



Statens vegvesen

Salt SMART: Tiltakskatalog -Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2594



Dato: 2010-04-12



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2594

Tittel

Salt SMART: Tiltakskatalog -Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Roger Roseth og Lena Jakob, Bioforsk Jord og miljø

Dato:

Saksbehandler

Prosjektnr:

2010-04-12

Jørn Arntsen

601945

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

Kristine Flesjø, Turid Winther-Larsen og Jørn Arntsen

60

Sammendrag

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (FOU-programmene SaltSmart og Klima og Transport) har Bioforsk sammenstilt en tiltakskatalog for ulike tekniske løsninger for håndtering av vegsalt. Det er lagt vekt på å visualisere tiltak og løsninger gjennom presentasjon av tegninger, prinsippskisser og utdrag av aktuelle produktpresentasjoner. Materialet er samlet inn gjennom et bredt søk på internett, hvor det har blitt vektlagt å framskaffe informasjon fra nasjonale veg- og miljømyndigheter, ingeniørfirmaer og produsenter av miljøteknologi framfor et tradisjonelt søk i internasjonale forskningsdatabaser.

Iverksetting av effektive tiltak for håndtering av vegsalt forutsetter en tilfredsstillende forståelse av spredning og transport fra veg til grunnvann og overflatevann. Spredning og transport av vegsalt er avhengig av en rekke faktorer hvorav forbruksmønster, naturgitte forhold, klima og overvannssystemer er noen av de viktigste. Innledningsvis er det derfor gitt en gjennomgang av undersøkelser som kan belyse spredning og transport av vegsalt. Tiltakskatalogen gir opplysninger om ulike tiltak knyttet til beskyttelse av grunnvann, overflatevann, mindre drikkevannsbrønner og beplantning og vegetasjon langs veg.

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenning med vegsalt, og bidra til en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak. De fleste tiltakene som er beskrevet har blitt hentet fra Sverige, Danmark, Finland og Norge.

Summary

Financed by the Norwegian Public Roads Administration (the projects Salt SMART and Climate and Transport), Bioforsk (Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research) has summarized in a catalogue measures for different technological solutions for handling road salt. It is put emphasize on visualizing measures and solutions through presentations of sketches, principal drafts and extracts from product presentations. The background material are collected through a broad search on the internet. It was put emphasize on finding information from national road- and environmental authorities, engineering- and environmental technology companies in preference to traditional search in international research databases.

Implementation of effective measures for handling road salt assumes an understanding of spreading and transport from roads to ground water and surface water. Spreading and transport of road salt is dependant on a long list of factors of whom consumption patterns, natural conditions, climate and systems for handling run-off are most important. In the introduction it is given a summary of research on spreading and transport of road salt. The measures catalogue gives information on different measures in connection to protection of ground water, surface water, drinking water wells and plantations along roads.

The purpose of the measures catalogue has been to collect information about technological measures for an environmental handling of run-off water with road salt, and to contribute to a visual and process related way for understanding of actual measures. Most of the measures described are collected from Sweden, Denmark, Finland and Norway.

Emneord:

Road salt, run-off, measures, technological solution



Hovedkontor
Frederik A. Dahls vei 20,
1432 Ås
Tlf: 03 246
Fax: 63 00 92 10
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og miljø
Frederik A. Dahls vei 20
1432 Ås
Tlf: 03 246
Faks: 63 00 94 10
jord@bioforsk.no

Tittel: Tiltakskatalog - Tekniske løsninger for håndtering av avrenning med vegsalt
Forfatter(e): Roger Roseth og Lena Jakob

Dato: 20.04.10	Tilgjengelighet: Lukket	Prosjekt nr.: 2110447	Arkiv nr.: Arkivnr
Rapport nr: 42/2010	ISBN-nr.:	Antall sider: 57	Antall vedlegg: 2

Oppdragsgiver: Statens vegvesen Vegdirektoratet	Kontaktperson: Jørn Arntsen
---	---------------------------------------

Stikkord: Tiltak vegsalt overflatevann grunnvann vegetasjon	Fagområde:
---	-------------------

Sammendrag

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (FOU-programmene SaltSmart og Klima og Transport) har Bioforsk sammenstilt en tiltakskatalog for ulike tekniske løsninger for håndtering av vegsalt. Presenterte tiltaksløsninger retter seg mot beskyttelse av grunnvann, overflatevann, jord og vegetasjon. Det er lagt vekt på å visualisere tiltak og løsninger gjennom presentasjon av tegninger, prinsippkisser og utdrag av aktuelle produktpresentasjoner. Materialet er samlet inn gjennom et bredt søk på internett, hvor det har blitt vektlagt å framskaffe informasjon fra nasjonale veg- og miljømyndigheter, ingeniørfirmaer og produsenter av miljøteknologi framfor et tradisjonelt søk i internasjonale forskningsdatabaser.

Iverksetting av effektive tiltak for håndtering av vegsalt forutsetter en tilfredsstillende forståelse av spredning og transport fra veg til grunnvann og overflatevann. Spredning og transport av vegsalt er avhengig av en rekke faktorer hvorav forbruksmønster, naturgitte forhold, klima og overvannssystemer er noen av de viktigste. Innledningsvis er det derfor gitt en gjennomgang av undersøkelser som kan belyse spredning og transport av vegsalt.

Tiltakskatalogen gir opplysninger om ulike tiltak knyttet til beskyttelse av grunnvann, overflatevann, mindre drikkevannsbrønner og beplantning og vegetasjon langs veg.

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenning med vegsalt, og bidra til en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak. De fleste tiltakene som er beskrevet har blitt hentet fra Sverige, Danmark, Finland og Norge, men det er også hentet eksempler fra Canada, USA, Tyskland, Østerrike og Sveits.

Godkjent

Trond Mæhlum
Forskningsleder

Prosjektleder

Roger Roseth
Seniorforsker

Forord

På oppdrag fra miljøseksjonen i Vegdirektoratet og prosjektene Salt SMART og Klima og Transport har Bioforsk sammenstilt en tiltakskatalog knyttet til tekniske løsninger for håndtering av avrenning med vepsalt.

Innhold

1.	Sammendrag	3
2.	Innledning	4
3.	Spredning og transport av vegsalt	5
3.1	Grunnvann	5
3.2	Overvann og infiltrasjon langs veg	10
4.	Tekniske løsninger - håndtering vegsalt	17
4.1	Beskyttelse av grunnvann eller vassdrag	17
4.1.1	Kantstein og sluk	17
4.1.2	Tette grøfter med oppsamling	19
4.1.3	Vanlige grøfter med oppsamling	28
4.1.4	Optimalisering av rensebassenger	29
4.1.5	Brøyteprosedyrer	32
4.1.6	Snødeponier	33
4.1.7	Infiltrasjon	36
4.1.8	Endret utslippspunkt	38
4.2	Beskyttelse av drikkevannsbrønner langs veg	39
4.3	Beskyttelse av beplantning langs veg	43
4.3.1	Saltvern	44
4.3.2	Forhøyet midtrabatt og kantstein	47
4.3.3	Jordblandinger	48
4.3.4	Gjødsling og kalking	49
4.3.5	Vanning og vasking	49
4.3.6	Salttolerant vegetasjon	49
4.3.7	Kanadiske anbefalinger knyttet til vegsalt og vegetasjon	50
4.3.8	Akkumulering og omdanning av salt i planter	51
4.4	Restaurering av innsjøer med saltgradient	51
5.	Samlet vurdering	52
6.	Referanser	54
7.	Vedlegg	57

1. Sammendrag

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet (FOU-programmene Salt SMART og Klima og Transport) har Bioforsk sammenstilt en tiltakskatalog for ulike tekniske løsninger for håndtering av vegsalt. Presenterte tiltaksløsninger retter seg mot beskyttelse av grunnvann, overflatevann, jord og vegetasjon. Det er lagt vekt på å visualisere tiltak og løsninger gjennom presentasjon av tegninger, prinsippkisser og utdrag av aktuelle produktpresentasjoner. Materialet er samlet inn gjennom et bredt søk på internett, hvor det har blitt vektlagt å framskaffe informasjon fra nasjonale veg- og miljømyndigheter, ingeniørfirmaer og produsenter av miljøteknologi framfor et tradisjonelt søk i internasjonale forskningsdatabaser.

Iverksetting av effektive tiltak for håndtering av vegsalt forutsetter en tilfredsstillende forståelse av spredning og transport fra veg til grunnvann og overflatevann. Spredning og transport av vegsalt er avhengig av en rekke faktorer hvorav forbruksmønster, naturgitte forhold, klima og overvannssystemer er noen av de viktigste. Innledningsvis er det derfor gitt en gjennomgang av undersøkelser som kan belyse spredning og transport av vegsalt.

Tiltakskatalogen gir opplysninger om ulike tiltak knyttet til beskyttelse av grunnvann, overflatevann, mindre drikkevannsbrønner og beplantning og vegetasjon langs veg.

Målet med tiltakskatalogen har vært å samle informasjon om tekniske tiltak for en miljømessig håndtering av avrenning med vegsalt, og bidra til en visuell og prosessmessig forståelse av aktuelle tiltak. De fleste tiltakene som er beskrevet har blitt hentet fra Sverige, Danmark, Finland og Norge, men det er også hentet eksempler fra Canada, USA, Tyskland, Østerrike og Sveits.

2. Innledning

Vegsalt er i omfattende bruk for å gi tilfredsstillende friksjon og veggrep på norske veger gjennom vinteren. De siste 10 årene har forbruket blitt mer enn fordoblet. Avrenning av vegsalt kan representere en trussel for vannkvalitet i vassdrag og grunnvann. For flere mindre sjøer og tjern i nærheten av sterkt trafikkerte veger har det blitt påvist saltsjiktning og redusert miljøkvalitet. Mindre drikkevannsbrønner har blitt ødelagt av saltpåvirkning, men også for større vannverk basert på grunnvann kan det oppstå problemer.

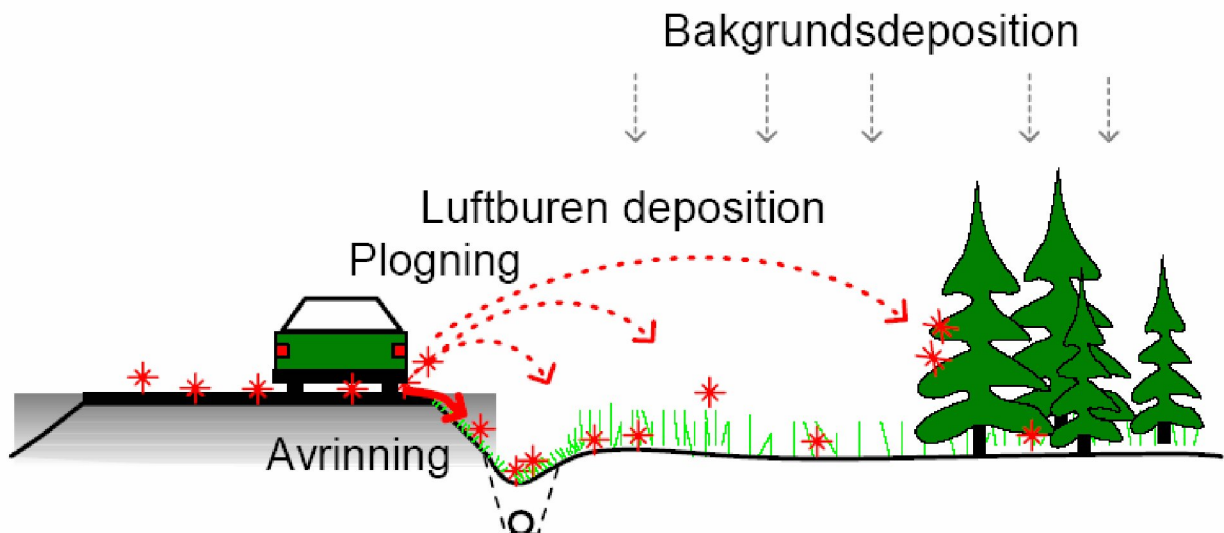
Tekniske miljøtiltak for håndtering av avrenning med vegsalt vil kunne bidra til å opprettholde en tilfredsstillende miljøkvalitet i sårbare eller verdifulle resipienter samtidig som det kan utføres normalt vintervedlikehold på tilgrensende motorveger.

3. Spredning og transport av vegsalt

God kunnskap om spredning og transport av vegsalt er nødvendig for å planlegge tiltak som kan forebygge miljøeffekter i grunnvann og overflatevann. Dette kapitlet gir en presentasjon av undersøkelser som har dokumentert spredning og transport av vegsalt samt konsentrasjoner og effekter i resipienter. Det har blitt lagt vekt på å finne fram til visuelle illustrasjoner av disse problemstillingene.

Etter utlegging på veg kan vegsaltet spres til jord, grunnvann, overflatevann og luft. Det er ulike spredningsveier (figur 1):

- Avrenning fra veg til vegkant
- Direkte sprut fra vegen til nære kantarealer
- Sprut av finfordelte dråper som følger luftstrøm og avsettes i større avstand fra veg
- Snøbrøyting
- Deponering av brøytet snø



Figur 1. Viser ulike spredningsveier for vegsalt etter utlegging på vegen (Lundmark et al. 2007).

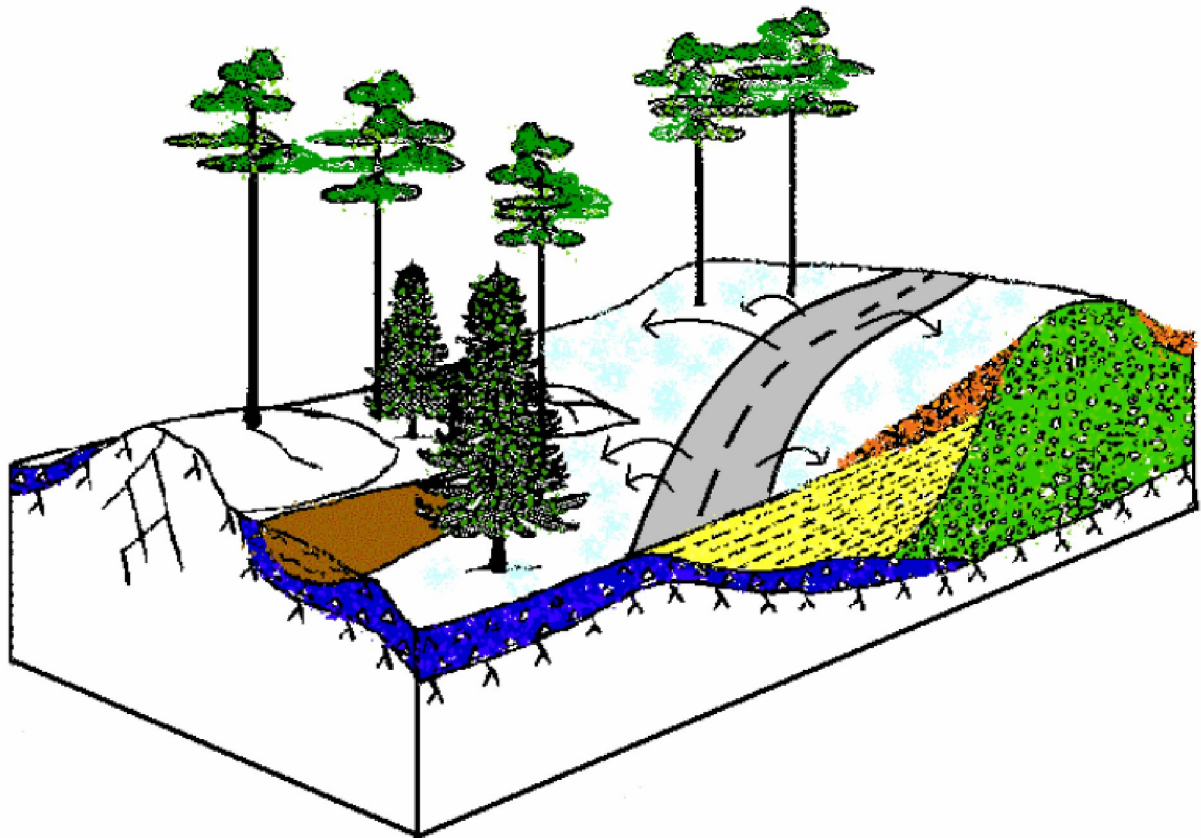
Undersøkelser har vist at en stor andel av det saltet som tilføres på veg vil infiltrere i løsmasser langs kanten av vegen. Infiltrert salt vaskes ned til grunnvannet etter transport via umettet sone.

Avhengig av lokale og tilførte løsmasser langs vegen og utformingen av dreneringssystemet vil en varierende andel av tilført salt følge overvann fra vegen fram til sluk og overvannssystem. Vann som samles i overvannssystemet føres til utslipp i vassdrag langs veglinja eller til infiltrasjon i tilrettelagte anlegg/områder.

3.1 Grunnvann

Langs en vegstrekning vil det kunne være ulike hydrogeologiske forhold som vil påvirke transport, spredning og infiltrasjon av vegsalt (figur 2). Det kan være forskjellige typer av løsmasser og med varierende mektighet over fjell. Løsmasser av sand eller grus vil gi rask infiltrasjon, mens tett leire vil kunne føre til at en større andel av overvannet samles opp av overvannssystemet. Forhold knyttet til grunnvann vil også variere mye. På enkelte lokaliteter vil det bare være grunnvann i fjell. De fleste steder vil det også være grunnvann i løsmasser over fjell. Ved tette sjikt i løsmassene kan det dannes hengende grunnvann. For å vurdere potensielle skadeeffekter av vegsalt langs en ny vegstrekning er det viktig å skaffe seg oversikt over de hydrogeologiske forholdene. En slik kartlegging vil kunne bidra til å avdekke vegstrekninger som er sårbare for tilførsler av salt og vegstrekninger som har mer robuste

resipienter. Resultatene fra en slik undersøkelse kan brukes til å planlegge en miljøoptimal dreneringsstrategi for den nye vegstrekningen.



Figur 2. Figur med eksempler på ulike hydrogeologiske forhold langs en veg: Bart fjell, løsmasser over fjell med terrengnært grunnvann, grovkornede elve- og breelvavsetninger med dypt grunnvann, tett morenemateriale og hengende grunnvann i myrområder (fra Lundmark 2005).

For områder med vannforsyning fra grunnvann er det særlig viktig å beskytte grunnvannet mot tilførsel av vegsalt. Økte konsentrasjoner av klorid og natrium forringer drikkevannet. Den norske drikkevannsforskriften angir en grenseverdi på 200 mg/l både for klorid og natrium.

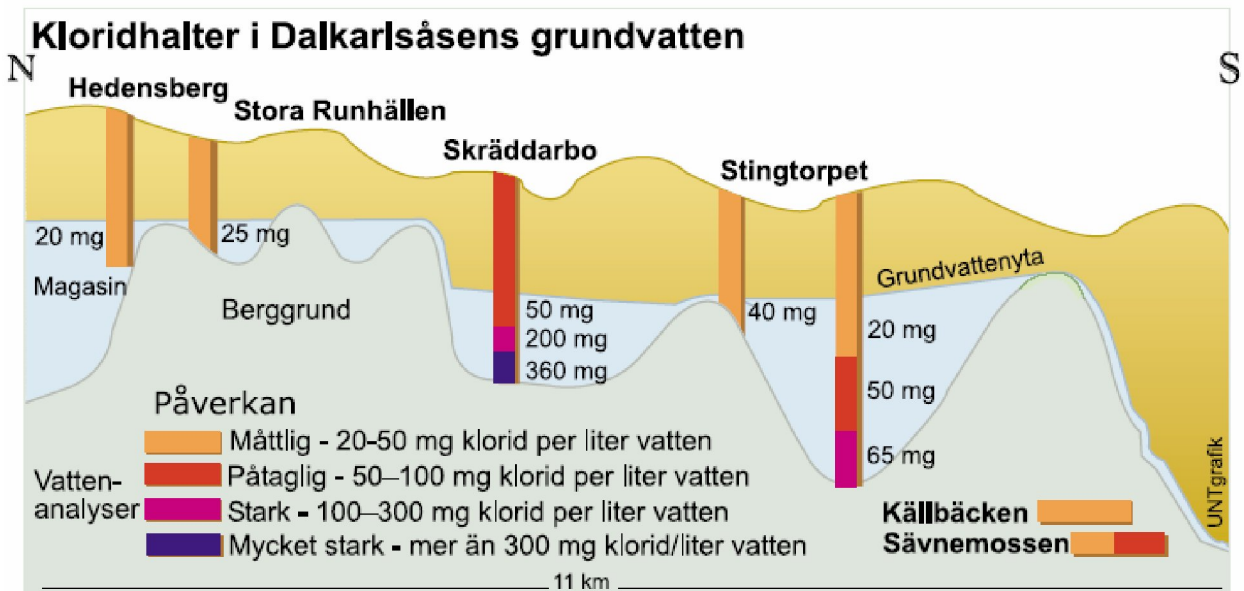
Den sterkt trafikkerte Rv 67 mellom Heby og Tärnsjö i Västmannsland län går på toppen av Dalkarlsåsen i Sverige. Dette er en grusås med store løsmasseavsetninger. Her har SGU utført målinger av klorid i to store grunnvannskilder siden begynnelsen av 60-tallet, og avdekket en kraftig økning i konsentrasjoner. For Ingebokällan (4000 m³/døgn) har kloridkonsentrasjonen steget fra 3 til 10 mg Cl/l. For Ulebokällan (2000 m³/døgn) har kloridkonsentrasjonen steget fra 5 til 40 mg Cl/l (SGU 1999). Dette er store og uønskede endringer i vannkvaliteten for grunnvannskilder aktuelle for vannforsyning. Supplerende undersøkelser har vist at det har skjedd store endringer i kloridkonsentrasjonen i dyptliggende "grunnvannsbassenger" avgrenset av fjellterskler. I disse bassengene ble det funnet sterkt økende kloridkonsentrasjoner med økende dyp, som resultat av en tetthetsavhengig innlagring av salt overvann som infiltrerer fra vegen på toppen av åsen (figur 3 og 4).

Bester et al (2006) utførte en simulering av spredning av vegsalt fra sterkt trafikkerte veger i et urbant område i Canada (Waterloo) med vannforsyning fra grunnvann. Simuleringen bygde på spredningsstudier og undersøkelser av porevann (figur 5) som viste at storparten av tilført vegsalt infiltrerte i veggrofta nær vegen. Figur 6 viser en simulering av konsentrasjoner av klorid i jord langs hovedvegsystemet en urban del av Waterloo som har vannforsyning fra grunnvann. Simuleringen viste svært høye konsentrasjoner av klorid i jord langs vegene. Langs vegkanten skjer det en linjeinfiltrasjon av avrenning med høyt saltinnhold, og dette saltet transporteres raskt nedover i umettet sone.

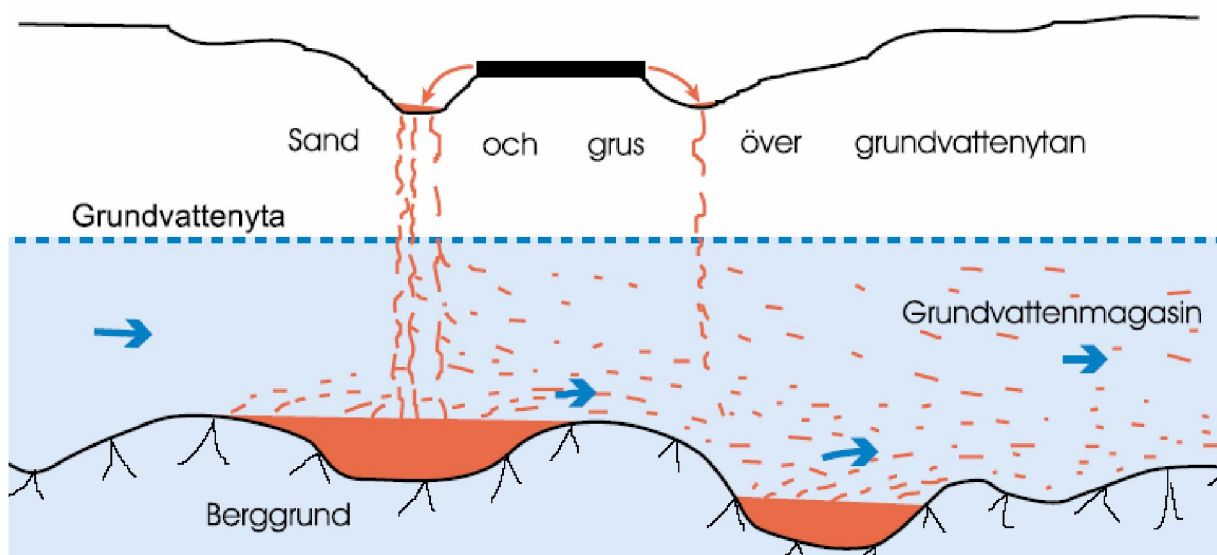
Figur 7 viser simulert transport og spredning av tilført klorid fra vegsystemet i umettet sone og hengende grunnvann under det aktuelle området i 2002. Klorid som transporteres i umettet sone bruker lang tid ned til grunnvann siden systemet med umettet sone og hengende grunnvann har stor

mektighet. Slik kan store mengder klorid fra vegsalt være på veg ned mot grunnvannet selv om effektene ikke har vist seg i brønner for vannforsyning.

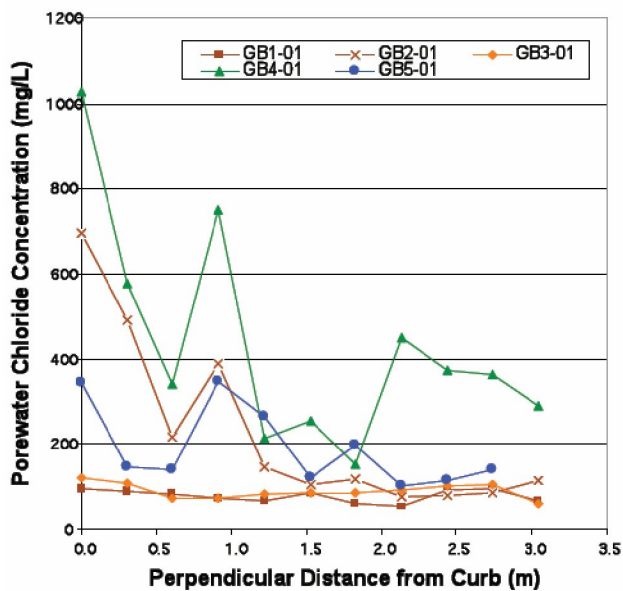
Figur 8 viser en tilsvarende simulering for året 2040. Her har saltpulsene skapt gjennom vedvarende høy belastning blitt transportert dypere ned i grunnvannsystemet, og begge de aktuelle drikkevannsbrønnene forventes å være vesentlig påvirket av tilført klorid. Simuleringene indikerte at konsentrasjonene av klorid vil øke i lang tid selv om saltingen av vegene opphører.



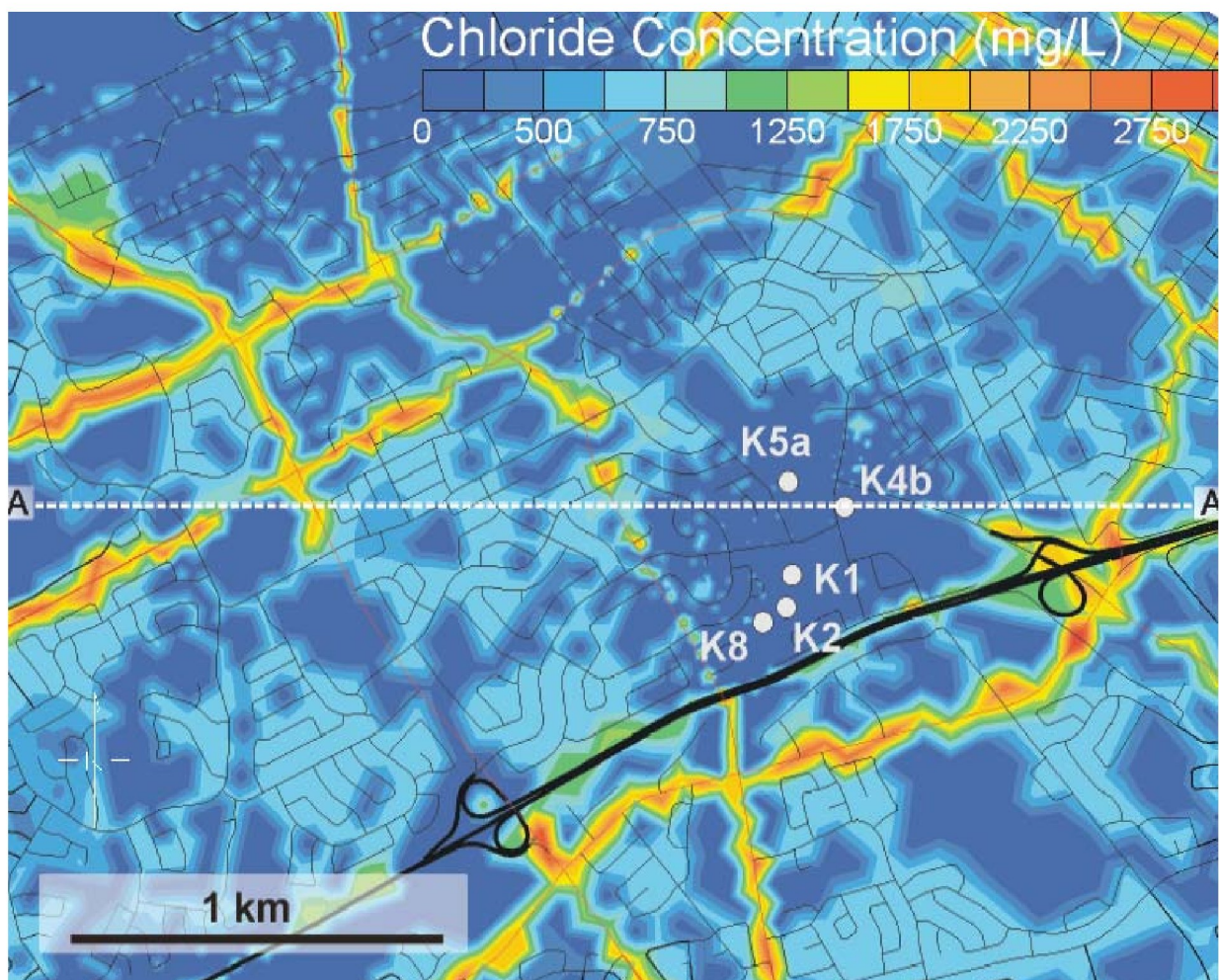
Figur 3. Viser målte konsentrasjoner av klorid i grunnvann i Dalkarlsåsen. Rv67 går på toppen av grusåsen, og avrenning med vegsalt har gitt en sterk påvirkning av grunnvannskvaliteten. Særlig gjelder det dypereliggende "grunnvannsbassenger" med langsom vannutskiftning. (Müllern 1999).



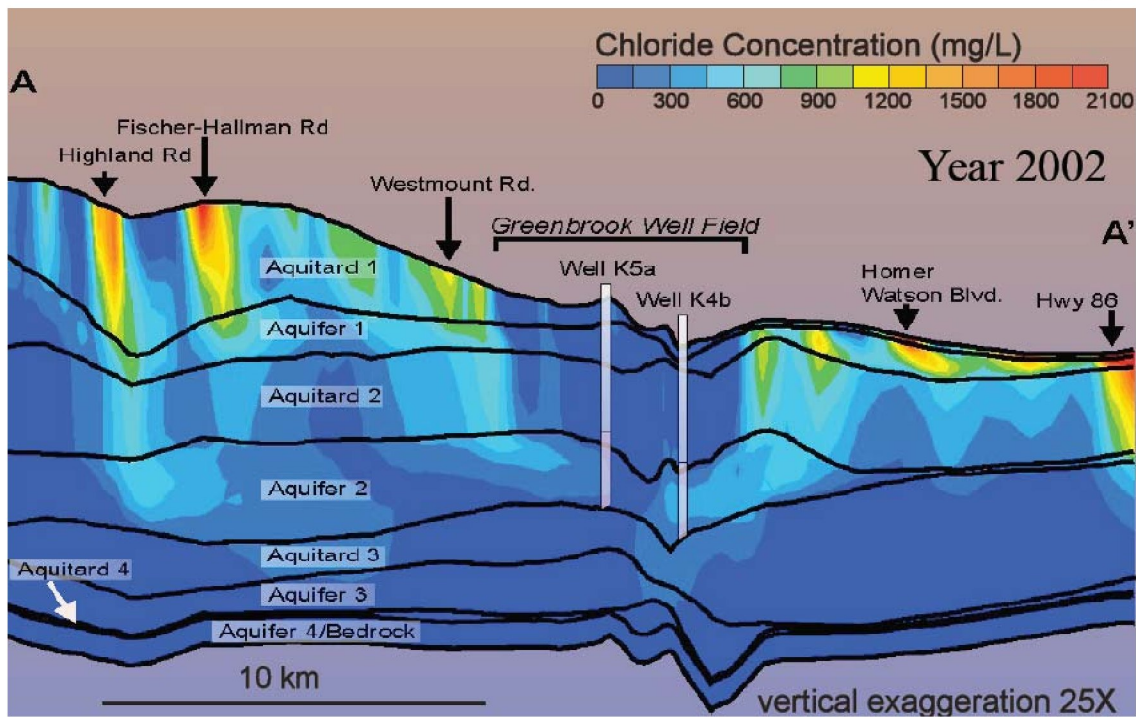
Figur 4. Viser hvordan sterkt saltholdig avrenning som infiltrerer i veggroftene transporteres gjennom umettet sone ned mot bunnen av grunnvannsmagasinet. I områder med "bassenger" avgrenset av fjellterskler vil det kunne dannes soner med tetthetsstyrt innlagring av tilført saltholdig vann, noe som kan gi svært høye konsentrasjoner av klorid.



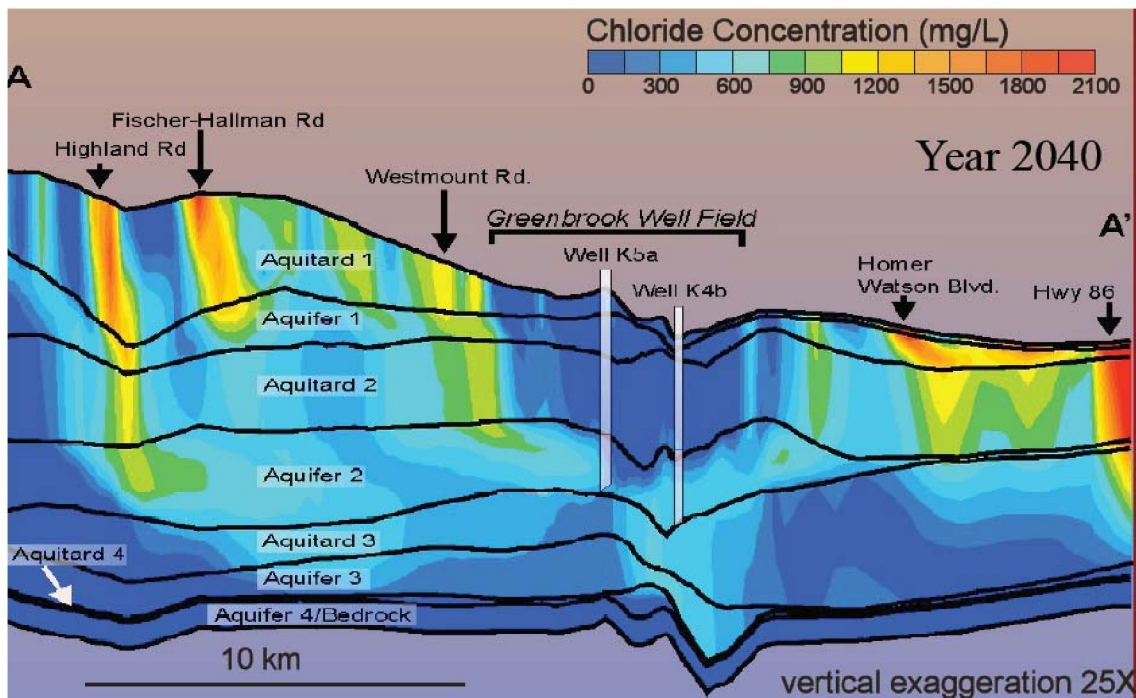
Figur 5. Målinger av klorid i porevann i overflatejord langs veg i Waterloo i Canada (Bester et al. 2006). Konsentrasjonene av klorid avtok raskt med økende avstand fra vegkant. De høyeste konsentrasjonene ble funnet innenfor 1 m fra vegkant. I avstander over 3 m fra vegkant var konsentrasjonene vesentlig lavere.



Figur 6. Simulerte kloridkonsentrasjoner i porevann i overflatejord i Waterloo i Canada (Bester et al. 2006). Langs vegsystemene blir det høye konsentrasjoner av klorid i porevannet. Tilført klorid linjeinfiltrerer ned mot grunnvann. Brønner brukt til vannforsyning har hvit signatur. Tverrsnittet indikert med hvit prikket linje er vist i figur 7 og 8.



Figur 7. Simulering av tilført klorid og bevegelse i umettet sone og hengende grunnvann i Waterloo for 2002 (Bester et al. 2006). Tilført klorid infiltrerer langs vegkanten og beveger seg nedover i umettet sone. For 2002 viser simuleringen en begrenset påvirkning av grunnvannssonen rundt brønnene for vannforsyning.



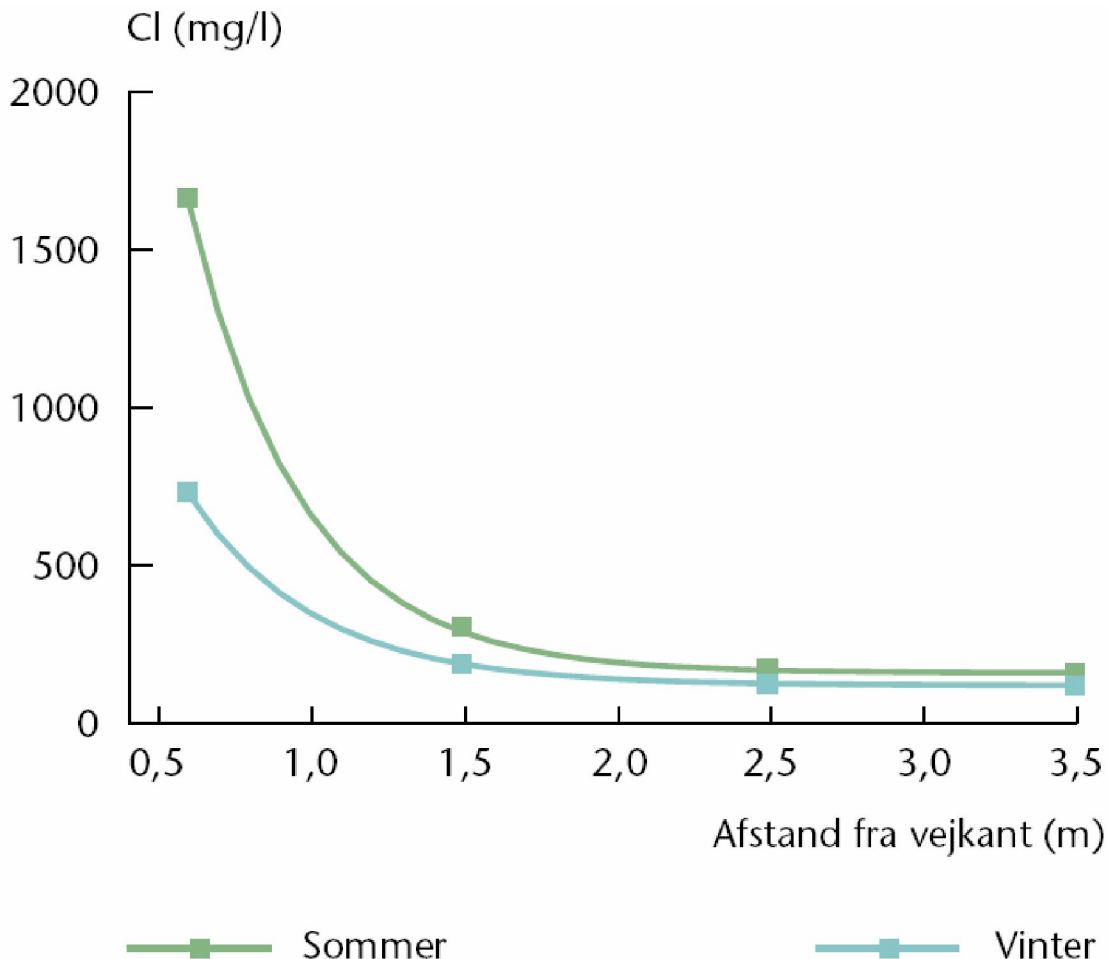
Figur 8. Simulering av klorid og bevegelse i umettet sone og hengende grunnvann i Waterloo i 2040, gitt samme kloridbelastning langs vegnettet som i dag (Bester et al. 2006). Simuleringen indikerte at grunnvannet rundt brønner for vannforsyning vil være vesentlig påvirket av klorid. Effekten vil øke med tiden selv om saltingen opphører.

Lax og Peterson (2008) utførte også en simulering av kloridtransport (2D) i umettet sone langs vegkanter. Simuleringen ble utført med grunnlag fra boringer hvor det ble målt kloridinnhold i porevann. De fant at perioder med tilførsel av mye vegsalt resulterte i "pakker" med sterkt kloridpåvirket porevann som beveget seg nedover i jordprofilet. Simuleringene indikerte at mengden klorid som beveget seg nedover i umettet sone samlet utgjorde et stort "lager" av klorid med en stor potensiell påvirkning av underliggende grunnvann.

3.2 Overvann og infiltrasjon langs veg

I foregående kapittel er det referert undersøkelser som har vist at porevannet i jord tett inntil asfaltkanten er sterkt påvirket av klorid tilført som vegsalt på vegbanen.

Tilsvarende har danske (Planter & Vejsalt 2001) og svenske (Paulsson 2008) undersøkelser vist at kloridkonsentrasjonen og saltbelastningen til kantarealene (grøftene) langs vegbanen reduseres vesentlig når avstanden fra vegen øker utover 2 m (figur 9).



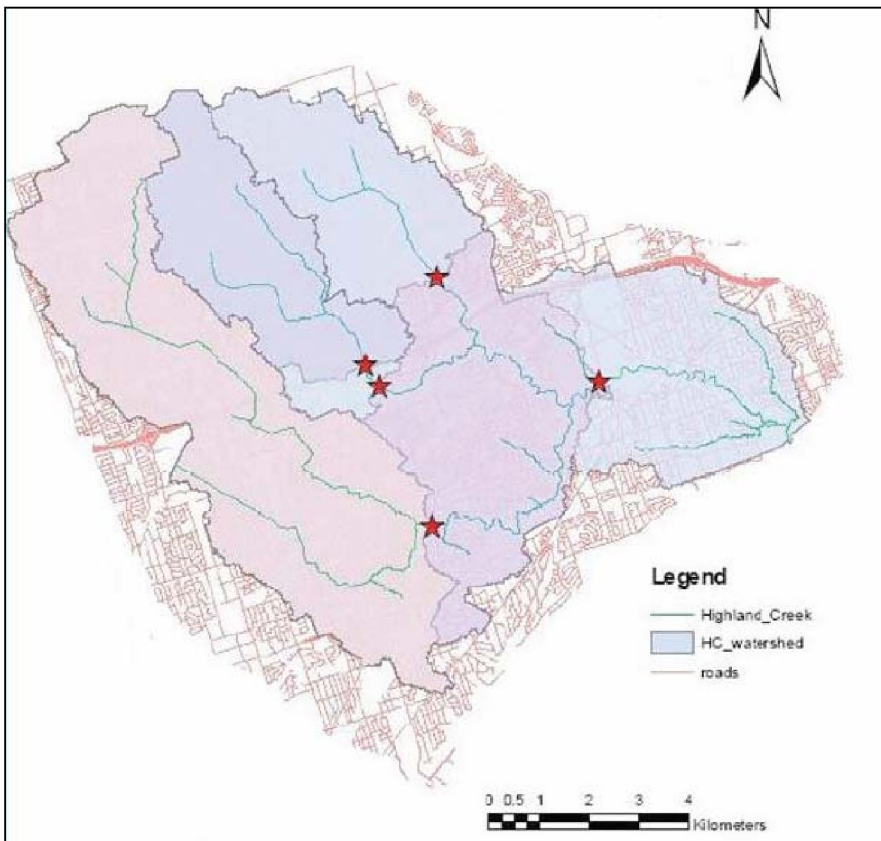
Figur 9. Viser midlere kloridkonsentrasjoner i porevann i overflatejord langs veg med økende avstand fra vegbanen (fra Planter & Vejsalt 2001).

Undersøkelser og modellering av infiltrasjon i veggroft utført av Paulsen (2008) på E4/E20 i Sverige indikerte at avrenning fra vegbanen i stor grad infiltrerte i veggrofta og mye i området mindre enn 2 m fra vegkanten. I en samlet vurdering av mulige avrenningshendelser gjennom året tilsa simuleringene at kun noen få større avrenningsepisoder var så kraftige at avrenningen ble ført fram til inntakskummer for overvannssystemet.

Refererte undersøkelser indikerte dermed at en stor andel av vegsaltet infiltrerer nær vegkanten, og at transport i overvannssystemet utgjør en mindre viktig spredningsveg.

Undersøkelser av avrenning fra byområder i Toronto indikerte imidlertid at en stor andel av vegsaltet ble funnet igjen i overvann og bekker som samlet avrenning fra disse områdene (Perera et al 2009). Figur 10 viser målestasjoner i overvann og bekker som drenerer valgte tettstedsområder i Toronto. Her ble det utført kontinuerlige målinger av ledningsevne fra 2005 til 2009. Målingene har gitt grunnlag for å beregne mengde salt transportert gjennom overvanns- og bekkesystemet som drenerer denne bydelen. Figur 11 viser en av målestasjonene hvor det blir målt ledningsevne både i en kulvert og i et mindre overvannssystem.

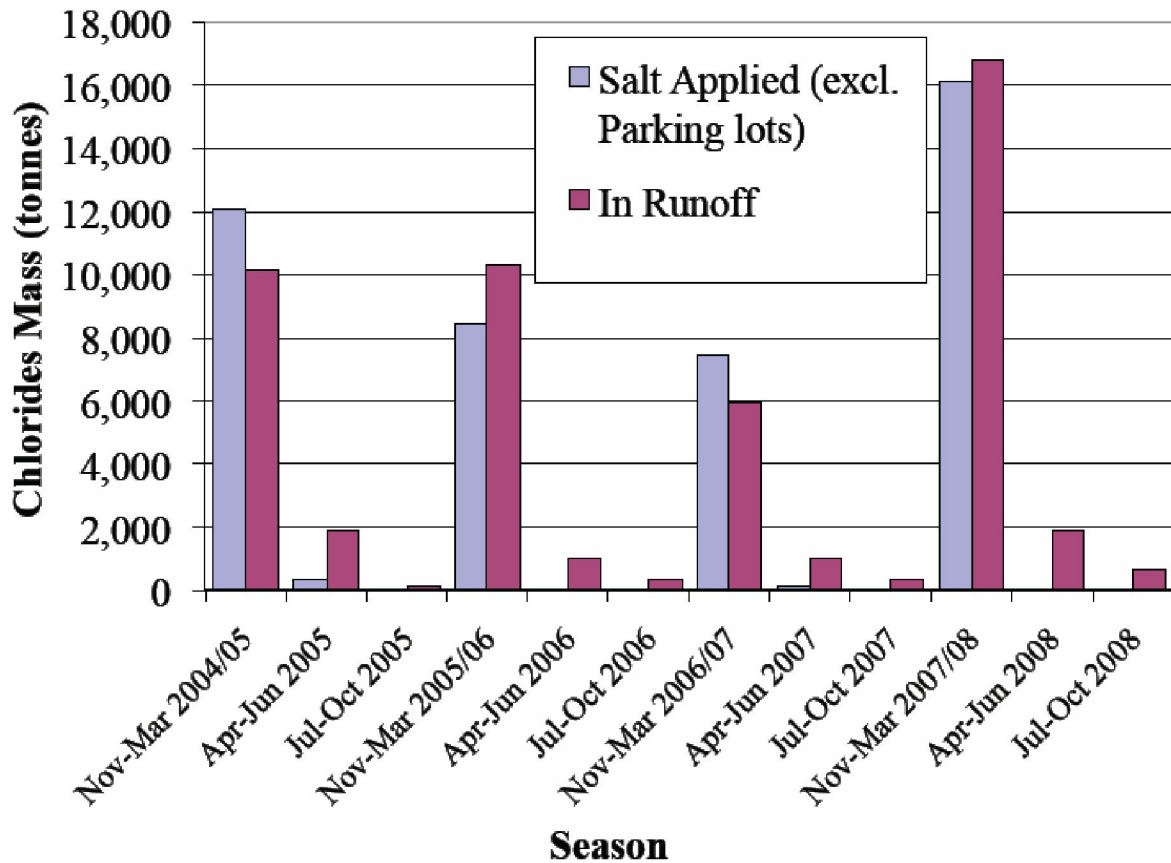
I figur 12 er beregnet mengde salt transportert gjennom overvanns- og bekkesystemet sammenlignet med saltforbruket i de samme periodene. Mengde vegsalt påført vegsystemene og mengde vegsalt gjenfunnet i overvann og bekkevann viste det samme mønsteret.



Figur 10. Viser plassering av målestasjoner for kontinuerlige målinger av ledningsevne i overvann og bekkevann som drenerer en bydel i Toronto (Perera et al. 2009).

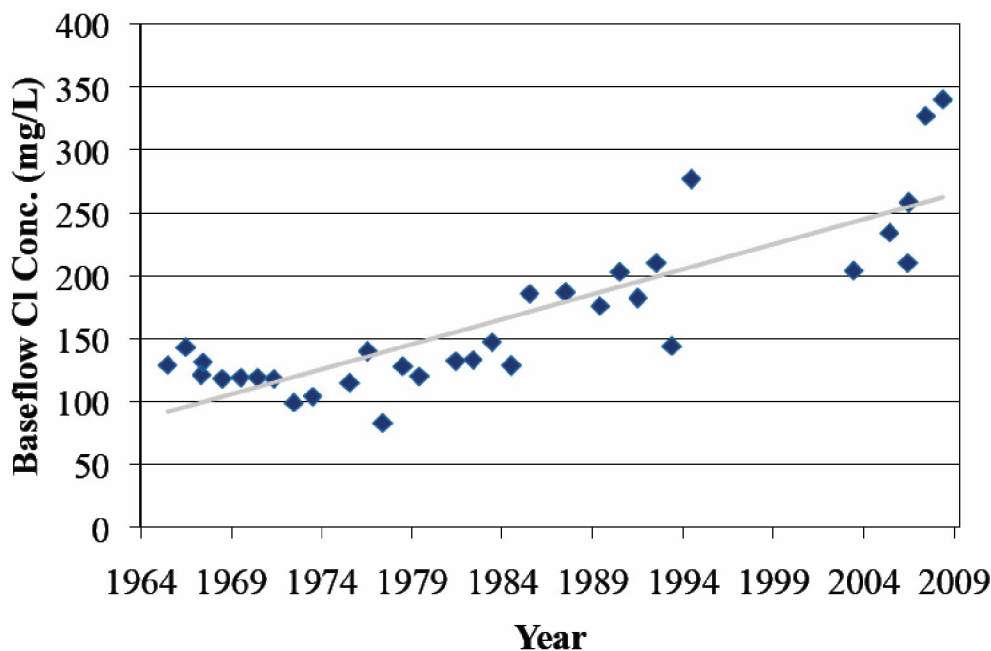


Figur 11. Viser en målestasjon for kontinuerlige målinger av ledningsevne i tilknytning til en bekkekulvert og et mindre overvannsrør som munner ut i denne kulverten (fra Perera et al. 2009).



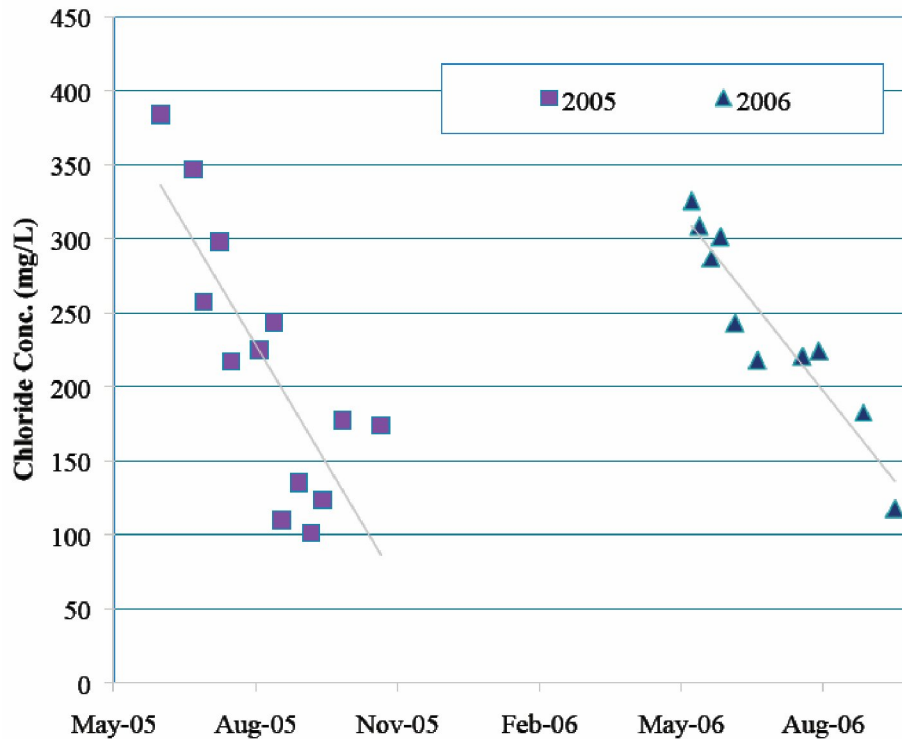
Figur 11. Viser mengde tilført vegsalt som klorid i aktuell bydel i Toronto sammenlignet med beregnet mengde salt transportert ut med overvann og bekkevann fra området (fra Perera et al. 2009).

Figur 12 viser hvordan midlere kloridkonsentrasjoner i en bekk som drenerer urbane områder i Toronto har økt fra 1964 fram til 2009. I perioden 1964 til 1984 varierte midlere konsentrasjoner av klorid i bekkevannet mellom 100 og 150 mg Cl/l. I 2007 og 2008 var de midlere konsentrasjonene av klorid mellom 300 og 350 mg Cl/l.



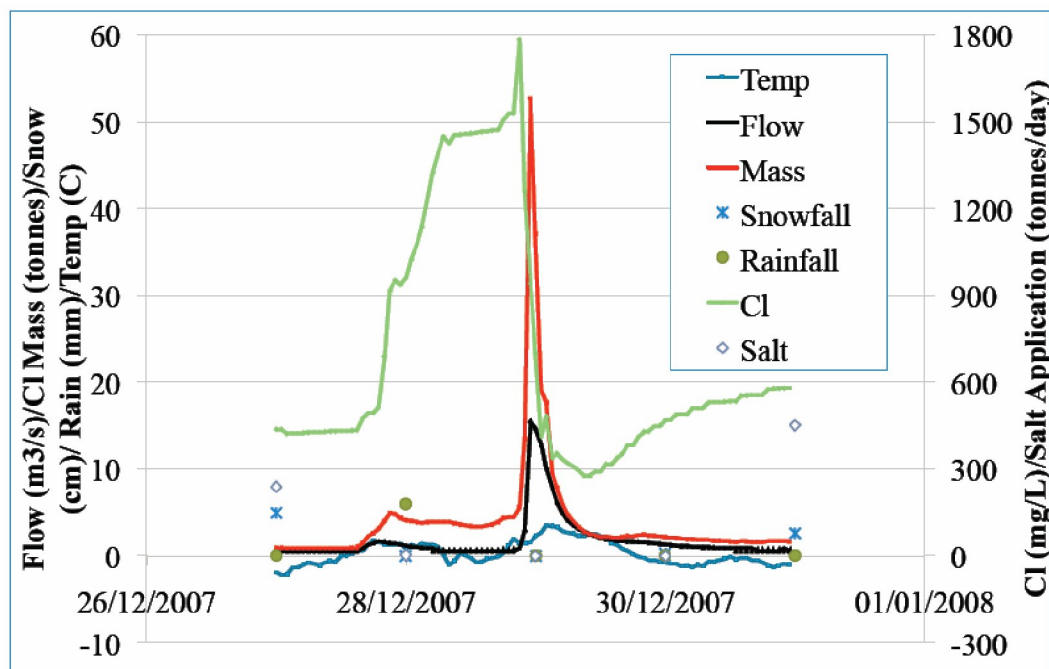
Figur 12. Viser midlere årskonsentrasjoner av klorid i bekk som drenerer et urbant nedbørfelt i Toronto i perioden fra 1964 til 2009 (fra Perera et al. 2009).

Når påføring av vegsalt avsluttes på våren avtar konsentrasjonene av klorid i de urbane bekkene og konsentrasjonen av klorid avtar helt fram mot ny tilførsel av vegsalt knyttet til neste vintersesong (figur 13).



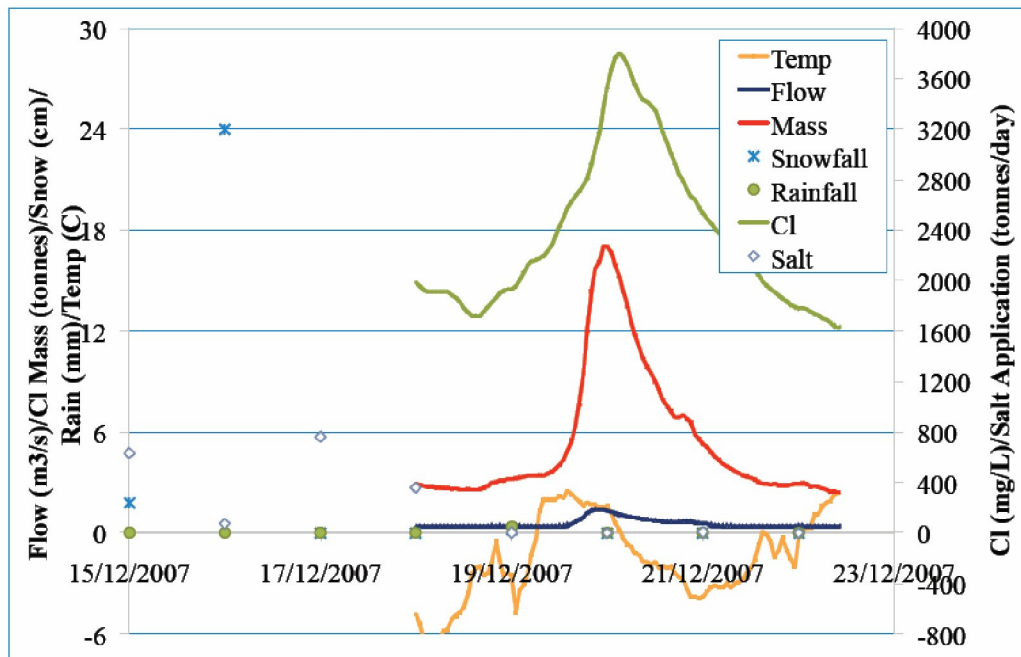
Figur 13. Viser avtakende konsentrasjon av klorid i urban bekk i Toronto i løpet av den perioden det ikke brukes vegsalt (fra Perera et al. 2009).

Resultater samlet inn av Perera et al. (2009) viste kloridkonsentrasjoner i overvann fra veg i ulike avrennings situasjoner. Figur 14 viser et typisk forløp når det regner på snø som inneholder vegsalt. Vegsaltet vaskes raskt ut av snøen og kloridkonsentrasjonen i overvannet stiger raskt med den første avrenningen. Når avrenningen øker som følge av økende snøsmelting så fortynnes resttilførslene av klorid slik at konsentrasjonen avtar tilbake til opprinnelig nivå.



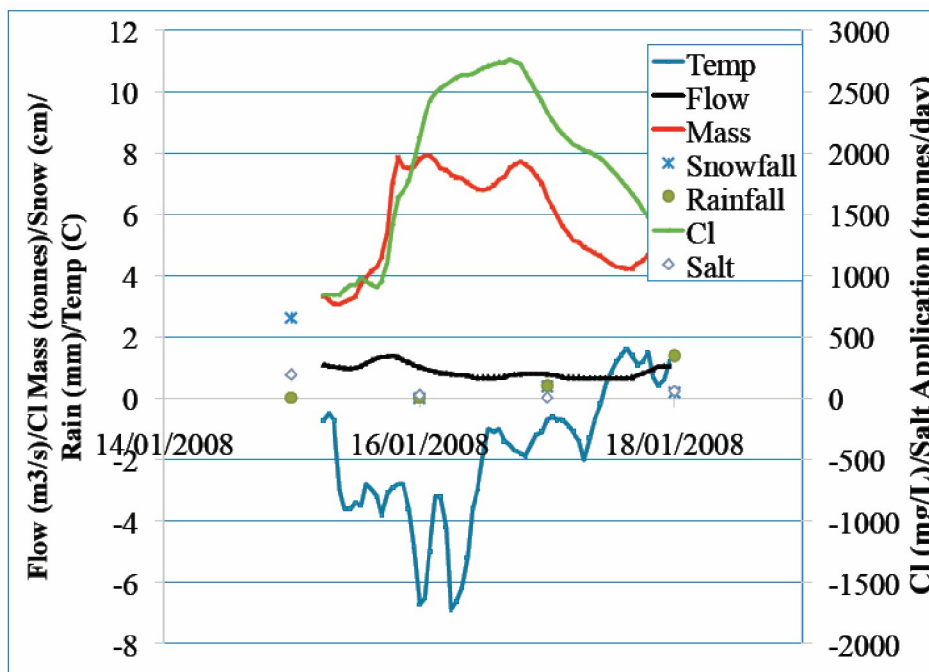
Figur 14. Viser avrenningsdynamikk for klorid fra vegsalt når dette er lagret i snø og det regner på snøen (fra Perera et al. 2009).

Figur 15 viser et eksempel på avrenningsdynamikk for vegsalt fra snø i et temperaturpåvirket smelteforløp. Med økende temperatur smelter en del av snøen og kloridkonsentrasjonen i overvannet øker samtidig som avrenningen øker. Den høyeste konsentrasjonen av klorid er nesten sammenfallende med maksimal avrenning.



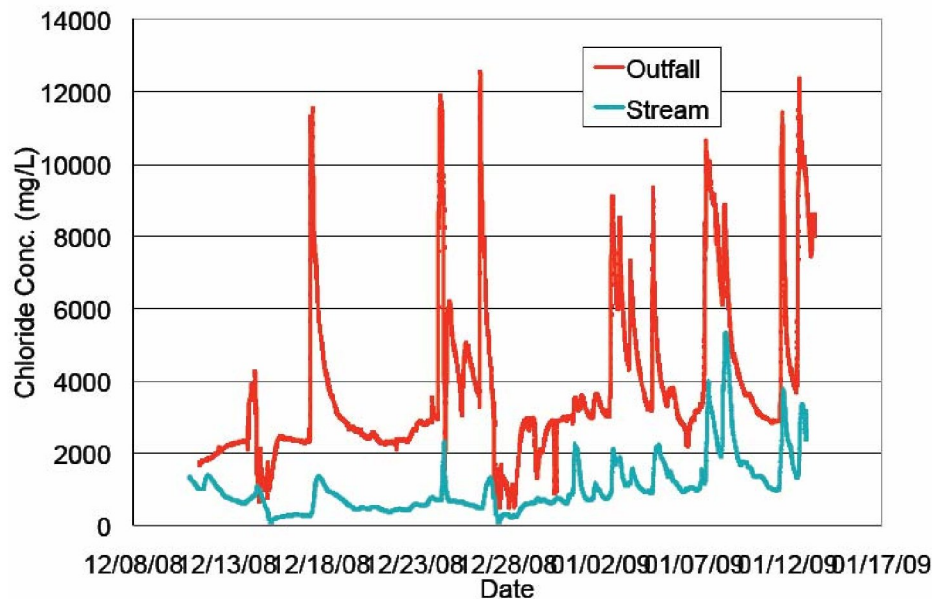
Figur 15. Viser avrenningsdynamikk for klorid fra vegsalt når snø med vegsalt smelter som følge av økt temperatur (fra Perera et al. 2009).

Figur 16 viser avrenningsdynamikk for vegsalt når snøen smelter som følge av at smeltepunktet nedsettes som følge av saltpåvirkning. Avrenning skapt som følge av slik smelting gir en høy konsentrasjon av klorid i et begrenset avrenningsvolum. For slike episoder mener Perera et al. (2009) at det kan vurderes oppsamling og utjevning av smelte- og dreinsvann for å beskytte resipienten i en periode med liten vannføring og dårlig fortynningskapasitet. Dette for å unngå konsentrasjoner av klorid som kan gi kroniske eller akutte effekter på vannlevende organismer i vassdraget.



Figur 16. Viser avrenningsdynamikk for klorid fra vegsalt når snø smelter som følge av saltpåvirkning (fra Perera et al. 2009).

Perera et al. (2009) har også presentert en sammenstilling av hvordan konsentrasjonene av klorid i overvann fra veg samvarierte med konsentrasjoner i bekk som mottok denne avrenningen (figur 17). Resultatene viste, som forventet, en nær sammenheng mellom høye konsentrasjoner av klorid i tilført overvann og høye konsentrasjoner i bekken.



Figur 17. Viser sammenheng mellom målte konsentrasjoner av klorid i overvann fra veg (rød) og målte konsentrasjoner av klorid i bekk som mottar dette overvannet (grønn). Fra Perera et al. (2009).

I et kontrollert forsøk knyttet til en kort vegstrekning med kantstein og sluk fant Menkin et al. (2009) at 67 % av tilført salt på vegstrekningen ble gjenfunnet i overvannet. Det antydes imidlertid at saltmengden som har blitt gjenfunnet i overvannet kan være overestimert, slik at aktuell fordeling kan være halvparten til infiltrasjon og halvparten til avrenning med overvannet. Forfatterne refererer også andre undersøkelser som angir fordeling av anvendt vegsalt til infiltrasjon og til overvann:

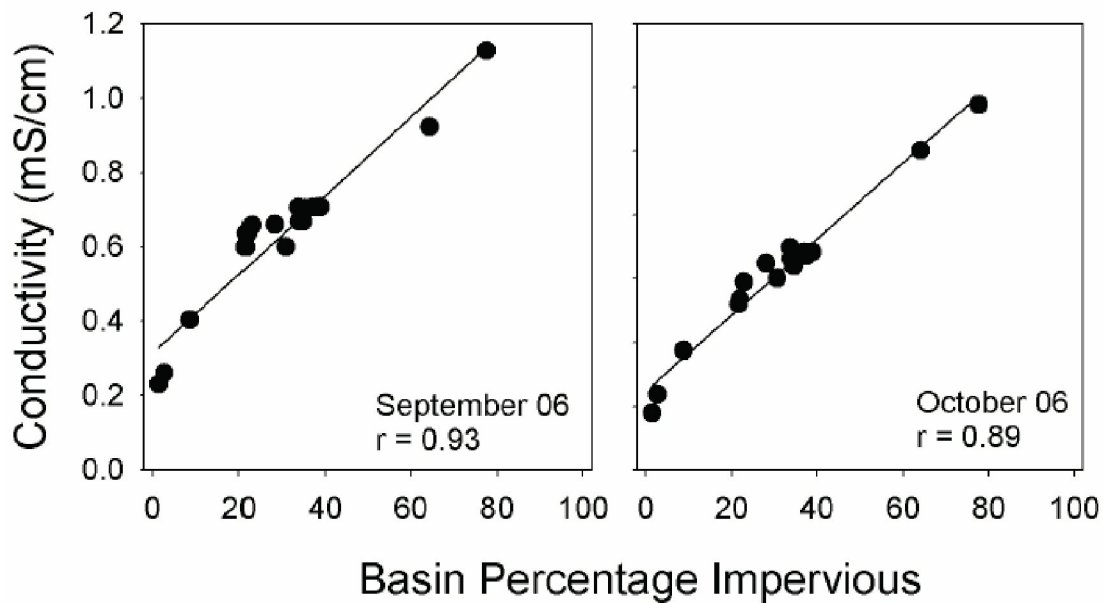
- Howard og Haynes (1993) - 55 % av klorid fra vegsalt infiltrerer til grunnvann
- Lundmark og Olofsson (2007) - 45 % av vegsalt avsatt på kantarealer langs vegen som følge av sprut og lufttransport.
- Bester et al. (2006) - 20 % av klorid i anvendt vegsalt infiltrerer til lokalt grunnvann

En annen interessant sammenheng var forholdet mellom målt konduktivitet og andelen tette flater oppstrøms målepunktet. Resultatene vist i figur 18 viste en helt klar sammenheng der konduktiviteten for de ulike målepunktene økte tilnærmet lineært med andelen tette flater i nedbørfeltet. Effekten er som forventet og har nok sammenheng med disse forholdene:

- Økende bruk av vegsalt med økende andel tette flater
- Tilført vegsalt transporteres i stor grad med overvann i områder dominert av tette flater mens andelen som infiltrerer til grunnvann avtar.

Snøbrøyting og deponering av brøytet snø representerer også en spredningsvei. Ved bortkjøring av brøytet snø til deponi vil utlagt vegsalt tilføres vannmiljøet på en helt annen lokalitet enn saltet blir brukt. Det er usikkert hvor stor andel av den totale mengden vegsalt som følger med brøytesnøen til snødeponiet. Dette forventes også å variere mye.

Alle typer av inngrep og tiltak knyttet til infiltrasjon og avrenning av vann fra og langs en veg vil påvirke spredning og transport av vegsalt. I en tabell gitt i "Synthesis of best practice - road salt management" er ulike metoder for håndtering av overvann og infiltrasjon vurdert ut fra om disse kan forebygge skadeeffekter av salt eller ikke (tabell 1).



Figur 18. Viser hvordan midlere ledningsevne øker i bekker med en økende andel tette flater i nedbørfeltet (Menkin et al. 2009).

Tabell 1. Viser ulike typer av grøfter og overvannshåndtering for en vegstrekning og hvordan dette kan tenkes å påvirke miljøeffekter forårsaket av vegsalt.

Management Practice	Characteristics	Feature that May be Impacted				
		Ground-water	Aquatic Habitat	Agriculture	Wetlands	Wildlife
Sheet Flow	Disperses runoff	-	+	0	0	0
V-Ditch	Channels runoff	+	-	+	+	+
Storm Sewer	Channels runoff with little opportunity for infiltration	+	-	+	+	+
Flat Bottom Ditch	Channels runoff Some attenuation of flow rate Some sediment trapping Some potential for infiltration	0	-	+	+	0
Flat Bottom Ditch with Storage	Channels runoff Attenuates flow rate Some sediment trapping Some potential for infiltration	-	+	+	+	-
Dry Basin (Pond)	Attenuates flow rate Sediment trapping Potential for infiltration	-	+	0	0	0
Wet Basin (Pond)	Attenuates flow rate Sediment trapping Potential for infiltration	-	+	0	0	-
Buffer Strip and Containment Berm	Contains and disperses runoff	-	+	0	+	-

Legend:

- + The identified management measure may reduce the level of impact from salt-laden runoff (i.e. The level of impact potential for a feature may be decreased from high to medium, medium to low, etc.).
- The identified management measure may increase the level of impact from salt-laden runoff (i.e. The level of impact potential for a feature may be increased from low to medium, medium to high, etc.).
- 0 The identified management measure will have minimal effect on the level of impact potential.

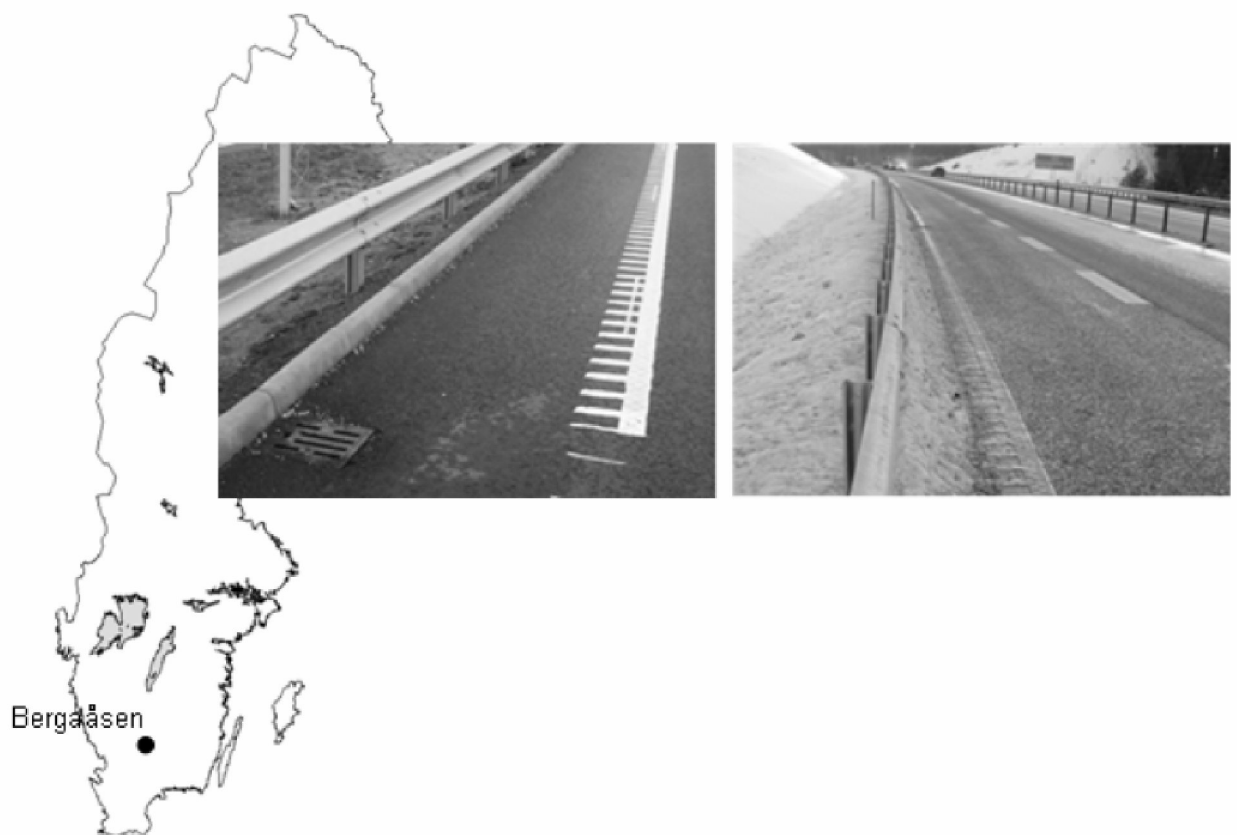
4. Tekniske løsninger - håndtering vegsalt

4.1 Beskyttelse av grunnvann eller vassdrag

4.1.1 Kantstein og sluk

Ved Bergaåsen, ca. 10 km nord for Ljungby i sør Sverige, ligger E4 på en viktig grunnvannsressurs. For å beskytte denne mot tilførsel av salt er vegen konstruert slik at all avrenning fra asfalten samles i overvann som føres ut av det sårbare området. Langs asfaltkanten er det kantstein som samler alt overvann fra vegbanen til sluk og overvannssystem (figur 19 og figur 20). Kantstein og sluk har blitt anlagt langs en vegstrekning på 1,7 km. Undersøkelser utført av Lundmark et al. (2007) viste at rundt 85 % av tilført klorid ble samlet til overvann den første delen av vinteren. På våren viste tallene dårligere oppsamling, rundt 25 %, men tallene ble vurdert som usikre. På vegstrekningen som ble undersøkt ble det brukt rundt 16 tonn salt per km i undersøkelsesperioden 05/06.

Sammenlignet med undersøkelser referert i kapittel 3 synes angitt oppsamling av vegsalt med kantstein og sluk på 85 % å være for høy. Mer sannsynlig vil en kunne samle avrenning med litt over halvparten av tilført vegsalt i en slik løsning, men dette vil variere mye avhengig av klimamessige forhold, trafikk og brøyteprosedyrer.



Figur 19. Geografisk plassering og utforming av oppsamlingssystem for avrenning fra E4 ved Bergaåsen i Sverige (Lundmark og Jansson 2008)



Figur 20. Viser oppsamling av avrenning fra E4 ved Bergaåsen i Sverige ved hjelp av kantstein og sluk. Øverste bilde: Sommersituasjon. Nederste bilde: Vintersituasjon. Fra Lundmark et al. (2007).

4.1.2 Tette grøfter med oppsamling

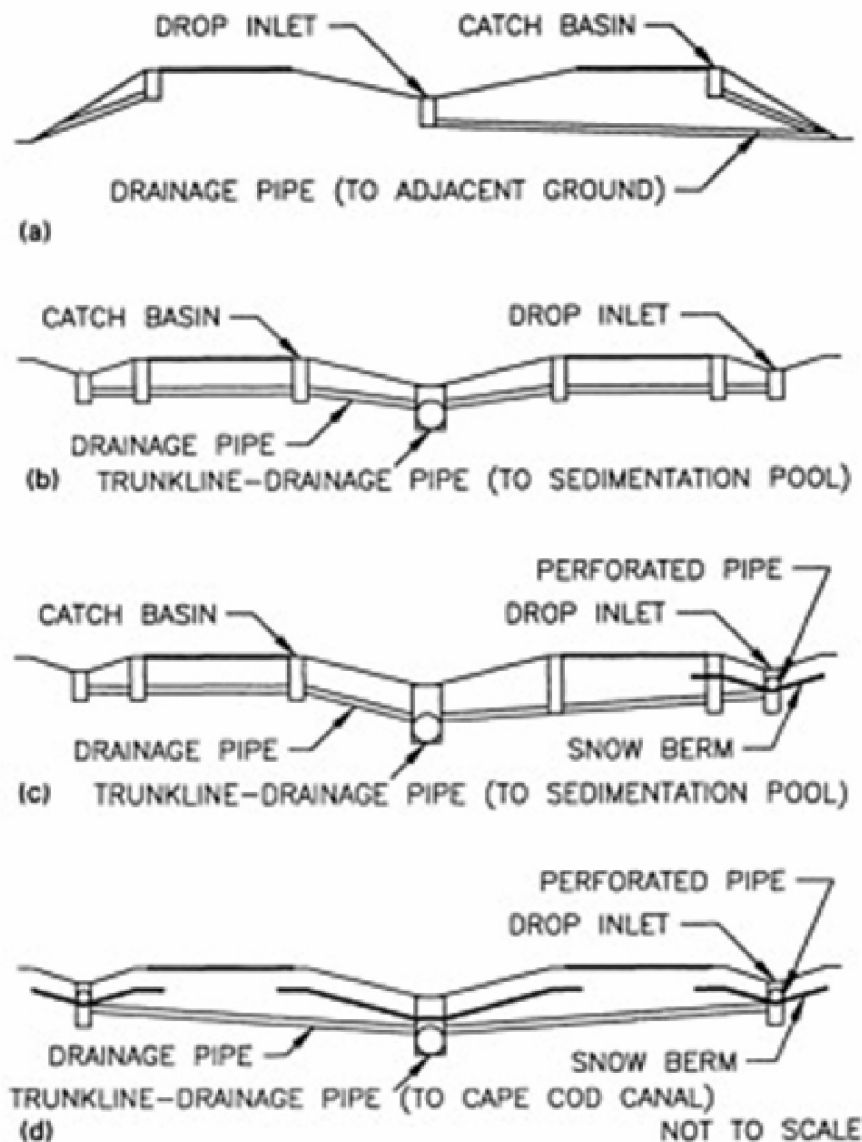
Church og Friesz (1993) utførte forsøk for å klarlegge hvordan ulike typer av grøfte- og dreisløsninger langs veg kunne påvirke mengden vegsilt som infiltrerte til grunnvann. Prinsippsskisser av de løsningene som ble prøvd ut er vist i figur 21.

Tegning A viser en "åpen" dreineringsløsning for motorveg med inntakssluk i grøftene der oppsamlet vann blir ledet til lokal infiltrasjon. Her vil alt tilført vegsilt infiltrere lokalt.

Tegning B viser en dreisløsning hvor overvann samlet i grøftesluk (avstand 90 m) i grøfter og midtdeler blir ledet til en sentral rørledning for transport og utslipp på et annet sted. I tillegg er det sluk langs kanten av vegbanen. Dette tilsvarer for en stor del den dreineringsmodellen som brukes ved bygging av norske motorveger.

Tegning C viser en tilsvarende dreisløsning som tegning B, men med en ytterligere bedret oppsamling ved at det er lagt en membranløsning (asfalt med smøremembran) i tilknytning til den ene sidegrøfta. Membranløsningen ligger langs hele vegen og godt inn under asfaltkanten. I forsøknings i membranen ble det lagt et perforert dreisrør for oppsamling av avrenning ned til og langs membranen. Oppsamlet avrenning i dreisrøret føres til sentral rørledning sammen med annet vann samlet fra grøftesluk og ristsluk. Over membranen og dreisrøret ble det lagt 1 m sand opp til normal grøftehøyde.

Tegning D viser en dreisløsning med membraner (asfalt og smøremembran) i tilknytning til begge sidegrøfter og midtdeler. I tillegg er det normale grøftesluk for inntak av overvann som strømmer på overflaten i grøftene. Denne løsningen tilsvarer i stor grad "tette grøfter" som vist i figur 26.



Figur 21. Viser ulike grøfte- og dreisløsninger langs veg prøvd ut av Church og Friesz (1993) for å klarlegge muligheter for oppsamling av avrenning med vegsilt påført vegen.

Effekten av de beskrevne drensløsningene med hensyn til å redusere mengden vegsilt som infiltrerte til grunnvann ble vurdert ved hjelp av to metoder:

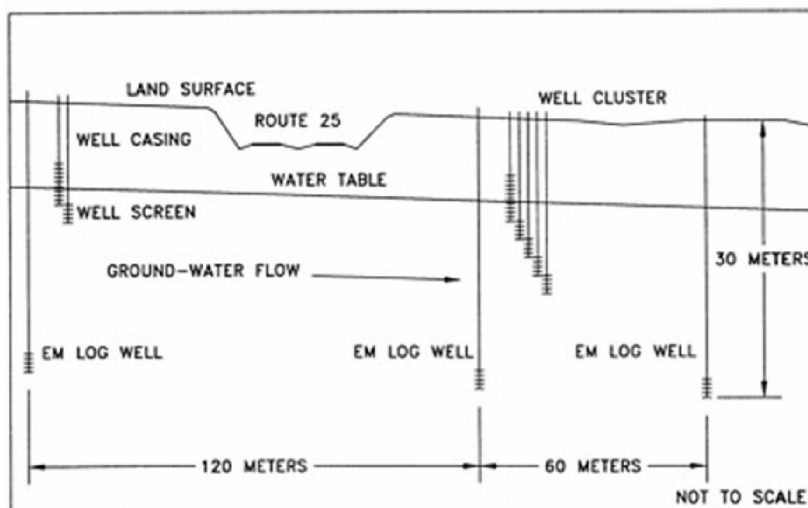
- Målinger av klorid i grunnvann oppstrøms og nedstrøms vegkroppen (figur 22)
- Måling av vannmengde og konsentrasjon av klorid i oppsamlet overvann (figur 23)

Resultatene viste av løsningen med "tette" grøfter (D) samlet mest klorid i overvannet og ga den største reduksjonen i mengde klorid tilført grunnvannet. For denne løsningen var andelen klorid gjenfunnet i grunnvannet bare 20 % av den mengden som ble gjenfunnet ved en "åpen" drensløsning.

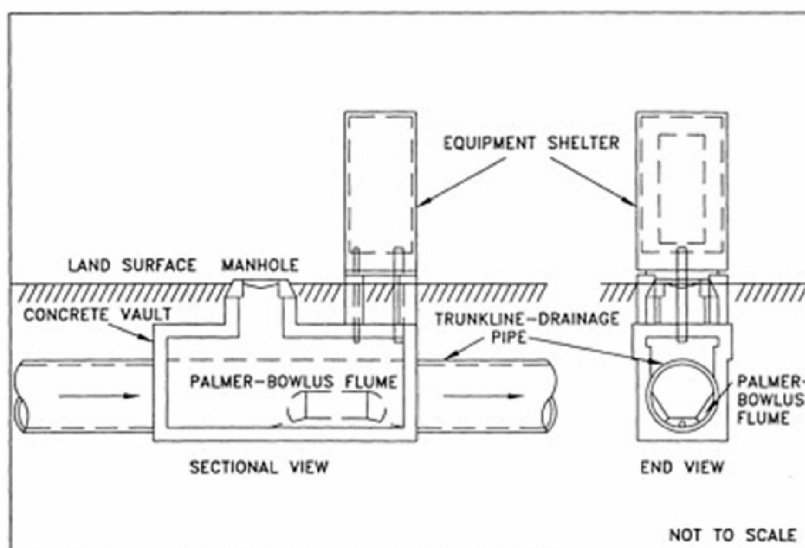
For drensløsning B og C ble det gjenfunnet henholdsvis 50 % og 40 % av den kloridmengden som ble gjenfunnet i grunnvannet ved den "åpne" drensløsningen.

Figur 24 viser beregnet massebalanse for klorid i grunnvann for de ulike drensløsningene. Drensløsning D med "tette" grøfter ga det minste tapet av klorid og tapet var relativt stabilt gjennom hele året. Dette til forskjell fra drensløsningen med "åpne" grøfter som ga en stor sesongvariasjon i tap av klorid.

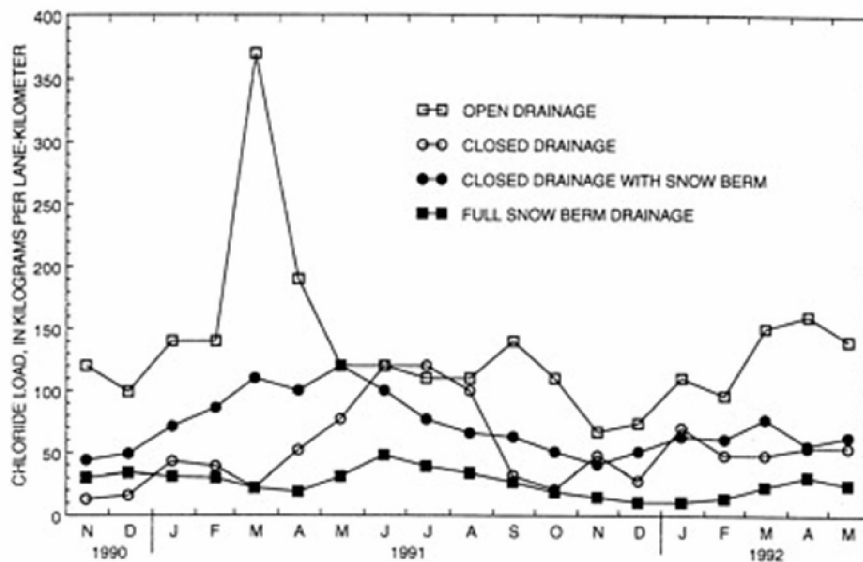
Figur 25 viser mengde klorid transportert i overvann fra de ulike drensløsningene (B, C og D). Løsningen med "tette" grøfter fanget og transporterte den største mengden klorid og transporten var knyttet til de periodene hvor det ble brukt vegsilt som renner av fra vegen.



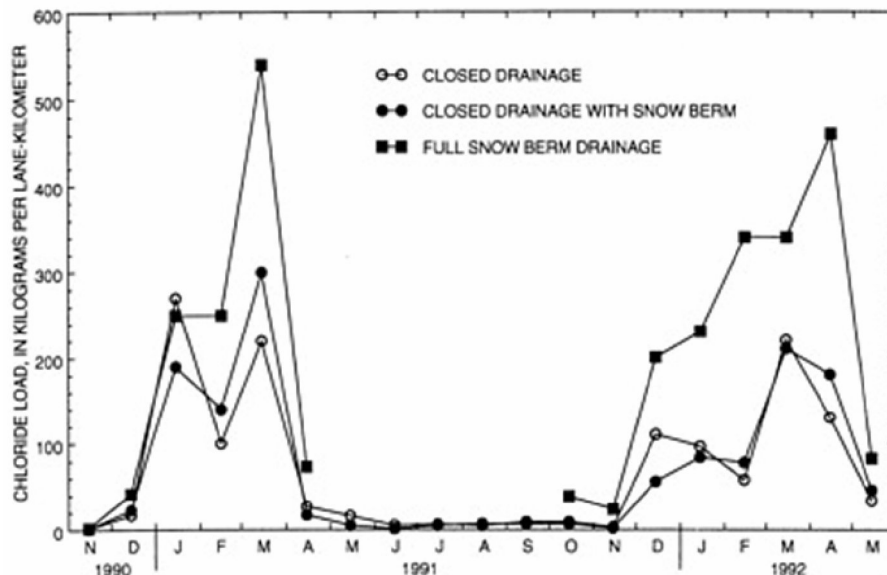
Figur 22. Viser prinsipp for uttak av grunnvannsprøver for å klarlegge konsentrasjoner av klorid oppstrøms og nedstrøms motorveg med ulike drensløsninger (Fra Church og Friesz 1993).



Figur 23. Viser prinsipp for måling av mengde overvann og uttak av prøver for analyse av klorid (Fra Church og Friesz 1993).



Figur 24. Viser beregnet mengde klorid tilført grunnvann (kg per km vegbane og måned) ved de ulike drensøsningene prøvd ut av Church og Friesz (1993).



Figur 25. Viser beregnet mengde klorid samlet i overvann (kg per km vegbane og måned) ved de ulike drensøsningene prøvd ut av Church og Friesz (1993).

I Gävle i Sverige planlegges det å øke beskyttelsen av grunnvannsressursen i Valboåsen som er vurdert å være av nasjonal betydning som drikkevannsressurs (Vägverket 2009). Skissert forslag innebærer at det skal legges ut en membranløsning for oppsamling av all avrenning fra Rv80 på den strekningen som er mest sårbar. Arbeidet planlegges utført som vist på figur 26. Det graves ut et slakt v-formet grøfteprofil på begge sider av vegen. Området skal avrettes slik at det ikke stikker opp større stein, røtter eller andre gjenstander som kan ødelegge membranen. Geomembran (for eksempel Bentofix) og/eller HDPE-membran legges ut slik at den dekker hele tverrsnittet av grøfta. Membranen legges godt under ny asfaltkant for å sikre god oppsamling. I bunnen av grøfta og over membranen legges det et riktig dimensjonert drensør med omfylling av grov sand og grus. Hele grøfta med membran og oppsamlingsgrøft overdekkes med masser som har en god vannledningsevne. Massene som brukes til overdekking skal inneholde noe organisk materiale og ha en kvalitet slik at det kan tjene som vekstjord for ønskede arter av sprøytesådd vegetasjon. Overvann fra vegen fanges i all hovedsak opp av drensledningen i bunnen av den tette grøfta og ledes til rensedammer for ytterligere rensing samt utjevning av flomtopper før det slippes ut i lokal bekk.



Figur 26. Viser legging av tette grøfter for beskyttelse av grunnvann for vannforsyning i Sverige. Denne løsningen er planlagt brukt på sårbar strekning på Rv80 i Gävle (fra Vägverket 2009).

ViaCon ABB er et svensk selskap som leverer ulike typer av membraner samt VA-produkter til ulike formål, herunder vegbygging. Knyttet til levering av membranprodukter har selskapet laget en infobrosjyre (www.ViaCon.se) om beskyttelse av grunnvann. Her inngår det tegninger av grunnvannsbeskyttelse i tilknytning til veg, og disse er vist i figur 27 og 28. ViaCon er et av flere selskaper som leverer membranprodukter og geotekstiler i Norge. Flere leverandører er gitt i vedlegg 1.

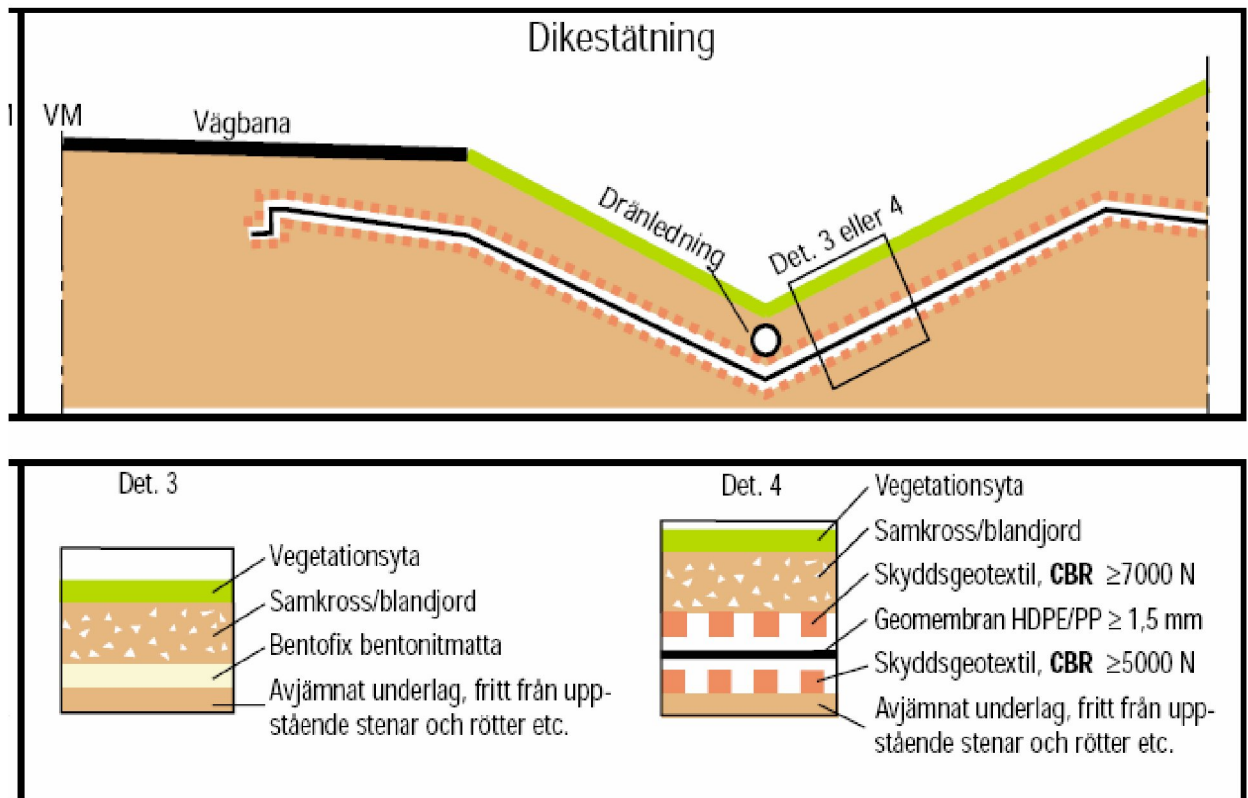
Figur 27 viser forslag til løsning for tetting av grøfter når vegen krysser over en verdifull grunnvannsressurs. Her legges det en tett membran på et avrettet v-formet grøfteprofil. Membranen legges godt under ny asfalt til vegbanen. Over det laveste punktet i membrangrøfta legges det en slisset drensledning av tilpasset dimensjon. Membran og drensledning dekkes deretter med et lag med jord som har god vannledningsevne og som i tillegg er vekstjord for ønsket vegetasjon. Tilført jord kan blandes med torv eller andre materialer slik at den kan gi forbedret binding og rensing av metaller og organiske forurensningsstoffer tilført med avrenning fra vegen.

Detalj 3 og 4 gir to alternative forslag til membrantetting i bunnen av grøfta. Den enkleste og billigste løsningen er vist i detalj 3 der det er brukt en Bentofix bentonittmatte rett på avrettet underlag. En mer påkostet løsning er vist i detalj 4 der det er brukt en HDPE-membran med et lag av fiberduk som beskyttelse på hver side. HDPE-membranen må sveises i skjøtene, mens bentonittmatta tettes ved å legge med overlapp sammen med bentonittpulver i skjøten. Figur 27 er en prinsippskisse av løsningen som er vist i figur 26.

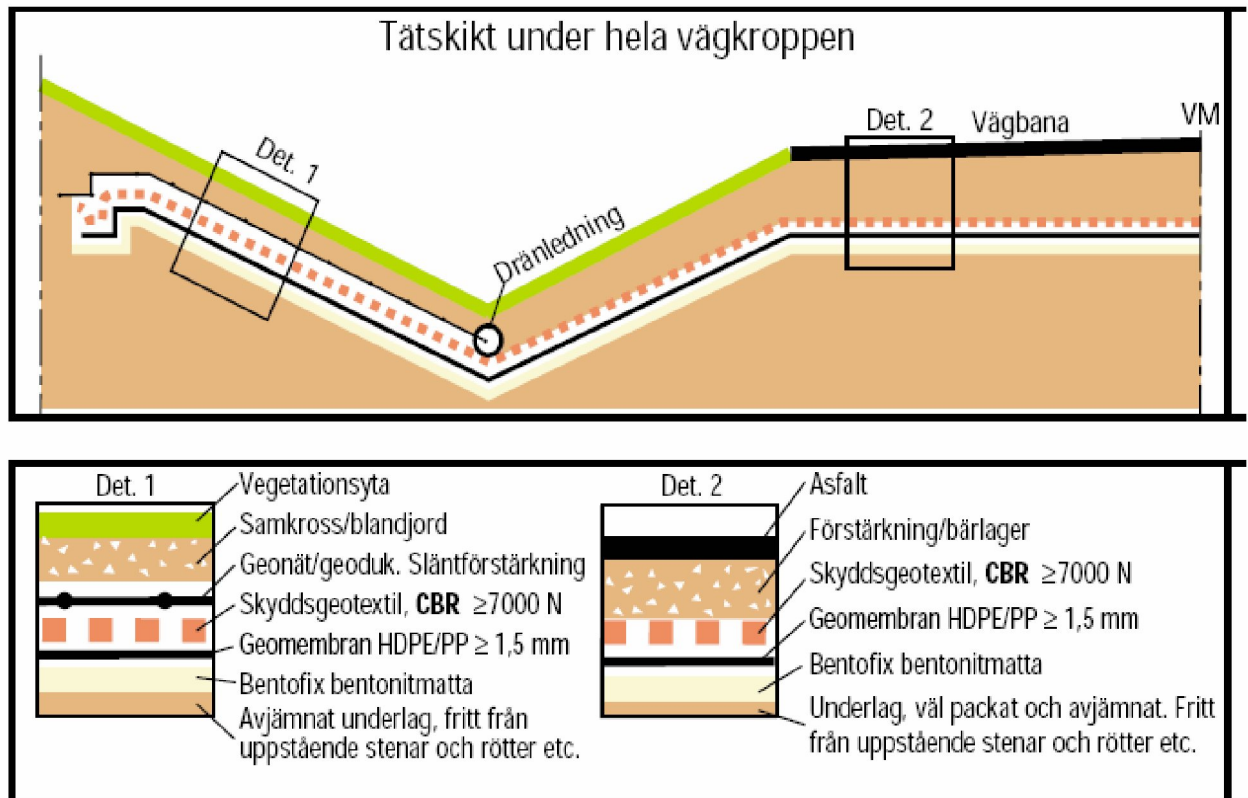
Figur 28 viser forslag til løsning for tetting av både grøfter, midtdeler og vegbane for enda større sikkerhet mot forurensning av grunnvann. Her er det foreslått å legge en bentonittmatte på avrettet underlag. Denne danner underlag og beskyttelse for en HDPE-membran. En fiberduk legges over HDPE-membranen for å beskytte mot skader før det fylles opp med jord eller løsmasser av ønsket kvalitet.

Detalj 1 viser forslag til oppbygging av grøfteskråning. Her er det også lagt inn geonett/geoduk som sikrer skråningen mot utrasing eller erosjon. Bruk av geonett vurderes avhengig av helling og en vurdering av massenes stabilitet.

Detalj 2 viser oppbygging under vegbanen, hvor membranløsningen overdekkes av et bærelag som normalt ved vegbygging.



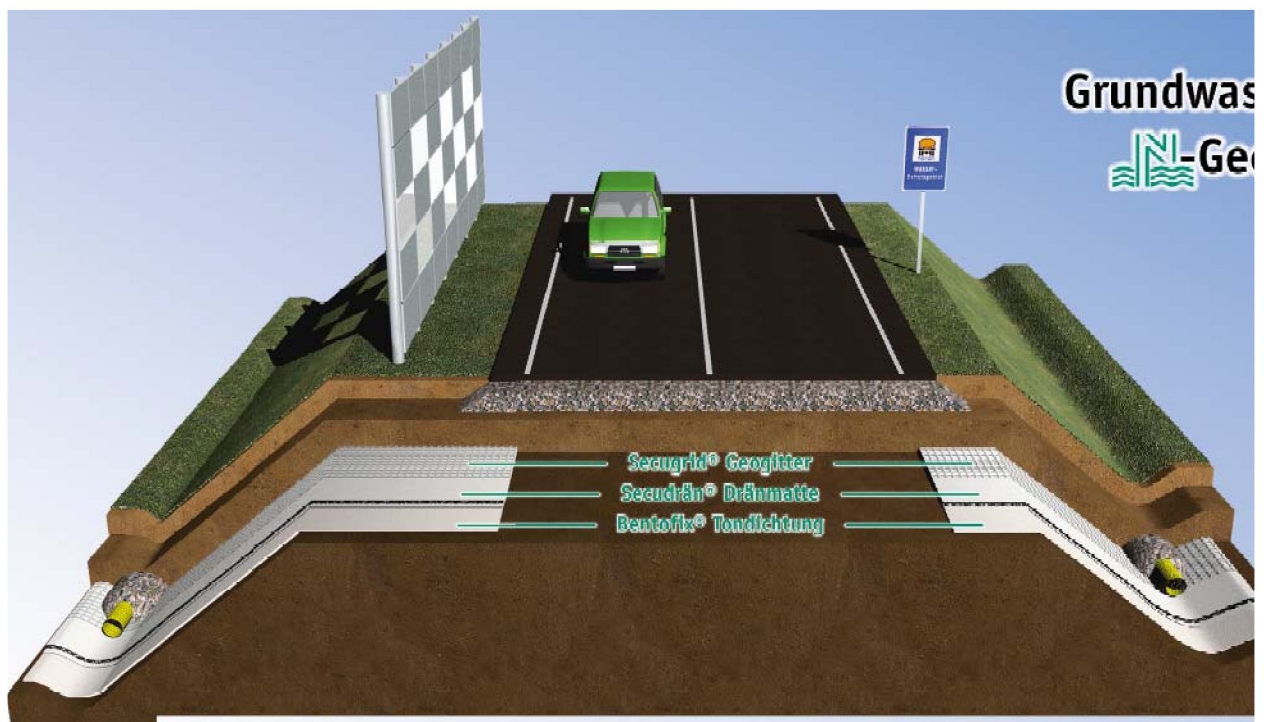
Figur 27. Viser prinsippskisse av membranlösning i vegröfter för å sikre grunnvannsressurser mot tilførsel av vegsilt og andre forurensninger (www.ViaCon.se).



Figur 28. Viser prinsippskisse av tett membranlösning under både vegbane, midtdeler og grøfter for best mulig sikring av grunnvannsressurser mot uønsket tilførsel av vegsilt og andre forurensninger (www.ViaCon.se).

I Tyskland er det laget retningslinjer for vannbeskyttelse knyttet til bygging av nye veger (RistWag 2002). Retningslinjene angir hvordan en skal vurdere sårbarhet for grunnvann og overflatevann, hvordan tiltak skal planlegges og prinsipper for tiltak i ulike sårbarhetssoner.

På vegstrekninger med viktige grunnvannsressurser skal det legges membransystemer som beskytter grunnvannet mot nedtrengning av salt og andre forurensninger i avrenning fra vegen. For de mest sårbare områdene skal det legges en fullstendig membrantetting under hele vegkroppen som vist i figur 29. Her er det først lagt en bentonittmembran på avrettet underlag under vegbane og grøfter (www.naue.com). Over bentonittmembranen er det lagt spesielle dreneringsmatter (Secudrän) vist i figur 30. Over dreneringsmattene er det lagt et geonett for stabilisering av membransystemet under påfylling av overliggende jord og bærelagsmasser. I grøftene langs vegen ligger det drensør med omfylling av grove masser med god vannledningsevne. Tegningen angir ikke et normalt overvannssystem i tillegg, men det må legges inntakssluk for grøftevann i grøftene. Ved oppsetting av vegg eller støyskjerm langs vegen som vist på tegningen så vil en større andel av sprut og lufttransporterte dråper avsettes på arealene nærmest vegen.

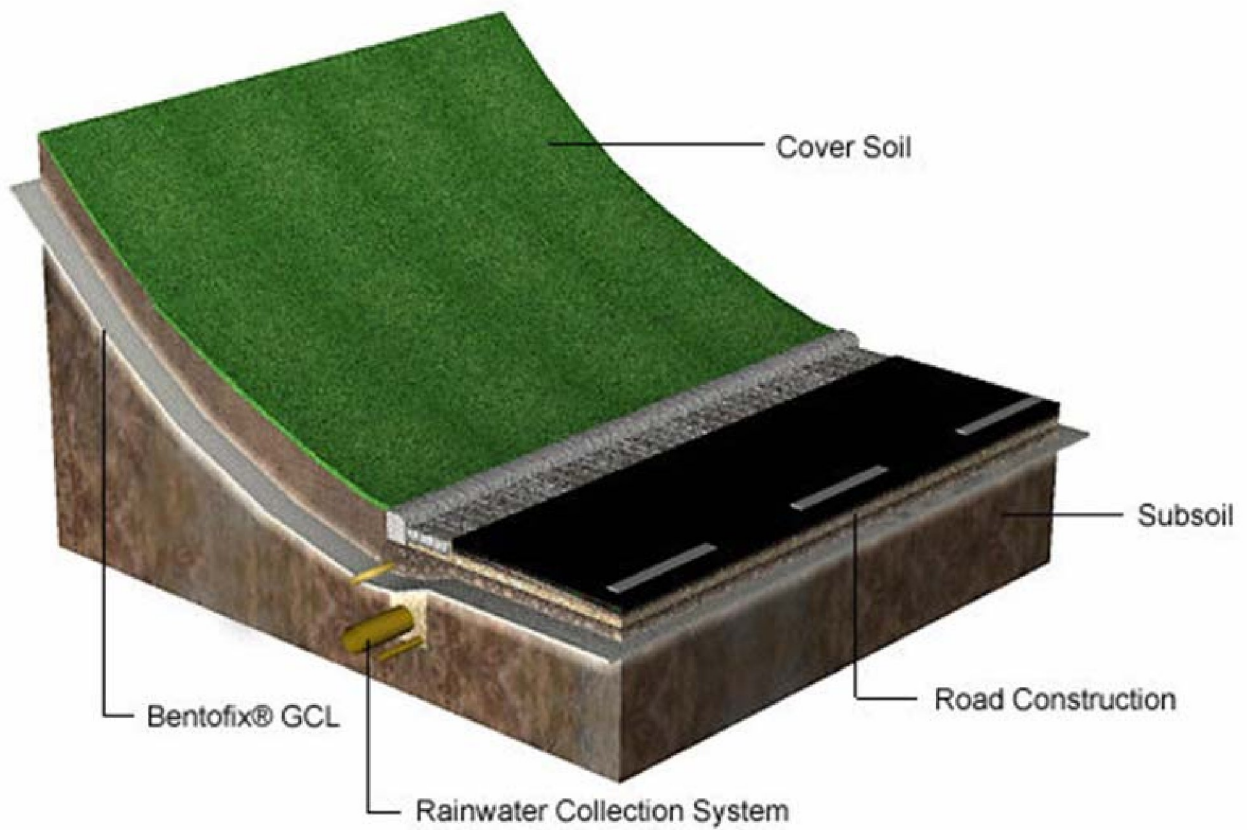


Figur 29. Viser prinsippskisse tiltak for beskyttelse av grunnvann i Tyskland, med membrantetting under hele vegkroppen med grøftesystem (www.naue.com).



Figur 30. Viser ulike typer drenermatter (Secudrän) brukt for å drenere vann over membran fram til drensør i membranløsninger for å beskytte grunnvann under nye veger (www.naue.com).

Også i Tyskland beskrives det løsninger for membrantetting langs veger som kun er basert på bentonittmatte. Figur 31 viser en skisse av en slik løsning hvor det er lagt membran under hele vegkroppen og langt opp i grøfteskråningen. Langs kanten av vegen er det lagt opp til rask infiltrasjon av overvann ned til drenergrøfter ved hjelp av permeable løsninger med kantstein. Figur 32 viser utlegging av bentonittmembran under vegarbeid i Tyskland.

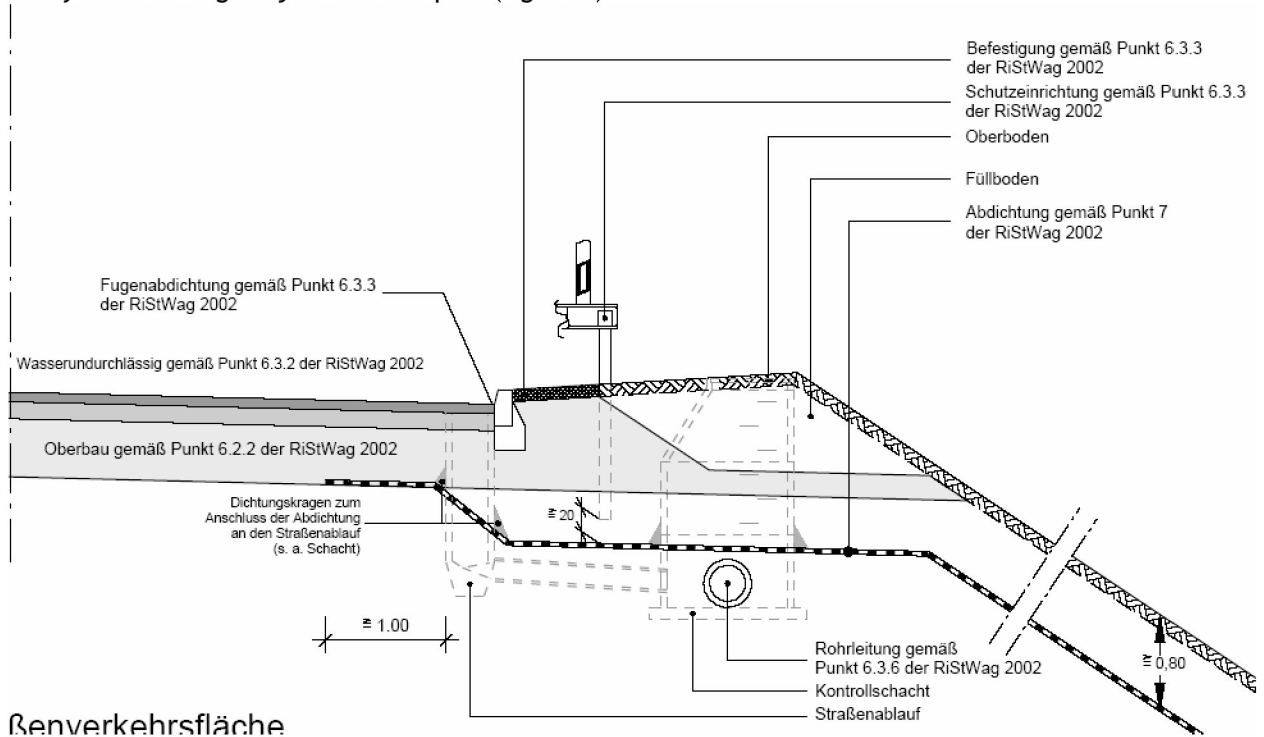


Figur 31. Viser membrantetting under vegkropp og sidegrøft med bentonittmatte (www.naue.com).

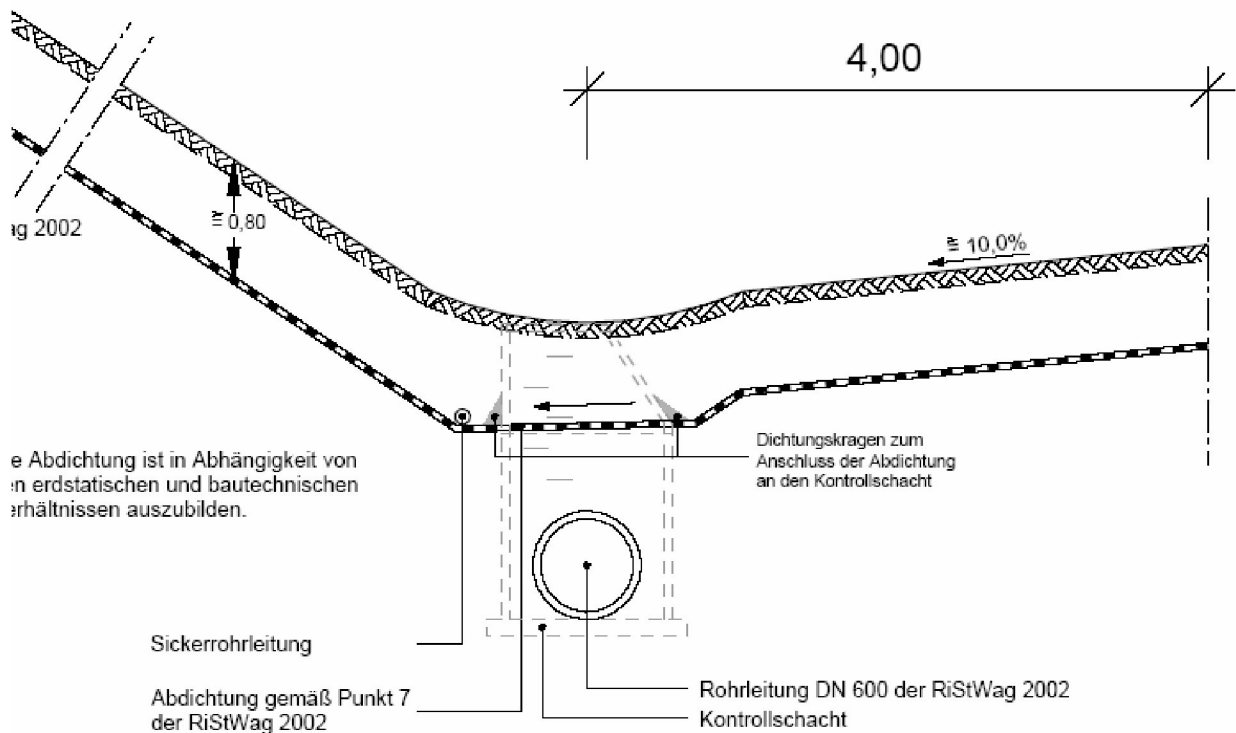


Figur 32. Viser utlegging av bentonittmatte under vegarbeid i Tyskland (www.naue.com).

Knyttet til forskrifter (RistWag 2002) er det gitt ulike typetegninger av hvordan vegkroppen skal bygges opp med sikkerhetssystemer for å beskytte grunnvann. Eksempler på dette er gitt i figur 33 og 34. Kantstein brukes for oppsamling av avrenning fra vegbanen til sluk og overvannssystemer samt for beskyttelse av vegetasjon mot saltsprut (figur 35).



Benverkehrsfläche



Figur 33. Typetegninger av grunnvannsbeskyttelse knyttet til veg i Tyskland (RistWag 2002).

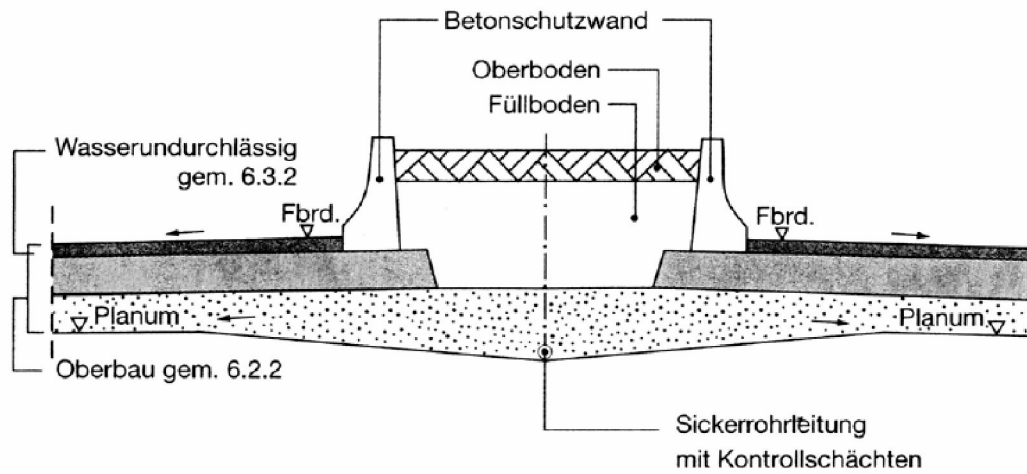


Bild 11c: Engere Schutzzone (Zone II), Mittelstreifen Dachprofil (Betonschutzwand)

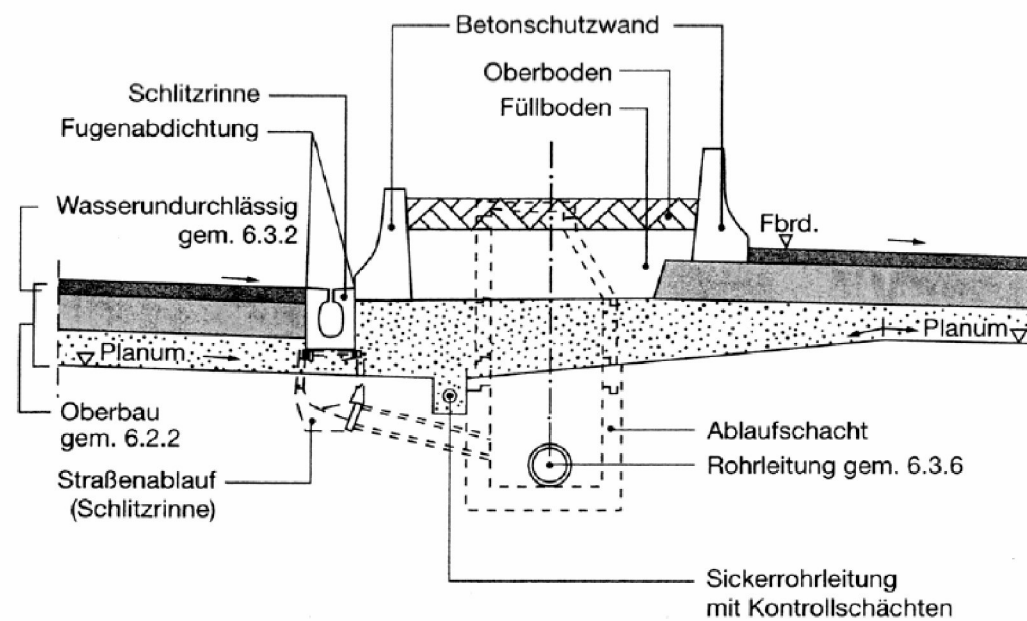


Bild 11d: Engere Schutzzone (Zone II), Mittelstreifen Sägeprofil (Betonschutzwand)

Figur 34. Typetegninger av grunnvannsbeskyttelse knyttet til veger i Tyskland (RistWag 2002).



Figur 35. Kantstein for oppsamling av avrenning og beskyttelse av vegetasjon (www.initiative-betonschutzwand.de).

I Finland har det tidligere blitt utført omfattende tiltak med tette membraner for å beskytte verdifullt grunnvann mot nedtrengning av vegsalt (figur 36). Tiltakene har blitt utført på ulike lokaliteter og omfatter til sammen 150 km med sterkt trafikkert veg (www.tiehallinto.fi). Disse tiltakene ble i hovedsak gjennomført i perioden 1995 - 2005. I fortsettelsen har bruken av membranløsninger blitt redusert til fordel for bruk av det alternative avisingsmidlet kaliumformiat. Undersøkelser har vist at kaliumformiat brytes effektivt ned i umettet sone og anvendelse skal derfor ikke resultere i en forringet grunnvannskvalitet (Hellsten et al. 2005).

Store investeringskostnader knyttet til legging av membraner har vært en viktig årsak til at anvendelsen av dette tiltaket har blitt kraftig redusert i Finland. Tiltaket angis å koste i størrelsesorden 0,5 mill Euro per kilometer (www.ymparisto.fi).



Figur 36. Legging av bentonittmembran i veggroft Finland.

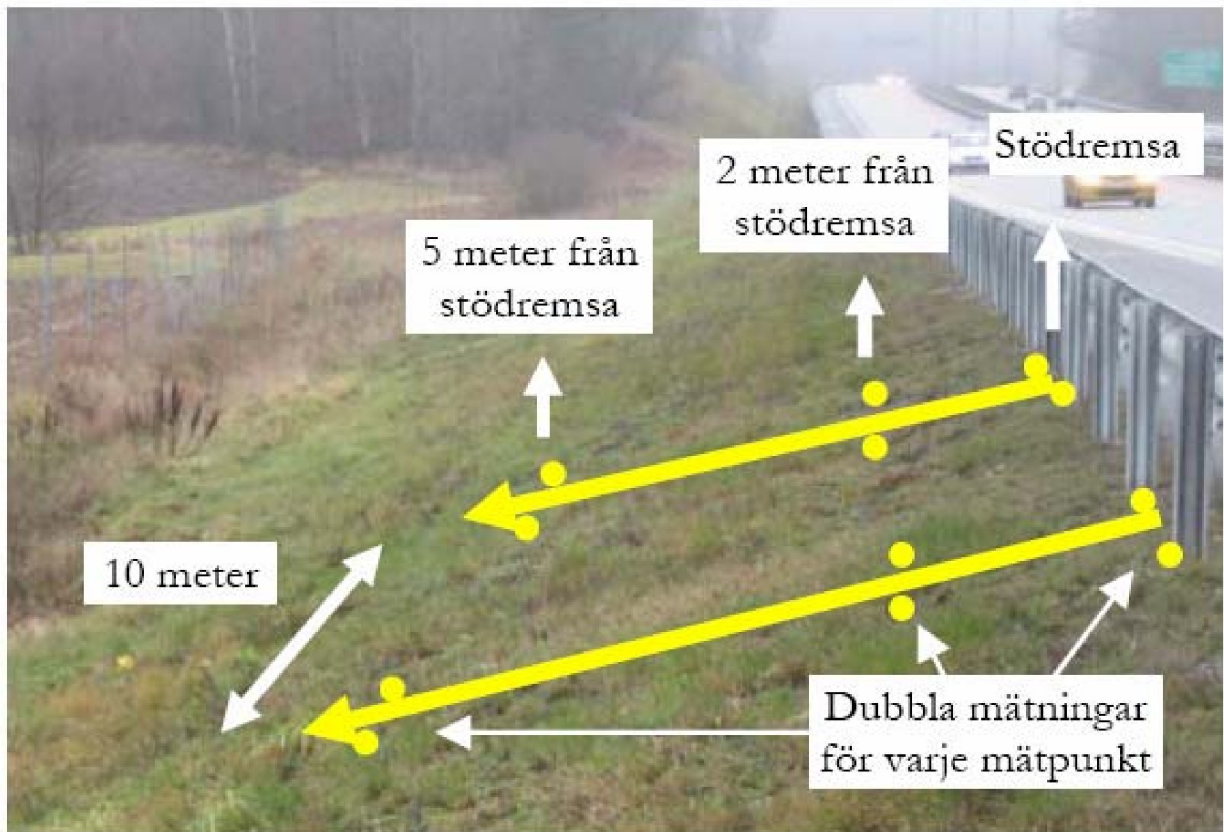
4.1.3 Vanlige grøfter med oppsamling

Undersøkelser og modellering av infiltrasjon i veggroft utført av Paulsen (2008) på E4/E20 i Sverige indikerte at avrenning fra vegbanen i stor grad infiltrerte i veggrofta. Undersøkelsene indikerte at en stor andel av avrenningen fra vegen infiltrerte i områder mindre enn 2 m fra autovernet (figur 37).

Det ble utført simulering av avrenningshendelser i henhold til en normal årstidsvariasjon. Simuleringene indikerte at det kun var noen større avrenningshendelser som var så kraftige at overvann ble ført fram til grøftesluk i overvannssystemet til vegen. Undersøkelsen konkluderte derfor med at vegens nære kantarealer og veggroftene var det viktigste området for infiltrasjon og deponering av forurensning og vegsalt fra vegen. Sonen innenfor 2 m fra kanten av asfalten mottok den største belastningen.

Transport og infiltrasjon av overvann fra veg vil naturligvis variere mye med lokale forhold og med frost og ising, men undersøkelsen bekrefter et mønster som også synes å gjelde for mange norske veger.

Knyttet til tekniske løsninger for håndtering av vegsalt så indikerer undersøkelsen at ulik bredde på membraner fra asfaltkant vil gi ulik beskyttelse, men at en vil fange opp en stor andel av vegsalt og andre forurensninger ved en membranløsning med utstrekning på mellom 2 til 4 m utenfor autovernet.



Figur 37. Viser plassering av infiltrasjonsmålinger som danner grunnlag for simulering av infiltrasjon av overvann fra E4/E20 i Sverige utført av Paulsen (2008).

4.1.4 Optimalisering av rensebassenger

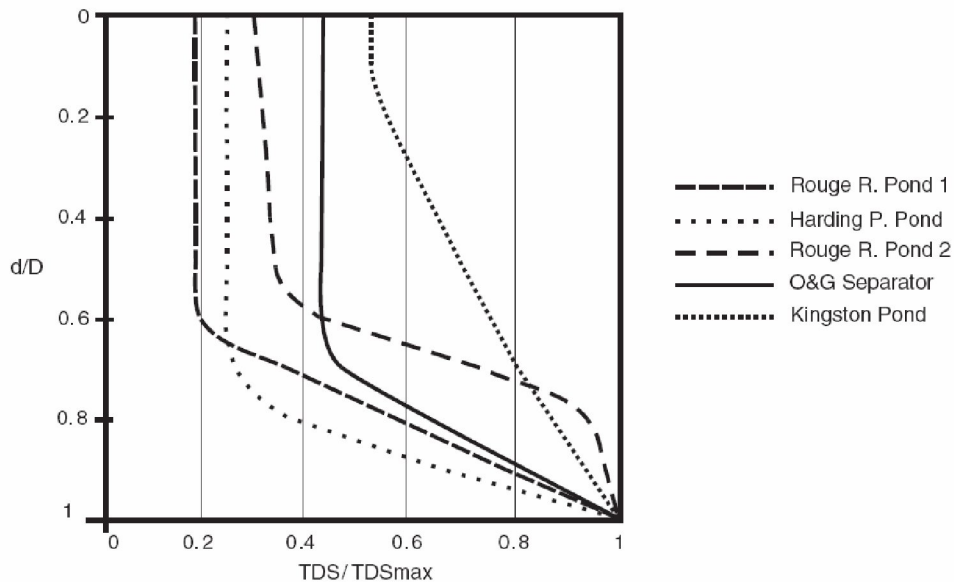
I forhold til vegsalt vil rensebassengenes viktigste funksjon være å fortynne og utjevne avrenning med høy konsentrasjon av salt. Dette vil forebygge avrenning med høye konsentrasjoner av vegsalt direkte til mindre tjern og innsjøer der det "tunge" vannet vil kunne stupe mot bunnen og bidra til å skape saltsjiktning. Rensebassenger med utløpsløsninger som henter vann fra bunnen av bassengene forventes å kunne gi best fortynning og utjevning av avrenningshendelser med høye konsentrasjon av vegsalt. Slike utløpsløsninger vil samtidig bidra til å sikre et strømningsmønster i bassenget som kan optimalisere for god sedimentasjon og rensing av andre forurensningskomponenter.

Anleggning av dype rensebassenger med overløp av overflatevann vil bidra til at det dannes saltsjiktning. Overvann med høy konsentrasjon av vegsalt vil lagres inn i bunnvannet, mens overvann med lav konsentrasjon av vegsalt vil transporteres raskt gjennom bassenget som en overflatestrøm. En slik utforming forventes å redusere rensegraden for sedimenterbare forurensningskomponenter fra veg. Effekten med hensyn til å redusere miljøproblematisk saltbelastning for resipienter nedstrøms er usikker, og avhengig av hvordan innlagret salt bunnvann vaskes ut av bassenget. Dersom all avrenning med høye saltkonsentrasjoner fanges inn som bunnvann og bunnvannet gradvis skiftes ut vår, sommer og høst, så vil saltkonsentrasjonene til resipientene nedstrøms bli utjevnet. Dersom alt salt bunnvann mobiliseres og vaskes ut av rensebassenget knyttet til episoder med kraftig avrenning, så kan det være mer problematisk for resipientene nedstrøms. Bruk av dype bassenger kan gi mulighet for å pumpe og fjerne bunnvann med høye saltkonsentrasjoner, slik at dette ikke tilføres sårbare resipienter.

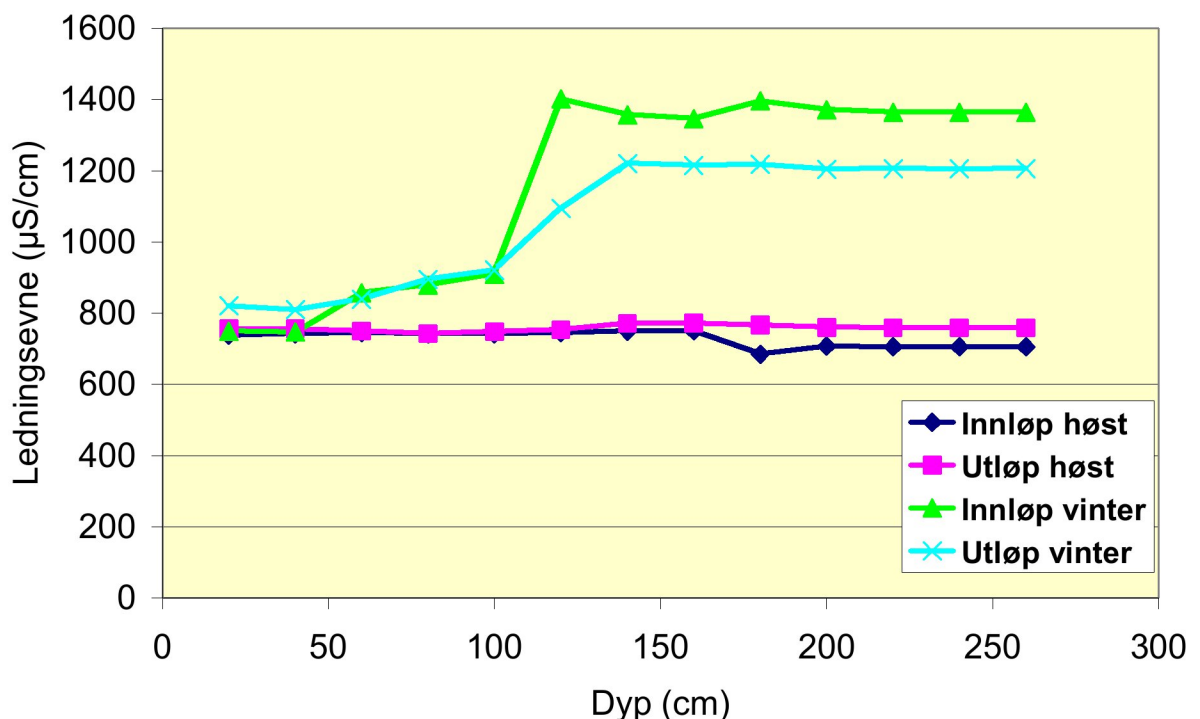
Disse mekanismene er ikke tilstrekkelig undersøkt, og beskrivelsene ovenfor angir bare mulige og teoretiske effekter av rensebassenger med ulik utforming.

Saltsjiktning i rensebassenger for håndtering av avrenning fra veg er imidlertid påviste i flere undersøkelser, blant annet Marsalek (2003), Semani-Davies(2005), Bækken (2005) og Roseth (2007).

Figur 38 viser eksempel på saltsjiktning i ulike rensebassenger for behandling av avrenning fra veg i Canada. Figur 39 viser eksempel på saltsjiktning i rensebassenger i Norge.



Figur 38. Viser saltsjiktning i ulike rensbassenger for avrenning fra veg i Canada (Marsalek 2003). Dybde og ledningsevne er angitt som relative tall for å kunne presentere data fra ulike dammer.



Figur 39. Viser at det oppstår saltsjiktning i rensdam ved E6 Taraldrud i Ski vinterstid. Innlagret tungt saltvann fortynnes og vaskes ut gjennom sommeren og på høsten var det ikke forskjell på saltinnhold i bunn- og overflatevann (Roseth 2008, ikke publisert).

I Tyskland behandles oppsamlet overvann fra membranbeskyttede grunnvannsområder i ulike renseløsninger før det slippes til vassdrag eller kontrollert infiltrasjon. Løsningene er standardiserte og skal tilfredsstille krav gitt i forskriften RiStWag 2002.

Figur 40 viser et anlegg for behandling av overvann fra en ny motorveg (A10 Rûderdorfer Brücke) ved Berlin (www.mall.info). Anlegget er prefabrikkert i betongelementer og med et plastbasert tettesjikt på innsiden. Betongelementene settes sammen til et anlegg av ønsket størrelse. Innløpsdelen er tilpasset sedimentasjon av partikler og anlegget i figuren har kapasitet for å lagre inn 20 m³ slam. En

terskel i gulvet i innløpsdelen av anlegget danner en slamlomme der akkumulert slam lett kan fjernes med sugebil. Anlegget er også bygd for å skille ut olje og drivstoff ved hjelp av dykket utløp og en energidreper i innløpssonen. Anlegget har kapasitet til å lagre inn rundt 30 m³ olje eller drivstoff. Det er flere kumluker for inspeksjon samt tømning av akkumulert slam og olje. Vurdert ut fra tegningen synes anlegget å ha et våtvolum på rundt 200 m³.

Figur 41 viser innsiden av et slikt prefabrikkert rensedbasseng med terskel og slamlomme i innløpsdelen og dykket utløp.

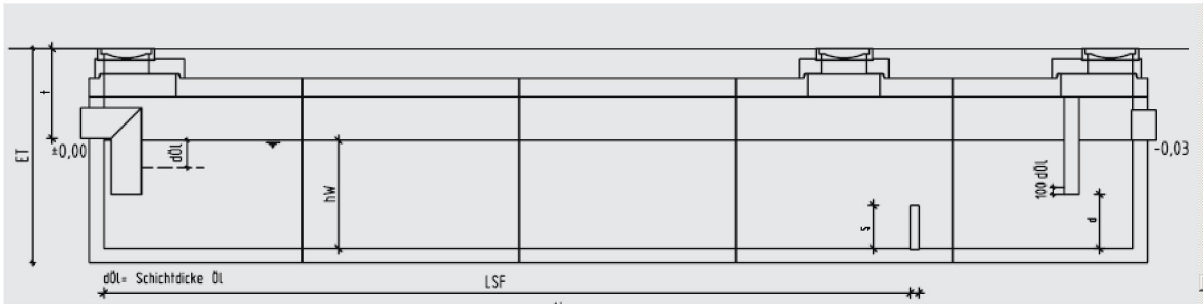
Figur 42 viser en prinsippskisse av et tilsvarende anlegg (iht. RiStWag 2002), men fra en annen produsent (www.betonsysteme-zeithain.de). Dette anlegget har også energidreper ved innløpet, en terskel som danner en slamlomme i innløpssonen og dykket utløp for innlagring av tilført olje eller drivstoff.



Figur 40. Viser prefabrikkert rensedbasseng i betongelementer under montering på motorveg A10 Rûderdorfer Brücke nær Berlin. Rensedbassenget behandler avrenning samlet opp i tette membranløsninger som beskytter grunnvannet langs vegstrekningen (www.mall.info).



Figur 41. Viser innsiden av prefabrikkert rensedbasseng i betongelementer med slamlomme og rør for dykket utløp (www.mall.info).



Figur 42. Viser prinsippskisse av prefabrikkert rensebasseng i betongelementer med slamlomme og rør for dykket utløp (www.betonsysteme-zeithain.de).

Knyttet til tyske forskrifter (RiStWag 2002) om oppsamling og håndtering av overvann fra veg i sårbare grunnvannsrområder har det også blitt lagd standardiserte løsninger for mer arealeffektiv fjerning av partikler og olje i form av virvelkammerløsninger. Eksempler på slike virvelkammerløsninger med effektiv sedimentasjon av partikler ned til finsilt er vist i figur 43.



Figur 43. Viser prefabrikkerte virvelkammerløsninger for fjerning av partikkeltilknyttede forurensninger og oljekomponenter i avrenning fra veg i Tyskland (www.awas-online.de).

I Sveits har det blitt lagd typetegninger for ulike naturbaserte renseløsninger for håndtering av avrenning fra veg og beskyttelse av grunnvann (Vollzug Umwelt 2002). Disse løsningene er vist i vedlegg 2.

4.1.5 Brøyteprosedyrer

Deler av tilført vegsalt vil brøytes ut til vegkanten med brøytesnø. Her vil det kunne skje en selektiv utsmelting av vegsalt i milde perioder slik at deler av tilført vegsalt infiltrerer lokalt. Når brøytesnøen smelter vil storparten av saltet kunne infiltrere langs vegkanten.

Ved fresing av brøytesnø i bredde 25-30 m fra vegkanten vil vegsaltet som følger snøen bli fordelt over et langt større kantareal. Dette vil kunne redusere konsentrasjonene av klorid i overvannet fra vegen og forebygge linjeinfiltrasjon av høye kloridkonsentrasjoner langs vegkanten. Det vil også kunne bidra til å redusere mengden vegsalt som transporteres til resipient via overvannssystemet.

Slik brøyting er normalt på de fleste norske flyplassene, og undersøkelser har vist at avisingsmidler fra rullebanen fordeles i snøen i brøytesonen opp til 35 m fra banekant.

Bortkjøring av brøytesnø til snødeponier representerer en mulighet for å transportere vegsalt til nye lokaliteter. Snødeponiene kan tilrettelegges for en best mulig håndtering av vegsalt og andre forurensninger i snøen samt legges på lokaliteter med robust resipienter.

4.1.6 Snødeponier

Universitetet i Luleå har gjort flere undersøkelser av forurensning i snø fra veg og tettsteder (figur 44) og av avrenning fra snødeponier (Viklander et al. 2009, Renosdatter 2007 og Westerlund et al. 2009).



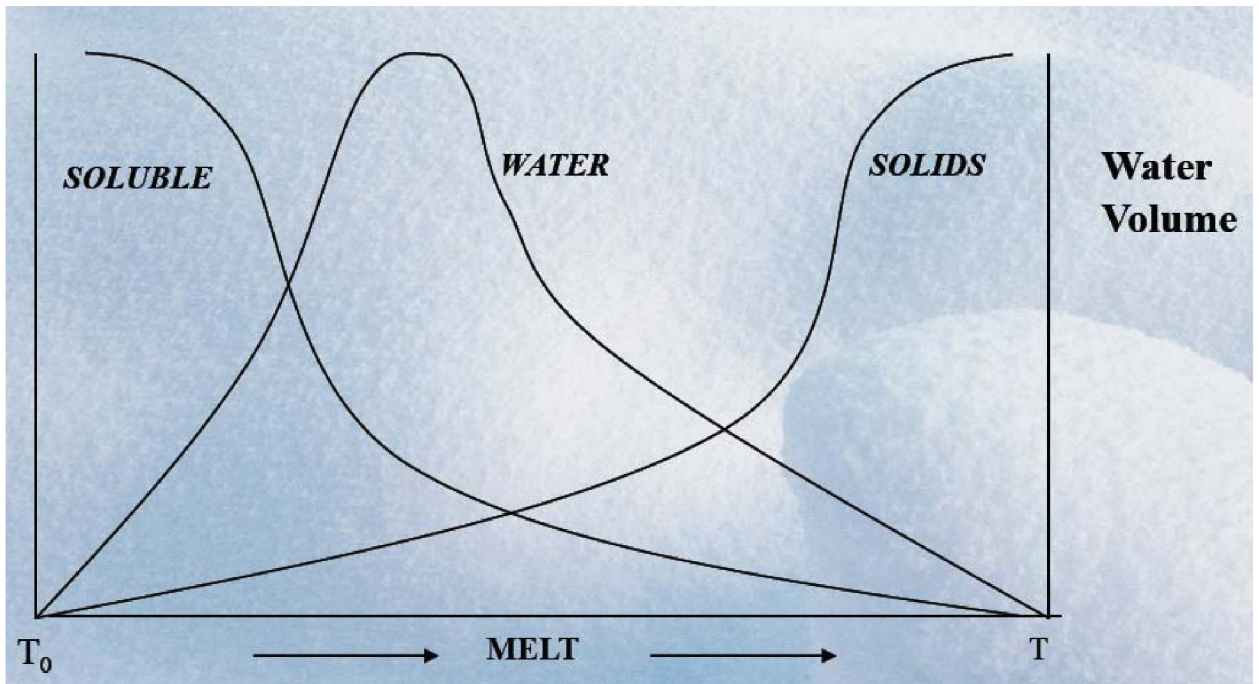
Figur 44. Viser brøytekannt langs sterkt trafikkert veg i Luleå (fra Westerlund et al. 2009).

Renosdatter (2007) har undersøkt og sammenstilt forurensningsinnhold i snø fra veger med ulik trafikkbelastning (tabell 2). Undersøkelsene viste at konsentrasjonen av trafikkskapt forurensning og vegsalt økte med økende trafikkbelastning. Konsentrasjonene var høye sammenlignet med tilsvarende midlere konsentrasjoner i overvann fra veg. For klorid ble det målt konsentrasjoner i intervallet 1800 til 8000 mg Cl/l når årsdøgnetrafikken oversteg 5000 ÅDT. De høyeste konsentrasjonene (2000 - 8000 mg Cl/l) ble målt i snø fra områder med største trafikkbelastning (ÅDT > 20 000).

Høye gjenfunn av klorid i snødeponier indikerer at en betydelig andel av vegsaltet forblir i snøen fram til denne er lagt opp på snødeponiet. Andelen av vegsalt som blir igjen i snøen forventes imidlertid å kunne variere mye avhengig av hvor lenge snøen har blitt lagret langs vegen eller gatene før bortkjøring og hvor mye mildvær den har blitt utsatt for. Ved mildvær vil det skje en selektiv utsmelting av vegsalt og andre ioniske forbindelser i snøen. Den første avrenningen fra snøen vil derfor ha høye konsentrasjoner av vegsalt, mens konsentrasjonen vil synke med økende tid utover smelteforløpet (figur 45).

Tabell 2. Viser forslag til standardverdier for innhold av forurensningsstoffer og klorid i snø fra urbane områder med ulik trafikkbelastning sammenlignet med standardverdier for tilsvarende forurensningsstoffer i overvann fra veg (fra Renosdatter 2007).

	Urban snow			
Average Daily Traffic	< 5000	5000- 10 000	10 000-20 000	> 20 000 Central area
Proposal for standard value snow ^{A)}				
SS (mg/l)				
Cl (mg/l)	10-1000	1800-5700	4500-6500	2000-8000
Pb (µg/l)	0-3	5-100	4-300	20-1100
Zn (µg/l)	2-50	50-150	100-250	150-250
Cu (µg/l)	20-250	550-1500	900-3000	650 - 2000
	3-100	150-600	300-850	250-1000
		Stormwater		
Average Daily Traffic	< 5000	10 000-15 000	15 000-30 000	> 30 000
Standard value stormwater ^{B)}				
SS (mg/l)				
Pb (µg/l)	-	75(50-200)	100(50-1000)	1000(100-5000)
Zn (µg/l)	-	20(5-40)	25(5-500)	30(20-1000)
Cu (µg/l)	-	100(50-300)	45(10-100)	250(100-1000)
	-	35(10-50)	0,5(0,2-1)	60(10-800)



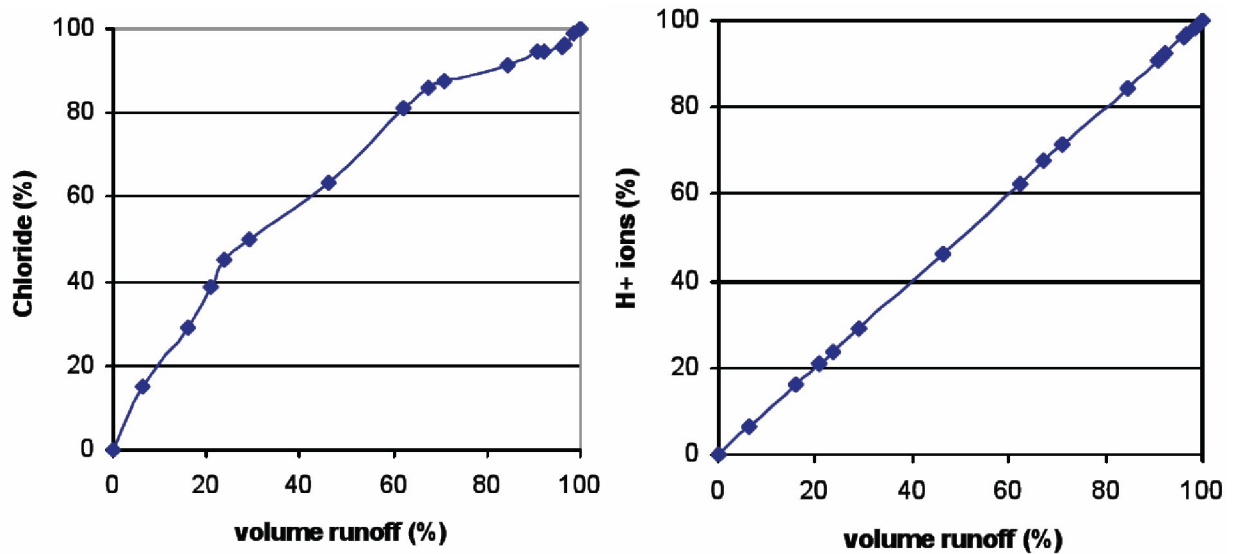
Figur 45. Prinsippskisse av smelteforløp for forurenset snø der det skjer en selektiv utsmelting av vegsalt og andre løste forbindelser i snøen i begynnelsen av smelteprosessen, mens partikler blir liggende i snøen fram til slutten av smelteforløpet (Fra Westerlund et al. 2009).

Westerlund et al. (2009) utførte undersøkelser av innhold av ulike forurensningsstoffer i brøytesnø langs en motorveg i Luleå og hvordan disse kunne gjenfinnes i avrenning under smelteprosessen. Figur 46 viser forsøkslokalitet med sluk for smeltevann.



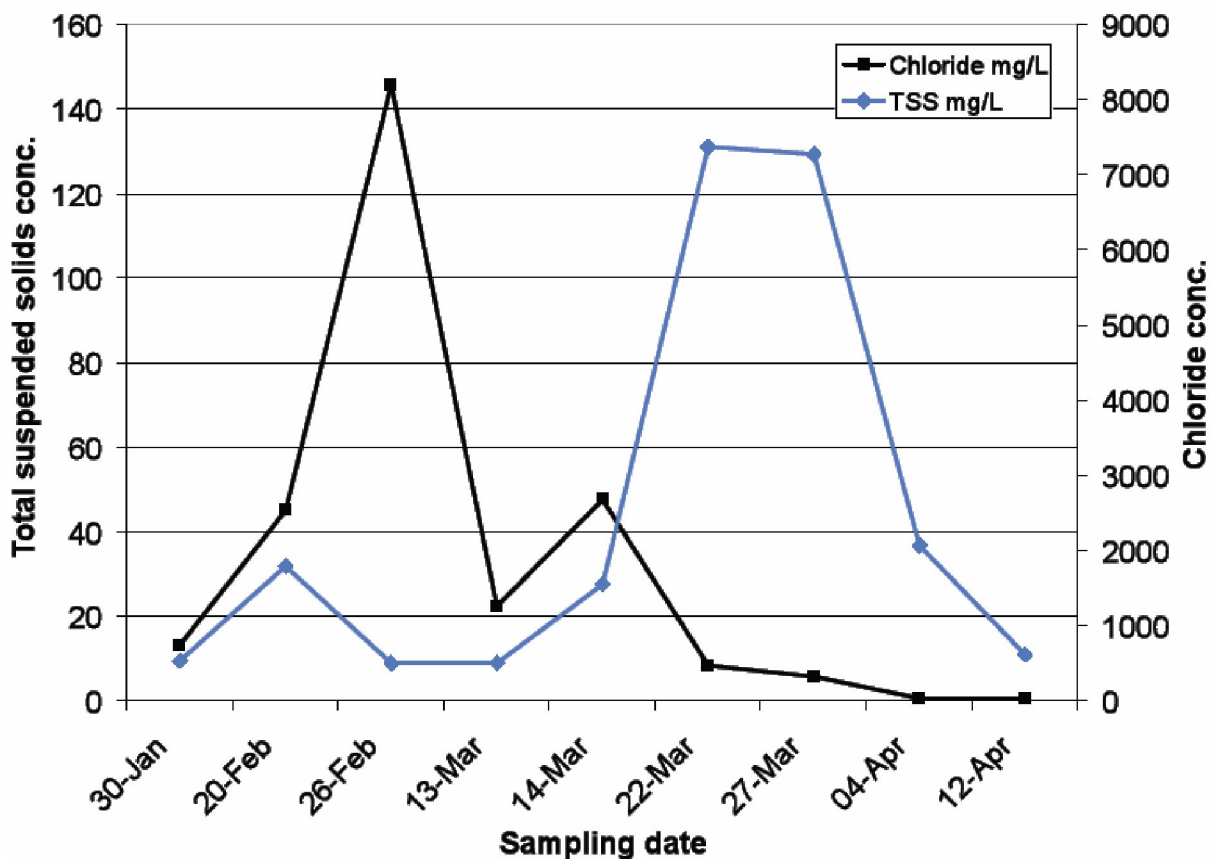
Figur 46. Viser inntakssluk for smeltevann brukt ved måling av avrenning fra brøytesnø langs kanten av en motorveg i Luleå (Fra Westerlund et al. 2009).

Undersøkelsene utført av Westerlund et al. (2009) viste også en selektiv utsmelting av klorid (figur 47), men mye mer fordelt over hele smelteperioden enn antydnet på figur 45. I figuren er avrenning av klorid sammenlignet med avrenning av H⁺ ioner som har samme konsentrasjon i all avrenning over hele smelteforløpet.



Figur 47. Viser målte konsentrasjoner av henholdsvis klorid og H⁺ ioner under nedsmelting av et snødeponi i Luleå (Fra Westerlund et al. 2009).

I en undersøkelse utført av Exhall et al. (2009) synes det å ha vært en mer selektiv utsmelting av klorid fra snødeponiet (figur 44). De høye konsentrasjonene av klorid ble målt tidlig i smelteforløpet og reduseres deretter kraftig. Avrenningen av partikler økte kraftig mot slutten av smelteforløpet.



Figur 48. Viser konsentrasjoner av klorid og partikler i avrenning fra snødeponi i Canada (Exhall et al. 2009).

Med utgangspunkt i egne undersøkelser av snøkvalitet (figur 49) fra veger og urbane områder med ulik trafikkbelastning har Renosdatter (2007) gitt råd om hvordan ulike typer av snø bør deponeres. Disse rådene er gjengitt i tabell 3.



Figur 49. Viser prøvetaking av snø på lokale og sentrale snødeponier i Luleå beskrevet av Renosdatter (2007).

Tabell 3. Anbefalinger vedrørende deponering og behandling av snø fra områder med ulik trafikkbelastning (Renosdatter 2007).

Table 8. Proposal for treatment recommendations for urban snow (Paper VII)

Average Daily Traffic	< 5000	5000 - 10 000	10 000 - 20 000	> 20 000
Urban snow pack treatment recommendations	No treatment required. Can be left to melt on the ground, dumped in local snow deposits or in some occasions into watercourses.	Snow should be dumped on land both local and central snow deposits can be used.	Snow should be dumped on a central land based snow deposit. Meltwater should not be led directly into a recipient.	Snow should be removed from the streets and dumped on a central land-based snow deposit where flow control and treatment are possible.
Comments	Valid for both snow from housing areas and central areas.	Valid for both snow from housing areas and central areas.	If using infiltration, the groundwater level and soil condition have to be considered.	When discussing meltwater treatment, the sensitivity of the recipient has to be taken into consideration.

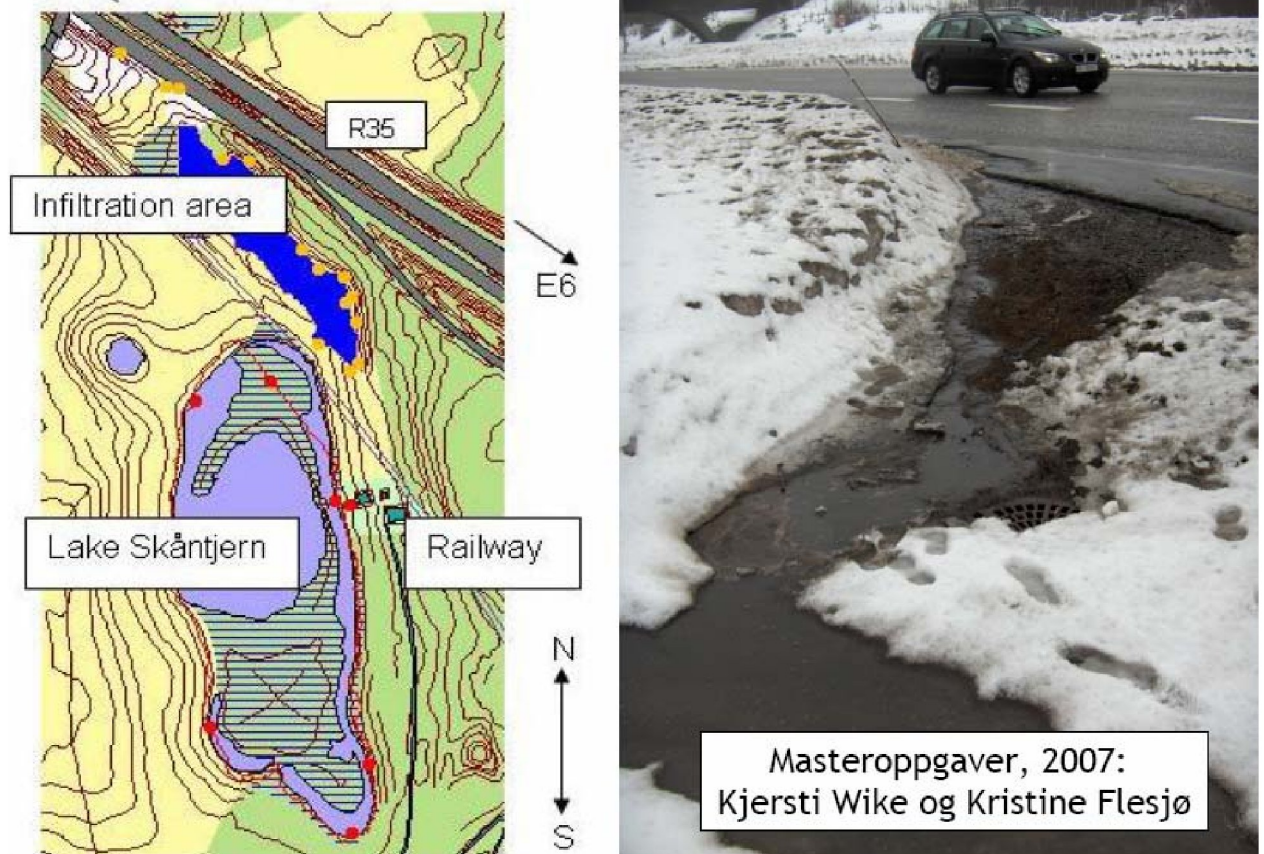
4.1.7 Infiltrasjon

Mange land og områder i Europa har vannforsyning fra grunnvann og dermed sterkt fokus på å opprettholde en god grunnvannskvalitet. Håndtering av overvann fra veg ved bruk av aktive infiltrasjonsanlegg har derfor vært lite aktuelt.

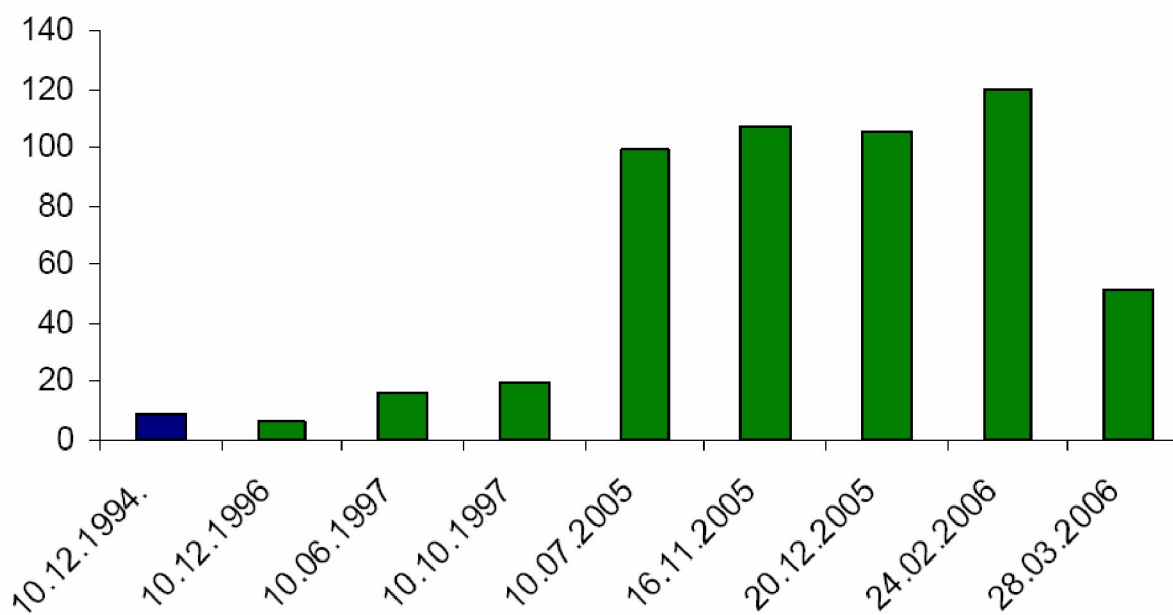
I Norge er drikkevannsforsyningen i stor grad basert på overflatevann (bare rundt 10 % av norsk vannforsyning er basert på grunnvann), og mange av grunnvannsforkomstene er små, grunne og lite egnet for større uttak av drikkevann. I Norge vurderes derfor infiltrasjon som en aktuell metode for å rense og håndtere overvann fra veg. Praktisk anvendelse forutsetter at det er gjort en nærmere vurdering av lokalt grunnvann mht. verdi og sårbarhet.

Tilrettelagte infiltrasjonsanlegg har blitt tatt i bruk for håndtering av overvann fra Rv35, innfartsvegen til Oslo lufthavn Gardermoen. Aktiv infiltrasjon ble vurdert som miljøakseptabelt siden denne grunnvannsforkomsten ikke drenerte mot den sentrale delen av det store grunnvannsområdet på Romerike. Aktiv infiltrasjon av overvann med vegsilt har imidlertid gitt endringer i den lokale grunnvannskvaliteten, noe som har blitt dokumentert av Wike (2007) og Flesjø (2007).

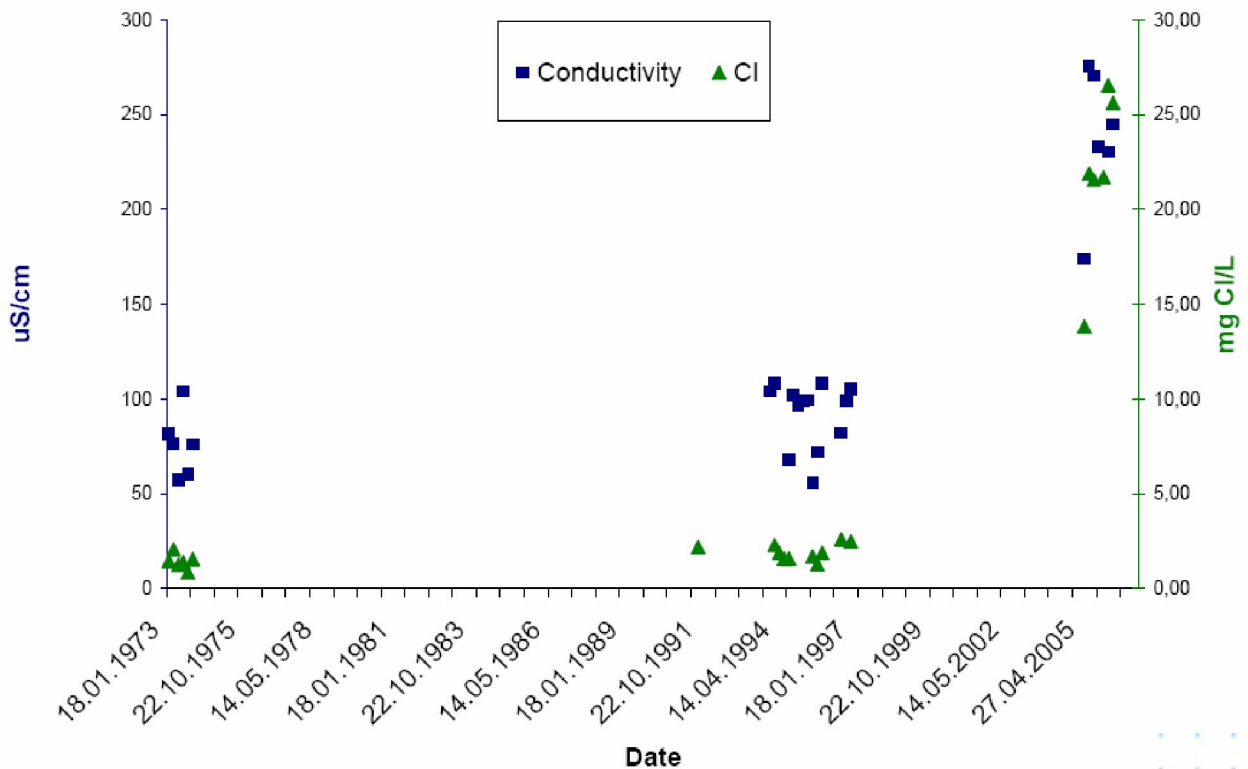
Undersøkelsene omfattet målinger av lokal grunnvannskvalitet i en grunnvannsbrønn midt i infiltrasjonsområdet samt i Skåntjern (figur 50). Skåntjern er en dødisgrop rett sør for infiltrasjonsområdet som mottar grunnvann fra infiltrasjonsanlegget. Sammenlignet med tidligere målinger av grunnvannskvalitet i området ved infiltrasjonsanlegget, økte ledningsevnen og konsentrasjonen av klorid i lokalt grunnvann etter oppstart av infiltrasjonsanlegget (figur 51). Tilsvarende ble det målt betydelige økt ledningsevne og konsentrasjon av klorid i Skåntjern etter oppstart av aktiv infiltrasjon av tilført overvann med vegsalt (figur 52).



Figur 50. Viser infiltrasjonsanlegg for overvann fra Rv35 og Skåntjern samt bilde av avrenning fra Rv35 til inntakskum for overvann (Wike 2007 og Flesjø 2007).



Figur 51. Kloridkonsentrasjon i grunnvannsbrønn på infiltrasjonsområdet (Wike 2007 og Flesjø 2007).



Figur 52. Endringer i konduktivitet og klorid i Skåntjern i perioden 1973 - 2006 (Wike 2007 og Flesjø 2007).

Refererte undersøkelser utført av Wike (2007) og Flesjø (2007) har vist at aktiv infiltrasjon raskt kan føre til økt ledningsevne og økt innhold av klorid i lokalt grunnvann. Aktiv bruk av infiltrasjonsanlegg må derfor bygge på en sikker vurdering verdi og sårbarhet for lokalt grunnvann. Tilførselene av vegsalt må ikke komme i konflikt med mulig framtidig bruk som vannforsyning og heller ikke skape problemer for vannlevende dyr og planter i utstrømningsområdet for påvirket grunnvann. Herunder kommenteres det at grenseverdi for klorid i den norske drikkevannsforskriften er 200 mg Cl/l og kanadisk grenseverdi for potensielt kroniske effekter av klorid på vannlevende organismer er 230 mg Cl/l.

4.1.8 Endret utslippspunkt

Det kan være aktuelt å lede avrenning som er påvirket av vegsalt ut av nedbørfeltet til en sårbar resipient. Dette kan være aktuelt for vegstrekninger hvor all avrenning fra vegen er fanget opp ved hjelp av membransystemer eller også kun overvann samlet gjennom normale overvannssystemer.

Formålet med å lede problematisk avrenning ut av nedbørfeltet vil være å beskytte sårbare og verdifulle grunnvannsressurser eller viktige vassdrag mot uønsket forurensning knyttet til vegsalt eller andre trafikkskapt forurensningskomponenter.

For beskyttelse av grunnvann synes det å være mest aktuelt å samle avrenning ved hjelp av en tilpasset membranløsning. Oppsamlet avrenning ledes via et tett overvannsnett til en annen resipient som har bedre resipientkapasitet, som en større elv eller utslipp til sjøen.

For beskyttelse av tjern og innsjøen vil det være mindre behov for å samle avrenning fra vegen i en membranløsning, siden det antas å være saltholdig avrenning via "normale" overvannssystemer som skaper problemene. Bortledning av dette overvannet til bedre resipienter vil kunne bidra til å beskytte innsjøer og tjern mot etablering av saltsjiktning og forringede miljøforhold.

Selvfallsløsninger

Tette overvannssystemer som skal lede saltpåvirket overvann til alternative resipienter bør helst baseres på selvføll. For beskyttelse av grunnvann vil det i mange tilfeller kunne ligge terrengmessig til rette for selvføllsløsninger.

Ved behov for beskyttelse av mindre tjern og innsjøer som ligger i forsenkninger langs veglinja vil selvføllsløsninger være vanskeligere å få til.

Ved prosjektering er det viktig å vurdere dimensjonering av selvfallsløsningene. Avrenning av vegsalt karakteriseres av first flush, der den mest konsentrerte saltløsningen kommer i den første avrenningen. Deretter blir avrenningen mer fortennet. Her må det derfor gjøres en avveining mellom kravene til resipientbeskyttelse og kostnader knyttet til hvor stor andel av en flomvannføring et ledningsnett skal kunne håndtere.

Intuitivt synes det som et ledningsnett med en begrenset kapasitet også vil kunne håndtere en relativt stor andel av tilført vegsalt, men dette vil også avhenge av grøftesystem og tetthet av masser i vegggrøftene. **Det bør gjøres nærmere undersøkelser for å avklare disse spørsmålene.**

Oppsamling og pumping

For å beskytte spesielt verdifulle grunnvannsressurser eller tjern/innsjøen kan det være aktuelt å etablere overvannsystemer hvor oppsamlet overvann pumpes over høybrekk til en mer robust resipient. Her vil det også være nødvendig å gjøre en vurdering av hvor stor andel av den samlede avrenningen som pumpestasjonen skal dimensjoneres for og i hvilke grad det skal bygges bassengkapasitet for oppsamling og utjevning av tilført vann før pumping.

Herunder må det også vurderes om det kan brukes enkle hevertløsninger for å flytte vannet.

Etablering av dype bassenger for oppsamling av tilført overvann vil kunne gi en innlagring av spesielt salt vann i bunnsjiktet i bassengene. Ved etablering av pumpeløsninger for slike bassenger vil det være naturlig å legge pumpeinntaket dypt i bassenget slik at det suger fra det salte bunnvannet.

Det er usikkert hvor stor andel av den totale mengden vegsalt som renner av fra vegen som vil kunne akkumuleres som salt bunnvann i slike bassenger.

4.2 Beskyttelse av drikkevannsbrønner langs veg

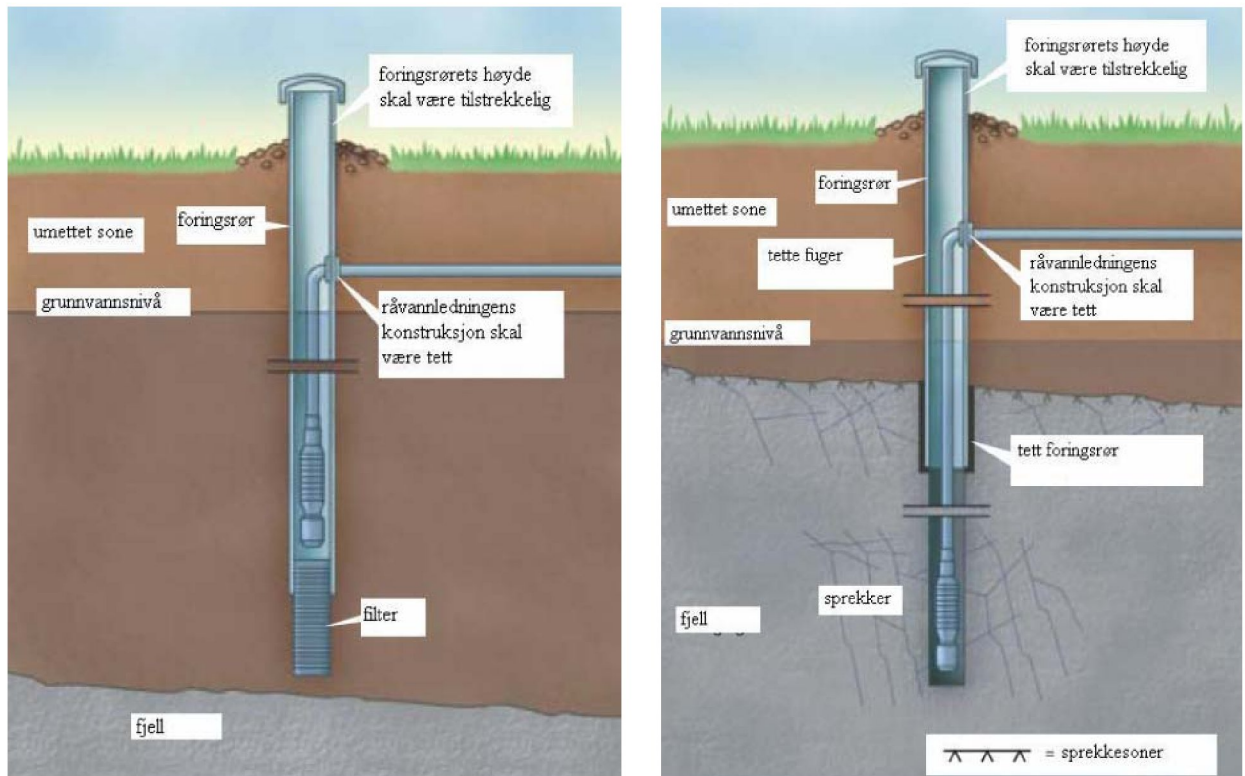
Statens vegvesen har fått økt pågang av erstatningssaker knyttet til drikkevannsbrønner som har blitt påvirket av vegsalt. Mange av sakene har vært i Buskerud og for en del drikkevannsbrønner i Hallingdal har det blitt utført en egen miljøgeologisk utredning av brønner med mulig påvirkning av vegsalt (Gundersen 2005). Statens vegvesen holdt i 2008 et eget kompetanseseminar om saltforurensning av brønner, med bidrag fra egen organisasjon, Vägverket, Bioforsk, NGU og Mattilsynet. Presentasjonene fra dette seminaret ble samlet i en egen rapport (Wike 2008). Det er planlagt at dette materialet skal utgis i en egen veileder "Brønner med saltforurensning fra veg". I det følgende er det hentet inn en del bilder og eksempler fra denne rapporten for å belyse tiltak som kan hindre og forebygge tilførsel av vegsalt til lokale brønner.

En del brønner langs vegnettet har imidlertid en plassering svært nær vegen, noe som gjør det vanskelig å iverksette effektive tiltak for beskyttelse (figur 53). Her vil alternativ vannforsyning være aktuelt.



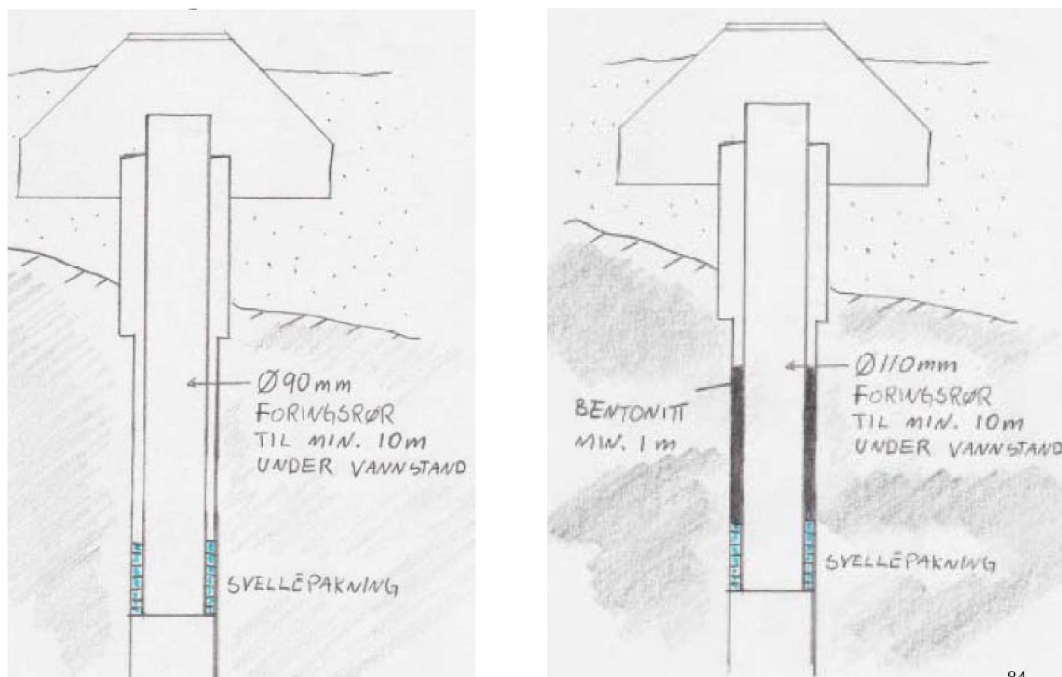
Figur 53. Noen brønner er plassert så tett inntil vegen at effektiv tiltak for beskyttelse er svært vanskelig (Fra Gundersen 2005).

For noen drikkevannsbrønner kan vegsalt og andre forurensninger tilføres med overflatevann eller overflatenært grunnvann. I slike tilfeller kan tiltak som bidrar til tetting ved og rett under overflaten av brønnene bidra til å skape en bedre vannkvalitet. Figur 54 gir eksempler på tiltak anbefalt av SGU i Sverige.

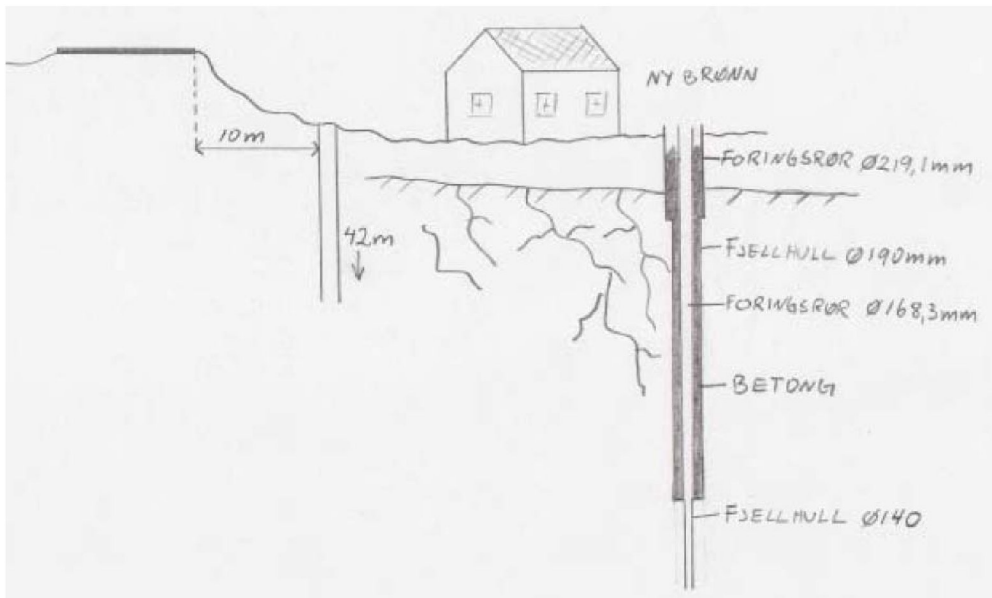


Figur 54. Gir eksempler på tiltak for tetting av grunnvannsbrønn i hhv løsmasser og fjell mot uønskede tilførsler fra overflatevann og overflatenært sigevann/grunnvann (SGU 2005).

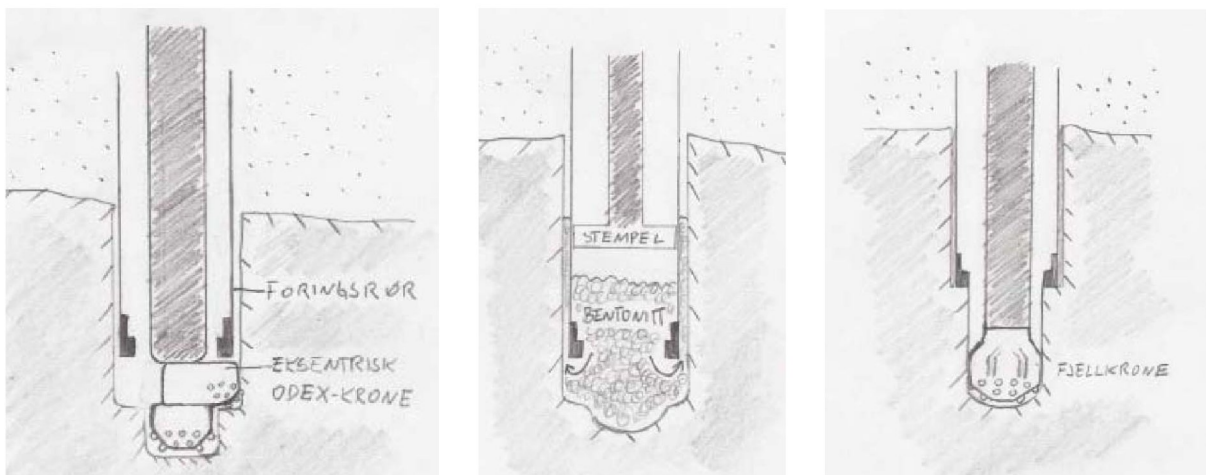
Tilsvarende tiltak med tetting og sikring av brønner er også tatt i praktisk bruk i Norge, blant annet av brønnboringsfirmaet Brødrene Myhre AS. Aktuelle løsninger som ble vist på kompetanseseminar om saltforurensning av brønner (Wike 2008) er vist i figur 55, 56 og 57. Figur 84 viser en alternativ løsning for sikring og tetting av fjellbrønner basert på bruk av foringsrør og gummipakninger.



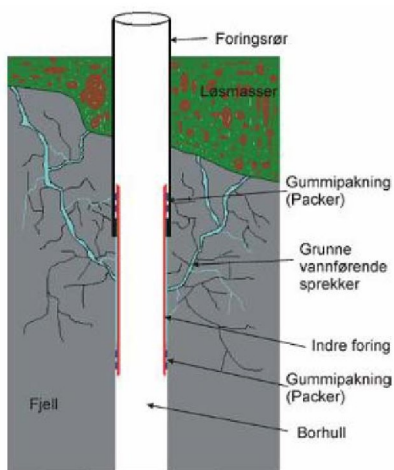
Figur 55. Gir eksempler på tiltak for tetting av eksisterende grunnvannsbrønn med foringsrør, svellepakning samt bentonitt. Kan utføres for borhull med både liten (110 mm) og normal (140 mm) diameter (Fra Wike 2008, tegnet av Guro Myhre fra Brødrene Myhre AS).



Figur 56. Viser eksempel fra Sokna der vannkvaliteten i gammel brønn var påvirket av avrenning fra veg, mens ny brønn ble sikret gjennom tetting med betong utenfor foringsrør ned til aktuelt nivå for vannforsyning (Fra Wike 2008, tegnet av Guro Myhre fra Brødrene Myhre AS).



Figur 57. Viser eksempel på sikring av brønn godt ned i fjell under løsmasser med tetting av bentonitt mellom fjell og foringsrør. Aktuell fjellbrønn bores videre med fjellkrone i diameter 140 mm (Fra Wike 2008, tegnet av Guro Myhre fra Brødrene Myhre AS).



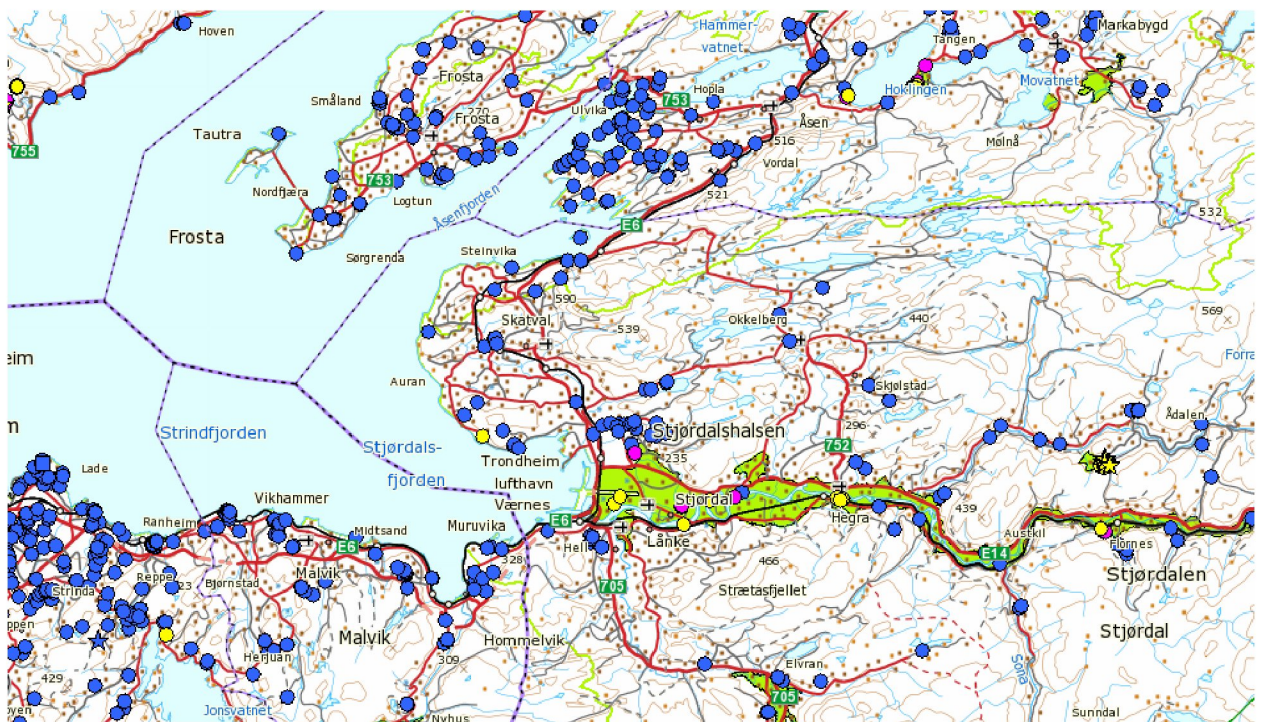
Figur 58. Viser eksempel på sikring av fjellbrønn mot overflatenært sivevann og grunne vannførende sprekker ved hjelp av foringsrør og gummipakninger (Fra Wike 2008).

I Sverige har Vägverket laget en egen veileder for vurdering og sikring av drikkevannsbrønner langs vei ”Drickvattenbrunnar. Hantering av mindre vattentäkter utmed vägar”(Vägverket 2006). I denne veilederen angis det ulike tiltak for å beskytte brønner mot forurensning og vegsalt fra veg:

- Innledende tiltak er å kontrollere om overvannssystemet langs vegen fungerer godt nok slik at det avskjærer og leder bort avrenning som ellers vil kunne infiltrere mot brønnen
- Vedlikehold og justering av vegggrøfter slik at disse har jevnt fall, fjerning av vegetasjon og rensing av sluk, kummer og rør. Formålet er å opprettholde en god vannbevegelse slik at der skjer minst mulig infiltrasjon i vegggrøfta i område med påvirkning av vannkvalitet i brønn.
- Tiltak for å tette brønnen mot uønsket overflatevann og overflatenært sigevann som vist i foregående figurer
- Redusere hastighet på brøyting slik at forurenset snø ikke kastes ut mot områder som gir økt risiko for utvasking mot brønnen samt vurdere redusert salting

Dersom disse tiltakene ikke gir effekt så anbefales det alternativ vannforsyning i form av en godt sikret fjellbrønn eller kommunalt drikkevann.

Brønndatabasen (www.ngu.no) inneholder opplysninger om rundt 45 000 brønner samt kartfestede opplysninger om grunnvannsforkomster med potensial for vannforsyning. Knyttet til hver brønn er det opplysninger om plassering (koordinater), dybde til fjell eller mektighet av løsmasser samt vannkemi. Knyttet til databasen ligger det også egne rapporter om grunnvann for en rekke lokaliteter. Denne databasen kan, sammen med tilleggsinformasjon, gi grunnlag for å avdekke konflikter mellom drikkevann og veger, både for eksisterende veger og for nye vegprosjekter. Figur 59 gir et eksempel på kart som kan genereres av brønndatabasen.

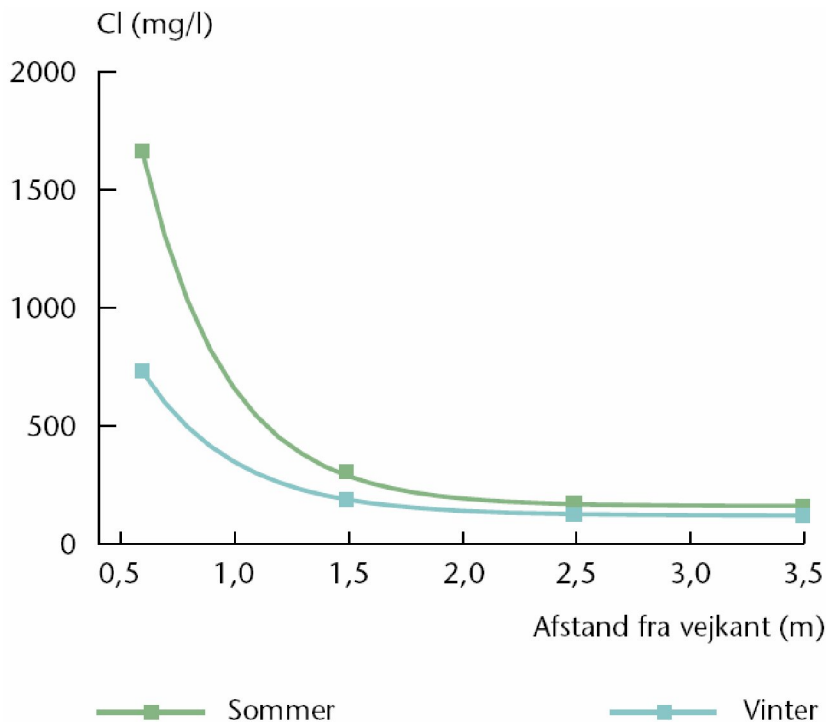


Figur 59. Viser kart generert av brønndatabasen med fjellbrønner (blå), brønner i løsmasser (gule) og potensielle grunnvannsforkomster (lysegrønne områder).

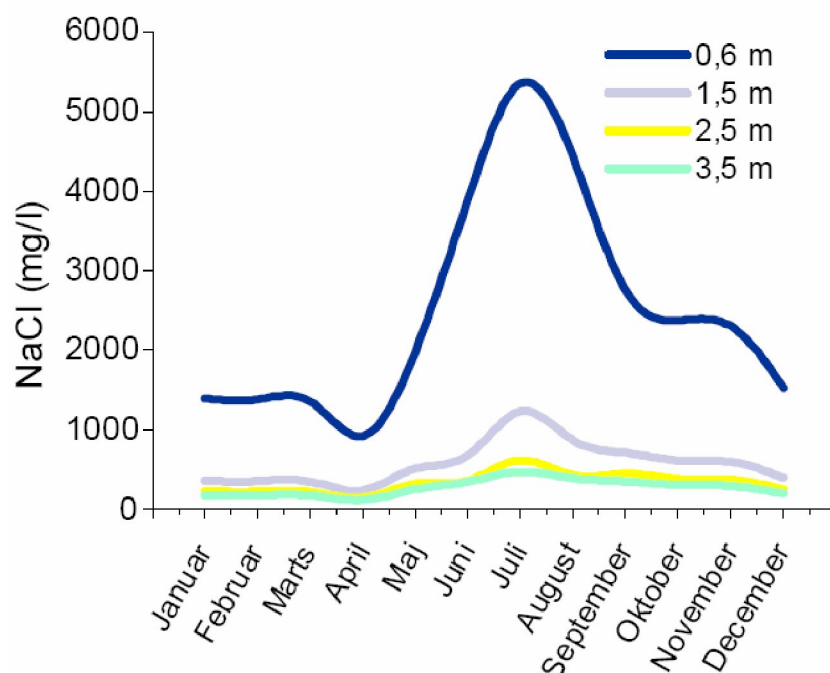
I rapporten ”Grovscreening av vegnettet i Norge med hensyn på potensiell miljøskade fra vegsalt” har Bioforsk (Turtumøygaard og Aakerøy 2009) brukt en annen tilnærming for å komme fram til brønner hvor vannkvaliteten potensielt kan være truet av vegsalt. Utvelgelsen av aktuelle lokaliteter har basert seg på et GIS basert utvalg av boliger tett på veg som antas å ikke ha kommunal vannforsyning siden de ligger utenfor tettstedsområder.

4.3 Beskyttelse av beplantning langs veg

I Danmark er det gjort flere undersøkelser av aktuelle tiltak for å beskytte trær i by mot kritiske tilførsler av vegsalt. Mange av resultatene og vurderingene av disse studiene er presentert i heftet "Planter & vegsalt" (Vejdirektoratet 2001). Gjennomførte undersøkelser viste at 15 - 30 % av anvendt vegsalt havnet i rabatter på midten og siden av vegen. Undersøkelser viste at storparten av dette saltet tilføres jord som ligger mindre enn 2 m fra asfaltkant (figur 60 og 61). Ved å plante i avstand mer enn 2 m fra vegkanten vil saltbelastningen på plantenes rotsystem reduseres betydelig.



Figur 60. Viser hvordan konsentrasjon av vegsalt (mg klorid per liter jordvæske) avtar med økende avstand fra vegkanten. Målingene er utført både sommer og vinter. I avstand 2 m fra vegkant er konsentrasjonene av vegsalt vesentlig redusert (Fra Vejdirektoratet 2001).



Figur 61. Viser sesongbelastning av salt for jord i ulik avstand fra vegkant langs sterkt trafikkert veg i Danmark (Pedersen 2008).

Langs gater med beplantning tett langs vegkanten har det blitt prøvd ut ulike tiltak for beskyttelse av vegetasjonen, blant annet saltvern, kantstein og forhøyede rabatter.

4.3.1 Saltvern

Heftet "Planter & Vejsalt" (Vejdirektoratet 2001) presenterer resultater fra ulike typer av saltvern (skjermer) rundt beplantning for å redusere mengden vegsalt som tilføres i rotsonen. Det ble prøvd ut saltvern i form av firkanter, kjebler og parallelle vegger. Mengden klorid i rotsonen ved ulike typer saltvern ble sammenlignet mot tilsvarende områder uten tiltak.

Undersøkelsene viste at firkantet saltvern rundt vegetasjon (figur 62) ga best effekt og effekten var vesentlig bedre enn kjebleformet saltvern, som ikke viste noen forbedring sammenlignet med områder uten saltvern. Et parallelt saltvern ga også gode resultater (figur 63). Samlede resultater knyttet til kloridinnhold i jorda innenfor ulike typer av saltvern er vist i tabell 4.



Figur 62. Viser firkantet skjerming rundt trær som ga god beskyttelse mot vegsalt og kjebleformet skjerming som ga dårlig beskyttelse (Vejdirektoratet 2001).



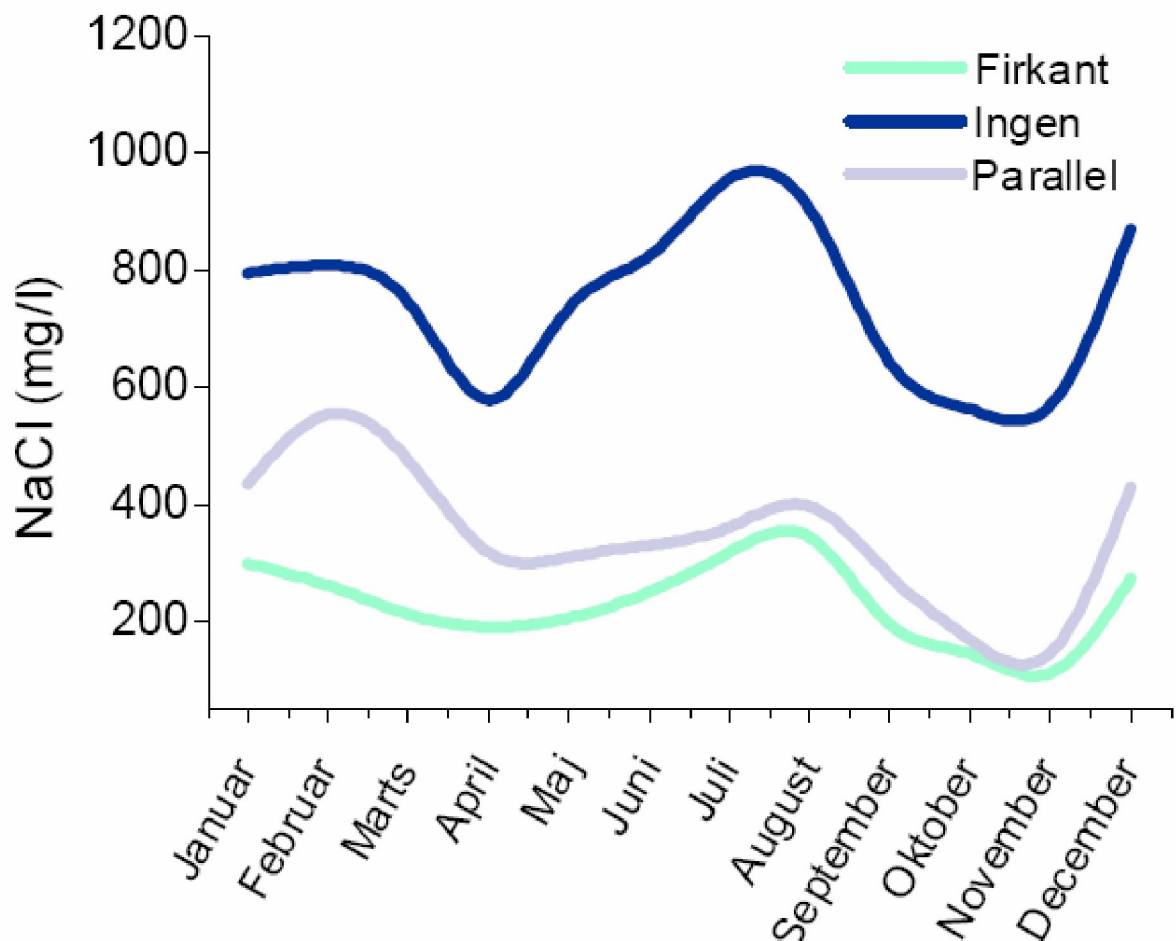
Figur 63. Et parallelt saltvern ga også gode resultater. Her kombinert med kantstein som hindrer saltholdig avrenning fra vegen å renne rett inn i rabatten (Vejdirektoratet 2001).

Tabell 4. Viser mengde salt tilført jord rundt planter i midtrabatter med ulike typer av beskyttelse mot saltsprut gjennom en vinter (oktober-april). Tallene viser mengde salt både ved 60 cm og 190 cm avstand fra veikant.

60 cm fra veikant	Ingen beskyttelse	Firkant	Parallel	Kegle
VEJ 1	400	34	-	390
VEJ 2	275	63	87	275

190 cm fra veikant ved trø	Ingen beskyttelse	Firkant	Parallel	Kegle
VEJ 1	60	28	-	89
VEJ 2	103	47	98	108

Pedersen (2008) har utført undersøkelser av saltinnhold i jord under trøer som vokser på rabatter med ulike typer saltvern. Figur 64 viser målt årstidsvariasjon av saltkonsentrasjon i jorda under disse trøerne avhengig av type saltvern. På samme måte som vist i tabell 4 ga en firkantet saltvern den beste effekten, mens et parallelt saltvern også ga et bra resultat.

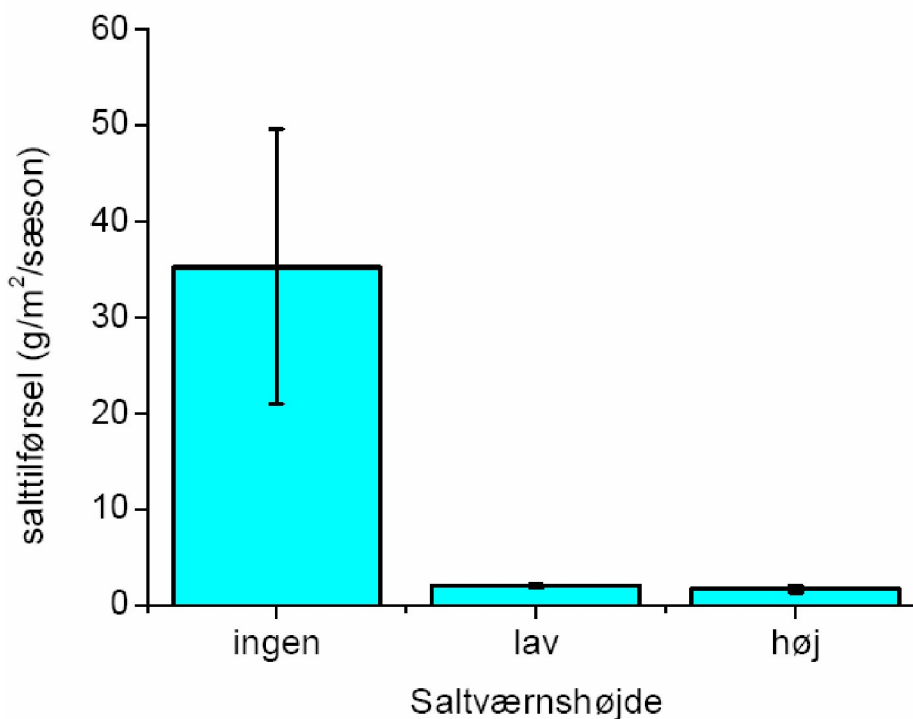


Figur 64. Et firkantet saltvern ga de beste resultatene mht konsentrasjoner av vegsalt i jordvøska under trøerne i rabatten. Et parallelt saltvern ga også et bra resultat (Pedersen 2009).

Pedersen et al. (2007) har også utført undersøkelser knyttet til høyden av saltvern. Knyttet til Holte Stationsvej, en trafikkert bygate i Rudersdal kommune i Danmark, har det blitt utført 10 års forsøk med saltvern av vegetasjon i midt- og siderabatter (figur 65). Her ble det prøvd ut to ulike høyder av saltvern i form av halmmatter, henholdsvis 70 og 90 cm høye. Det ble ikke påvist klare forskjeller i saltbeskyttelse som følge av ulike høyder av saltvern (figur 66).

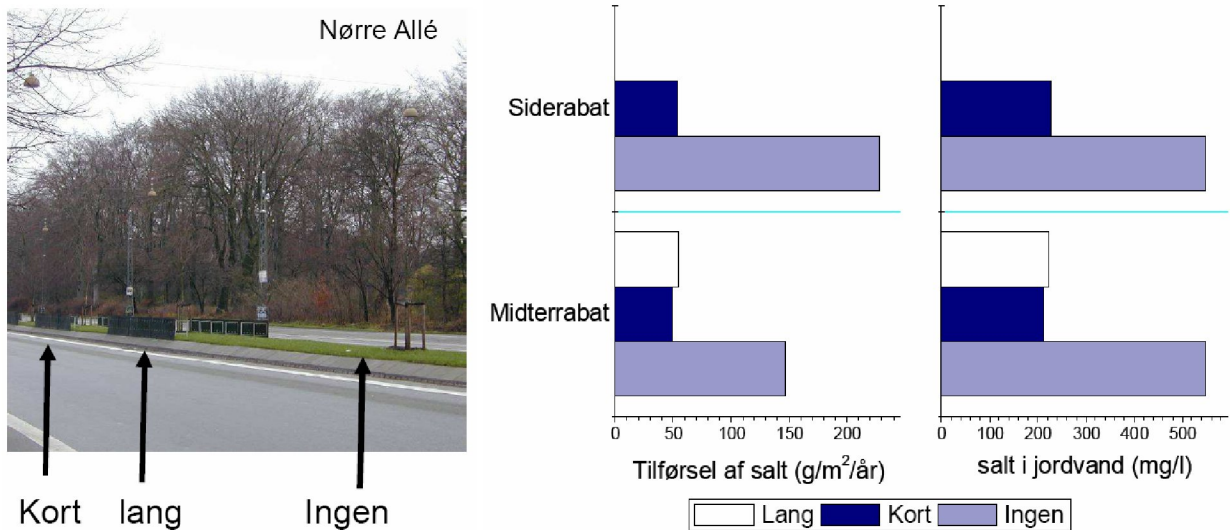


Figur 65. Viser halmbasert saltvern i Holte Stationsvej i Rudersdal kommune hvor det har blitt gjennomført 10 års forsøk for å klarlegge saltbelastning til jord i rabatter med og uten saltvern og med saltvern i ulike høyder, 70 og 90 cm (Fra Pedersen et al. 2007).



Figur 66. Viser at det var små forskjeller mellom saltvern med 70 og 90 cm høyde, men at effekten av saltvern var stor sammenlignet med områder uten saltvern (Fra Pedersen et al. 2007).

Pedersen et al. (2009) har også undersøkt effekt av korte og lange saltvern mht effekt på mengde salt tilført jord og jordvæske. Figur 67 viser forsøksområdet som ble brukt på Nørre Allé og resultatene for saltvern med ulik lengde. Det var ingen klare forskjeller mellom saltvern med ulik lengde mht saltbeskyttelse i området bak vernet.



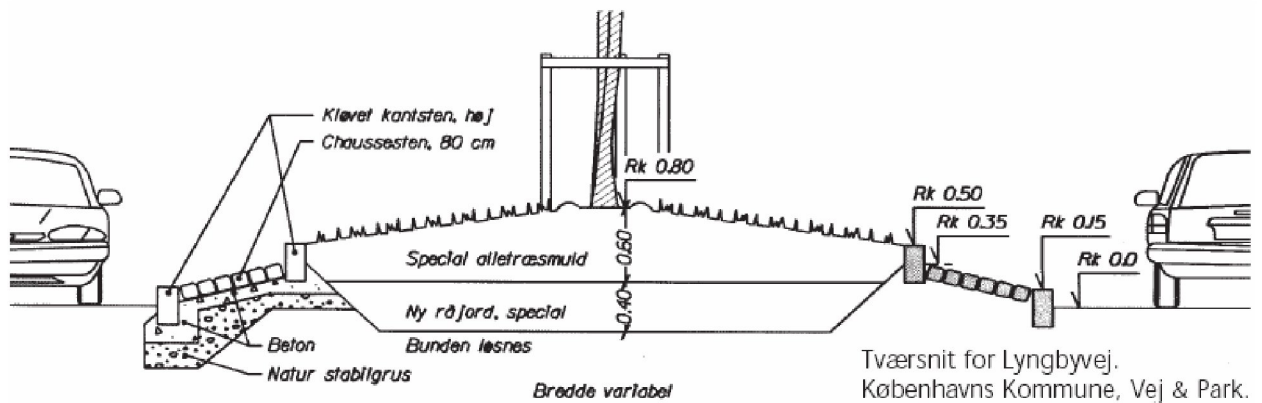
Figur 67. Viser bilde av saltvern med ulik lengde parallelt med vegen (venstre) og oppnådde resultater mht redusert tilførsel av vegsalt ved bruk av saltvern. Resultatene viste små forskjeller mellom saltvern med ulik lengde (Fra Pedersen et al. 2007).

4.3.2 Forhøyet midtrabatt og kantstein

Pedersen et al. (2006) har også utført forsøk med hevet midtrabatt og kantstein for å redusere saltbelastningen til trær og vegetasjon i gatemiljø. Forsøkene har blitt utført i Lyngbyvejen og Nørre Allé. Figur 68 viser Lyngbyvejen etter ferdigstilt anlegg og beplantning. Figur 69 er en prinsippskisse som viser hvordan denne midtrabatten ble bygd opp.

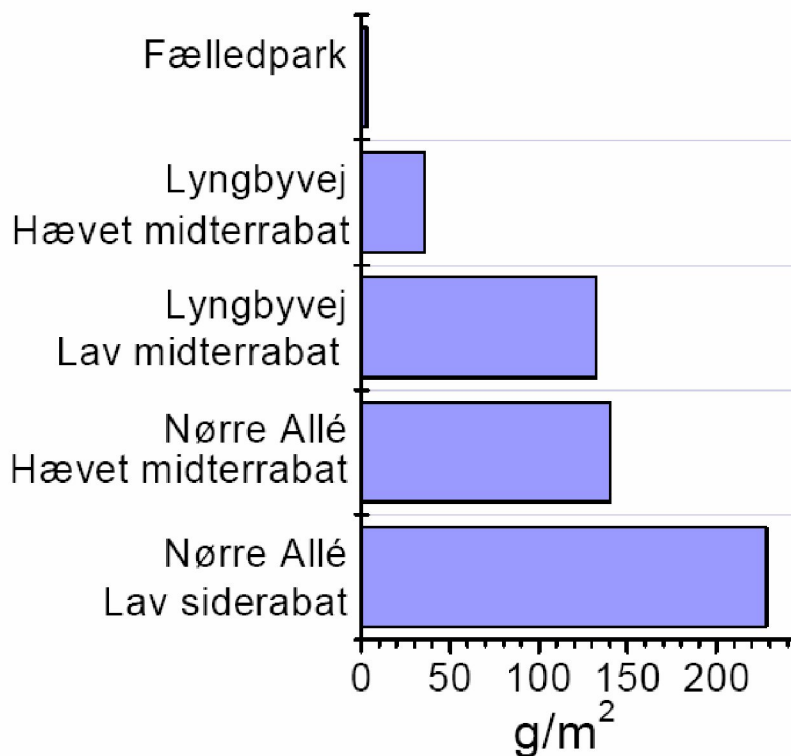


Figur 68. Viser forhøyet midtrabatt i Lyngbyvejen etter beplantning (Fra Pedersen 2006).



Figur 69. Prinsippskisse av forhøyet midtrabatt i Lyngbyvejen med brostein og kantstein mot trafikkerte flater (Fra Pedersen og Holgersen 2006).

Forsøkene viste at forhøyet midtrabatt med kantstein ga en vesentlig reduksjon i saltbelastningen til jord i områdene med beplantning (figur 70). I Lyngbyvejen var saltbelastningen redusert til rundt en tredjedel sammenlignet med målinger i en vanlig lav midtrabatt. I Nørre Allé var saltbelastningen redusert til rundt 60 % av belastningen i en lav midtrabatt.



Figur 70. Målt saltbelastning ved henholdsvis forhøyet og lav midtrabatt i Lyngbyvejen og i Nørre Allé (Fra Pedersen 2006).

4.3.3 Jordblandinger

I Hamburg har det (fra 1980 og framover) blitt utført storskala utskifting av saltholdig jord rundt gatetrær (Monard 1985). Toppjorden (10-15 cm dybde) ble forsiktig løsnet og suget opp med sugebil. Jorda ble så erstattet med en ny spesialjord tilsatt organisk gjødsel. Etter fjerning av opprinnelig jord ble det også tilsatt et ukjent produkt av en ionebytter som ble vannet ned i profilet før ny jord ble lagt på plass. Over ny jord ble det lagt et lag med kakaoflis. Metoden synes å ha bedret forholdene for de aktuelle trærne i flere år etter tiltaket.

En tilsvarende jordblanding som brukt i Hamburg brukes i dag i plantehull for nye trær i København med godt resultat (Randrup og Pedersen 2008).

4.3.4 Gjødsling og kalking

Vekstproblemer knyttet til høye konsentrasjoner av vegsalt i jord skal kunne forebygges ved å gjødse med langtidsvirkende gjødselvarer, og gjerne organisk gjødse. Dette kan også bygges inn som en del av jordblandinger til bruk i plantehull for nye gatetrær.

For jordstruktur som er ødelagt av natrium kan tilførsel av gips bidra til å forbedre jordstruktur, drenering og næringsstoffstatus i jorda. Kalking og kombinert vanning og gjødsling med nitrat har blitt beskrevet som aktuelle tiltak for å redusere vekstproblemer skapt av vegsalt (Randrup og Pedersen 2008).

Flere undersøkelser har anbefalt tilførsel av kalsium (kalking) som positivt for å redusere negative effekter av vegsalt på vegetasjon (Bogemans et al. 1988 og Salisbury & Ross 1992). God kalsiumtilgang gir et økt Ca/Na-forhold i jorda som er positivt for plantehelse og hvordan plantene håndterer store tilførsler av klorid. Det antas at kalsium beskytter plantenes cellemembran mot natrium.

4.3.5 Vanning og vasking

Vanning vil kunne bidra til å vaske ut uønsket salt fra jorda, og i USA har dette blitt utført rutinemessig for å hindre saltskader på vegetasjon. For en sandblandet leirjord har følgende råd blitt gitt mht effekt av vanning (Harris 1992):

- 50 mm vasker ut 50 % av saltet
- 100 mm vasker ut 80 % av saltet
- 200 mm vasker ut 90 % av saltet

Vanning brukes som tiltak for å fjerne salt i jorda i områder hvor det er underskudd på nedbør. Det bør også vurderes som tiltak der store tilførsler av vegsalt skaper vekstproblemer knyttet til salteffekter i jord.

For noen nyplantinger med bjørk langs saltet veg utføres det i dag forsøk med vasking av salt som avsettes på stamme, kvister og knopper. Dette fordi bjørk får problemer med veksten som følge av direkte saltsprut. Etablering av vegetasjon som krever faste vaskeprosedyrer for å fjerne salt framstår som lite bærekraftig.

4.3.6 Salttolerant vegetasjon

Ulike arter har ulik salttoleranse, både mht saltinnholdet i jord, men også i forhold til skader forårsaket av saltsprut. Valg av arter og vegetasjonstype er viktig og må vurderes i forhold til trafikkbelastning, saltbruk, lokale naturgitte forhold og iverksatte tiltak for å redusere saltbelastning på jord og planter i kantarealer langs vegen.

Knyttet til en litteraturstudie utført for Statens vegvesen (Amundsen et al. 2008) utførte Per Anker Pedersen en gjennomgang av aktuell litteratur knyttet til vegetasjon og vegsalting. Her ble det blant annet referert til Aamlid & Hanslin (2006) som har rangert ulike grasarter brukt i grøntanlegg med hensyn til salttoleranse:

Flerårig raigras (mest tolerant) > rødsvingel > krypkvein > stivsvingel > engrapp > sauesvingel > engkvein (minst tolerant). De minner også om at det er sortsforskjeller innen artene.

I et forsøk utført av Fostad & Pedersen (2000) var furu den klart mest tolerante av de fire artene gran, hengebjørk, furu og spisslønn. Gran var særlig ømfintlig. De viste dessuten at skadeomfanget varierte sterkt med jordart.

I Sveits gis det generelle anbefalinger av hvilke typer av trær og vegetasjon som skal brukes langs veg og gater med stor belastning av vegsalt (<http://www.salz.ch>).

Ved valg av vegetasjon og beplantning langs veg og gater må det være svært viktig å velge vegetasjon som har tilfredsstillende salttoleranse, og ikke velge arter og vegetasjonstyper som krever omfattende tiltak eller vedlikehold for å unngå saltskader.

4.3.7 Kanadiske anbefalinger knyttet til vegsalt og vegetasjon

I Kanada har det nasjonale transportinstituttet (Transport Association of Canada) laget beskrivelser av tiltak som kan iverksettes for minst mulig miljøeffekter knyttet til bruk av vegsalt (www.tac-atc.ca). Herunder inngår også råd om tiltak for å minimere effekter på vegetasjon. Under er det gitt en oppsummering av disse rådene.

Plassering av vegetasjon:

- Planting av vegetasjon som er sensitiv for salt må skje i god avstand fra områder med saltsprut
- I områder nær vegen kan vegetasjon beskyttes mot salteffekter ved planting i forhøyede rabatter eller bak tiltak som gir en fysisk beskyttelse mot saltsprut.

Vedlikehold og tiltak:

- Nyplantede bartrær i tilknytning til sterkt trafikkerte bygater skal beskyttes med saltvern gjennom vinteren (seilduk/sekkestrie)
- Planter utsatt for salteffekter kan vurderes påført overflatebeskyttende midler som forhindrer uttørking og andre problematiske effekter av saltsprut
- Fjerning av saltholdig vegstøv og strøsand fra grøntområder langs vegen så tidlig som mulig om våren
- Beskytte naturområder og arealer med vegetasjon og omgivelser sensitive for tilførsel av salt med "leplantinger" av salttolerant vegetasjon
- Vurdere etablering av snøbarrierer for å hindre spredning av saltholdig snø til steder med sensitiv vegetasjon eller omgivelser på sidearealer

Avrenning og drenering:

- Etabler grunne grøfter rundt sensitiv vegetasjon for å hindre direkte avrenning av salt overvann inn mot disse områdene
- Etabler barrierer eller vegger for oppsamling av saltsprut slik at dette kan samles opp og ledes bort uten å gi effekter på vegetasjonen på utsiden av oppsamling
- Etabler overvannsystem og drens-system langs vegen slik at det ikke dannes dammer med salt overvann i det samme området som det er utført beplantning og etablering av viktig vegetasjon.
- I områder med sterk saltpåvirkning må overvannet håndteres på tette flater for å unngå uønsket infiltrasjon og skade på vegetasjon og jordsmonn.

I figur 71 er det vist eksempel på treplanting som en integrert del av et brosteinsbelagt fortau, hvor treet er beskyttet mot salt fra gata gjennom en forhøyet plassering sammenlignet med gatenivå og gjennom avskjæring av saltavrenning ved kantstein og inntakssluk. Treet er satt i en tilpasset vekstjord. Et betongprodukt gir en naturlig overflatetilpasning i et gatemiljø med brostein.



Figur 71. Viser treplanting i tilknytning til fortau med brosten. Treet er beskyttet mot tilførsel av vegsalt gjennom kantstein og en forhøyet plassering (fra <http://www.mall.info>).

4.3.8 Akkumulering og omdanning av salt i planter

Undersøkelser har vist at konsentrasjonen av klorid i blader og nåler kan variere mye avhengig av saltpåvirkning på voksestedet (Bäckman og Folkesson 1995 samt Dragsted 1977). Konsentrasjonen har også vist seg å øke med økende alder på bladene og økende eksponeringstid. Klorid er vurdert å være det mest problematiske stoffet i forhold til bladskader. Normalt ligger kloridinnholdet i blader for trær som ikke er eksponert for salt på rundt 0,1 % av tørrvekta, mens det i sterkt eksponerte trær vil kunne komme opp i 0,5 - 2 % av tørrvekt. Opptak av klorid til bladverk i trær vil dermed kunne bidra til en midlertidig fjerning av klorid fra vekstjorda langs vegene.

Mange planter kan omforme klorid til metylklorid som frigis som en gass. Denne prosessen har blitt vurdert som en aktuell mulighet for å fjerne klorid fra et saltbelastet miljø langs vegene, men hastighetene og omfanget av prosessen synes å kunne bidra lite til merkbar fjerning av klorid fra en saltbelastet jord langs vegene.

Planter har flere mekanismer for å håndtere overskudd av salt i jord eller plantevev. Noen prosesser hindrer opptak i røttene eller skiller ut igjen salt som er tatt opp. Andre plasserer salt som er tatt opp i vakuoler eller utnytter andre former for immobilisering. I tillegg kan det som nevnt produseres metylklorid som frigir opptatt klorid som gass. Deep Sani (2009) har vurdert om disse mekanismene kan tas aktivt i bruk slik at vegetasjon kan bidra til å fjerne større mengder salt fra et saltbelastet miljø langs veger og gater, men konkluderer med at mekanismene synes utilstrekkelige for anvendelse til å fjerne større mengder salt fra miljøet rundt de store vegene.

4.4 Restaurering av innsjøer med saltgradient

En undersøkelse utført av NIVA "Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer" (Bækken og Haugen 2006) har vist at 18 av 59 undersøkte sjøer langs vegnettet i Norge hadde en klar gradient for klorid, natrium og ledningsevne mellom overflatevann og bunnvann. Dette ble vurdert å kunne utgjøre et problem for fullsirkulasjon, noe som kan bidra til forbruk av oksygen og gradvis oksygenvikt i dypvannet.

Mangelfull sirkulasjon vil kunne forsterke problemet med saltgradient og gi en permanent sjiktning i noen mindre innsjøer. I verste fall vil dette resultere i fullstendig oksygenfritt bunnvann uten liv.

I noen tilfeller synes det som tjern og innsjøer få en sesongavhengig skiftning i saltkonsentrasjon i bunnvannet, hvor ledningsevnen i bunnvannet øker på gjennom den sesongen det blir brukt vegsalt, for så å utjevnes knyttet til vårsirkulasjon eller gjennom en gradvis fortykning. Figur 72 viser et eksempel på et slikt forløp.

For mindre sjøer og tjern med lite nedbørfelt og lav tilrenning gjennom vinteren bør det være mulig å iverksette tiltak som gir en kontrollert utskifting av "saltere" bunnvann uten at dette gir negative effekter videre nedstrøms i vassdraget.

Teoretisk bør dette kunne utføres ved at det legges ut en manifoil (inntaksrør med mange hull) i dyplaget i tjernet. Denne legges ut slik at den blir liggende tett på bunnen, men ikke i kontakt med sedimentlaget. Manifoilen legges ut i tilknytning til det dypeste partiet i tjernet, noe som vurderes ved bruk av ekkolodd.

Manifoilen kobles til en PE-ledning med ønsket hydraulisk kapasitet som føres ut i utløpsbekken fra tjernet. Dersom PE-ledningen kan føres ned til en høyde som er lavere enn manifoilen vil vannet kunne strømme ved hevert-prinsippet etter initiell oppstart ved hjelp av en sugepumpe. Hvis dette ikke er mulig forutsetter løsningen permanent pumping fram til bunnvannet er skiftet ut.

I et tankeeksperiment med et tjern på 20 da og med maksimalt dyp på 10 m kan det "salte" bunnvannet utgjøre et samlet volum på rundt 100 000 m³. Med en midlere tapping av bunnvannet med en hastighet på 3,5 l/s, så vil hele det aktuelle volumet være skiftet ut i løpet av 1 år.

Det er mange vurderinger som må utføres før det kan være aktuelt å iverksette en slik restaurering, men teknisk sett bør det være mulig å få dette til, og spesielt dersom tjernet/innsjøen ligger slik at det er godt fall i utløpsbekken.

5. Samlet vurdering

Denne rapporten har vektlagt å gi konkrete eksempler på tekniske løsninger for håndtering av vegsalt gjennom presentasjon av tegninger, prinsippsskisser samt utvalgte deler av produktpresentasjoner. Gjennom aktiv bruk av nettsøk har det blitt forsøkt hentet ut aktuell informasjon fra veg- og miljømyndigheter i Europa, Canada og USA. Innledningsvis er det gitt en beskrivelse av prosesser knyttet til spredning og transport av vegsalt langs veg, i overflatevann, i umettet sone og i grunnvann. Beskrivelsene er basert på resultater og figurer fra utvalgte undersøkelser, og også her er det lagt vekt på en visualisering av disse prosessene gjennom mange figurer.

Mange land i Europa har en stor andel vannforsyning fra grunnvann, og anvendte tekniske tiltak for håndtering av vegsalt er derfor rettet mot beskyttelse av grunnvann. Av iverksatte tekniske tiltak for beskyttelse av grunnvann er ulike membranløsninger dominerende. Her blir det brukt ulike typer av membraner i områdene langs og under vegen for å samle opp salt og forurenset overvann fra vegen før det infiltrerer videre mot grunnvann. Det brukes både geomembraner og HDPE-membraner, eller en kombinasjon av disse. Membranene legges mest vanlig som takrenner langs vegggrøfter og midtdeler men kan også legges under hele vegkroppen. I Tyskland er det egne retningslinjer og veiledere for utforming av slike membransystemer for beskyttelse av grunnvann i tilknytning til større veger (RiStWag 2002). Noe tilsvarende finner vi også i Østerrike og Sveits. I Sverige er slike membransystemer også i aktiv bruk for beskyttelse av grunnvann.

I Finland ble det på slutten av 90-tallet og begynnelsen av 2000 lagt membraner i grøfter og midtdeler langs lange vegstrekninger for å beskytte grunnvann. Her har man imidlertid gått bort igjen fra denne praksisen siden løsningen ble vurdert som svært kostbar, og det synes også som det har vært noen problemer med teknisk gjennomførelse og oppnådd effekt mht beskyttelse. For nye vegstrekninger som trenger beskyttelse har Finland isteden valgt å bruke et alternativt avisings- og friksjonsmiddel (kaliumformiat), som brytes effektivt ned under transport i umettet sone.

Bruk av kantstein og slukrister for å fange opp overvann fra vegbanen synes å gi god effekt mht å redusere mengden salt som infiltrerer til grunnvann langs vegen. Undersøkelser indikerer at rundt 50 % av samlet mengde vegsalt vil kunne samles opp i en slik løsning. Det vil kunne være en stor variasjon mellom ulike vintersesonger avhengig av klimatiske forhold, brøyting og bruk av vegsalt.

I Norge har membranløsninger også blitt brukt for beskyttelse av grunnvann, blant annet i Lillehammer (E6 Sannom) hvor det er laget takrenneløsninger av asfalt i vegggrøftene for oppsamling og bortledning av salt overvann fra vegen. Membransystemer er brukt i stort omfang for å beskytte grunnvannet på ny E6 Hovinmoen - Dal, åpnet i 2009. Ved bygging av ny Rv3/Rv25 forbi grunnvannsanlegget på Grindalsmoen i Elverum vil det også være aktuelt å vurdere membranløsninger. Tilsvarende gjelder for Ringebu vannverk ved planlagt utbygging av ny E6 Gudbrandsdalen.

I Canada er det sterk fokus på hvordan vegsalt kan gi akutte og kroniske effekter på vannlevende organismer. Med bakgrunn i undersøkelser av ulike organismers sårbarhet for klorid fra vegsalt har det blitt satt grenseverdier for potensielt kroniske (230 mg Cl/l) og akutte effekter (1200 mg Cl/l) av vegsalt. Disse effektgrensene er i liten grad fulgt opp med aktive tiltak for å håndtere vegsalt som renner av fra vegen og følger overvann ut i sårbare resipienter. Det er imidlertid utført mange vurderinger og praktisk grep for å redusere saltmengdene som anvendes på vegen samt etablere soner hvor det ikke kan brukes vegsalt, men evt. alternative friksjonsmidler som kan brytes ned under transport.

I Norge er det kun en liten andel av drikkevann fra grunnvann (under 10 %). Problemstillinger knyttet til miljøeffekter av vegsalt i overflatevann er derfor vel så viktig, både mht vannforsyning og sårbarhet/leveområder for fisk og andre vannlevende organismer. Tiltak knyttet til oppsamling og bortledning av avrenning og overvann med vegsalt vil kunne forebygge negative effekter i sårbare og verdifulle resipienter. Både membranløsninger og løsninger med kantstein og inntakssluk vil kunne gi oppsamling av salt overvann som kan ledes til en alternativ og mer robust resipient. Topografien vil kunne gjøre slik bortledning vanskelig.

En undersøkelse utført av NIVA har vist at 18 av 59 undersøkte innsjøer langs veger hadde klare forskjeller i ledningsevne mellom overflatevann og bunnvann, og noen av disse viste oksygenverdier i

bunnvann som kunne indikere at det var problemer med fullsirkulasjon knyttet til saltsjiktning. Internasjonalt synes det å ha vært mindre fokus på problematikk knyttet til saltsjiktning og gradvis oksygenfritt bunnvann som følge av manglende fullsirkulasjon vår og høst.

Tetthetsgradienter i tjern og innsjøer kan antas å dannes som følge av at tetthetsforskjellen mellom overflatevann i innsjøen og overvann fra veg med mye vegsalt er så stor at tilført overvann transporteres mot bunnen av sjøen. Tiltak som bidrar til å utjevne saltkonsentrasjoner i tilført overvann forventes dermed å forebygge slike effekter. Rensedammer for håndtering av forurenset avrenning fra veg vil kunne være med å utjevne avrenning med høy konsentrasjon av vegsalt. Her vil effekten kunne være avhengig av hvordan rensedammene utformes, men dette er ikke undersøkt. De viktigste forhold som vil kunne påvirke innlagring og utjevning av tilførte konsentrasjoner av vegsalt er utløpsstruktur, dybde, seksjonering og samlet vannvolum. Sjiktning og forskjeller i tetthet skapt av vegsalt vil kunne påvirke oppnådd rensegrad og sedimentasjon for andre forurensinger fra veg.

En brøyteprosedyre med fresing av brøytet snø langt ut på sidearealene langs vegen forventes å kunne bidra til at en større andel av vegsaltet infiltrerer til grunnvann og at konsentrasjonene i oppsamlet overvann reduseres. Tilsvarende vil aktive tiltak for lokal infiltrasjon av overvann langs vegen bidra til å redusere den samlede saltbelastningen med overvann. Vegsalt som tilføres resipient etter transport i grunnvann vil ha en kraftig utjevnet og fortynnet konsentrasjon. Alternative brøyteprosedyrer og tiltak for aktiv infiltrasjon langs vegen kan være aktuelle tiltak for å beskytte viktige vassdrag der grunnvannet er robust eller vurdert som lite viktig.

For private brønner brukt til vannforsyning har det vært flere konflikter mellom anvendelse av vegsalt og vannkvalitet. Avhengig av lokale forhold kan det utføres flere tiltak som kan fjerne og forebygge inntrenging av salt i slike brønner. Rapporten gjengir praktiske råd fra et seminar arrangert av Statens vegvesen i 2008 samt svenske råd mht beskyttelse av mindre brønner. For noen brønner vil avbøtende tiltak ikke kunne gi effekt, og her vil alternativ vannforsyning være det eneste alternativet.

Saltskader på vegetasjon langs veg er et problem i Europa, Canada og USA, og grøntanlegg knyttet til gater og veger i tettsteder og byer har vært spesielt fokusert. I Danmark har det blitt arbeidet mye med disse spørsmålene, både med praktiske undersøkelser men også gjennom omfattende litteraturvurderinger. Undersøkelsene har vist at saltpåvirkningen i jord langs trafikkerte veger og gater blir vesentlig redusert i en avstand på rundt 2 m fra asfaltkant, og det anbefales ikke nyplanting tettere på vegen enn dette. Det har blitt utført omfattende forsøk med saltvern for å redusere saltbelastning til vekstjord rundt trær og annen vegetasjon. Undersøkelsene har vist at saltvern i form av rektangulære vegger rundt vegetasjonen eller alternativt som vegger parallelt med vegen gir god beskyttelse mot vegsalt. Ved bruk av vegetasjon og beplantning på forhøyede rabatter omsluttet av kantstein så reduseres saltbelastningen både på jord og vegetasjon. Det er vist prinsippsskisser av hvordan slike forhøyede rabatter for beplantning og vegetasjon i et gatemiljø kan lages.

Planters overlevelse i et miljø med mye vegsalt er avhengig av vekstjord og gjødsling. En vekstjord med et relativt høyt innhold av organisk stoff og gjerne med organisk gjødsel som gir en jevn frigjøring av nødvendige næringsstoffer bedrer overlevelse av trær og busker i et saltpåvirket bymiljø. Kalking synes å fremme vegetasjonens motstandskraft mot skader knyttet til kloridpåvirkning. Økt vanning knyttet til beplantning i byer vil kunne bidra til å fjerne skadelig salt fra jorda, slik at vekstforholdene bedres. Noe av det viktigste for å unngå skadevirkninger av vegsalt er å bruke mest mulig salttolerant vegetasjon til beplantning og tilsåing i et sterkt saltpåvirket miljø. I Sveits gis det klare råd om arter og vegetasjonstyper som kan være egnet i slike områder, og slik kunnskap finnes også i Norge. Denne kunnskapen må utvikles og kunne ut i klare råd til beplantning og tilsåing i et saltbelastet miljø.

Det er foreløpig usikkert om saltsjiktning i innsjøer og tjern har skapt store uheldige miljøeffekter i Norge i form av permanent sjiktning med gradvis dannelse av gjennomgående oksygenfrie og livløse forhold i dypvannet. Knyttet til en situasjon hvor det ikke lengre skjer fullsirkulasjon av en mindre innsjø og med gradvis forringelse av de biologiske forholdene i dypvannet kan det vurderes om det skal gjennomføres tiltak for å skifte ut dypvannet. Teoretisk bør dette kunne gjøres gjennom å fjerne stagnant bunnvann gjennom et hevertprinsipp eller en pumpeløsning.

Bioforsk håper at denne rapporten har bidratt til å avdekke muligheter for tekniske tiltak for håndtering av vegsalt.

6. Referanser

- Amundsen, C. E., French, H., Haaland, S., Pedersen, P. A., Riise, G. og Roseth, R. 2008. Salt SMART. Miljøkonsekvenser ved salting av vegger - en litteraturgjennomgang. Statens vegvesen, Vegdirektoratet Teknologivdelingen. Teknologirapport nr. 2535.
- Bester, M. L., Frind, E. O., Molson, J. W. and Rudolph, D. L. 2006. Numerical Investigation of Road Salt Impact on an Urban Wellfield. *GROUND WATER* 44(2), 165-175.
- Bogemans, J., Neirinckx, L. og Stassart, J. M. 1988. Effect of deicing chloride salts on ion accumulation on spruce. *Plant and Soil* 113:3-11.
- Bäckman, L. og Folkesson, L. 1995. The influence of de-icing salt on vegetation. Groundwater and soil along highways. VTI, Sweden. VTI-Rapport nr 197.
- Bækken, T. og Haugen, T. 2006. Kjemisk tilstand i vegnære innsjøer. Påvirkning fra avrenning av vegsalt, tungmetaller og OAH. Rapport UMT 2006/06. Statens vegvesen. 91 sider.
- Bækken, T., Avolio, C. M., Veidel, A. og Willberg, M. 2005. PORECA. Forurensningsreducerende effekt av Nygård rense- og fordrøyningsbasseng for vegavrenning, samt vegavrenning til Kjeksrudbekkene og Brekkebekken. NIVA-rapport 4935-2005, 69 s.
- Church, P. E and Friesz, P. J. 1993. Effectiveness of Highway Drainage Systems in Preventing Road-Salt Contamination of Groundwater: Preliminary Findings. *Transportation Research Record* 1420 (1993). Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC.
- Deep Sani, H. 2009. Chloride - plant interactions: Implications for vegetation as an effective BMP for salt removal. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. Waterloo May 25 -27, 2009.
- Dragsted, J. 1977. Opptøingssaltets betydning for vegetationsskader. *Ugeskrift for agronomer, hortonomer, forstkandidater og licenciater* 122(3), 27-30.
- Exhall, K., Marsalek, J., Rochfort, O., Grapentine, L., Kydd, S. and Nementh, J. 2009. Environmental Study of the Richmond Hill Snow Storage Facility. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. Waterloo May 25 -27, 2009.
- Flesjø, K. 2007. Infiltrasjon og strømning av vegsalt i grunnvannet ved et infiltrasjonsanlegg langs Rv35 på Gardermoen. Masteroppgave Institutt for plante- og miljøvitenskap, Universitet for miljø og biovitenskap, Ås.
- Gundersen, E. 2005. Saltpåvirkning av drikkevannsbrønner. Hydrologisk og vannkjemisk analyse av brønner i Hallingdal. Statens vegvesen, Teknologivdelingen, Seksjon for Geo- og tunnelteknikk. Rapport 200561288.
- Harris, R. W. 1992. *Arbiculture, Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs and Wines*. 2. ed. Regents/Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 674 pp.
- Howard, K. W. F. and Haynes, J. 1993. Urban Geology 3, Groundwater contamination due to road de-icing chemicals - salt balance implications. *Geoscience Canada* 10, 1-8.
- Lax, S. and Peterson, E. W. 2008. Characterization of chloride transport in the unsaturated zone near salted road. *Environmental Geology* 58(5), 1041-1049.
- Lundmark, A. 2005. Modellering av vägsaltets påverkan på vattnet i marken i en vägnära miljö. Svensk sammanfattning av licentiatavhandlingen: Modelling the impacts of deicing salt on soil water in a roadside environment. Rapport KTH Mark- och vattenteknik.

- Lundmark, A., Envall, M. og Gunnarson, A. 2007. Vägsalt i avrinnande vägdagvatten - uppföljning av vattenskyddsåtgärd längs väg E4 Bergaåsen. Rapport KTH Mark- og vattenteknik och Vägverket Region Sydöst.
- Lundmark, A., Jansson, PE. 2008. Estimating the Fate of De-icing Salt in a Roadside Environment by Combining Modelling and Field Observations. *Water, Air and Soil Pollution* 195, 215-232.
- Lundmark, A., Olofsson, B. 2007. Chloride deposition and distribution in soils along a deiced highway - assessment using different methods of measurement. *Water, Air and Soil Pollution* 182, 173-185.
- Marsalek, J. 2003. Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates. *Water Science and Technology*, 48, 61-70.
- Menking, K. M., Cunningham, M. A. and Foley, C. M. 2009. Mass Balance of Chloride from Deicing Salts in a Small Hudson River Tributary. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. May 25 -27, 2009.
- Monard, R. 1985. Gatuträd och saltskador i Hamburg I: Saltets Miljökonsekvenser. Rapport fra MOVIUMs salsseminarium i Alnarp 1984. Ed. K. Lundquist. Stad og Land. Rapport nr. 40. Alnarp. Sverige, 26-30.
- Müllern, C. F. 1999. Starkt ökande salthalter i Dalkarlsåsen. *Grundvatten* 2/99. Utgitt av SGU.
- Paulsen, T. 2008. Infiltration i Vägslänt - Fältundersökning av Infiltrationsförmågan i en vägslänt längs E4/E20 i Salems Kommun. Master Thesis KTH Land and Water Resources Engineering. Rapport Vägverket Konsult. ISSN 1651-0,64X. LWR-EX-08-23.
- Pedersen, L. B og Holgersen, S. 2006. Hævet vejrabat dæmper saltskaden. *Grønt Miljø* 2/2006.
- Pedersen, L. B. 2008. Kvaliteten af byens vand set ut fra træers synspunkt. Foredrag holdt av Lars Bo Pedersen, Skov & Landskab, Københavns Universitet.
- Pedersen, L. B., Ingerslev, M. 2007. Alternativer til vejsalt som tömmedel i glatförebekæmpelsen - litteraturundersøkelse over miljøeffekter, med særlig henblik på jord og planter. Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 36 - 2007. Center for Skov, Landskab og Planlægning. 49 s.
- Pedersen, L. B., Ingerslev, M., Krag, M. og Larsen, F. 2007. Saltet akkumuleres i gadetræernes jord. *Grønt Miljø* 9/2007.
- Perera, N, Gharabaghi, B., Noehammer, P., Guthrie, D., Kilgour, B., Satin, M., Goel, P. and Rainford, R. 2009. Road Salt Management - City of Toronto Case Study. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. May 25 -27, 2009.
- Planter & Vejsalt 2001. Informasjonsbrosjyre om planter og vegsalt og mulige tiltak for beskyttelse av planter. Vejdirektoratet og Skov & Landskab 2001. ISBN 87-7903-119-6.
- Reinosdotter, K. Sustainable Snow Handling. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Architecture and Infrastructure. Publication 2007:12. ISSN 1402-1544.
- Ristwag 2002. Tysk regelverk for beskyttelse av grunnvann ved bygging av nye veger.
- Salisbury, F. B. og Ross, C. W. 1992. *Plant physiology*. 4th ed. Wadsworth International. 682 pp.
- Semadeni-Davie, A. 2003. Observation and modelling of urban snow. Stormwater management in cold climates, Nov 3-5, 2003 Conference, Portland Maine.
- SGU 2005. Sköt om din brunn - råd om hur du går tillväga. ISBN 91-7201-938-7.

Transportation Association of Canada. 2003. Synthesis of Best Practices Road Salt Management. 4.0 Drainage and Stormwater management. Informasjonsmateriell tilgjengelig på www.tac-atc.ca

Turtumøygard, S. og Aakerøy, P. 2009. Grovscreening av vegnettet i Norge med hensyn på potensiell miljøskade fra vegsalt. Bioforsk Rapport 4 (63). 17 s.

Viklander, M. 2009. Enhancing Sustainability of Urban areas by Strategic Snow Management. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. Waterloo May 25 -27, 2009.

Vollzug Umwelt. 2002. Wegleitung. Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen. Bundesamt für Umwelt, Wald og Landschaft, BUWAL.

Vägverket 2009. Miljökonsekvens beskrivning i arbetsplan. Grundvattenskydd väg 80, Valbo. Gävle kommun, Gävleborgs län. Objekt: 157930. Vägverket Region Mitt.

Westerlund, C., Viklander, M. og Marsalek, J. 2009. An exploratory study of pollutant release from a disturbed urban snowpack. Presentation 1.st International Conference on Urban Drainage and Road Salt Management in Cold Climates: Advances in Best Practices. Waterloo May 25 -27, 2009.

Wike, K. 2007. Effekt av vegsalt på vannkjemien i et grunnvannspåvirket tjern på Gardermoen. Masteroppgave Institutt for plante- og miljøvitenskap, Universitet for miljø og biovitenskap, Ås.

Wike, K. 2008. Temadag 19.06.08. Saltforurensning av brønner. Statens vegvesen, Teknologivdelingen, Geoteknikk og skredseksjonen, Rapport nr 2528.

Aamli, T. S. og Hanslin, H. M. 2006. Salttoleranse hos gras i etableringsfasen. Park og anlegg 6:15-17.

7. Vedlegg

Oversikt over vedlegg

Nr Emne

- 1 Aktuelle leverandører av membraner og geotekstiler
 - 2 Naturbaserte renseløsninger vegavrenning - fra Sveits
-

Vedlegg 1: Aktuelle leverandører av membraner og geotekstiler



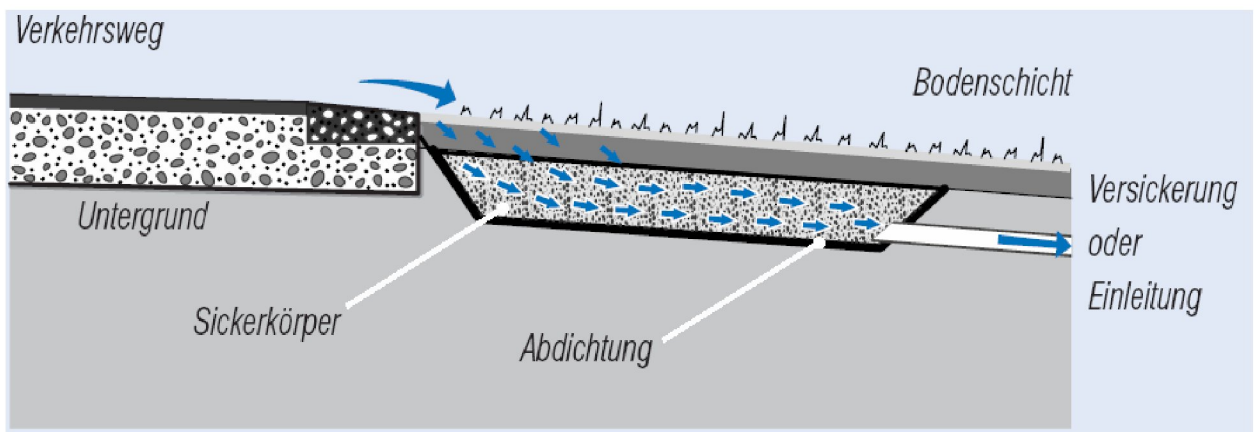
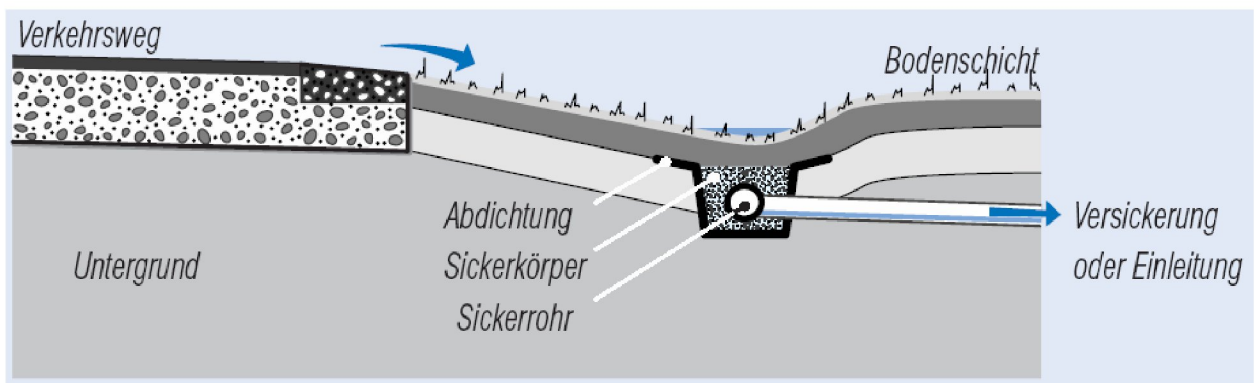
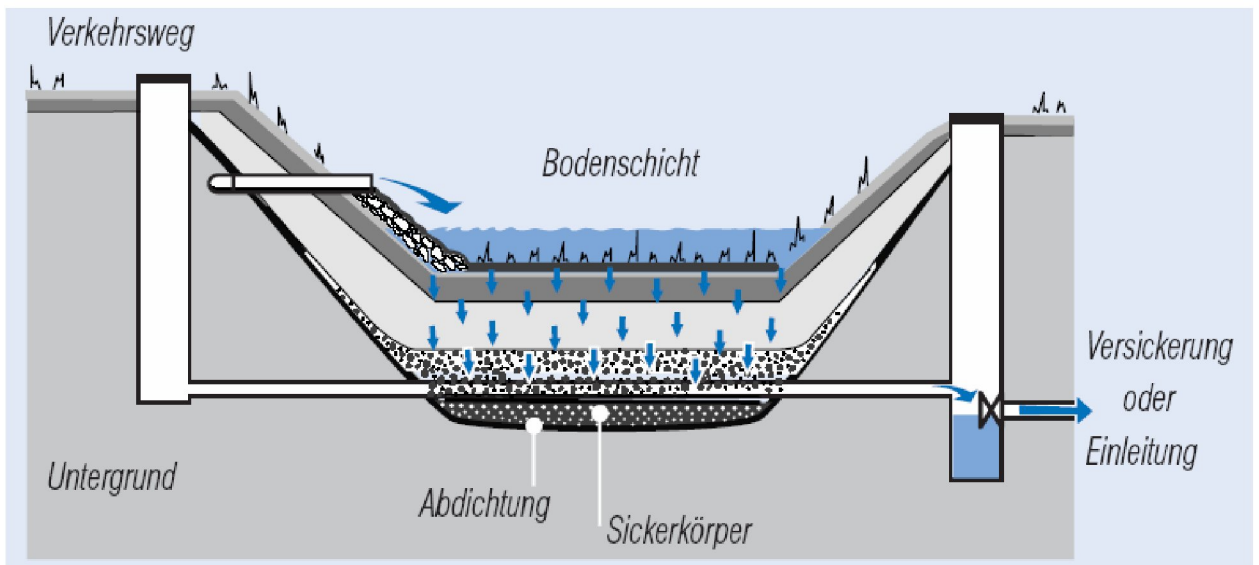
Geosyntetguiden V.1.0

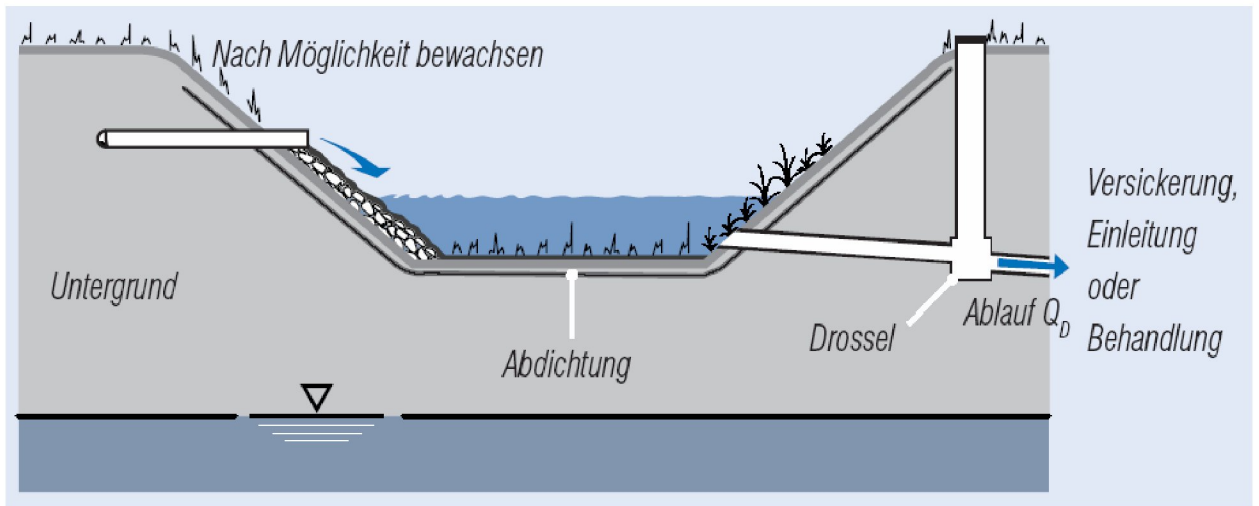
Leverandører	Produkter	Prosjekter og veiledning	Linker
--------------	-----------	--------------------------	--------

OVERSIKT OVER PRODUSENTER OG LEVERANDØRER

Firma og adresse	Kategori	Tlf/fax	Kontaktperson	Mer info
Fibertex A/S Box 8089 0806 Aalborg Øst Danmark	Produsent	+45-96353535/ +45-98158555	Ellen Ellebæk ee@fibertex.com	www.fibertex.com
Geonor P. b. 99 Røa 0701 Oslo	Leverandør	67159280/ 67145846/	Terje Ottesen, 93203839 to@geonor.no Oivind Kristiansen, 90914150 okr@geonor.no	www.geonor.no
Geopro Kløfta	Leverandør	63948751/ 63948752/	Stein Stokkebø	www.geopro.no
Scandinavian Terratec AB	Leverandør		Per Kristian Hoel, 97775000	www.terratec.se
Polyfelt Skandinavia Hørkær 12 A, 1.Sal DK 2730 Herlev, Danmark	Produsent Leverandør	+45 44857400/ +45 44857474	Jon Andreassen jon.andreassen@polyfelt.dk	www.polyfelt.com
SINTEF Byggforsk 7065 Trondheim	Konsulent Test- laboratorium	73592044 73595340	Arnstein Watn arnstein.watn@civil.sintef.no	www.sintef.no
Tele Textiles AS Bjørn Farmanns gt. 3 3679 Notodden	Produsent	35027710/ 35027720	Roar Lunde, 90038075 Roar@teletextiles.no Mabel O. Broadbridge, 90012123 Mabel.Broadbridge@teletextiles.no Bernard Ducros, 97615300 Bernard.Ducros@teletextiles.no	www.teletextiles.no
ViaCon AS 2235 Matrand	Leverandør	62839450/ 62830706	Mads Inge Dalsjø, 90090961 mid@viacon.no	www.viacon.no

Vedlegg 2: Naturbaserte renseløsninger vegavrenning - fra Sveits







Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005