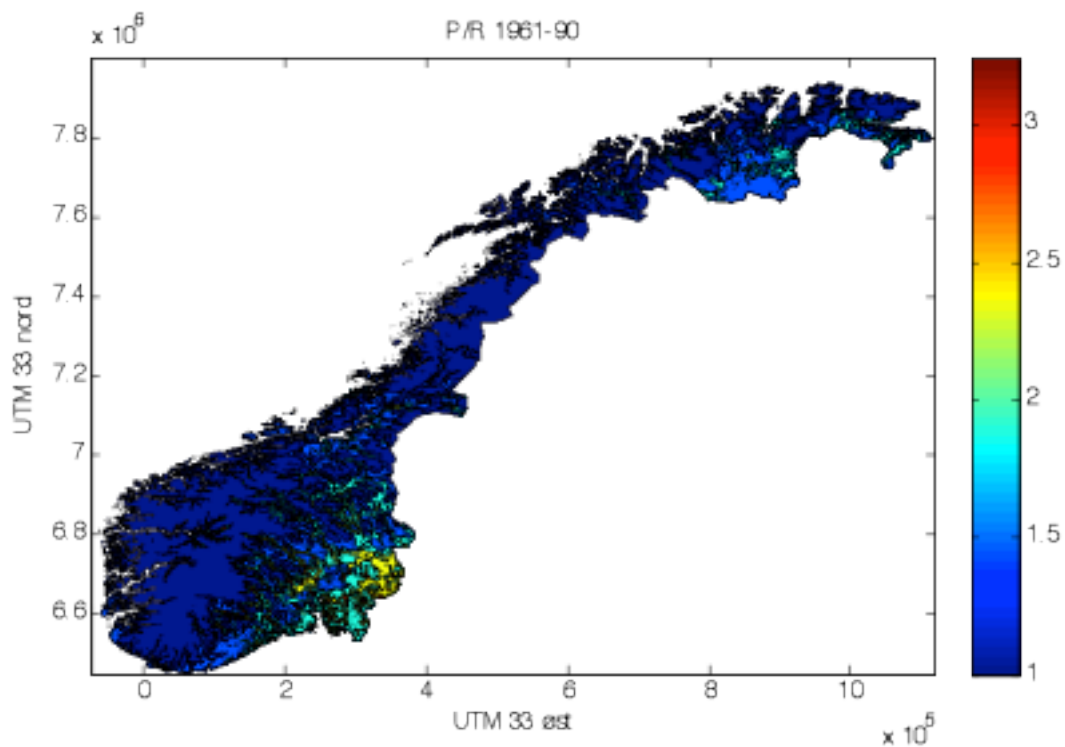
Der P er nedbør, E er evapotranspirasjon, R er avrenning, mens C_p og C_g er henholdsvis kloridkonsentrasjonen i nedbør og grunnvann. Faktoren blir forholdet mellom nedbør og avrenning (P/R) og den vil variere (figur 4). Siden kloridkonsentrasjonen i grunnvann alltid er høyere eller lik det den er i nedbør vil denne faktoren være ≥ 1 .

I beregningen av stasjonær kloridkonsentrasjon i grunnvann, ble naturen sett på som et system i steady-state, det vil si at massefluksen inn i systemet er like stor som massefluksen ut. Ettersom størrelsen på nedbørsfeltet og tidsrommet ($t \rightarrow \infty$) vannbalansen beregnes for stiger,

vil magasinelementet (ΔM) i vannbalansen gå mot null og kunne strykes (2) (Tollan 2002). Ved steady-state er det ikke lenger er snakk om konsentrasjonsendringer i tid, kun i rom. For å kunne beregne dette har det blitt tilstrebet å bruke gode data vedrørende vannbalansen. Det å få til et godt estimat av vannbalansen er allikevel den største usikkerheten i disse beregningene.

$$P = E + R + \frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (2)$$

når : $\Delta t \rightarrow \infty \rightarrow P = E + R$

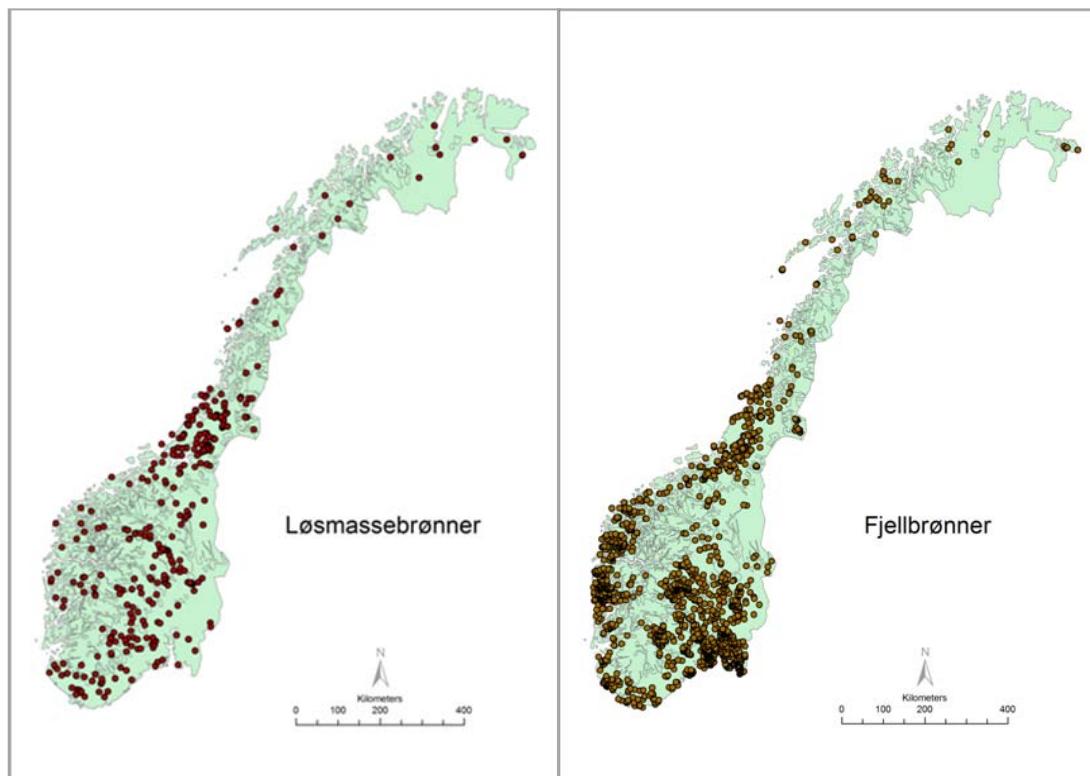


Figur 4: Kart over forholdet mellom nedbør og avrenning (P/R) i Norge (Kitterød 2011). Baserer seg på data fra perioden 1961-1990.

2.3 Observasjoner av kloridkonsentrasjon i grunnvann

Kloridkonsentrasjoner fra 2427 grunnvannsbrønner over hele landet er fått i fra NGU (Norges Geologiske Undersøkelse). Av disse er om lag 80 % fjellbrønner ($n = 1921$) og 20 % løsmassebrønner ($n = 506$). Brønnene er spredt over hele landet, men med en hovedvekt sør for Trondheim (figur 5). Kloridkonsentrasjonene baserer seg på enkeltmålinger i

grunnvannsbrønner gjennomført av NGU i perioden 1996-2007 og er oppgitt i mg/l. Tidspunktet de ulike målingene er gjort avhenger av hvilket prosjekt de var en del av ("Grunnvannskjemi i Norge", "Sårbarhetskartlegging av borebrønner i fjell", Systematisk prøvetakning av grunnvannsbrønner i fast fjell (SPAGBIFF)). Brønnene var oppgitt i koordinatsystemet WGS 1984 UTM sone 32, 33 og 34N, men for å kunne brukes i sammenligningen med den beregna kloridkonsentrasjonen i nedbør, ble alle konvertert til sone 33N.



Figur 5: Kart over fordelingen av NGU's løsmasse- og fjellbrønner i Norge.

2.4 MATLAB-beregninger

MATLAB-skriptene der beregningen av kloridkonsentrasjonen i nedbør, grunnvannsbrønnenes fordeling og sortering i forhold til vannbalansekartet, samt MATLAB funksjonene for å beregne summen av et større antall verdier og usikkerheten i variabler er produsert av Nils-Otto Kitterød (2011).

2.4.1 Fra massefluks til konsentrasjon

Kart over den romlige variasjonen i kloridkonsentrasjonen i nedbør ble beregnet ved hjelp av dataene fra NILU og NVE (Vedlegg 1 – Skript 1 (Kitterød 2011)). Dataene fra NILU ga klorid som en massefluks ($\text{mg Cl}/\text{m}^2 \text{ år}$) og måtte regnes om til en konsentrasjon ($\text{mg Cl}/\text{l}$). Dette ble gjort ved å dividere massefluksen med nedbørmengden ($\text{mm}/\text{år}$) fra NVE (3).

$$\frac{\text{mgCl}}{\text{m}^2 \text{ år}} \div \frac{\text{mm}}{\text{år}} = \frac{\text{mgCl}}{\text{m}^2 \text{ år}} \times \frac{\text{år}}{10^{-3} \text{ m}} = \frac{\text{mgCl}}{10^{-3} \text{ m}^3} = \text{mgCl}/\text{l} \quad (3)$$

2.4.2 Koordinatsystem og oppløsning

Dataene fra NILU og NVE var oppgitt i ulike koordinatsystem. Data fra NVE var i WGS 1984 UTM sone 33N med en oppløsning på $1 \times 1 \text{ km}^2$. UTM (Universal Transversal Mercator) er det koordinatsystemet som gir det mest realistiske bilde av Norge. Det er delt inn i 60 ulike soner i øst-vest retning, hvorav Norge strekker seg over sonene 32 – 36N (Grinderud 2008). Mens data fra NILU var i et EMEP rutenettssystem med en oppløsning på $50 \times 50 \text{ km}^2$. EMEP rutenettssystem baserer seg på enten $50 \times 50 \text{ km}^2$ eller $150 \times 150 \text{ km}^2$ ruter i en polarstereografisk fremstilling av verden, og har den største presisjonen på 60 breddegrad (EMEP grid). For å kunne se begge datasettene som overlappende kart, ble kjente hjørnepunkter i NILU's EMEP rutenett koordinatfestet i UTM 33N.

2.4.3 Interpolering

Kartet over kloridkonsentrasjonen i nedbør hadde en grov oppløsning ($50 \times 50 \text{ km}^2$) og for å kunne bedre se den romlige variasjonen ble kartet interpolert til finere ruter ($1 \times 1 \text{ km}^2$). Interpolering er en teknikk som beregner den ukjente verdien mellom to allerede kjente. I lineær interpolering estimeres den ukjente ved hjelp av en rett linje mellom to kjente, mens den ved nærmeste nabo metoden blir estimert ut fra hvilken naboverdi som er nærmest (Etter 2005; Grinderud 2008). Dette medførte at en gikk fra et totalt ruteantall på 525 (15×35 ruter) til 1 852 250 (1195×1550 ruter). Områder som hadde en kraftig gradient i kloridkonsentrasjonen ble mer synlig siden målestokken nå var øket.

2.4.4 Sammenligning og fordeling av brønnene

Sammenligningen av observasjonene i grunnvannsbrønnene og den beregna kloridkonsentrasjonen fra nedbør ble gjort ved å lese koordinater og kloridkonsentrasjoner fra brønnene inn i MATLAB. Dette ble gjort for å se hvor mye av den observerte kloridkonsentrasjonen i en brønn som kom fra nedbør i forhold til totalmengden klorid målt i brønnen. Hvilke ruter som inneholdt brønner og hvordan fordelingen av brønnene var mellom rutene (1x1 km²) ble også funnet (Vedlegg 1 – Skript 2 og 3 (Kitterød 2011)).

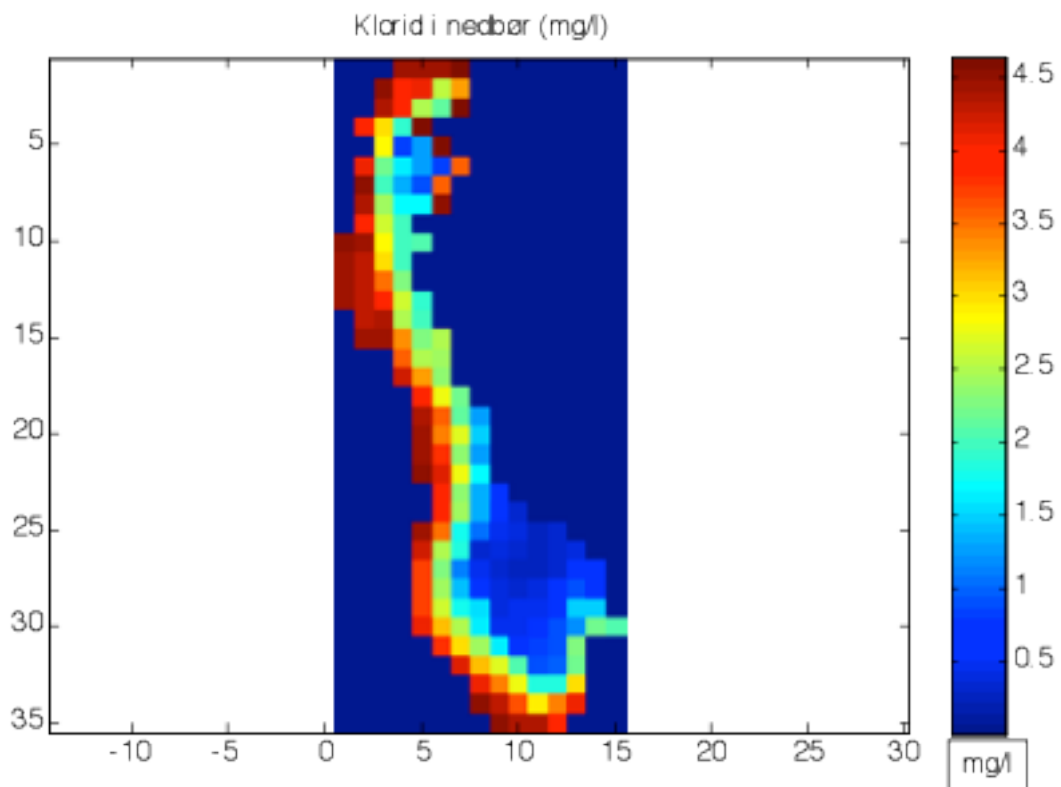
2.5 Relevans og usikkerhet i målinger og beregninger

Kloridkonsentrasjonen i Norge, som er blitt beregnet, viser konsentrasjonen innenfor en rute på 1x1 km². Observasjonene i grunnvannsbrønnene fra NGU gir en konsentrasjon for en aktuell brønn. At antall brønner som befinner seg innenfor hver rute varierer, gjør at den aktuelle konsentrasjonen vil ha forskjellig usikkerhet. For å kunne interpolere konsentrasjonen i brønnene og få en representativ verdi ble en grense på 4 brønner satt. Alle ruter som inneholdt 4 eller flere brønner ble tatt med i sammenligningen og verifiseringen av kloridkonsentrasjonen i ruten. Differansen mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen ble også regnet ut. Ut i fra dette kunne en se hvor mye av kloridkonsentrasjonen i en rute som kom via nedbør og hvor mye som kom fra veisalt eller andre kilder. For områder som hadde en svært stor positiv differanse, det vil si at den observerte konsentrasjonen var mye større enn den beregna, var det interessant å se hvordan de lå lokalisert i forhold til veier som saltes i henhold til bar-vei strategien. Med bar vei menes det veier som skal være snø- og isfrie gjennom hele vinteren (Sivertsen et al. 2007). Eksempler på slike områder der det vil kunne forekomme høye kloridkonsentrasjoner i brønnene er langs Europavei 6 i Gudbrandsdalen og riksvei 3 i Østerdalen.

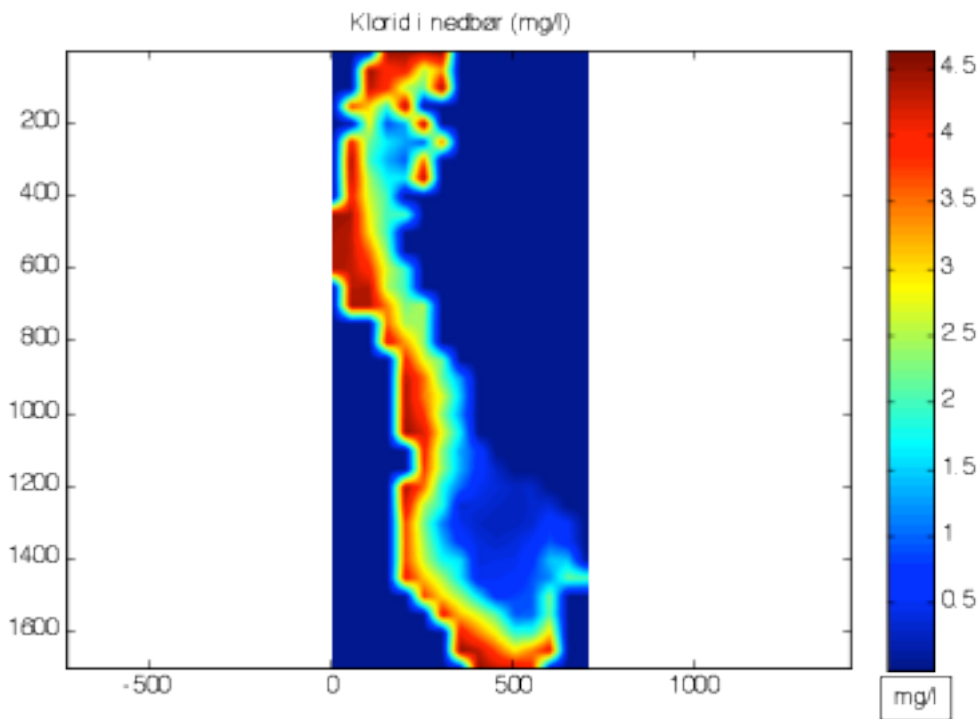
3 Resultater

3.1 Bidraget fra nedbør

Beregningene gjort i MATLAB viser at kloridkonsentrasjonen er høyest langs kysten og minker innover i landet. Dette er tydelig selv når Norge er rutet opp i $50 \times 50 \text{ km}^2$ ruter (figur 6). Etter å ha interpolert kartet ned til en rutestørrelse på $1 \times 1 \text{ km}^2$ ble resultatet vist som i figur 7. Kartet viser at konsentrasjonen av klorid i nedbør ligger i intervallet 0 – 4,5 mg/l. For utenom lineær interpolering, ble også verdiene interpolert på tre andre måter; nærmeste nabo, kubisk og spline interpolering. Nærmeste nabo interpoleringen ga et grovere kart enn den gjorde for den lineære, mens den kubiske- og spline metoden ga interpolerte kart der minimum var for lavt (negativt) og maksimum for høyt. Derfor ble den lineære interpoleringen foretrukket.

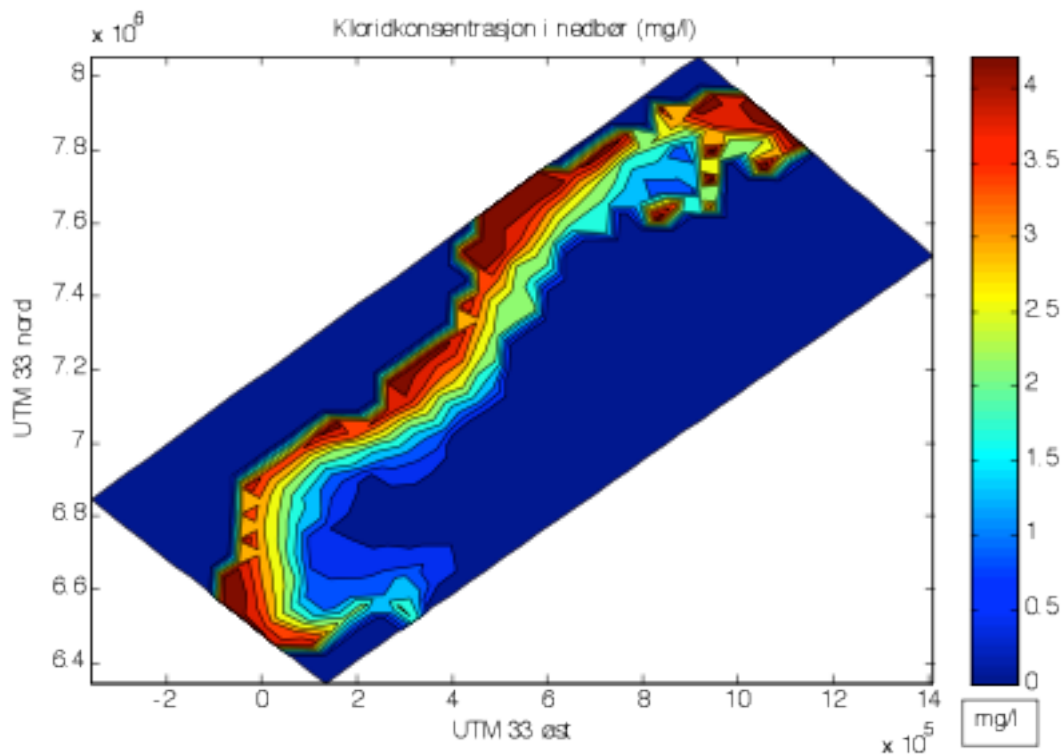


Figur 6: Kloridkonsentrasjonen i nedbør i et $50 \times 50 \text{ km}^2$ rutenett (datakilde: NILU (Aas 2008)).



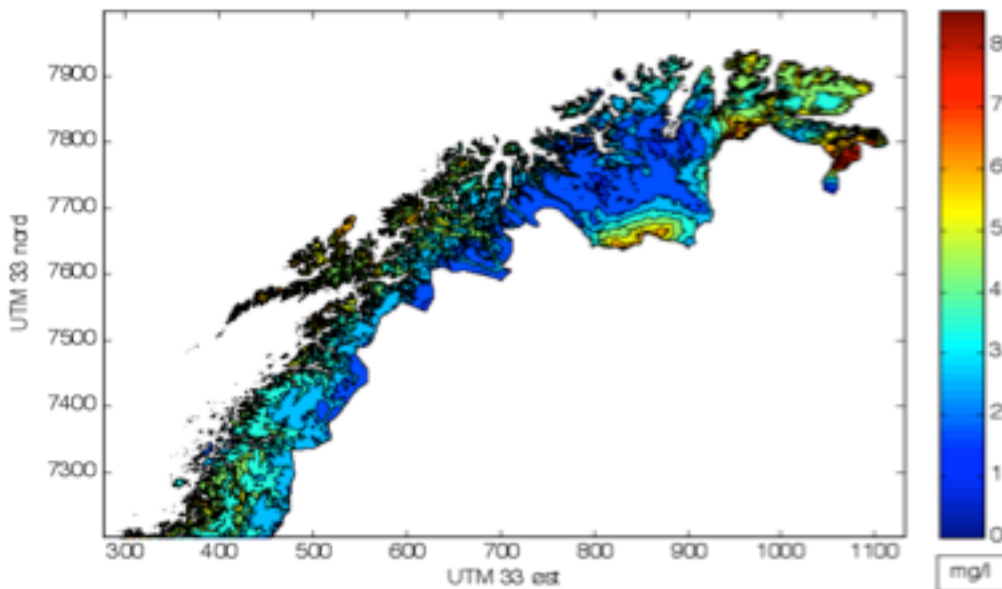
Figur 7: Kloridkonsentrasjonen i nedbør etter lineær interpolering til rutestørrelse på $1 \times 1 \text{ km}^2$ (Kitterød 2011).

For å få klorid i nedbør dataene sammenhengende med vannbalansen ble NILU's EMEP $50 \times 50 \text{ km}^2$ rutenett transformert over til WGS 1984 UTM 33N brukt av NVE (figur 8).

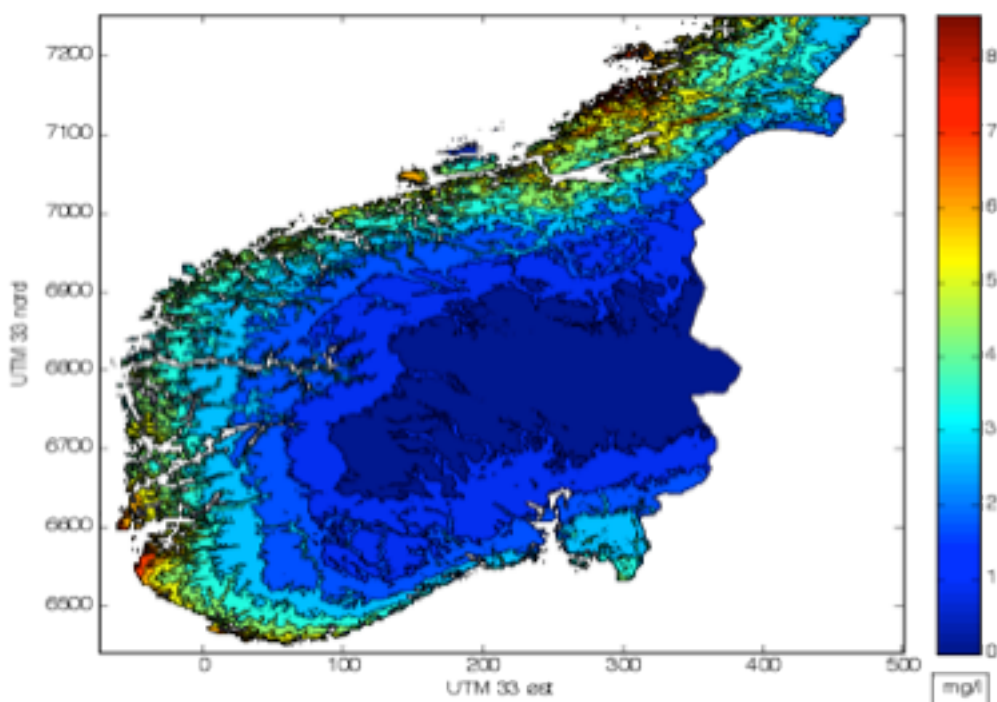


Figur 8: Kloridkonsentrasjonen i nedbør i WGS 1984 UTM 33N koordinater (Kitterød 2011).

Kloridkonsentrasjonen i grunnvann ble regnet ut ved å multiplisere konsentrasjonen i nedbør med P/R faktoren (nedbør/avrenning). Resultatet ble en høyere kloridkonsentrasjon i grunnvann. Mens den for nedbør lå i intervallet 0 og 4,5 mg/l, viste beregningene at den i grunnvann kunne være opp mot 8 mg/l. Trenden var lignende som for nedbør med den høyeste konsentrasjonen langs kysten og lavere konsentrasjoner innover i landet (figur 9 og 10).



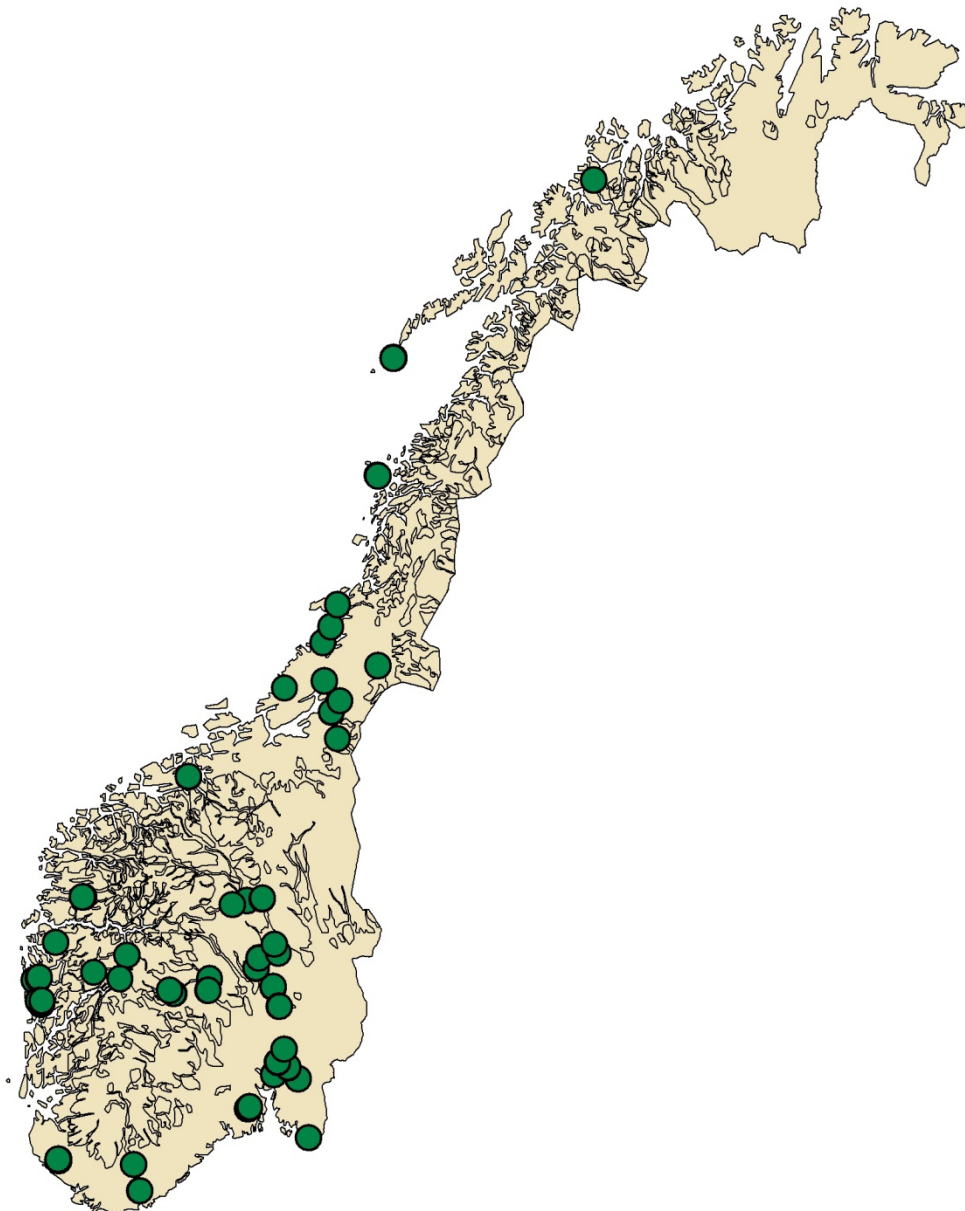
Figur 9: Estimert kloridkonsentrasjon i grunnvannet (mg/l) i Nord-Norge (Kitterød 2011).



Figur 10: Estimert kloridkonsentrasjon i grunnvannet (mg/l) i Sør-Norge (Kitterød 2011).

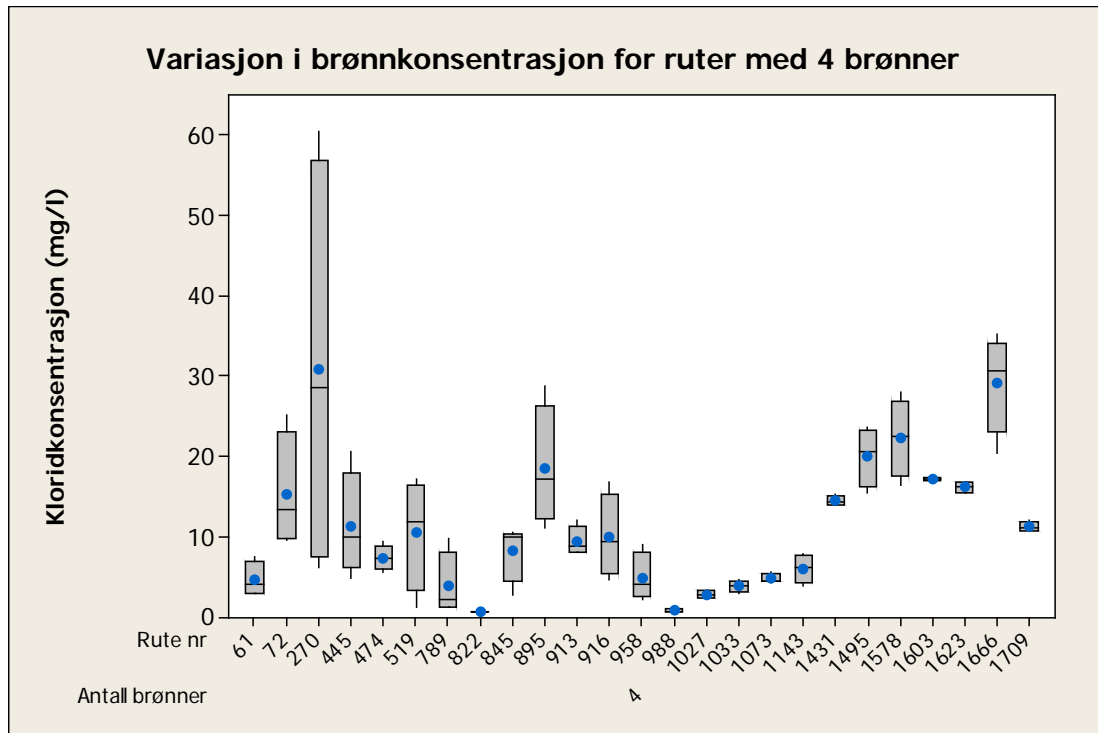
3.2 Brønnenes plassering og variasjon

Resultatet av den beregna kloridkonsentrasjonen i nedbør ga et rutenett av Norge på 1852 250 1x1 km² ruter, der hver rute hadde sin egen konsentrasjon. Av disse rutene inneholdt kun 1726 grunnvannsbrønner (Vedlegg 1 – Skript 2 (Kitterød 2011)). Med bruk av MATLAB ble det også funnet ut hvordan disse brønnene fordelte seg mellom de ulike rutene (Vedlegg 1 – Skript 3 (Kitterød 2011)). 1382 av rutene inneholdt kun en brønn, mens i ruten det var flest i var 14 brønner. 50 av rutene hadde fire eller flere brønner. Disse besto av totalt 261 brønner og er plottet i et kart over Norge (figur 11). På grunn av liten målestokk på kartet samt at brønnene i en rute ligger innenfor 1 km², gir kartet inntrykk av at det er færre brønner enn det som faktisk er plottet.

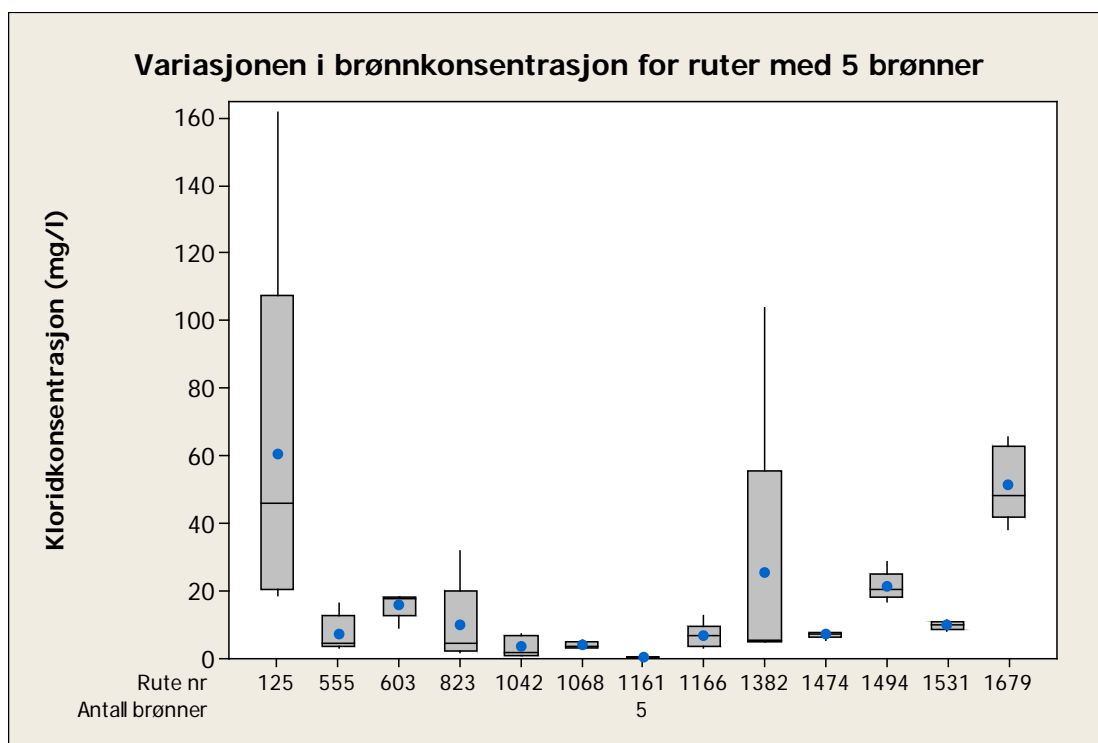


Figur 11: Oversikt over fordelingen av ruter med 4 eller flere i Norge.

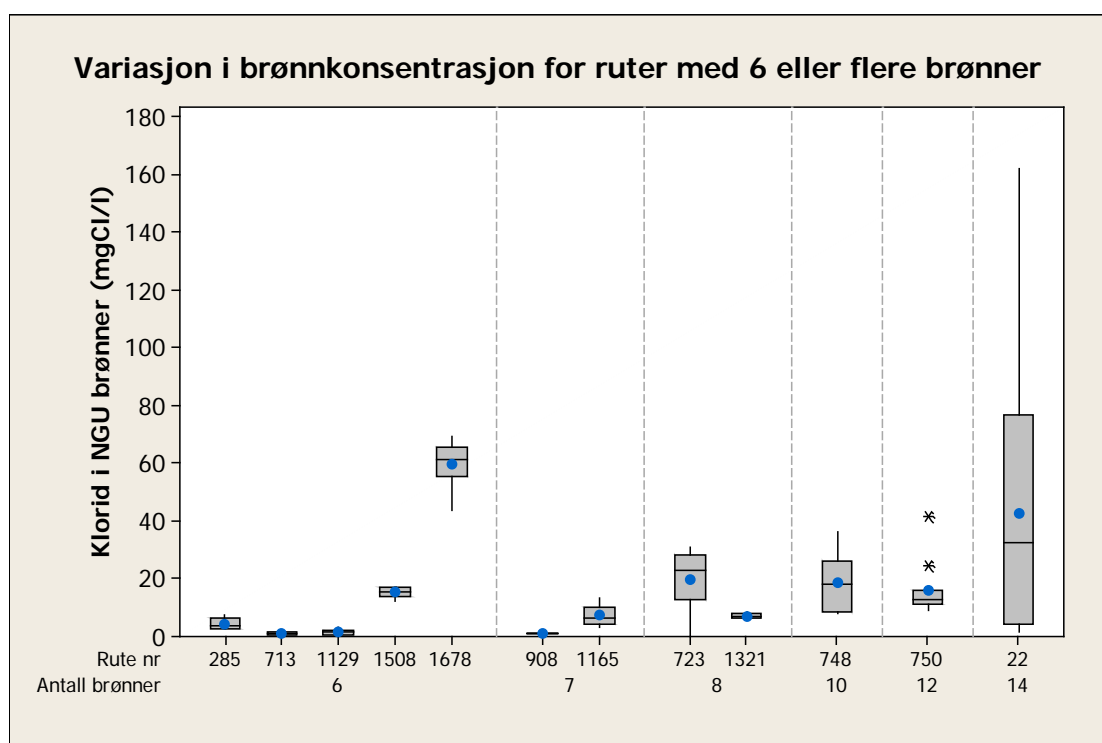
Kloridkonsentrasjonen i brønnene var varierende og selv brønner innenfor samme rute hadde store forskjeller (figur 12 - 14). Blant rutene som inneholdt 4 brønner varierte konsentrasjonen i brønnene fra nær 0 til 60 mg/l, hvor brønnene i rute 270 hadde den største variasjonen på rundt 50 mg/l (figur 12). I rutene som besto av 5 brønner varierte kloridkonsentrasjonen fra rundt 0 til 160 mg/l (figur 13). Rute 125 og 1382 hadde den største variasjonen i brønnene på henholdsvis ca 140 og 100 mg/l. Variasjonen i kloridkonsentrasjonen blant rutene som inneholdt 6 eller flere brønner var fra ca 0 til 160 mg/l (figur 14). Den største variasjonen mellom brønnene i en rute var på ca 160 mg/l og gjaldt for rute 22 som inneholdt 14 brønner. Koordinatene samt kloridkonsentrasjonene til alle brønnene i figur 12 – 14 er vist i vedlegg 3.



Figur 12: Variasjon i kloridkonsentrasjonen mellom brønnene i ruter som har 4 brønner.

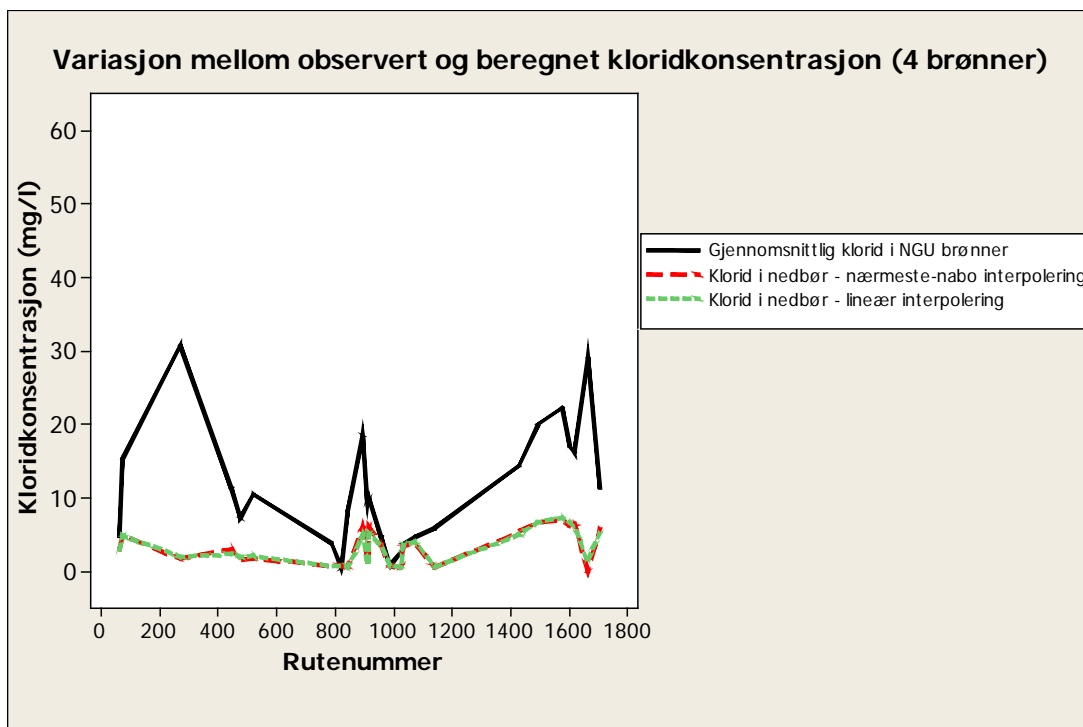


Figur 13: Variasjon i kloridkonsentrasjonen mellom brønnene i ruter som har 5 brønner.

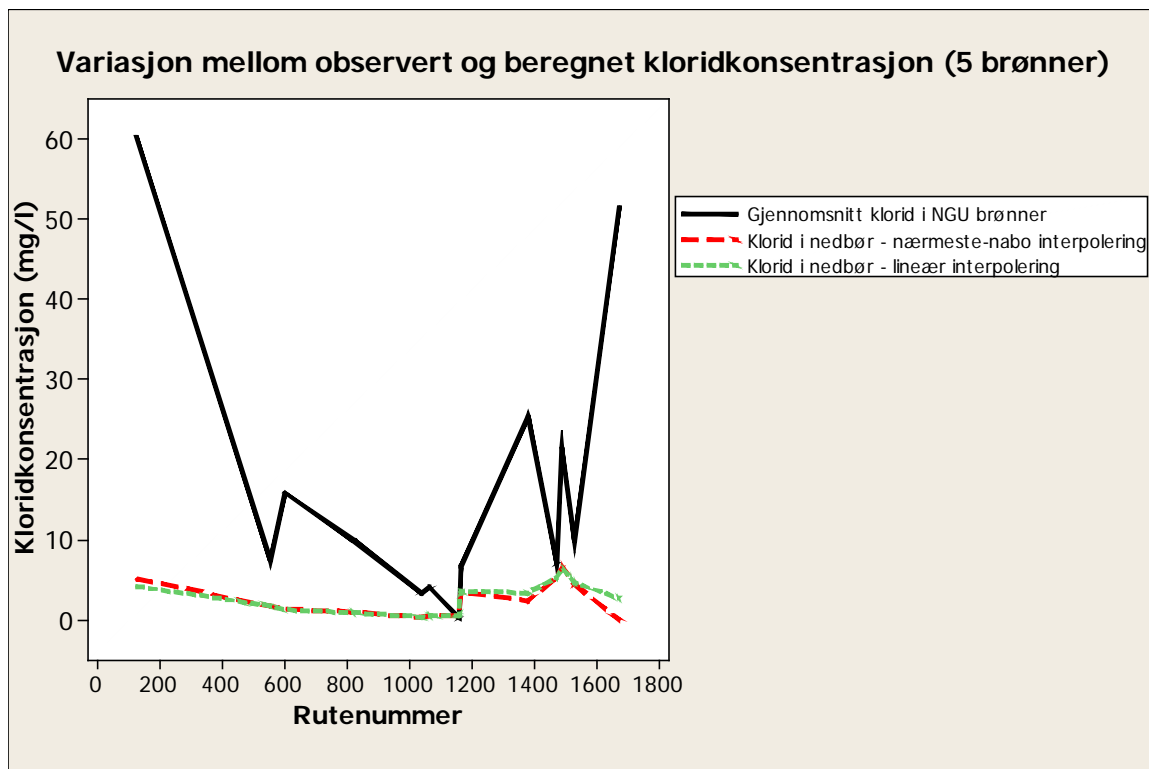


Figur 14: Variasjon i kloridkonsentrasjonen mellom brønnene i ruter som har 6 eller flere brønner.

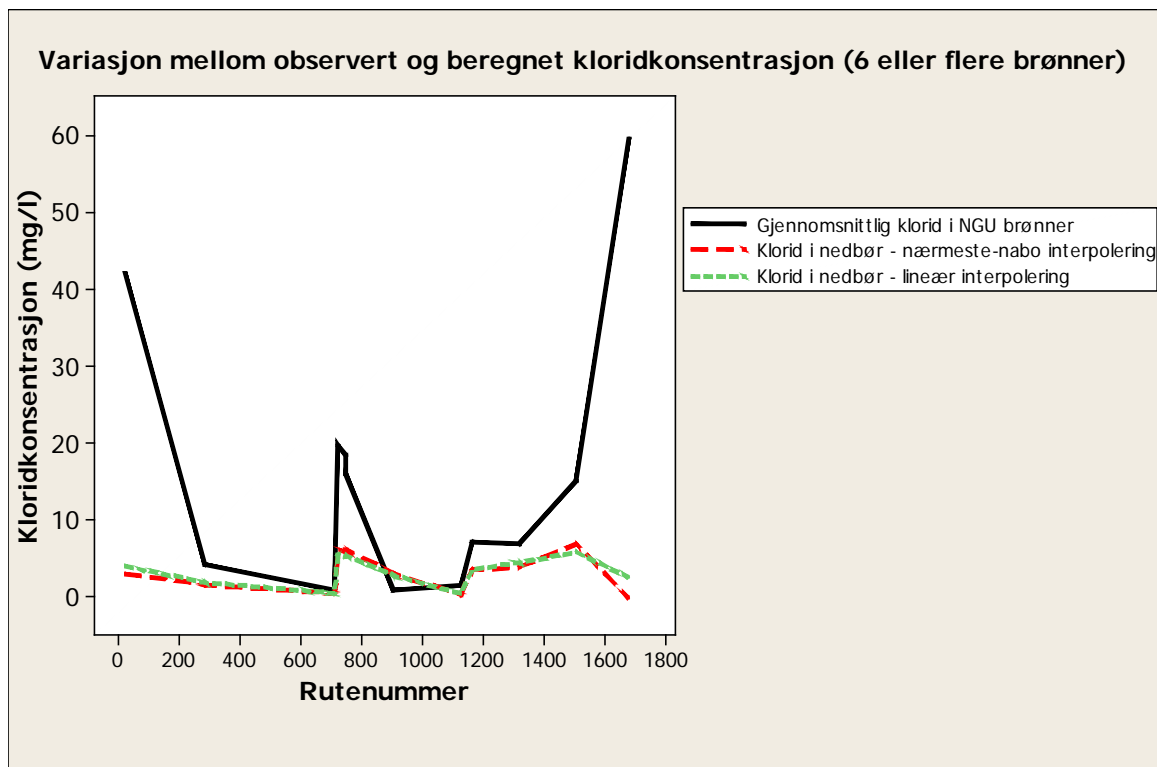
I de fleste av rutene med 4 eller flere brønner var den observerte konsentrasjon i brønnene, da gjennomsnittet av brønnene innen en rute, høyere enn den beregna fra nedbør. Dette gjaldt både for den lineær og nærmeste nabo beregna konsentrasjonen (figur 15 – 17). For rutene som inneholdt 4 brønner lå forskjellen i konsentrasjonene på mellom ca 0 og 30 mg/l, der forskjellen var størst for rute 270 og 1666 (figur 15). Rutene som besto av 5 brønner hadde en større forskjell mellom den observerte og beregna konsentrasjonen, alt fra ca 0 til 55 mg/l (figur 16). Størst variasjon var det i rutene 125 og 1679 med en differanse på henholdsvis ca 55 og 50 mg/l. Differansen mellom den observerte og den beregna konsentrasjonen var stor også for rutene som inneholdt 6 eller flere brønner. Her varierte den observerte fra å være litt under 60 mg/l større enn den beregna, til å være litt mindre i en annen rute. Størst differanse var det i rute 1678 og 22 på henholdsvis ca 57 og 39 mg/l, mens den beregna konsentrasjonen i rute 908 var større enn den observerte (ca 2 mg/l) (figur 17). Koordinatene samt de observerte kloridkonsentrasjonene til alle brønnene og de beregna til alle rutene i figur 15 – 17 er vist i vedlegg 3.



Figur 15: Variasjon mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen for ruter med 4 brønner.

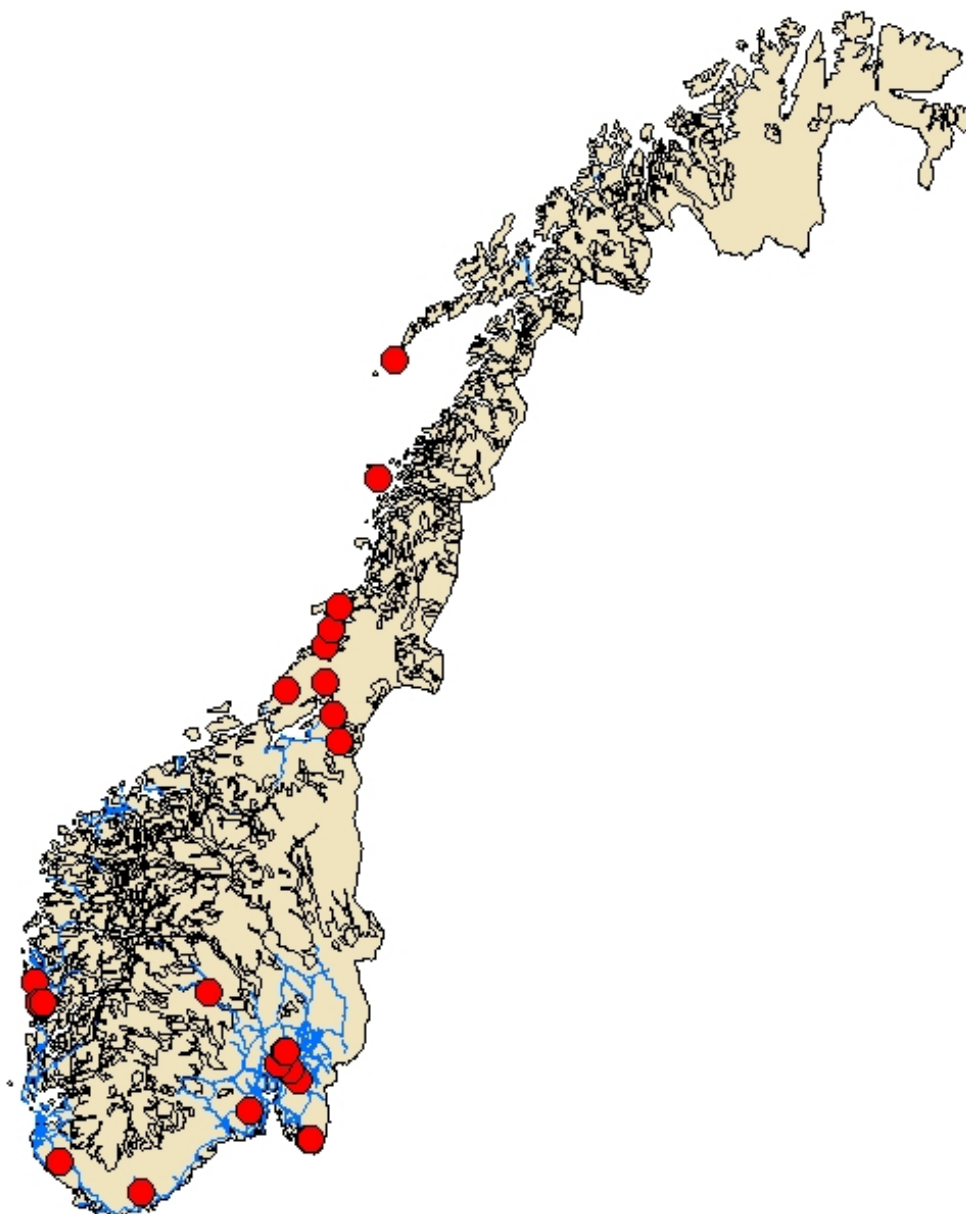


Figur 16: Variasjon mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen for ruter med 5 brønner.



Figur 17: Variasjon mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen for ruter med 6 eller flere brønner.

Ruter som inneholdt brønner der differansen mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen fra nedbør var større enn 10 mg/l er vist i figur 18. Disse brønnene er samtidig plottet over et kart som viser veier i Norge som har bar-vei strategi gjennom vinteren. Brønnene som lå nærmere enn 5 km fra slike veier inkluderte 13 ruter med et ulikt antall brønner og er plottet i vedlegg 2: figur 23 – 32.



Figur 18: Brønner der differansen mellom den observerte og den beregna kloridkonsentrasjonen er større enn 10 mg/l, og deres plassering i forhold til veier i Norge som saltes i henhold til bar-vei strategien.

3.3 Beregning av usikkerheten i dataene

Usikkerheten i målingene som er brukt i beregningen av kloridkonsentrasjonen i nedbør og videre for grunnvann er varierende. Avrenningsdataene fra NVE har en usikkerhet på $\pm 5 - 20 \%$. Denne usikkerheten øker ettersom størrelsen på område som studeres minker (Beldring et al. 2002). For avrenningen ble usikkerheten satt til $\pm 20 \%$, dette for å ikke underestimere verdiene. I Beldring et al. (2002) oppgis ikke usikkerheten til arealnedbøren, så denne settes lik det den er for avrenning, $\pm 20 \%$. For målingene gjort av NGU hadde instrumentet som ble brukt en usikkerhet på $\pm 10 \%$ samt en deteksjonsgrense på 0,1 mg/l. Disse målingene ble gjort over en lengre tidsperiode (1996-2009), og instrumentet ble byttet ut en eller flere ganger uten endring i usikkerhet eller deteksjonsgrense (Gaut 2011).

Den beregna kloridkonsentrasjonen i 1x1 km² rutene har en usikkerhet på $\pm 41,23\%$. Usikkerheten i differansen mellom den målte verdien i brønnene og den beregna fra nedbør har blitt regnet ut til å være på $\pm 42,43\%$ (Vedlegg1 - Skript 4 (Kitterød 2011)). De ulike usikkerhetene har blitt regnet ut ved hjelp av (4):

$$\begin{aligned} (\delta(\text{observert} - \text{beregnet}))^2 &= (\delta(\text{observert}))^2 + (\delta(\text{beregnet}))^2 \\ \delta(\text{observert} - \text{beregnet}) &= \sqrt{(\delta(\text{observert}))^2 + (\delta(\text{beregnet}))^2} \end{aligned} \quad (4)$$

(Propagation of Uncertainty 2011)

3.4 Klorid fra veisalt sett i forhold til klorid fra nedbør

Gjennom beregningene i MATLAB er kloridkonsentrasjonen i nedbør over hele landet beregnet. Det er antatt at usikkerheten til denne total summen av klorid er den samme som det den er for kloridmålingene gjort av NILU. Forskjellen mellom disse er at NILU målingene baserer seg på målinger gjort i tiden, mens det her er snakk om beregninger gjort i rommet. Denne usikkerheten ble beregnet til å være $\pm 30 \%$ (Vedlegg 1 – Skript 4 (Kitterød 2011)). Ut i fra dette er det regnet ut hvor mye klorid som kommer fra nedbør gjennom et år. Et forholdstall for overgangen mellom mg/l og tonn/år ble utregnet (5):

$$\frac{mg}{L} = \frac{10^{-3}g}{10^{-3}m^3} = \frac{10^{-6}kg}{10^{-3}m^3} = \frac{10^{-9}tonn}{10^{-3}m^3} = 10^{-6} \frac{tonn}{m^3}$$

$$\frac{mm}{\text{år}} \times km^2 = \frac{10^{-3}m(10^3m)^2}{\text{år}} = 10^3 \frac{m^3}{\text{år}}$$

$$\frac{mg}{L} \times \frac{mm}{\text{år}} \times km^2 = 10^{-6} \frac{tonn}{m^3} \times 10^3 \frac{m^3}{\text{år}} = 10^{-3} \frac{tonn}{\text{år}}$$
(5)

I MATLAB ble kloridbidraget fra nedbør regnet ut til å være rundt 1,22 millioner tonn årlig. Denne summerte mengden salt som kommer fra nedbør årlig er beregnet med en usikkerhet på $\pm 36\%$ (Vedlegg 1 – Skript 4). Summeringsformelen er vist i vedlegg 1 - Skript 5 (Kitterød 2011). På Norske veier ble det vinteren 2009/2010 brukt 201 000 tonn salt (Breivik 2010), og usikkerheten i denne mengden er regnet ut til å være $\pm 19,6\%$ (Vedlegg 1 - Skript 4) (Kitterød 2011). Veisalt som blir brukt i Norge er natriumklorid (NaCl) (Wike 2011), og i formel (6) er det beregnet klorid fra veisalt og hvor mye dette bidrar med årlig, basert på forbruket av veisalt vinteren 2009/2010, sammenlignet med det som kommer fra nedbør.

$$\text{Atomvekt}_{\text{natrium}}(Na) = 22,9897$$

$$\text{Atomvekt}_{\text{klorid}}(Cl) = 35,453$$

$$\text{Andel}_{\text{klorid}}_{\text{i}}_{\text{NaCl}} = \frac{Cl}{Na + Cl} = \frac{35,453}{58,442} = 0,6066$$

$$\text{Klorid}_{\text{i}}_{\text{veisalt}} = (2,01 \times 10^5 \text{ tonn/år}) \times 0,6066 = 1,21 \times 10^5 \text{ tonn/år}$$
(6)

$$\text{Bidraget}_{\text{fra}}_{\text{veisalt}}_{\text{09/10}}(\%) : \frac{(1,2257 \times 10^6 \text{ tonn/år}) \times X}{100} = 1,21 \times 10^5 \text{ tonn/år}$$

$$X = \frac{1,21 \times 10^5 \text{ tonn/år}}{1,2257 \times 10^6 \text{ tonn/år}} = 9,948\% \approx 10\%$$

Ut i fra beregningene bidrar veisalt årlig, basert på saltmengden brukt vinteren 2009/2010, med 10 % av den kloridmengden som kommer via nedbør.

4 Diskusjon

4.1 Klorid fra nedbør

Beregningene av kloridkonsentrasjonen i nedbør lå i intervallet 0 – 4,5 mg/l, med høyere konsentrasjoner langs kysten enn lengre inn i landet. Dette stemmer godt med undersøkelser gjort tidligere der høye kloridkonsentrasjoner i nedbør har blitt påvist 30 – 40 km inn i landet (Skjelkvåle & Henriksen 1997). På grunn av en varierende topografi vil også den romlige variasjonen i avsetningsmønsteret være stor (Aas 2008).

Klorid avsettes med nedbør både som tørravsetninger og våtavsetninger. I Norge dominerer våtavsetningen. Mesteparten kommer fra sjøsaltepisoder, der sjøsalter blir pisket opp i luften ved hjelp av vind og avsatt som nedbør. I innlandet, der nedbøren ikke bidrar i like stor grad, vil det være andre kloridkilder som gjør seg gjeldende. Disse vil variere mye fra lokalitet til lokalitet, men likheter vil kunne vise seg for områder med liknende karakter.

Konsentrasjonen av klorid viste seg å være høyest langs kysten også for grunnvann. Dette skyldes at det var blitt tatt hensyn til den oppkonsentreringen av stoffer som skjer grunnet evapotranspirasjon fra nedbøren faller og til avrenningen når grunnvannet.

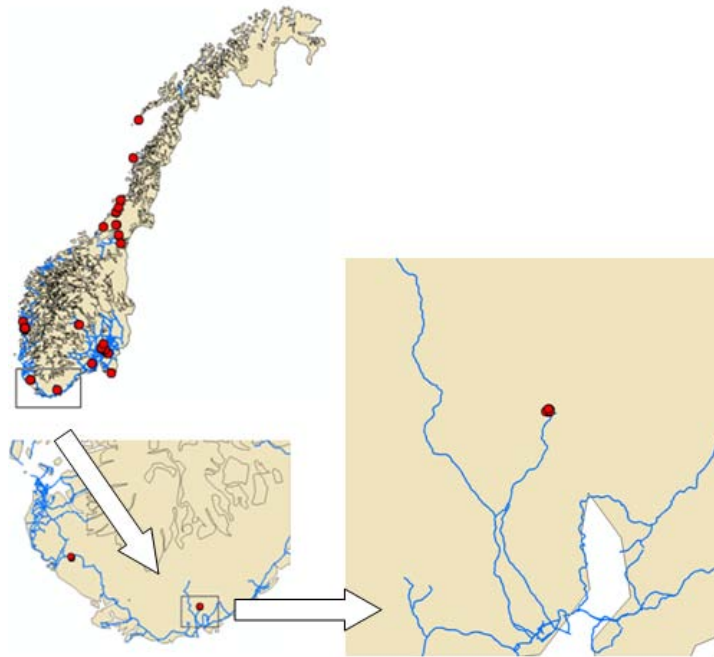
For å beregne hvor mye kloridbidraget fra nedbør utgjorde av den totale mengden klorid i en vannforekomst, ble kloridkonsentrasjonen i nedbør sammenlignet med observasjoner gjort i grunnvannsbrønner fra NGU. I de fleste tilfellene var den observerte konsentrasjonen i brønnene vesentlig høyere enn den beregna fra nedbør (figur 15 – 17). Ved å ta differansen mellom den observerte kloridkonsentrasjonen i brønnene og den beregna fra nedbør, fikk en et innblikk i hvor mye nedbøren bidro med av klorid til en vannforekomst. Denne differansen var stor sett i forhold til den lineær og nærmeste nabo beregnede konsentrasjonen. For alle 1x1 km² rutene ble det funnet ut at differansen mellom de to beregna kloridkonsentrasjonene hadde et gjennomsnitt på 0,48 mg/l, der minimum og maksimum lå på henholdsvis 0,0018 og 2,7 mg/l. Områder der differansen mellom den observerte kloridkonsentrasjonen og de beregna var nesten lik null (observert \approx beregna), ville det si at tilnærmet all klorid i vannforekomsten kom via nedbør. En negativ differanse (observert < beregna) kunne indikere at bidraget fra nedbøren var overestimert, siden denne da var større enn den observerte konsentrasjonen på stedet. Mens en positiv differanse (observert > beregna) antydte at andre kilder til klorid enn nedbøren gjorde seg gjeldende i vannforekomsten.

Fordelingen av brønnene mellom 1x1 km² rutene ga et bilde om hvordan kloridkonsentrasjonen varierte innenfor en rute. Desto flere brønner det var i hver enkelt rute jo mer representativ og sikker gjenspeilte målingene hele ruten. En minstegrense på 4 brønner ble satt pr rute, og utgjorde da 50 ruter. Alle disse rutene hadde sine respektive kloridkonsentrasjoner fra nedbøren, beregnet ved hjelp av henholdsvis lineær og nærmeste nabo interpolasjon (vedlegg 3).

4.2 Kloridkonsentrasjonen i brønnene sett i forhold til saltet vei

Mange av brønnene hadde høye kloridkonsentrasjoner, selv etter at bidraget fra nedbøren var trukket fra. Hvordan disse brønnene lå i forhold til veier med bar-vei strategi var av interesse og kunne gi en forklaring på de høye kloridkonsentrasjonene. Alle rutene som inneholdt brønner der differansen var positiv og større enn 10 mg/l ble plottet for å finne fordelingen i forhold til slike veier (figur 18).

En god sammenheng mellom høye kloridkonsentrasjoner i en eller flere av brønnene innen en rute og tilknytning til saltet vei ble funnet for rute nr 22 i nærheten av Kristiansand, nr 270 rett ved Andebu utenfor Tønsberg og nr 1382 ved Meråker (henholdsvis figur 19 – 21). Brønnene i ruten nærheten av Kristiansand og Andebu lå i en avstand fra den saltpåvirkede veien på rundt 500 meter, mens de i ruten ved Meråker lå mellom 100 og 200 meter unna. Alle rutene som inneholdt brønner der kloriddifferansen > 10 mg/l og samtidig lå ≤ 5 km fra saltet vei er plottet i vedlegg 2: figur 23 – 32.



Figur 19: Brønner i tilknytning til saltet vei i rute nr 22 i område rundt Kristiansand.



Figur 20: Brønner i tilknytning til saltet vei i rute nr 270 i område rundt Andebu vest for Tønsberg.

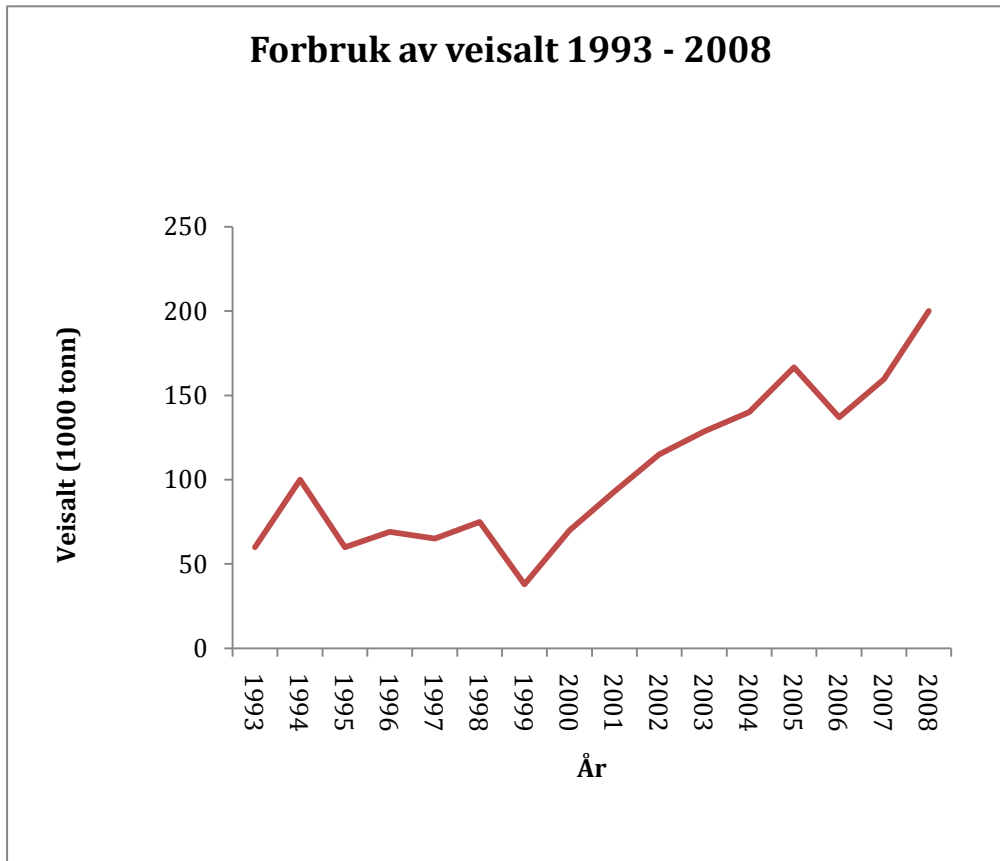


Figur 21: Brønner i tilknytning til saltet vei i rute nr 1382 i område rundt Meråker.

Kartet som ble brukt for å se avstanden mellom brønnene og den nærmest saltede veien er et topografisk grunnkart som bare viser formen av Norge (Statens Kartverk 2011). Så disse kartene ga ikke informasjon om verken størrelsen eller formen på nedbørsfeltene og vannforekomstene. Dette innebar at vannets tid og vei fra kilde til resipient ikke ble vist. Av de 261 brønnene i de 50 ulike ruter som var blitt plottet opp mot veier der det ble saltet, i henhold til bar-vei strategi, var det kun brønnene i 13 av rutene som lå innenfor grensen på ≤ 5 km.

4.3 Klorid fra veisalt og nedbør

Tall fra Vegvesenet viste at veisalt tilførte naturen 121 000 tonn klorid vinteren 2009/2010. Sees dette opp mot den mengden klorid som blir tilført via nedbør utgjør dette et tillegg på 10 %. Bruken av veisalt har hatt en markant økning de siste årene (figur 22).



Figur 22: Vegvesenets forbruk av veisalt (1993-2008) (Sivertsen 2010).

Økningen i forbruket av veisalt kan skyldes at andelen veier som saltes i henhold til bar-vei strategien har økt de siste årene, noe som også er en konsekvens av at funksjonskontraktene for salting av vei i 2003 ble lagt ut på anbud (Sivertsen et al. 2007). Muligheten for økt salttilførsel på veier med strategi vintervei resulterte trolig også i en total økning av saltmengden, samt at det i dagens regime med lav brøytekapasitet kompenseres med en økt bruk av veisalt (Sivertsen et al. 2007). Tall fra denne vinteren (2010/2011) tyder på at saltmengden som strøs på veiene bare øker. Gjennom vinteren 2009/2010 ble det brukt 201 000 tonn veisalt på norske veier (andelen som saltes av Vegvesenet), av en total mengde på 250 000 tonn veisalt som ble levert leverandørene. For foregående vinter (vinteren 2010/2011) var den leverte mengden veisalt til leverandørene på hele 330 000 tonn. Hvor mye av dette som har blitt brukt er enda ikke offentliggjort, men det ligger an til at det blir brukt vesentlig mer enn det som ble brukt forrige sesong (Steen 2011). Bidraget av klorid fra veisalt for vinteren 2010/2011 vil trolig øke til noe over 13 %. Prosentandelen kan beregnes tilsvarende som det som ble brukt for å regne ut veisaltbidraget for vinteren 2009/2010 (6), der man antar at det er tilsvarende prosentvise forhold mellom brukt og levert mengde veisalt.

En fortsatt økende trend i bruken av veisalt vil kunne medføre større konsekvenser for resipienter og akvatisk biota i tiden som kommer (Godwin et al. 2003; Ramakrishna & Viraraghavan 2005; Rosenberry et al. 1999; Wike 2007).

Negative effekter av veisalt på innsjøer vil variere ut i fra innsjøers kjemiske og fysiske tilstand. For en ionefattig innsjø derimot, vil tilførsler av veisalt kunne endre innsjøens kjemiske sammensetning og tetthet vesentlig. Men slike innsjøer tåler kanskje også en del mer veisalt med hensyn på å fortsatt kunne sirkulere vertikalt godt både høst og vår (Haaland 2011). For ionerike innsjøer, som med for eksempel store deler av nedbørsfeltet under marin grense eller med nedbørsfelt med god bufferevne og høye konsentrasjoner av karbonatforbindelser, vil veisalting relativt sett bidra til mindre tetthetsendringer og endringer i innsjøens evne til å sirkulere. I ekstreme tilfeller kan derimot ionerike innsjøer kunne slutte å sirkulere i bunnlaget og få en permanent sjiktdannelse (bli meromiktisk). Innsjøer i mellom disse ytterpunktene kan være av større bekymring da en økt veisalttilførsel vil kunne styrke sjiktdannelsen i innsjøen, og introdusere mer langvarig oksygenvinn i bunnsjiktet av innsjøen (Amundsen et al. 2008).

4.4 Feilkilder og usikkerheter i målinger og beregninger

Gjennom analysen av mange og store datasett vil en rekke feilkilder kunne følge med. Jo sikrere grunnlagsdataene er, desto sikrere vil resultatene være. Det er også nødvendig å gjøre en del antakelser underveis, for at analysen skal være gjennomførbar.

Nedbørsdataene fra NILU og NVE baserer seg ikke på målinger gjort innen samme tidsperiode. Dette vil da kunne gi to ulike bilder av virkeligheten. Siden det ofte er vanskelig å få data fra akkurat samme periode er det innen hydro- og meteorologien bestemt en minsteperiode på 30 år. Gjennom en slik 30-års periode (en normalperiode) vil ekstrem perioder (med tanke på blant annet tørke og nedbør) jevne seg ut og gi et representativt bilde av naturen (Tollan 2002). Mens dataene fra NILU er fra perioden 2002 – 2006, ble det brukt NVE data fra den siste normalperioden (1961 – 1990).

Usikkerheten i den beregna kloridkonsentrasjonen fra nedbør er stor, og skyldes at det er mange ledd og antakelser som er gjort i beregningen. Etter som antall ledd i beregningene

øker, vil usikkerheten stige. Formelen som er brukt i bestemmelsen av usikkerheten til de ulike variablene tar ikke hensyn til om dataene er uavhengige fra hverandre (4). I dataene som er brukt i denne oppgaven er dette ofte tilfelle og et eksempel er sammenhengen mellom nedbøren og avrenningen innenfor et område. Legges denne usikkerheten ($\pm 41\%$) til den beregna konsentrasjonen fra nedbør, vil en få et resultat som gir inntrykk av at nedbøren enten står for betydelig mer eller mindre av den totale kloridkonsentrasjonen i et område. Usikkerheten til differansen mellom de observerte og de beregna kloridkonsentrasjonene vil være stor siden denne usikkerheten bestemmes som en funksjon av andres usikkerheter (4).

Grensen mellom brønnene og den saltede veien ble satt til ≤ 5 km, men kunne blitt gjort lengre. Siden kartet som ble brukt i plottingen ikke ga noe informasjon om kloridets vei gjennom nedbørsfeltet, ble grensen satt slik den ble gjort. Når det gjaldt differansen mellom den observerte og beregna konsentrasjonen, lå mange i området rundt 5 mg/l eller lavere. For å få et mer håndterlig datasett, ble det satt en grense på 10 mg/l. Denne grensen burde optimalt være flytende og variere i samsvar med observasjonene gjort over landet, men ble satt som en konstant verdi.

5 Konklusjon

Gjennom utregninger med bruk av data fra NILU og NVE er den romlige kloridkonsentrasjonen fra nedbør over Norge beregnet. I den videre prosessen med å bestemme konsentrasjonen i grunnvannet ble det tatt hensyn til oppkonsentreringen som skjer gjennom evapotranspirasjon. For å kunne estimere kloridbidraget fra nedbør er dette sammenlignet med målinger gjort av NGU i 2427 grunnvannsbrønner. Avvik mellom disse to konsentrasjonene ga et inntrykk av om det var andre kilder til klorid som gjorde seg gjeldene fra område til område.

Siden bruken av veisalt i dag er i kraftig vekst, var det av interesse å sammenligne den mengden klorid Statens Vegvesen tilførte naturen årlig gjennom veisalt, med den mengden som ble avsatt gjennom nedbøren. Utregninger gjort viste at det fra nedbøren ble avsatt rundt 1,22 millioner tonn klorid årlig i Norge. Til sammenligning brukte Statens Vegvesen vinteren 2009/2010 201 000 tonn veisalt. Av dette utgjorde ca 121 000 tonn klorid, det vil si om lag 10 % av det som ble avsatt gjennom nedbøren, Norge sett under ett. I innlandet hvor den naturlige kloridkonsentrasjonen er lav, kan kloridbidraget fra veisalt overskride de naturlige kildene.

Mens det vinteren 2009/2010 ble brukt 201 000 tonn veisalt viser preliminnære tall at mengden vinteren 2010/2011 vil ligge i overkant av 300 000 tonn (Steen 2011). Stemmer disse antakelsene vil kloridbidraget fra veisalting stå for ca 13 % av hva nedbøren tilfører naturen gjennom et år. Med en lignende og fortsatt økende trend i saltforbruket, vil mulige negative konsekvenser for en vannforekomst kunne øke i hyppighet og omfang.

Målet i denne oppgaven har vært å kvantifisere kloridbidraget fra nedbør til en vannforekomst. Dette er kun en av mange kloridkilder og gode data trengs for å kunne kvantifisere de ulike kildenes tilførsel. Kilder som veisalt, gjødsel og landbruk, avløp og utlekking fra marine sedimenter er ikke undersøkt i denne oppgaven og vil være viktige å kvantifisere. Med unntak av veisalt er resten kilder som utgjør små tilførsler av klorid, men som er viktige i beregningen av den totale kloridkonsentrasjonen i en vannforekomst.

6 Litteraturliste

- Aas, W. (2008). Deposition of major inorganic compounds in Norway, 2002-2006. *Norsk institutt for luftforskning OR*, 2008:72. Lillestrøm. 53 s.
- Aldrin, M. & Steinbekk, G. H. (2010). Effekt av salting på frysepunkt i veibanen basert på data fra 2005-2009. *SAMBA*: 37.
- Alvsvåg, J., Dahl, E. & Naustvoll, L. (2005). Vannrammedirektivet. *Havforskningsnytt*, Nr 15: 2 s.
- Amundsen, C. E., French, H., Haaland, S., Pedersen, P. A., Riise, G. & Roseth, R. (2008). Salt SMART Miljøkonsekvenser ved salting av veger -en litteraturgjennomgang. *Statens Vegvesen: Teknologirapport*, nr 2535. 98 s.
- Andersen, D. O. (2002). *Chemistry of a limed lake and its tributaries: potential impacts of climate change*. Dr. philos. avhandling. Oslo: Universitetet i Oslo, Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet. 1 b. (flere pag.) 153 s.
- Appelo, C. A. J. & Postma, D. (1993). *Geochemistry, groundwater and pollution*. Rotterdam: Balkema. XVI, 536 s.
- Beldring, S., Voksø, A. & Roald, L. A. (2002). *Avrenningskart for Norge: årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990*. Dokument (Norges vassdrags- og energidirektorat), b. 2. Oslo: Direktoratet. 49 s.
- Beldring, S., Engeland, K., Roald, L. A., Sælthun, N. R. & Voksø, A. (2003). Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7: 304-316.
- Blakar, I. A., Haaland, S. & Bjørtuft, S. K. (2004). Vannkvaliteten i Suldalsvassdraget med vekt på Ulla-Førre-Reguleringa. *Suldalslågen - Miljørapport*, nr 40. Oslo: Utført av Norges landbrukshøgskole.
- Breivik, C. (2010). Mengderapportering vinteren 2009/2010. Statens Vegvesen. *Statens Vegvesen: Teknologirapport* nr 2606. Oslo. 19 s.
- Commi, G. (2010). *Water is for life: how the water framework directive helps safeguard Europe's resources*: Peter Farkas. 28 s.
- EMEP grid. Tilgjengelig fra: http://www.emep.int/grid/EMEP_domain.pdf (lest 21.03.2011).
- Environmental Canada, H. C. (1999). Priority Substances List Assessment Report - Road Salts. *Canadian Environmental Protection Act*: 170 s.
- Etter, D. M. (2005). *Introduction to MATLAB*. 2. utg. Dallas, Texas: Pearson. 248 s.
- Gaut, S. (2011). *Usikkerheten i kloridkonsentrasjonen i grunnvannsbrønner* (E-post med Sylvi Gaut i NGU 15.04.2011).
- Godwin, K. S., Hafner, S. D. & Buff, M. F. (2003). Long-term trends in sodium and chloride in the Mohawk River, New York: the effect of fifty years of road-salt application. *Environmental Pollution*, 124: 273-281.
- Grinderud, K. (2008). *GIS: geografiens språk i vår tidsalder*. Trondheim: Tapir akademisk forl. 212 s.
- Haaland, S. (2011). *Naturlig kilder til klorid i vannforeskomster og klorids påvirkning på en innsjø* Ås (E-post med Ståle Haaland Bioforsk/Universitetet for miljø- og biovitenskap 17.04.2011).
- Hindar, A., Henriksen, A., Kaste, J. & Røseth, K. (1995). Extreme acidification in small catchments in southwestern Norway associated with a sea salt episode. *Water, Air, & Soil Pollution*, 85 (2): 547-552.
- Hornbeck, J., Adams, M., Corbett, E., Verry, E. & Lynch, J. (1993). Long-term impacts of forest treatments on water yield: a summary for northeastern USA. *Journal of Hydrology*, 150 (2-4): 323-344.

- Kitterød, N. O. (2011). *MATLAB skript, 5 stk.* Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap.
- Nègrel, P. & Deschamps, P. (1996). Natural and anthropogenic budgets of a small watershed in the Massif Central (France): Chemical and strontium isotopic characterization of water and sediments. *Aquatic Geochemistry*, 2 (1): 1-27.
- Propagation of Uncertainty.* (2011). Cincinnati: University of Cincinnati, Department of Physics. Tilgjengelig fra:
<http://www.physics.uc.edu/~bortner/labs/Physics%20Lab%20web%20site/Appendix%202/Appendix%202%20Error%20Propagation%20htm.htm> (lest 27.04.2011).
- Ramakrishna, D. M. & Viraraghavan, T. (2005). Environmental impact of chemical deicers - A review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 166: 49-63.
- Rosenberry, D. O., Bukaveckas, P. A., Buso, D. C., Likens, G. E., Shapiro, A. M. & Winter, T. C. (1999). Movement of road salt to a small New Hampshire lake *Water, Air, and Soil Pollution*, 109: 179-206.
- Sivertsen, Å., Sakshaug, K. & Vaa, T. (2007). Salting av vegger - En kunnskapsoversikt. *Statens Vegvesen: Teknologirapport*, nr 2606. 47 s.
- Sivertsen, Å. (2010). *Etatsprogrammet - Salt SMART: NVF – Hurtigruta 11-12/3 2010.* Arrangert av Statens Vegvesen. Tilgjengelig fra:
<http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=3416> (lest 23.05.2011).
- Skjelkvåle, B. L. & Henriksen, A. (1997). Forsuring av norsk overflatevann – status og trender. *Vann*, 32: 235-249.
- Smart, R., White, C. C., Townend, J. & Cresser, M. S. (2001). A model for predicting chloride concentrations in river water in a relatively unpolluted catchment in north-east Scotland. *The Science of the Total Environment*, 265 (1-3): 131-141.
- SMHI. (2006). *The HBV model: Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institutt.* Tilgjengelig fra: <http://www.smhi.se/sgn0106/if/hydrologi/hbv.htm> (lest 29.03.2011).
- Statens Kartverk. (2011). Hadler, Å. Tilgjengelig fra:
<http://www.statkart.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=15305> (lest 19.04.2011).
- Steen, S. (2011, 08. mars). Rekordmykje salt på vegane. *Nationen*, s. 5.
- Thunqvist, E. L. (2004). Regional increase of mean chloride concentration in water due to the application of deicing salt. *Science of the total environment*, 325 (1-3): 29-37.
- Tollan, A. (2002). *Vannressurser.* Oslo: Universitetsforlaget. 227 s.
- Wike, K. (2011). *Saltforbruk* (E-post med Kjersti Wike i Statens Vegvesen 28.04.2011).
- Wike, K. J. (2007). *Effekter av vegsalt på vannkjemien i et grunnvannspåvirket tjern på Gardermoen.* Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for plante- og miljøvitenskap. 94 s.
- Økland, J. & Økland, K. A. (2006). *Kjemi, fysikk og miljø.* 2. utg. Vann og vassdrag, b. 3. Stabekk: Vett & viten. 204 s.

Vedlegg 1: MATLAB-skript

Skript 1 (Kitterød 2011)

```
%Calculating the chloride concentration in precipitation, calculation of a factor  
% which consider evapotranspiration. Finishing by finding the chloride concentration in the groundwater  
%Figures are included for visualizing of what's happening  
%Input of precipitation-, coordinates- (x and y) and chloridefluxdata from NILU
```

```
clear all;  
close all;
```

```
x = xlsread('dep2002-2006_siste_fra_Wenche.xlsx', 'grid50x50', 'b2:b192');  
y = xlsread('dep2002-2006_siste_fra_Wenche.xlsx', 'grid50x50', 'c2:c192');  
p = xlsread('dep2002-2006_siste_fra_Wenche.xlsx', 'grid50x50', 'e2:e192');  
clmgm2yr = xlsread('dep2002-2006_siste_fra_Wenche.xlsx', 'grid50x50', 'p2:p192');
```

```
%Chloridefluxdata changed to concentration (mgm2yr > mgL)  
cl_mg_L=clmgm2yr./p;  
X=[x,y,p,cl_mg_L];
```

```
%Min, max and intervalsize decided for x- og y-values  
minx=min(x);  
maxx=max(x);  
miny=min(y);  
maxy=max(y);  
rx=maxx-minx;  
ry=maxy-miny;
```

```
%Two different ways to make X- and Ygrid  
%Nr 1: The easy way:  
[Xgrid,Ygrid]=meshgrid(minx:1:maxx,miny:1:maxy);  
Xgrid = Xgrid';  
Ygrid = Ygrid';
```

```
%Nr 2: The little more tricky way through a double for-loop  
Xgrid=zeros(rx+1,ry+1);  
Ygrid=zeros(rx+1,ry+1);
```

```
for i=1:rx+1  
    for j=1:ry+1  
        Xgrid(i,j)=minx+i-1;  
        Ygrid(i,j)=miny+j-1;  
    end  
end
```

```
%A similar grid is made for precipitation (Pgrid),  
%chlorideflux (Clmgm2yrgrid) and chloride concentration (Clgrid)  
Pgrid=ones(rx+1,ry+1).*NaN;  
Clmgm2yrgrid=ones(rx+1,ry+1).*NaN;  
Clgrid=ones(rx+1,ry+1).*NaN;
```

```

%Just to check if something is wrong
%Figure: Norway plotted in a coarse grid (50x50km)
for i=1:rx+1
    for j=1:ry+1
        plot(Xgrid(i,j),Ygrid(i,j),'o')
        hold on
    end
end
plot(x,y,'xk')
axis equal;

hold off;

% Values from NILU placed into our grid
[t,dum]=size(x);
for i=1:rx+1
    for j=1:ry+1
        for k=1:t
            if (Xgrid(i,j) == x(k) & Ygrid(i,j) == y(k))
                Pgrid(i,j) = p(k);
                Clmgm2yrgrid(i,j)=clmgm2yr(k);
                ClmgLgrid(i,j) = cl_mg_L(k);
            end
        end
    end
end

%Figure: How the precipitation (its logarithm) is spread over Norway
figure
imagesc(flipud(log10(Pgrid)))
axis equal
colorbar;
title('Precipitation log10(mm/y)')

%Figure: Precipitation(mm/yr) over Norway
figure
imagesc(flipud((Pgrid)))
axis equal
colorbar;
title('Precipitation (mm/y)')

%Figure: How the chlorideflux is spread over Norway (mg/m2yr)
figure
imagesc(flipud((Clmgm2yrgrid)))
axis equal
colorbar;
title('Chloride in precip (mg/m^2yr)')

%Figure: Chlorideflux shown in a contour line map of Norway
figure
contourf(Clmgm2yrgrid',13)
axis equal
title('Chloride in precip (mg/m^2yr)')
colorbar

```

```
%Figure: How the chloride concentration (mg/L) from the precipitation fluctuates over Norway
figure
imagesc(flipud((ClmgLgrid)))
axis equal
colorbar;
title('Chloride in precip (mg/L)')
```

```
%Interpolates the grid from 50x50 km to 1x1 km
%50km*0.02 = 1km - the ratio between the coarse and the fine grid
fc=1/50;
```

```
%Different ways to interpolate
%Linear interpolation showed the best result and was preferred
[X,Y]=meshgrid(minx:(rx+minx),miny:(ry+miny));
Cl=ClmgLgrid';
[Xf,Yf]=meshgrid(minx:0.02:(rx+minx),miny:0.02:(ry+miny));
Clf_ne=interp2(X,Y,Cl,Xf,Yf,'nearest');
Clf_li=interp2(X,Y,Cl,Xf,Yf,'linear');
Clf_cu=interp2(X,Y,Cl,Xf,Yf,'cubic');
Clf_sp=interp2(X,Y,Cl,Xf,Yf,'spline');
```

```
%Figure: Show how the interpolated chloride concentration varies over Norway
%after using the nearest neighbour method
figure
imagesc(flipud((Clf_ne)))
axis equal
colorbar;
title('interp2 nearest: Chloride in precip (mg/L)')
colorbar;
```

```
%Figure: Show how the interpolated chloride concentration varies over Norway
%after using the linear method
figure
imagesc(flipud((Clf_li)))
axis equal
colorbar;
title('interp2 linear: Chloride in precip (mg/L)')
colorbar;
```

```
%Figure: Show how the interpolated chloride concentration varies over Norway
%after using the cubic method
figure
imagesc(flipud((Clf_cu)))
axis equal
colorbar;
title('interp2 cubic: Chloride in precip (mg/L)')
colorbar;
```

```
%Figure: Show how the interpolated chloride concentration varies over Norway
%after using the spline method
figure
imagesc(flipud((Clf_sp)))
axis equal
colorbar;
title('interp2 spline: Chloride in precip (mg/L)')
colorbar;
```

```

%-----
%Map in EMEP grid converted into UTM 33 coordinates
[XY]=load('EMEPgrid\EMEP_mesh_utm33.mat');

x33=XY.Xucc;
y33=XY.Yucc;
Cl33=Cl';
[n,m]=size(Cl33);

%Figure: Show how the chloride concentration fluctuates over Norway
%in the UTM 33 map
figure;
contourf(x33',y33',Cl33',10);
title('Chloride concentration in precipitation (mg/L)');
xlabel('UTM33-E')
ylabel('UTM33-N')
colorbar;

%Variation in the chloride concentration in the precipitation in a coarse grid
figure;
B=reshape(Cl',1,n*m);
Bs=sort(B);
hist(Bs(335:525));
title('Chloride in precipitation');
xlabel('Chloride (mg/L)');

%Mesh NVE grid
%heading from

ncols    = 1195; %East (x-axis)
nrows    = 1550; %North (y-axis)
xllcorner = -75000;
yllcorner = 6450000;
cellsize  = 1000;

%Min, max and interval size of x and y in NVE meshgrid
xmin=xllcorner/cellsize;
xmax=ncols+xmin-1;

ymin=yllcorner/cellsize;
ymax=nrows+ymin-1;

x=xmin:xmax;
y=ymin:ymax;

[nveX,nveY]=meshgrid(x,y);

nveX=nveX*cellsize;
nveY=nveY*cellsize;

%-----
%Input runoff from from NVE

ncols=    1195
nrows=    1550
%xllcorner  -75000
%yllcorner  6450000
%cellsize   1000

```

```

filename='NVE\runoff_korr.matlabformat';

Rk=load(filename);
Rkm=reshape(Rk,ncols,nrows);
R=Rkm';

%Rotates to orientates as nveX and nveY
Rxy=flipud(R);

%Figure: Show the normal runoff (logarithm) (mm/yr) in Norway
figure
contourf(nveX,nveY,log10(Rxy),5);
colorbar;
title('Normal Runoff 1961-90 log10(mm/y)');

%Puts the chloride concentration in the precipitation (from NILU) into the
%NVE grid
%Makes a grid in the size we want which is filled with zeros

Cl_nve33=NaN.*zeros(nrows,ncols);

% The zeros are replaced with the chloride concentration
for i = 1:nrows
    for j = 1:ncols
        if (1 - isnan(Rxy(i,j)))
            %    fprintf('%f\n',Rxy(i,j));

            Dx=x33-nveX(i,j);
            Dy=y33-nveY(i,j);
            R=(Dx.*Dx + Dy.*Dy).^0.5;
            minR=min(min(R));
            [ii,jj]=find(R==minR);

            Cl_nve33(i,j) = Cl33(ii,jj);
        end
    end
end

%Figure: Chloride in precipitation (mg/L), source: NILU
figure
imagesc(flipud(Cl_nve33))
axis equal
colorbar
title('Chloride in precipitation (mg/L), source: NILU');

%Input of precipitation data from NVE
filename='NVE\prec_korr.matlabformat';
Pk=load(filename);
Pkm=reshape(Pk,ncols,nrows);

P=Pkm';

%Rotates to be orientated as nveX and nveY
Pxy=flipud(P);

```

```
%Figure: Factor for calculation of the chloride concentration in the
%groundwater and how its fluctuate over Norway
```

```
figure
fact=Pxy./Rxy;
contourf(nveX,nveY,fact,5);
colorbar;
title('P/R 1961-90');
```

```
%Figure: The distribution of the estimates chloride concentration in the
%groundwater
```

```
Cl_grw=fact.*Cl_nve33;
figure
contourf(nveX,nveY,Cl_grw,10);
axis equal
colorbar;
title('Estimated Chloride concentration in groundwater (mg/L)');
```

```
%Figure: Another way to plot the estimated chloride concentration in the groundwater
```

```
figure
imagesc(flipud(Cl_grw));
axis equal
colorbar;
title('Estimated Chloride concentration in groundwater (mg/L)');
```

```
save 'chloride_in_grw_mg_L.mat' Cl_grw '-mat';
```

Skript 2 (Kitterød 2011)

```
%Sorting the groundwater wells from NGU in NVE's 1x1 km UTM 33 grid
%To compare these values with the estimated background concentration of chloride
```

```
clear all;
close all;
Bronner = xlsread('NGU_bronner_i_UTM33N.xlsx');
```

```
%Removes all the wells with [Cl]=0
```

```
[i]=find(Bronner(:,3)~=0);
Bronner=Bronner(i,:);
Xkoordinat=Bronner(:,1);
Ykoordinat=Bronner(:,2);
Clverdi=Bronner(:,3);
```

```
%Look how the chloride values are distributed in proportion to the Gaussian curve
%hist(log(Clverdi),25);
```

```
%Makes x- and y-coordinates in km and moves them to the lower left corner
```

```
%This makes it easier to find them in the NVE grid
xk = floor(Xkoordinat/1000);
yk = floor(Ykoordinat/1000);
```

```
%Control
```

```
%plot(Xkoordinat/1000, Ykoordinat/1000, 'b');
%hold on
%plot(xk,yk, 'r');
```

```

% mesh NVE grid
ncols = 1195; % East (x-axis)
nrows = 1550; % North (y-axis)
xllcorner = -75000;
yllcorner = 6450000;
cellsize = 1000;

xmin=xllcorner/cellsize; %unit: km
xmax=ncols+xmin-1;

ymin=yllcorner/cellsize; %unit: km
ymax=nrows+ymin-1;

x=xmin:xmax;
y=ymin:ymax;

[nveX,nveY]=meshgrid(x,y);

nveXm=nveX*cellsize; %unit: m
nveYm=nveY*cellsize; %unit: m

load('Cl_i_grw_nearest_1x1km.mat');
load('Cl_i_grw_linear__1x1km.mat');

%Checking that the coordinates are correct
contour(nveX,nveY,Cl_grw_linear,10);

%Find out how many NVE squares include groundwater wells
[n,m] = size(nveX);
k = 0;
for i=1:n % to n
    for j=1:m % to m
        if (~isnan(Cl_grw_linear(i,j)))
            ds = sqrt((nveX(i,j) - xk).^2 + (nveY(i,j) - yk).^2);
            [is,js] = find(ds == 0);
            if (~isempty(is)) %at det er en brønn i celle (i,j)
                k = k + 1
                back = [nveXm(i,j), nveYm(i,j), Cl_grw_nearest(i,j), Cl_grw_linear(i,j)];
                ngu = [Xkoordinat(is),Ykoordinat(is),Clverdi(is)];
                s(k)=struct('bakgr',back,'ngu_wells',ngu);
            end
        end
    end
end
end

save('bakgr_ngu_bronner.mat','s');

```

Skript 3 (Kitterød 2011)

```

%Finds out how the groundwater wells are distributed between the NVE squares
%Analyzing and control of the background concentration of chloride
%from precipitation and the observed chloride concentration in the groundwater wells

clear all;
close all;
load('bakgr_ngu_bronner.mat');

```

```

[n,m]=size(s');

for i=1:n
    xgrid(i) = s(i).bakgr(1,1);
    ygrid(i) = s(i).bakgr(1,2);
    Clgrid_ne(i) = s(i).bakgr(1,3);    %interpolation by nearest neighbour method
    Clgrid_li(i) = s(i).bakgr(1,4);    %linear interpolation
    mm(i) = mean(s(i).ngu_wells(:,3));
    ss(i) = std(s(i).ngu_wells(:,3));
    [N(i),jj] = size(s(i).ngu_wells);    %find number of wells in celle i
end

index = 1:n;
X = [index', xgrid', ygrid', Clgrid_ne', Clgrid_li', mm', ss', N'];

%sorts X with regard to number of wells in square
[Xs,ind]=sortrows(X,8);
se=Xs(n-39,1);
xsjekk=s(se).bakgr(1,1);
ysjekk=s(se).bakgr(1,2);
xwells=s(se).ngu_wells(:,1);
ywells=s(se).ngu_wells(:,2);
Clv = s(se).ngu_wells(:,3);

XX =[xwells, ywells, Clv];

figure
plot(xsjekk,ysjekk,'bo')
hold on
plot(xsjekk+1000,ysjekk+1000,'ko')
plot(xwells,ywells,'r')

figure
hist(log(Clv));

%Visual control of where the wells are placed
%plot(xgrid,ygrid,'.');

xlswrite('Statistikkdata.xls',XX,'nr913br4')

%for se=1:n
% k=n+1;
% se=Xs(k,1);
%end

```

Skript 4 (Kitterød 2011)

```

%Estimating the uncertainties of the variables
%Simple uncertainty analyzes
%1)  $f=P/R$ 
%2)  $C_{grw} = f \cdot C_p$ 
%
%Source: www.physics.uc.edu/~bortner/labs/Physics Lab web site/Appendix
%2/Appendix 2 Error Propagation htm.htm

P=load('precipitation_mm_y.mat');
P=P.Pxy;

```



```

R=load('runoff_mm_y.mat');
R=R.Rxy;
f = P./R;

Cl_grw=load('Cl_i_grw_linear__1x1km.mat');
Cl_grw=Cl_grw.Cl_grw_linear;
Cl_precip = Cl_grw./f;

u_P = 0.2;
u_R = 0.2;
u_Clp = 0.3;
u_Clbronn = 0.1;

u_f = sqrt( u_P^2 + u_R^2 );           % Uncertainty in the factor
u_Clgrw = sqrt(u_P^2 + u_R^2 + u_Clp^2); % Uncertainty in the chloride concentration in the groundwater

pm_Clgrw = u_Clgrw.*Cl_grw;          % +/- Chloride [mg/l]

%Visual control
figure
imagesc(flipud(Cl_grw - pm_Clgrw))
colorbar

figure
imagesc(flipud(Cl_grw + pm_Clgrw))
colorbar

%Uncertainty in the difference between the observed
%concentration in the wells and the background concentration
u_Cl_diff = sqrt(u_Clbronn^2 + u_Clgrw^2);

%Uncertainty in the deposition of chloride from precipitation
u_Cl_total_back= sqrt(u_P^2 + u_Clp^2);

%Uncertainty in the salt consumption
salt_ordered_0910= 250000; % Amount salt ordered in ton, winter 2009/2010 (Norwegian Road Administration)
salt_used_0910=201000; % Amount salt used in ton, winter 2009/2010 (Norwegian Road Administration)
u_salt=(salt_ordered_0910-salt_used_0910)/salt_ordered_0910;

```

Skript 5 (Kitterød 2011)

%Sum the values and also ignoring NaN values

```
function nm = noksum(X)
```

```

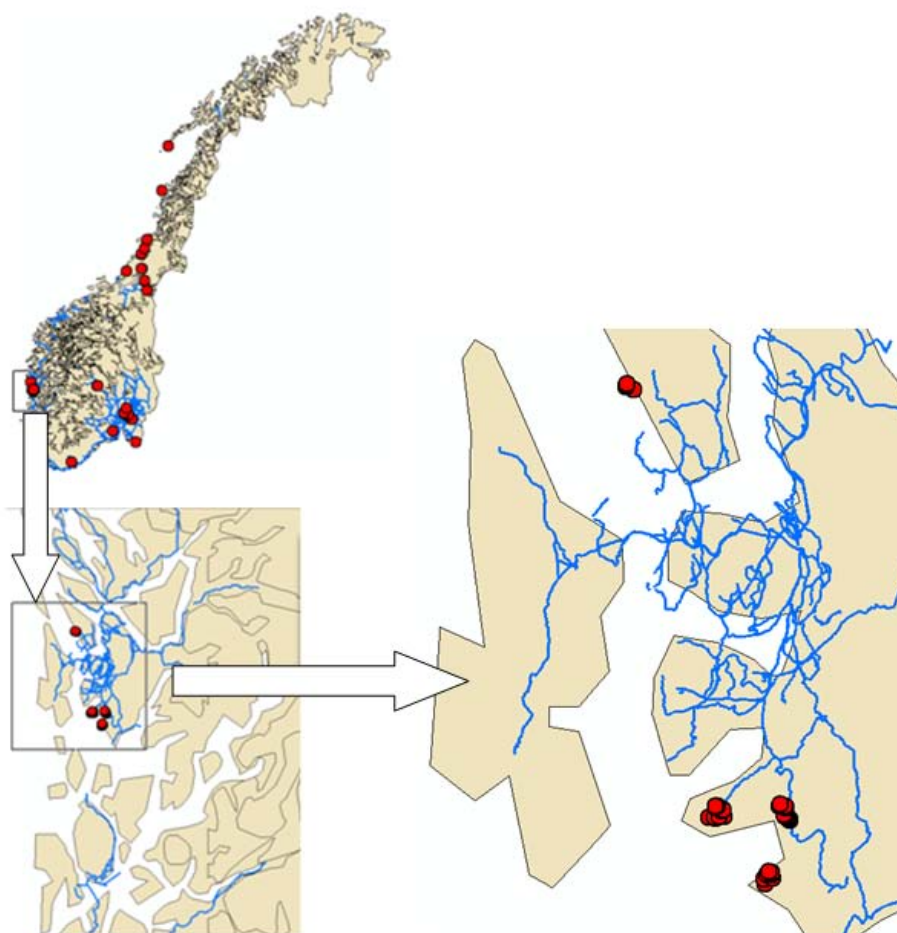
[n,m]=size(X);
Y=reshape(X,1,n*m);
Ys=sort(Y);
ja=~isnan(Ys);
[r,c,v]=find(ja==1);
Yja=Ys(1,c);

```

```
nm = sum(Yja);
```

Vedlegg 2: Kart over avstand fra brønn til saltet vei

I kartutsnittet (figur 23) vises fordelingen av de 4, 10, 12 og 8 brønnene i henholdsvis rute 895, 748, 750 og 723. Avstanden mellom brønnene og den saltede veien varierer, men ligger innenfor en grense på ca 1500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 1.

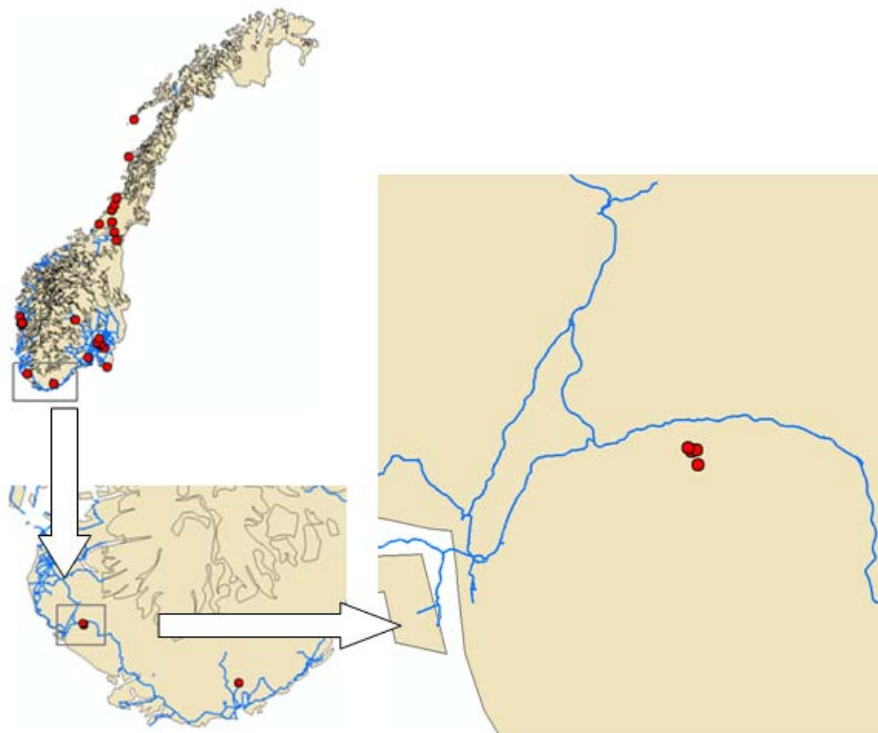


Figur 23: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Bergen.

Tabell 1: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Bergen (figur 23).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
4	895	-41437,81573	6742082,828	13,1825
4	895	-41920,44955	6742234,858	9,8825
4	895	-41929,40473	6742279,998	5,5825
4	895	-41870,18564	6742409,54	23,1825
8	723	-33524,90596	6712111,875	24,8432
8	723	-33568,69512	6712415,01	13,7432
8	723	-33057,59383	6712497,189	20,9432
8	723	-33417,24484	6712727,484	5,9432
8	723	-33417,24484	6712727,484	19,9432
8	723	-33104,688	6712731,131	-5,8068
8	723	-33131,62049	6712800,067	22,8432
8	723	-33297,01743	6712896,774	9,6432
10	748	-36512,54229	6716127,834	8,6309
10	748	-36939,68161	6716170,937	20,0309
10	748	-36584,08714	6716149,487	21,6309
10	748	-36022,59788	6716187,763	2,8209
10	748	-36266,94777	6716214,145	30,5309
10	748	-36124,36369	6716561,678	2,1409
10	748	-36068,76284	6716607,958	2,9799
10	748	-36540,40702	6716792,113	13,6309
10	748	-36420,24049	6716839,538	11,1309
10	748	-36540,27143	6716870,663	13,9309
12	750	-32035,19718	6716011,351	6,8278
12	750	-32055,16707	6716024,257	10,4278
12	750	-32151,18536	6716119,656	6,3278
12	750	-32221,72268	6716152,295	6,3278
12	750	-32295,78595	6716212,45	4,9278
12	750	-32385,32958	6716356,608	18,7278
12	750	-32270,97206	6716736,927	8,7278
12	750	-32651,75422	6716835,213	7,0278
12	750	-32275,01463	6716813,842	5,0278
12	750	-32570,8255	6716872,125	3,3678
12	750	-32299,78317	6716851,358	35,7278
12	750	-32620,90457	6716952,244	8,4278

I kartutsnittet (figur 24) vises fordelingen av de 4 brønnene i rute 72 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene og den saltede veien er ca 1500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 2.

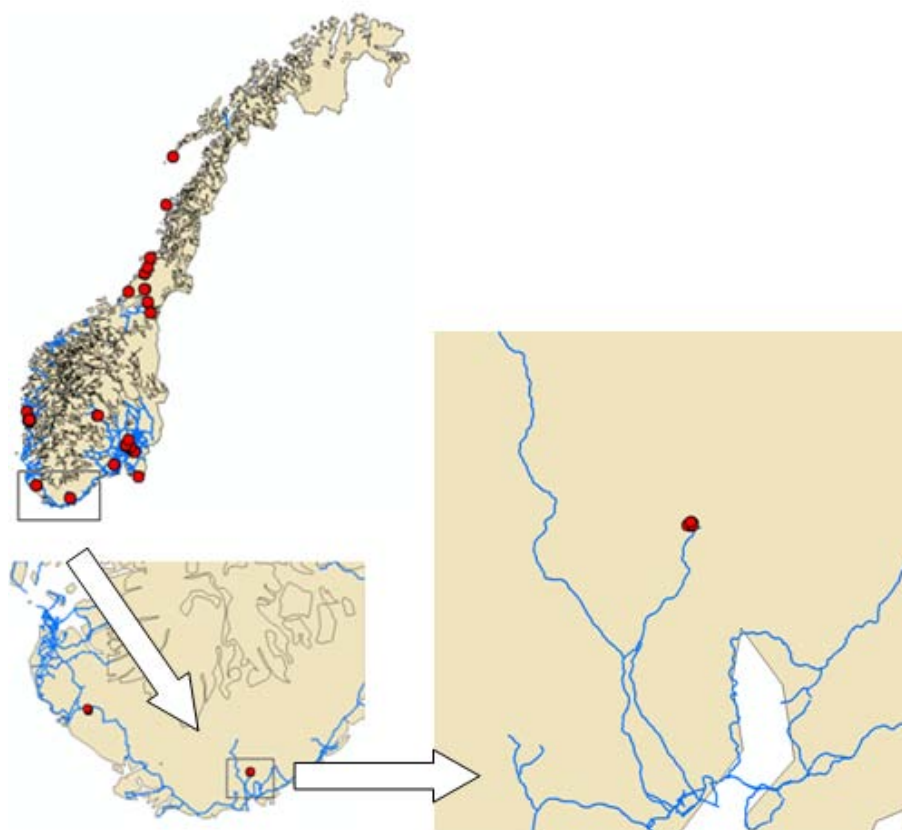


Figur 24: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Egersund.

Tabell 2: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Egersund (figur 24).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
4	72	-12034,00205	6520023,411	11,6739
4	72	-12377,83848	6520769,214	4,9139
4	72	-12109,22626	6520822,619	20,1739
4	72	-12553,81799	6520951,165	4,6139

I kartutsnittet (figur 25) vises fordelingen av de 14 brønnene i rute 22 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er ca 500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 3.

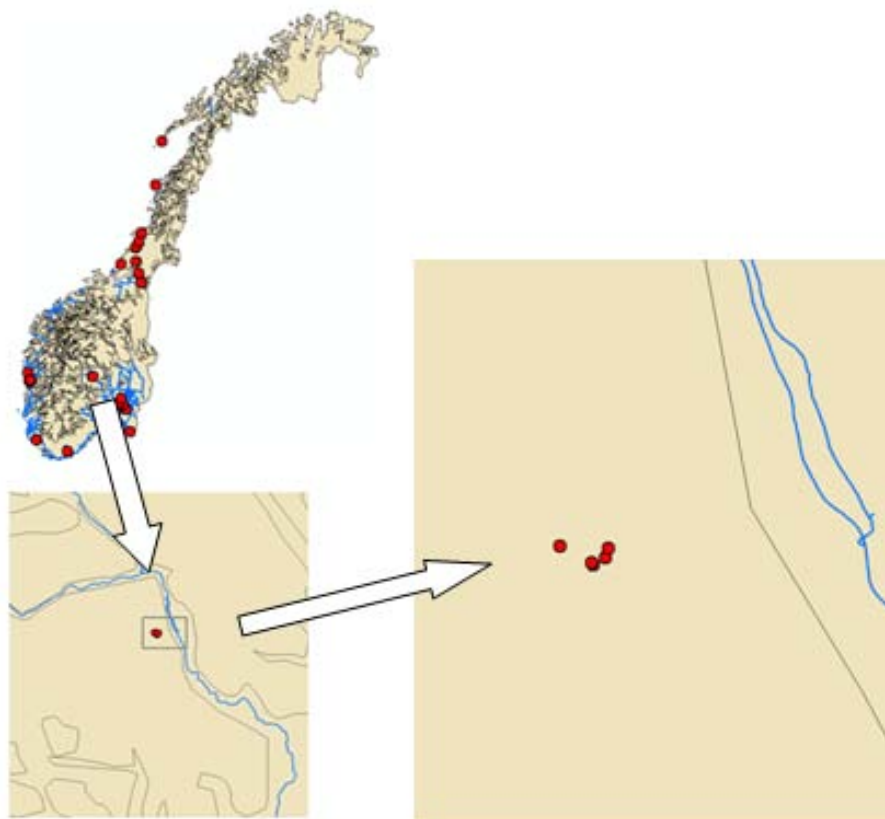


Figur 25: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Kristiansand.

Tabell 3: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Kristiansand (figur 25).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
14	22	88513,92219	6482325,395	71,4236
14	22	88517,78893	6482222,434	24,6236
14	22	88428,49036	6482180,121	2,5336
14	22	88275,08485	6482242,136	0,3736
14	22	88386,72378	6482331,745	-2,0164
14	22	88362,67117	6482276,553	33,2236
14	22	88485,95546	6482406,368	45,0236
14	22	88514,63653	6482333,38	158,3236
14	22	88484,58552	6482222,386	88,3236
14	22	88402,95592	6482209,569	78,1236
14	22	88281,43031	6482245,592	-0,4964
14	22	88546,18519	6482348,666	32,6236
14	22	88551,97455	6482233,46	9,8236
14	22	88457,5795	6482392,81	0,1636

I kartutsnittet (figur 26) vises fordelingen av de 5 brønnene i rute 823 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er ca 3500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 4.

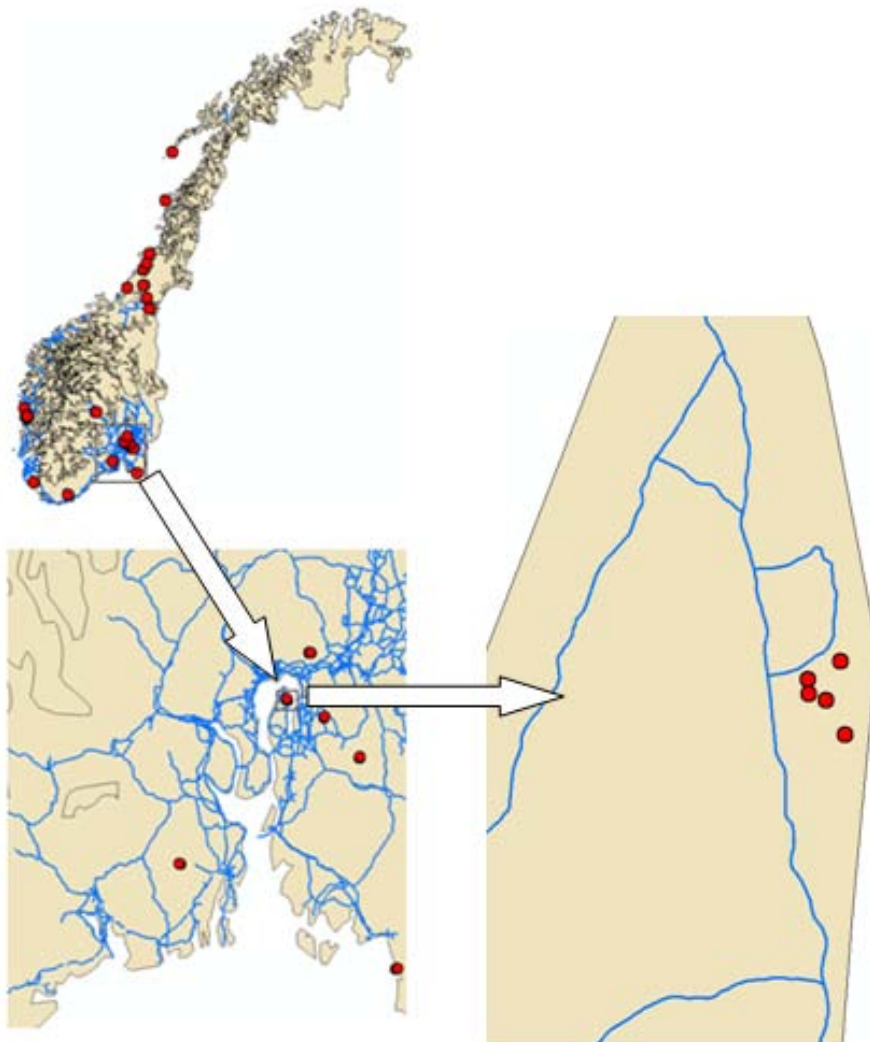


Figur 26: Brønner i tilknytning til saltet vei i tilknytning til E16 nordvest for Hønefoss.

Tabell 4: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene i tilknytning til E16 nordvest for Hønefoss (figur 26).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
5	823	172882,4218	6729232,836	1,8959
5	823	172665,5871	6729104,876	7,3859
5	823	172635,7846	6729141,791	3,7059
5	823	172053,6932	6729439,411	31,0359
5	823	172934,8329	6729398,973	0,6659

I kartutsnittet (figur 27) vises fordelingen av de 5 brønnene i rute 555 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er mellom 150 – 700 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 5.

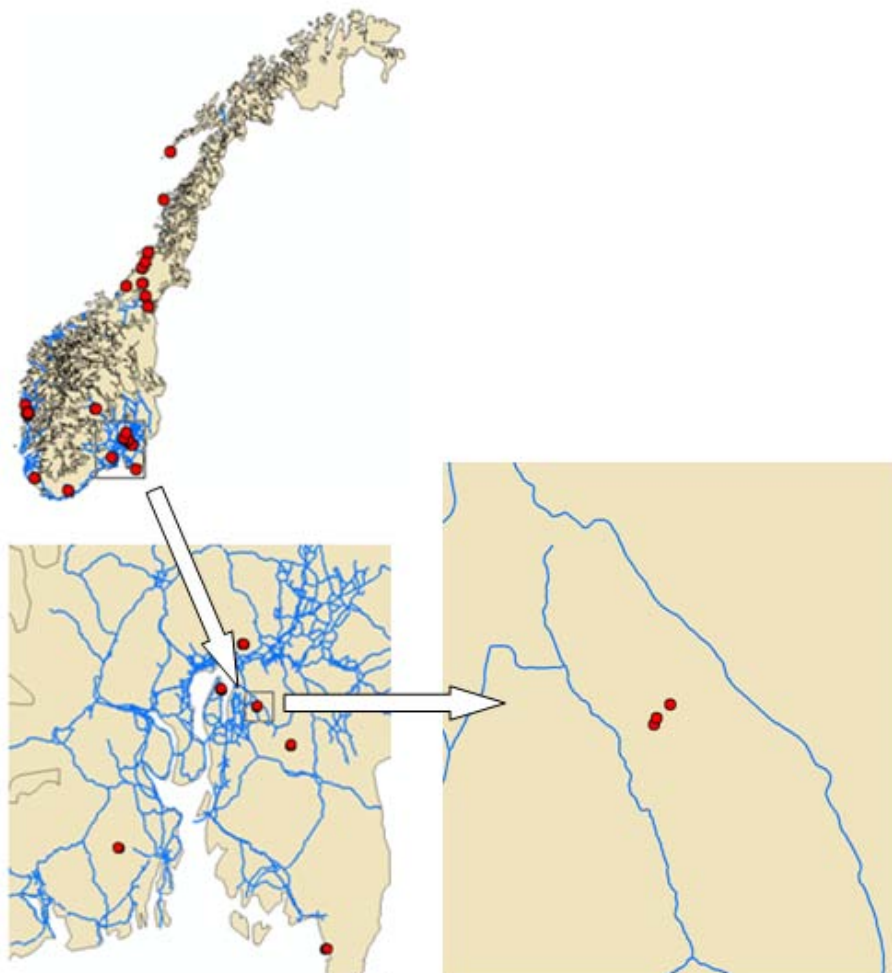


Figur 27: Brønner i tilknytning til saltet vei på Nesodden.

Tabell 5: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønner på Nesodden (figur 27).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
5	555	258558,7022	6640020,285	2,4866
5	555	258373,7748	6640362,609	7,0066
5	555	258208,0792	6640418,851	1,2566
5	555	258197,2855	6640565,516	14,8366
5	555	258517,8697	6640743,374	2,7266

I kartutsnittet (figur 28) vises fordelingen av de 4 brønnene i rute 519 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er mellom 750 – 1300 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 6.

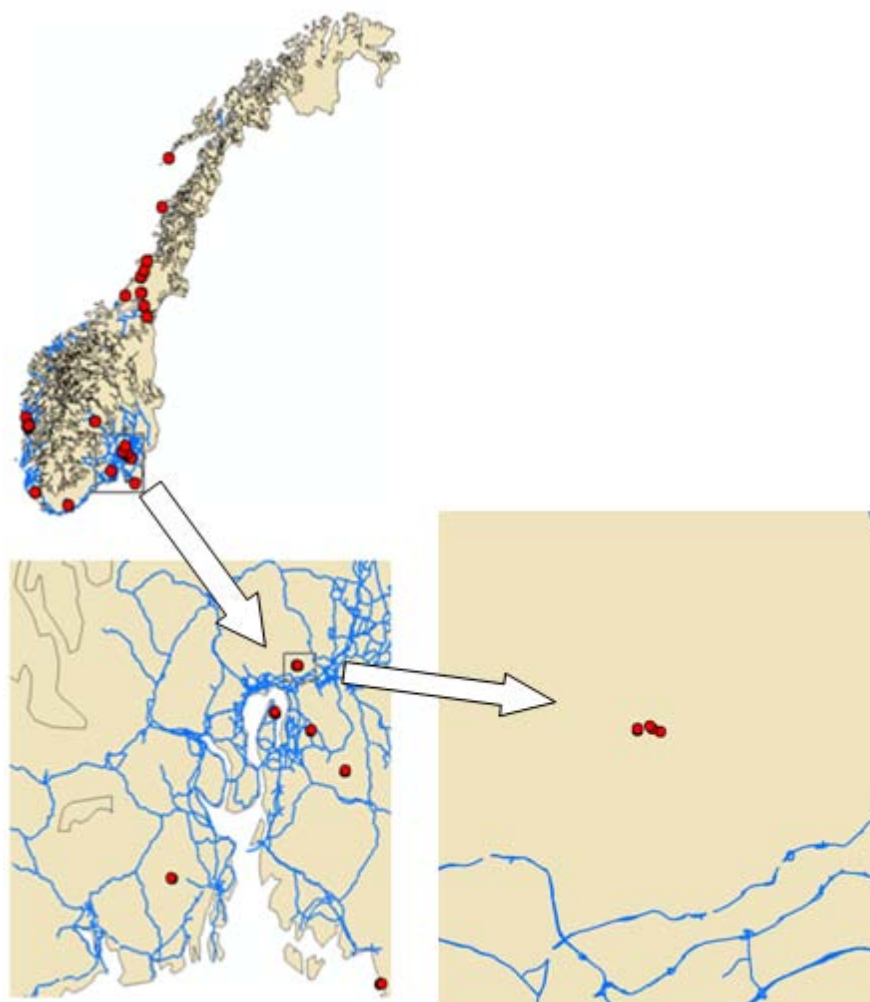


Figur 28: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Kolbotn.

Tabell 6: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Kolbotn (figur 28).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
4	519	271157,871	6634173,558	7,7683
4	519	271157,871	6634173,558	-0,8517
4	519	271211,7486	6634302,281	15,2783
4	519	271477,4752	6634573,516	12,0783

I kartutsnittet (figur 29) vises fordelingen av de 5 brønnene i rute 603 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er mellom 3500 – 4500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 7.



Figur 29: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rett nordøst for Oslo.

Tabell 7: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rett nordøst for Oslo (figur 29)

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
5	603	266179,961	6656620,516	16,4166
5	603	266700,5513	6656589,242	16,6166
5	603	266183,4955	6656659,377	14,7166
5	603	266518,0263	6656670,142	16,7166
5	603	266461,6844	6656713,444	7,8466

I kartutsnittet (figur 30) vises fordelingen av de 4 brønnene i rute 270 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er ca 500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 8.

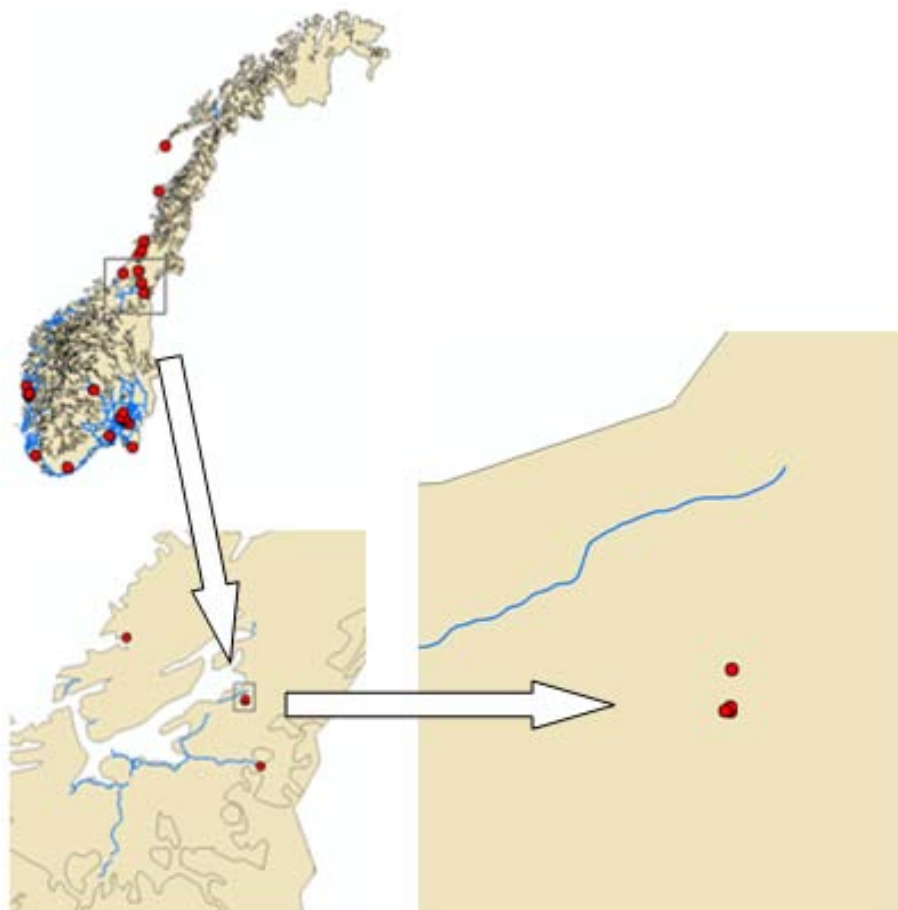


Figur 30: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Andebu vest for Tønsberg.

Tabell 8: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Andebu vest for Tønsberg. (figur 30)

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
4	270	221435,8432	6583553,917	44,0271
4	270	221851,6309	6583651,024	4,2621
4	270	221526,1913	6583708,562	58,5521
4	270	221330,7471	6583836,765	9,2521

I kartutsnittet (figur 31) vises fordelingen av de 4 brønnene i rute 1431 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er mellom 3500 – 4500 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 9.

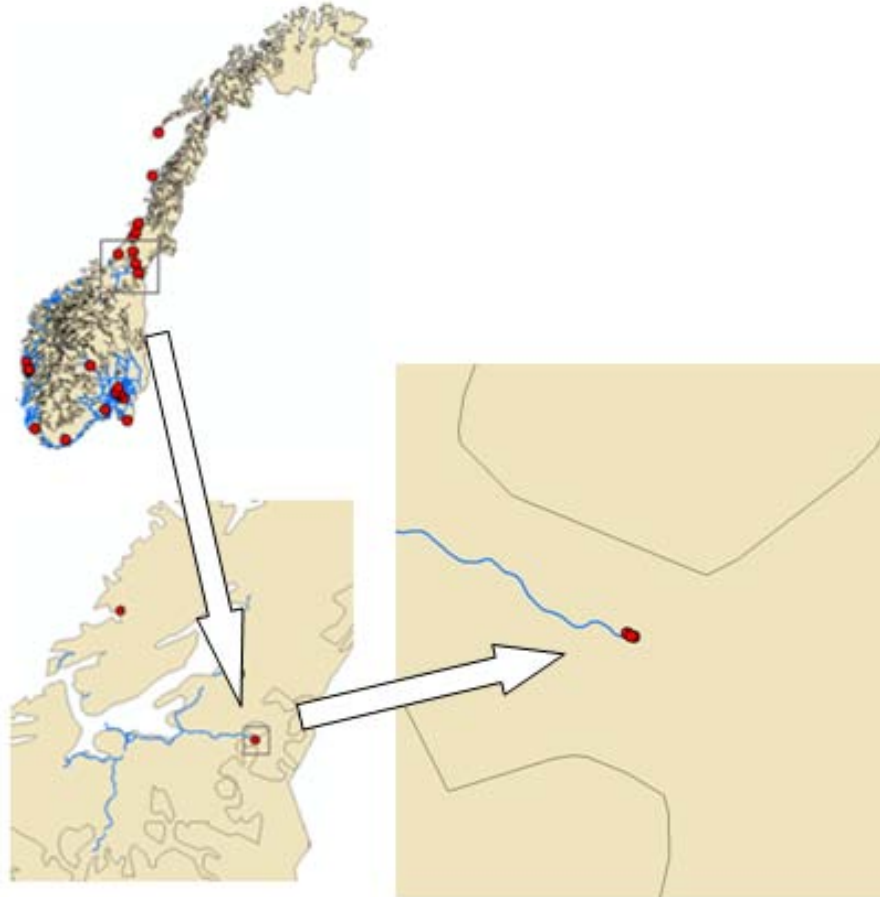


Figur 31: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Levanger.

Tabell 9: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Levanger (figur 31).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
4	1431	324718,8827	7071050,827	9,6063
4	1431	324728,2625	7071150,406	8,6063
4	1431	324619,3037	7071060,207	8,6063
4	1431	324758,9044	7071966,289	10,0063

I kartutsnittet (figur 32) vises fordelingen av de 5 brønnene i rute 1382 i forhold til veien. Avstanden fra brønnene til den saltede veien er mellom 90 – 220 meter. UTM 33 koordinatene (x og y) samt differansen mellom den observerte og beregna kloridkonsentrasjonen vises i tabell 10.



Figur 32: Brønner i tilknytning til saltet vei i område rundt Meråker.

Tabell 10: Kloridverdier, X- og Y-koordinater til brønnene rundt Meråker (figur 32).

Antall brønner	Rute nummer	X-koordinater	Y-koordinater	Observert – beregnet (mg/l)
5	1382	332139,7008	7039411,556	4,6810
5	1382	332139,7008	7039411,556	101,0810
5	1382	332284,3847	7039347,734	2,3810
5	1382	332225,5755	7039363,305	2,4810
5	1382	332225,5755	7039363,305	1,9810

Vedlegg 3: Koordinater og observert kloridkonsentrasjon i brønnene, og beregna kloridkonsentrasjon i 1x1 km² rutene

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
4	61	80335,90	6514351,33	2,89	4,59	2,87	2,87
4	61	80335,92	6514340,27	2,86	4,59	2,87	2,87
4	61	80337,21	6514321,03	7,35	4,59	2,87	2,87
4	61	80335,11	6514331,28	5,26	4,59	2,87	2,87
4	72	-12034,00	6520023,41	16,60	15,27	4,96	4,89
4	72	-12377,84	6520769,21	9,84	15,27	4,96	4,89
4	72	-12109,23	6520822,62	25,10	15,27	4,96	4,89
4	72	-12553,82	6520951,16	9,54	15,27	4,96	4,89
4	270	221435,84	6583553,92	45,88	30,87	1,70	2,00
4	270	221851,63	6583651,02	6,11	30,87	1,70	2,00
4	270	221526,19	6583708,56	60,40	30,87	1,70	2,00
4	270	221330,75	6583836,77	11,10	30,87	1,70	2,00
4	445	283318,38	6620257,37	20,50	11,29	3,08	2,36
4	445	283528,84	6620395,99	9,90	11,29	3,08	2,36
4	445	283528,84	6620395,99	10,00	11,29	3,08	2,36
4	445	283626,39	6620740,73	4,75	11,29	3,08	2,36
4	474	253065,00	6625291,00	7,49	7,28	1,63	2,01
4	474	253511,00	6625034,00	5,42	7,28	1,63	2,01
4	474	253251,00	6625198,00	9,24	7,28	1,63	2,01
4	474	253426,00	6625108,00	6,96	7,28	1,63	2,01
4	519	271157,87	6634173,56	9,69	10,49	1,72	2,12
4	519	271157,87	6634173,56	1,07	10,49	1,72	2,12
4	519	271211,75	6634302,28	17,20	10,49	1,72	2,12
4	519	271477,48	6634573,52	14,00	10,49	1,72	2,12
4	789	130261,96	6724615,36	9,67	3,76	0,78	0,75
4	789	130234,40	6724621,91	2,93	3,76	0,78	0,75
4	789	130920,02	6724683,90	1,17	3,76	0,78	0,75
4	789	130123,22	6724780,95	1,27	3,76	0,78	0,75
4	822	125042,00	6729077,00	0,52	0,52	0,76	0,73
4	822	125065,00	6729067,00	0,53	0,52	0,76	0,73
4	822	125071,00	6729079,00	0,52	0,52	0,76	0,73
4	822	125053,00	6729090,00	0,49	0,52	0,76	0,73
4	845	252628,75	6733564,49	2,63	8,17	0,71	0,61
4	845	252602,62	6733520,66	9,71	8,17	0,71	0,61
4	845	252583,67	6733489,23	9,92	8,17	0,71	0,61
4	845	252530,04	6733627,79	10,40	8,17	0,71	0,61
4	895	-41437,82	6742082,83	18,70	18,48	5,98	5,05
4	895	-41920,45	6742234,86	15,40	18,48	5,98	5,05
4	895	-41929,40	6742280,00	11,10	18,48	5,98	5,05
4	895	-41870,19	6742409,54	28,70	18,48	5,98	5,05
4	913	174093,48	6743025,94	8,58	9,32	0,98	0,90
4	913	174182,42	6743788,00	11,90	9,32	0,98	0,90
4	913	174449,37	6743870,12	8,89	9,32	0,98	0,90
4	913	174449,37	6743870,12	7,90	9,32	0,98	0,90

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
4	916	-36585,70	6744853,96	4,47	9,96	6,02	5,10
4	916	-36586,90	6744028,15	7,67	9,96	6,02	5,10
4	916	-36489,06	6744194,44	11,00	9,96	6,02	5,10
4	916	-36357,79	6744835,07	16,70	9,96	6,02	5,10
4	958	31483,59	6751250,38	9,02	4,80	3,71	3,45
4	958	31547,47	6751233,44	2,00	4,80	3,71	3,45
4	958	31486,38	6751225,96	3,53	4,80	3,71	3,45
4	958	31494,72	6751218,15	4,63	4,80	3,71	3,45
4	988	231361,28	6756042,72	0,55	0,73	0,82	0,79
4	988	231382,14	6756226,23	1,17	0,73	0,82	0,79
4	988	231361,28	6756042,72	0,58	0,73	0,82	0,79
4	988	231382,14	6756226,23	0,62	0,73	0,82	0,79
4	1027	235054,92	6768917,87	3,21	2,70	0,61	0,54
4	1027	235029,66	6768834,26	2,42	2,70	0,61	0,54
4	1027	235054,92	6768917,87	2,93	2,70	0,61	0,54
4	1027	235029,66	6768834,26	2,25	2,70	0,61	0,54
4	1033	72263,65	6772460,13	4,65	3,75	3,51	3,59
4	1033	72266,45	6772446,79	3,58	3,75	3,51	3,59
4	1033	72266,99	6772441,71	2,89	3,75	3,51	3,59
4	1033	72264,19	6772455,05	3,87	3,75	3,51	3,59
4	1073	-16115,40	6788295,99	4,44	4,69	3,80	4,01
4	1073	-16105,80	6788280,00	4,27	4,69	3,80	4,01
4	1073	-16090,36	6788283,62	5,60	4,69	3,80	4,01
4	1073	-16072,24	6788250,73	4,43	4,69	3,80	4,01
4	1143	220562,00	6839584,00	6,74	5,93	0,55	0,62
4	1143	220554,00	6839591,00	5,28	5,93	0,55	0,62
4	1143	220554,00	6839596,00	7,86	5,93	0,55	0,62
4	1143	220555,00	6839600,00	3,85	5,93	0,55	0,62
4	1431	324718,88	7071050,83	14,80	14,40	5,40	4,99
4	1431	324728,26	7071150,41	13,80	14,40	5,40	4,99
4	1431	324619,30	7071060,21	13,80	14,40	5,40	4,99
4	1431	324758,90	7071966,29	15,20	14,40	5,40	4,99
4	1495	267044,59	7101781,49	22,50	19,98	6,76	6,65
4	1495	267023,72	7101773,41	18,50	19,98	6,76	6,65
4	1495	267104,36	7101775,85	23,50	19,98	6,76	6,65
4	1495	267074,47	7101778,67	15,40	19,98	6,76	6,65
4	1578	314433,10	7157824,49	16,30	22,23	6,92	7,31
4	1578	314423,65	7157724,91	27,90	22,23	6,92	7,31
4	1578	314189,00	7157579,00	21,30	22,23	6,92	7,31
4	1578	314363,00	7157831,00	23,40	22,23	6,92	7,31
4	1603	323990,41	7177012,72	16,90	17,10	6,36	6,70
4	1603	323890,83	7177022,17	17,30	17,10	6,36	6,70
4	1603	323890,83	7177022,17	17,20	17,10	6,36	6,70
4	1603	323890,83	7177022,17	17,00	17,10	6,36	6,70
4	1623	332017,37	7204381,73	16,80	16,13	6,45	6,00
4	1623	332017,37	7204381,73	16,60	16,13	6,45	6,00
4	1623	332017,37	7204381,73	15,80	16,13	6,45	6,00
4	1623	332017,37	7204381,73	15,30	16,13	6,45	6,00
4	1666	381214,00	7363703,00	20,40	29,15	0,00	1,26

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
4	1666	381437,00	7363636,00	35,10	29,15	0,00	1,26
4	1666	381574,00	7363375,00	30,50	29,15	0,00	1,26
4	1666	381785,00	7363115,00	30,60	29,15	0,00	1,26
4	1709	647784,48	7727465,09	10,60	11,20	5,97	5,32
4	1709	647849,08	7727339,80	10,80	11,20	5,97	5,32
4	1709	647784,48	7727465,09	11,39	11,20	5,97	5,32
4	1709	647841,79	7727321,99	12,00	11,20	5,97	5,32
5	125	296017,59	6547280,85	22,40	60,42	5,25	4,25
5	125	296346,19	6547539,50	46,10	60,42	5,25	4,25
5	125	296190,49	6547572,60	52,90	60,42	5,25	4,25
5	125	296459,82	6547563,41	162,00	60,42	5,25	4,25
5	125	296493,53	6547647,75	18,70	60,42	5,25	4,25
5	555	258558,70	6640020,28	4,25	7,43	1,73	1,79
5	555	258373,77	6640362,61	8,77	7,43	1,73	1,79
5	555	258208,08	6640418,85	3,02	7,43	1,73	1,79
5	555	258197,29	6640565,52	16,60	7,43	1,73	1,79
5	555	258517,87	6640743,37	4,49	7,43	1,73	1,79
5	603	266179,96	6656620,52	17,80	15,85	1,47	1,30
5	603	266700,55	6656589,24	18,00	15,85	1,47	1,30
5	603	266183,50	6656659,38	16,10	15,85	1,47	1,30
5	603	266518,03	6656670,14	18,10	15,85	1,47	1,30
5	603	266461,68	6656713,44	9,23	15,85	1,47	1,30
5	823	172882,42	6729232,84	2,86	9,90	0,98	0,95
5	823	172665,59	6729104,88	8,35	9,90	0,98	0,95
5	823	172635,78	6729141,79	4,67	9,90	0,98	0,95
5	823	172053,69	6729439,41	32,00	9,90	0,98	0,95
5	823	172934,83	6729398,97	1,63	9,90	0,98	0,95
5	1042	259682,00	6775036,00	7,15	3,43	0,40	0,43
5	1042	259699,00	6775099,00	6,31	3,43	0,40	0,43
5	1042	259609,00	6775123,00	1,99	3,43	0,40	0,43
5	1042	259560,00	6775174,00	0,71	3,43	0,40	0,43
5	1042	259451,00	6775151,00	1,00	3,43	0,40	0,43
5	1068	253870,00	6785790,00	5,26	4,13	0,61	0,62
5	1068	253850,00	6785787,00	4,94	4,13	0,61	0,62
5	1068	253831,00	6785785,00	3,24	4,13	0,61	0,62
5	1068	253810,00	6785784,00	3,43	4,13	0,61	0,62
5	1068	253791,00	6785782,00	3,77	4,13	0,61	0,62
5	1161	239467,00	6842144,00	0,48	0,38	0,58	0,50
5	1161	239416,00	6842172,00	0,38	0,38	0,58	0,50
5	1161	239365,00	6842183,00	0,36	0,38	0,58	0,50
5	1161	239488,00	6842789,00	0,38	0,38	0,58	0,50
5	1161	239481,00	6842829,00	0,31	0,38	0,58	0,50
5	1166	18306,70	6844303,94	6,84	6,63	3,56	3,61
5	1166	18110,56	6844360,33	3,57	6,63	3,56	3,61
5	1166	18063,85	6844497,55	3,37	6,63	3,56	3,61
5	1166	18562,12	6844485,70	12,70	6,63	3,56	3,61
5	1166	18193,21	6844687,95	6,65	6,63	3,56	3,61
5	1382	332139,70	7039411,56	7,60	25,44	2,41	3,43
5	1382	332139,70	7039411,56	104,00	25,44	2,41	3,43

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
5	1382	332284,38	7039347,73	5,30	25,44	2,41	3,43
5	1382	332225,58	7039363,31	5,40	25,44	2,41	3,43
5	1382	332225,58	7039363,31	4,90	25,44	2,41	3,43
5	1474	335637,82	7085643,13	7,60	7,10	5,33	5,27
5	1474	335528,86	7085552,95	7,90	7,10	5,33	5,27
5	1474	335519,47	7085453,38	7,20	7,10	5,33	5,27
5	1474	335370,11	7085467,46	7,40	7,10	5,33	5,27
5	1474	335614,34	7085394,20	5,40	7,10	5,33	5,27
5	1494	266700,41	7101542,62	16,80	21,46	6,68	6,47
5	1494	266700,41	7101542,62	20,40	21,46	6,68	6,47
5	1494	266700,41	7101542,62	19,90	21,46	6,68	6,47
5	1494	266762,07	7101556,90	28,70	21,46	6,68	6,47
5	1494	266762,07	7101556,90	21,50	21,46	6,68	6,47
5	1531	381825,42	7129240,68	8,86	9,84	4,58	4,74
5	1531	381825,49	7129039,82	8,42	9,84	4,58	4,74
5	1531	381831,07	7129300,40	10,40	9,84	4,58	4,74
5	1531	381933,77	7129632,14	11,40	9,84	4,58	4,74
5	1531	381834,84	7129340,22	10,10	9,84	4,58	4,74
5	1679	401230,00	7508737,00	38,30	51,62	0,00	2,70
5	1679	401391,00	7508347,00	65,60	51,62	0,00	2,70
5	1679	401772,00	7508291,00	60,30	51,62	0,00	2,70
5	1679	401667,00	7508427,00	45,70	51,62	0,00	2,70
5	1679	401042,00	7508829,00	48,20	51,62	0,00	2,70
6	285	223780,61	6585546,99	2,69	4,39	1,73	1,98
6	285	223937,00	6585320,00	2,98	4,39	1,73	1,98
6	285	223832,00	6585350,00	3,33	4,39	1,73	1,98
6	285	223843,00	6585661,00	3,63	4,39	1,73	1,98
6	285	223321,00	6585743,00	6,21	4,39	1,73	1,98
6	285	223716,00	6585764,00	7,49	4,39	1,73	1,98
6	713	260499,00	6709298,00	0,85	1,09	0,58	0,61
6	713	260574,00	6709188,00	1,07	1,09	0,58	0,61
6	713	260645,00	6709224,00	0,85	1,09	0,58	0,61
6	713	260460,00	6709509,00	1,94	1,09	0,58	0,61
6	713	260451,00	6709370,00	1,18	1,09	0,58	0,61
6	713	260508,00	6709387,00	0,64	1,09	0,58	0,61
6	1129	202585,00	6834712,00	1,86	1,55	0,45	0,56
6	1129	202569,00	6834726,00	0,78	1,55	0,45	0,56
6	1129	202653,00	6834252,00	3,44	1,55	0,45	0,56
6	1129	202792,00	6834272,00	1,50	1,55	0,45	0,56
6	1129	202563,00	6834710,00	1,22	1,55	0,45	0,56
6	1129	202553,00	6834694,00	0,50	1,55	0,45	0,56
6	1508	315760,18	7110274,56	15,00	15,28	7,00	5,92
6	1508	315760,18	7110274,56	14,60	15,28	7,00	5,92
6	1508	315760,18	7110274,56	16,00	15,28	7,00	5,92
6	1508	315760,18	7110274,56	16,80	15,28	7,00	5,92
6	1508	315760,18	7110274,56	17,10	15,28	7,00	5,92
6	1508	315651,19	7110184,38	12,20	15,28	7,00	5,92
6	1678	400624,00	7508366,00	69,40	59,87	0,00	2,69
6	1678	400715,00	7508416,00	63,30	59,87	0,00	2,69

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
6	1678	400644,00	7508471,00	63,90	59,87	0,00	2,69
6	1678	400751,00	7508448,00	59,10	59,87	0,00	2,69
6	1678	400932,00	7508670,00	43,90	59,87	0,00	2,69
6	1678	400799,00	7508348,00	59,60	59,87	0,00	2,69
7	908	64122,56	6743484,42	0,95	0,99	3,14	2,95
7	908	64139,27	6743502,00	0,96	0,99	3,14	2,95
7	908	64129,92	6743498,84	0,96	0,99	3,14	2,95
7	908	64126,66	6743507,19	1,05	0,99	3,14	2,95
7	908	64134,02	6743510,54	1,03	0,99	3,14	2,95
7	908	64121,94	6743499,57	0,99	0,99	3,14	2,95
7	908	64118,49	6743494,85	1,02	0,99	3,14	2,95
7	1165	17876,94	6844251,06	6,36	7,23	3,63	3,69
7	1165	17837,47	6844139,93	8,26	7,23	3,63	3,69
7	1165	17360,60	6844437,75	13,10	7,23	3,63	3,69
7	1165	17989,64	6844402,73	10,30	7,23	3,63	3,69
7	1165	17410,87	6844545,86	5,42	7,23	3,63	3,69
7	1165	17344,75	6844571,11	4,01	7,23	3,63	3,69
7	1165	17236,10	6844626,46	3,19	7,23	3,63	3,69
8	723	-33524,91	6712111,87	30,70	19,87	6,21	5,50
8	723	-33568,70	6712415,01	19,60	19,87	6,21	5,50
8	723	-33057,59	6712497,19	26,80	19,87	6,21	5,50
8	723	-33417,24	6712727,48	11,80	19,87	6,21	5,50
8	723	-33417,24	6712727,48	25,80	19,87	6,21	5,50
8	723	-33104,69	6712731,13	0,05	19,87	6,21	5,50
8	723	-33131,62	6712800,07	28,70	19,87	6,21	5,50
8	723	-33297,02	6712896,77	15,50	19,87	6,21	5,50
8	1321	148258,00	6992098,00	7,09	7,07	4,04	4,62
8	1321	148265,00	6992076,00	6,58	7,07	4,04	4,62
8	1321	148270,00	6992072,00	5,71	7,07	4,04	4,62
8	1321	148281,00	6992031,00	6,99	7,07	4,04	4,62
8	1321	148284,00	6992003,00	6,81	7,07	4,04	4,62
8	1321	148263,00	6992186,00	7,95	7,07	4,04	4,62
8	1321	148257,00	6992164,00	7,17	7,07	4,04	4,62
8	1321	148250,00	6992122,00	8,28	7,07	4,04	4,62
10	748	-36512,54	6716127,83	14,40	18,51	6,06	5,48
10	748	-36939,68	6716170,94	25,80	18,51	6,06	5,48
10	748	-36584,09	6716149,49	27,40	18,51	6,06	5,48
10	748	-36022,60	6716187,76	8,59	18,51	6,06	5,48
10	748	-36266,95	6716214,14	36,30	18,51	6,06	5,48
10	748	-36124,36	6716561,68	7,91	18,51	6,06	5,48
10	748	-36068,76	6716607,96	8,75	18,51	6,06	5,48
10	748	-36540,41	6716792,11	19,40	18,51	6,06	5,48
10	748	-36420,24	6716839,54	16,90	18,51	6,06	5,48
10	748	-36540,27	6716870,66	19,70	18,51	6,06	5,48
12	750	-32035,20	6716011,35	12,70	16,03	6,24	5,50
12	750	-32055,17	6716024,26	16,30	16,03	6,24	5,50
12	750	-32151,19	6716119,66	12,20	16,03	6,24	5,50
12	750	-32221,72	6716152,29	12,20	16,03	6,24	5,50
12	750	-32295,79	6716212,45	10,80	16,03	6,24	5,50

Antall brønner	Rute nr	X-koordinater (UTM 33)	Y-koordinater (UTM 33)	Konsentrasjon av klorid i NGU brønner (mg/l)	Gj.snitt NGU brønner i rute (mg/l)	Klorid i nedbør lineær interpolering (mg/l)	Klorid i nedbør nærmeste nabo interpolering (mg/l)
12	750	-32385,33	6716356,61	24,60	16,03	6,24	5,50
12	750	-32270,97	6716736,93	14,60	16,03	6,24	5,50
12	750	-32651,75	6716835,21	12,90	16,03	6,24	5,50
12	750	-32275,01	6716813,84	10,90	16,03	6,24	5,50
12	750	-32570,83	6716872,13	9,24	16,03	6,24	5,50
12	750	-32299,78	6716851,36	41,60	16,03	6,24	5,50
12	750	-32620,90	6716952,24	14,30	16,03	6,24	5,50
14	22	88513,92	6482325,40	75,10	42,40	3,18	4,17
14	22	88517,79	6482222,43	28,30	42,40	3,18	4,17
14	22	88428,49	6482180,12	6,21	42,40	3,18	4,17
14	22	88275,08	6482242,14	4,05	42,40	3,18	4,17
14	22	88386,72	6482331,75	1,66	42,40	3,18	4,17
14	22	88362,67	6482276,55	36,90	42,40	3,18	4,17
14	22	88485,96	6482406,37	48,70	42,40	3,18	4,17
14	22	88514,64	6482333,38	162,00	42,40	3,18	4,17
14	22	88484,59	6482222,39	92,00	42,40	3,18	4,17
14	22	88402,96	6482209,57	81,80	42,40	3,18	4,17
14	22	88281,43	6482245,59	3,18	42,40	3,18	4,17
14	22	88546,19	6482348,67	36,30	42,40	3,18	4,17
14	22	88551,97	6482233,46	13,50	42,40	3,18	4,17
14	22	88457,58	6482392,81	3,84	42,40	3,18	4,17