

Et litteraturstudium over forurenset snø fra bynære områder: stoffer, kilder, effekter og håndtering



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Et litteraturstudium over forurenset snø fra bynære områder: stoffer, kilder, effekter og håndtering.	Løpenr. (for bestilling) 6968-2016	Dato 18.01.16
	Prosjektnr. Undernr. 12340-8	Sider Pris 27
Forfatter(e) Ranneklev, Sissel Brit	Fagområde Forurenset snø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Ingen	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens vegvesen	Oppdragsreferanse
--------------------------------------	-------------------

Sammendrag
Et litteraturstudium ble gjennomført for å utarbeide en oversikt over konsentrasjoner av organiske miljøgifter og metaller i urban snø. I tillegg ble noe litteratur i forhold til veisaltning inkludert. Det ble også søkt etter litteratur som kunne vise til effekter i biota som eksponeres for urban snø under nedsmeltingen, samt utfordringer og løsninger på hvordan snø håndteres i urbane områder.

Fire norske emneord 1. Forurenset snø 2. Organiske miljøgifter og metaller i snø 3. Avbøtende tiltak 4. Håndtering av snø	Fire engelske emneord 1. Contaminated snow 2. Organic pollutants and metals in snow 3. Measures 4. Handling of snow
---	---



Sissel Brit Ranneklev

Prosjektleder



Elisabeth Lie

Forskningsleder

**Et litteraturstudium over forurenset snø fra bynære
områder: stoffer, kilder, effekter og håndtering.**

Forord

Dette litteraturstudiet har vært en mindre arbeidspakke i Statens vegvesen sitt etatsprogram NORWAT. Hensikten med litteraturstudiet var å innhente informasjon om forekomst av organiske miljøgifter, metaller og andre stoffer i urban snø, samt problemer og muligheter for håndtering av urban snø. Kontaktpersoner i Statens vegvesen har vært Kjersti Wike Kronvall og Sondre Meland.

Oslo, 7.1.2016

Innhold

	1
Sammendrag	5
Summary	7
1. Innledning	8
2. Forurensende stoffer i snø	9
2.1 Konsentrasjoner av Cu, Zn, Pb, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og suspendert stoff	9
2.2 Konsentrasjoner av andre organiske miljøgifter og metaller	11
2.2.1 Effekter av metaller, polyaromatiske hydrokarboner (PAH), andre organiske miljøgifter og suspendert stoff i vannmiljøet	13
2.3 Veisalt	13
2.3.1 Effekter av veisalt på vannmiljøet	15
3. Håndtering av forurenset snø og avbøtende tiltak	16
3.1 Regelverk	16
3.2 Håndtering av forurenset snø	16
3.3 Avbøtende tiltak	19
4. Konklusjoner	20
5. Referanser	22
6. Vedlegg	27
Vedlegg A. Data fra Statens vegvesen	27

Sammen drag

Et litteraturstudium ble gjennomført for å utarbeide en oversikt over konsentrasjoner av organiske miljøgifter og metaller i urban forurenset snø. I tillegg ble noe litteratur i forhold til veisaltning inkludert. Det ble også søkt etter litteratur som kunne vise til effekter i biota som eksponeres for forurenset snø under nedsmeltingen, samt utfordringer og løsninger på hvordan snø håndteres i urbane områder.

Litteratur viste at i urbane områder er motoriserte kjøretøyer den største kilden til forurensninger i snø. Forurensningene akkumuleres raskt og konsentrasjonene kan være betydelige. De målte konsentrasjonene er kun delvis korrelert med årsgogntrafikk (ÅDT), men forhold som salting, grusing, type veidekke, bruk av piggdekk, værforhold, køkjøring og akselerasjon er bestemmende for type stoffer og mengder som avsettes i snøen. Det vil da være vanskelig å bestemme forurensning relatert til trafikkmengde, og uttak av representative prøver til analyse kan være utfordrende. I tillegg er de kjemiske analysene problematiske, da store mengder snø må samles inn, særlig til målingene av organiske miljøgifter. Litteraturen omhandler i hovedsak Zn, Cu, Pb, PAH (polyaromatiske hydrokarboner) og suspendert stoff (SS), som er de dominerende forbindelsene man finner i snøprøver. I noen undersøkelser finnes målinger av oljefraksjoner, og de målte konsentrasjonene har i de fleste tilfellene vært høye. Undersøkelser som måler konsentrasjoner av andre organiske miljøgifter enn PAH er i stor grad manglende, men det finnes studier som har påvist en rekke forbindelser, men oftest i betydelig lavere konsentrasjoner enn for PAH. Undersøkelser av mikroplast i urban snø ble ikke funnet.

Kilder til SS kan være mange, slik som sot fra forbrenning av drivstoff, materialer fra bremsene, bildekk og veidekke. For PAH er kildene relatert til bildekk, veidekke og forbrenning av drivstoff, mens metallene i hovedsak har sitt opphav fra kjøretøyet.

Effektstudier av smeltevann fra urban forurenset snø på biota ble ikke funnet, men konsentrasjonene fra litteraturen var betydelig høyere enn grenseverdier (EQS) gitt i vannforskriften. Innblanding av veisalt med de andre forurensende stoffene i snø antas å forsterke den negative effekten på ferskvannslevende organismer. Innblanding av veisalt i den forurensete snøen løser også ut og mobiliserer metaller under nedsmeltingen av snøen. Slik det fremstår i litteraturen, ser det ut som om veisalt i urban forurenset snø er det største miljøproblemet. Overvåkingsdata fra elver i andre land viser at konsentrasjoner av veisalt har økt betydelig de siste årene. Overvåkingsprogram som inkluderer salt-målinger i norske elver ble ikke funnet. Data fra Norge i innsjøer har vist at det har vært en tendens til økning i saltkonsentrasjoner fra 2005 til 2010.

Det er ulik praksis for hvordan urban snø håndteres når den må fjernes. Hovedtendensen i Norge er at snøen dumpes i elver, innsjøer og kystvann, og/eller at det er avsatt arealer til deponier som ikke har noen form for rensetiltak. Oslo kommune er for oss det eneste kjente tilfellet i Norge som praktiserer noe form for rensing og behandling av den bortkjørte snøen. Kommunen har inngått avtale med selskapet NCC som har utviklet et renseanlegg for behandling av forurenset snø. Anlegget benytter varme i innpumpet sjøvann til smelting av snø. Videre i anlegget fjernes en stor andel av partikler og forurensende stoffer gjennom sedimentering, bruk av lenser og ulike typer filtre. Avløpsvann fra anlegget slippes ut til Oslofjorden ved Akershuskaia. Mengder sand, grus, suspendert stoff og avfall i snøen som anlegget fjerner var betydelig høyere enn det funn fra litteraturen indikerer. Målinger tatt utenfor anleggets influensområde ved utplassering av blåskjell og passive prøvetakere kunne ikke påvise forhøyede konsentrasjoner av metaller eller organiske miljøgifter.

Håndtering av forurenset snø som fjernes fra urbane områder er utfordrende, med hensyn til transport, tilgjengelige og egnede arealer for deponering, samt avrenningsmuligheter for smeltevannet. Direkte dumping av forurenset snø i overflatevann frarådes, med hensyn til salt, metaller, organiske miljøgifter, SS og avfall som finnes i snøen. Etablering av snødeponier og anlegg med ulik grad av rensesmuligheter bør

vrderes, hvor den mest forurensede snøen deponeres der hvor rensingen er best eller hvor smeltevannet gjør minst skade på vannmiljøet. Forurenset snø bør alltid behandles før smeltevannet når vannmiljøet.

For å redusere skader i vannmiljøet forårsaket av forurenset snø som deponeres og samtidig sikre at man overholder de krav som er satt i vannforskriften, bør det vurderes å etablere felles nasjonale retningslinjer for håndtering av forurenset snø.

Summary

Results showed that levels of metals and organic contaminants were high, and exceeding the environmental quality standards in the EU Water Framework Directive. Elevated concentrations of Cu, Zn, Pb, PAH, and suspended solids were most frequently reported. In addition, high concentrations of road salt were found during snow melt.

Negative effects on the aquatic environment due to effects from road salt in contaminated snow were most pronounced according to the literature reviewed.

Handling of urban snow is difficult due to the elevated concentrations of contaminants. Today snow is dumped in all types of water courses, and methods to handle urban contaminated snow are missing. The municipality of Oslo is today delivering contaminated snow to a snow melting barge, which treats the contaminated snow before it is discharged into the Oslofjord. Other measures to reduce the contamination during snow melt are discussed.

A literature study with respect to contaminants, organic and metals, found in urban snow influenced by traffic was conducted. In addition, literature with respect to contaminants in snow and road salt was included, and studies showing effects in biota exposed to contaminated snow melting water. Challenges and solutions of how to handle contaminated snow in urban areas were discussed.

Literature showed that motorized vehicles are the largest source of contaminants in snow in urban areas. The contaminants accumulate rapidly in the snow and the concentrations can be considerable. Concentrations of contaminants found in snow are only partly correlated to the average annual daily traffic (AADT). Conditions like application of road salt, use of gravel/sand, type of road surface, use of studded tires, weather conditions, traffic congestion, and acceleration (starts and stops) determine the type of pollutants and amounts deposited in the snow. As a result, level of contamination in relation to traffic load is difficult to determine, as well as representative sampling. In addition, the chemical analyses are challenging, especially measurements of organic contaminants, since a large volume of snow is needed. The literature discusses primarily Zn, Cu, Pb, polyaromatic hydrocarbons (PAHs) and suspended solids (SS), which are the predominant contaminants detected snow samples. In some few surveys measurements of oil fractions are conducted, and levels found are in most cases elevated. Surveys that measure concentrations of other organic pollutants than PAHs in are scarce, but studies have detected a variety of organic compounds in urban snow, but usually in much lower concentrations than for PAH. Investigations of micro-plastics in urban snow were not found.

There are several sources of SS, such as soot from the combustion of fuel, materials from brakes, tires and the road surface. For PAHs, the sources relate to tires, road surface (asphalt) and the combustion of fuel, while metals mainly originate from the vehicle.

Studies of effects of polluted melt water from snow on biota were not found, but concentrations of contaminants in melting snow exceeded environmental quality standards set out in the EU Water Framework Directive. The combination of road salt with other contaminants in snow is believed to reinforce the negative effect on freshwater biota. Road salt in the contaminated snow will mobilize metals during snowmelt. From the literature, it appears that road salt in urban polluted snow causes the largest environmental problem. Monitoring data from rivers in other countries have shown that concentrations of road salt have increased significantly in recent years. Similar data were not found in any monitoring program of Norwegian rivers. Data from some lakes in Norway have shown that there has been an increase in salt concentrations from 2005 to 2010.

There are different practices for handling of urban snow. The main trend in Norway is that snow is

dumped into rivers, lakes, and coastal waters, and/or areas are allocated for dumping, without any form of treatment of the melt water. For us, the municipality of Oslo is the only known case in Norway where polluted urban snow is treated after it is removed. The municipality has reached an agreement with the company NCC, which has invented a treatment plant for contaminated snow. The plant uses heat in seawater that is pumped into the plant in order to melt the removed contaminated snow. In the plant a high percentage of particles and pollutants are removed through sedimentation, the use of booms and various types of filters. Wastewater from the plant is discharged into the Oslofjord at Akershuskaia. Amounts of sand, gravel, suspended solids and wastes removed in the plant from the contaminated snow were significantly higher than findings from the literature indicate. No elevated concentration of organic contaminants and metals in deployed blue mussels and passive samplers outside the plant were observed during the plant was operating.

Handling of contaminated snow removed from urban areas is challenging, with respect to transport, available and suitable areas for deposition, and environmental friendly run-off of the melted water. Dumping of contaminated snow into surface water should be avoided, with respect to levels of road salt, metals, organic pollutants, suspended solids, and the waste found in contaminated snow. Establishment of snow deposits, having varying degrees of treatment facilities should be considered. Treatment of the most polluted snow should be conducted at deposits with the best treatment facilities or at deposits where the effects on the aquatic environment from the polluted melt water are at a smallest. Heavily polluted snow should always be treated prior to the melt water reaches the aquatic environment.

To ensure to comply with the requirements set out in the EU Water Framework Directive a common national guideline for handling of contaminated snow should be established.

Title: A literature study of contaminated snow in urban areas: compounds, sources, effects, and handling
Year: 2016

Author: Sissel Brit Ranneklev

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6703-7

1. Innledning

I områder karakterisert av et vått og kaldt klima, faller en betydelig del av nedbøren ned som snø. I Norge er det store variasjoner i antall døgn med snøfall og minusgrader. I områder langs kysten av Sør- Norge vil man ha under 75 dager i året med mer enn 50 % snødekke, mens man i høyereliggende strøk vil ha mer enn 276 dager i året med mer enn 50 % snødekke (Vikhamar Schuler et al., 2006). Snøkrystallenes store overflate og lave fallhastighet medfører at forurensinger i atmosfæren fanges lett opp i snøen. Målinger viser at snøkrystaller generelt er mer effektive til å fange opp metaller og organiske miljøgifter i atmosfæren enn for eksempel regndråper (Kim et al., 2012; Lei og Wania, 2004; Sansalone og Glenn, 2002; Zhang et al., 2015). Snø som har falt og blir liggende vil fortsette å akkumulere forurensninger, både fra aktiviteter i nærområdet og fra ny snø som tilføres. I urbane områder kan snøen være betydelig forurenset, og utslipp fra motoriserte kjøretøy og trafikkrelaterte aktiviteter anatas å være hovedkildene (Kuoppamaki et al., 2014; Viklander, 1999b). For å sikre framkommelighet og trafikkikkerhet må snøen ryddes bort. Snøryddingen utføres ofte i flere omganger, med påfølgende brøyting, fresing, skraping/høvling og til slutt fjerning, hvis snømengdene blir for store. I tillegg benyttes salt og sand/grus for å fjerne is og snø, og som tiltak for å øke friksjonen i veibanen og på fortau (Vaa og Sakshaug, 2007). Videre håndtering av snøen som fjernes er utfordrende, da egnede deponiplasser eller metoder for å behandle den forurensete snøen er begrenset. I dag har Statens vegvesen ansvar for vintervedlikehold av riks- og fylkesveiene, mens kommunene har ansvar for de kommunale veiene. Verken Statens vegvesen eller kommunene har egen driftsenhet og må derfor kjøpe inn tjenester for vinterdrift av veinettet. I

Håndbok R 610 fra Statens vegvesen gir informasjon om drift og vedlikehold av vinterveier (Håndbok R610, 2014) som kan benyttes for alle typer veier. I håndboken mangler informasjon og anbefalinger om deponering av innsamlet snø. Håndteringspraksis for den innsamlede snøen varierer. Dumping i ferskvann og kystvann, samt utvalgte arealer avsatt eller fritt benyttet til deponi uten noen form for rensing er de mest vanlige praksisene i dag.

I denne rapporten har det vært gjort et litteratursøk over stoffer som har blitt påvist i deponert snø fra urbane områder med tilhørende trafikkbelastning, samt kilder og måter å håndtere forurenset snø og mulighet for avbøtende tiltak i forhold vannmiljøet.

2. Forurensende stoffer i snø

2.1 Konsentrasjoner av Cu, Zn, Pb, polyaromatiske hydrokarboner (PAH) og suspendert stoff

Kjemiske analyser har påvist en rekke ulike stoffer i urban snø og i nivåer som kan utgjøre en risiko for vannmiljøet når det smelter. Det er store lokale variasjoner i konsentrasjoner som blir påvist, og forurensningene er bare delvis korrelerte med trafikkmengden målt som årsdøgntrafikk (ÅDT¹). Faktorer som for eksempel grusing, strøing, type veidekke, kjøretøy, bruk av piggdekk, værforhold, kjøring og akselerasjon vil være bestemmende for type stoffer og mengder som avsettes i snøen (Bækken, 1993; Bækken, 1994; Lygren et al., 1984; Reinodotter og Viklander, 2005). I tillegg vil stoffer fra antropogene kilder bidra, slik som industri, forbrenningsanlegg og private boliger (Bucko et al., 2011; Gabrielli et al., 2008; Siudek et al., 2015).

Sink (Zn), bly (Pb), jern (Fe), kopper (Cu), kadmium (Cd) og nikkel (Ni) er de vanligste metallene man finner i veiavrenning (Hvitved-Jacobsen og Yousef, 1991). I tillegg vil veiavrenningen være dominert av polyaromatiske hydrokarboner (PAH), petroleum-forbindelser og partikler (Lygren et al., 1984).

Litteraturen som omhandler forekomst av forurensende stoffer i urban snø viser oftest til partikler (totalt suspendert stoff), Zn, Cu og Pb, da konsentrasjonene av disse stoffene er de høyeste. Oversikt over konsentrasjoner til andre metaller, PAH og petroleum-forbindelser er manglende. Generelt er konsentrasjoner av andre metaller betydelig lavere enn for Zn, Cu og Pb i snøen, eller mindre giftige, slik som for eksempel Mn og Fe som man kan finne i høye konsentrasjoner (Bækken, 1994; Kuoppamaki et al., 2014; Lygren et al., 1984). Dette er nok hovedårsaken til at man har fokusert på Cu, Zn og Pb. Manglende data over PAH-konsentrasjoner og olje skyldes nok at prøvetakingen og de kjemiske analysene er utfordrende. Man må samle inn og behandle (ekstrahere) et betydelig større volum snø til analyser av PAH enn til metaller og olje, PAH-forbindelsene legger seg i overflaten eller på veggene i prøveflasken og analysene er mer kostbare og usikre enn metallanalysene (Ranneklev et al., 2013).

I **Tabell 1** vises en oversikt over noen målte konsentrasjoner av PAH, metaller og partikler i snø med ulik trafikal belastning. Konsentrasjonene av metallene (Zn, Pb og Cu), partiklene og PAH-forbindelsene varierte, og for de mest kontaminerte lokasjonene, var konsentrasjonene langt over grenseverdier man finner for metaller og PAH-forbindelser i vannforskriften (Vannforskriften, 2015).

¹ **Årsdøgntrafikk (ÅDT)**: summen av antall kjøretøy som passerer et punkt på en vegstrekning (for begge retninger sammenlagt) gjennom året, dividert på årets dager, altså et gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde.

Tabell 1. Målte konsentrasjoner av PAH, metaller og suspendert stoff (SS) i snø fra ulike lokaliteter med forskjellig trafikal belastning. Cirka-verdier er angitt noen steder da data ble vist i figurer.

Informasjon	PAH ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Metaller, total ($\mu\text{g L}^{-1}$)	SS (mg L^{-1})	Referanse
Avrenningsvann fra E6 Østlandet, ÅDT 8 000-50 000.	PAH: 4,3-11,6	Zn: 200-600 Cu: 27-210 Pb: 84-200	230-1669	Lygren et al. (1984)
Luleå sentralt, avrenning til kum. ÅDT 7 400.	Ingen måling	Zn: 83-1680 Cu: 29-465 Pb: 8.5-168	Data ikke vist, men høy korrelasjon mellom SS og kons. av Cd, Pb, Ni, Cu og Zn, samt partikler med størrelse 4-15 μm .	Westerlund og Viklander (2006)
Snøprøver drillet ut fra Sundsvall og Luleå, ÅDT 0-36 400	Ingen måling	Zn: ca 10-8000 Cu: ca 5-3500 Pb: ca 5-800	ca 10-25 000	Reinosdotter og Viklander (2005)
Lahti sentrum, uttak med sylinder ÅDT 0-35 000. Lave metall konsentrasjoner.	PAH12: 0,9-9,7	Zn: < LOQ-37 Cu: 0.56-12 Pb: < LOQ-1.4	840-4900	Kuoppamaki et al. (2014)
Innsbruck, høyt trafikkert vei. Snøprøver fra snøskavl (n=20).	Ingen måling	Zn: 10-3170 Cu: 10-4290 Pb: 1-529	2-3794	Engelhard et al. (2007)
Luleå, snøskavl (n= 9) 20 000 ÅDT.	Ingen måling	Zn: 2339 Cu: 923 Pb: 822	ca 7000	Viklander (1998)
Luleå, drillet ut fra snøskavl ved motorvei. 9 200 ÅDT (n= 3)	PAH16: 2,8-3,5	Zn: ca 600-1500 Cu: ca 150-450 Pb: ca 75-200	1300-4700	Reinosdotter et al. (2006)
Oslo, Grefsenkollen – E18 Lysaker. 0-88 000 ÅDT. Olje:<LOQ*-101 mg L^{-1}	PAH: 0,2-200,7	Zn: 2.5-764 Cu: 0.4-177.4 Pb: 1.2-275.8	9.7-8840	Bækken (1994)
Fra Gøteborg, ÅDT 500-90 000, samt tre snødeponier. Total hydrokarboner = maks kons. 6 mg L^{-1}	PAH: maks kons. 15, fra deponi Gårdamotet	Ingen analyser.	Ingen analyser.	Bjorklund et al. (2011)

*LOQ, limit of quantification (kvantifiseringsgrense).

Prøvetakning av representative snøprøver er utfordrende, og vil forklare noe av variasjonene man ser mellom ulike lokaliteter. Lygren et al. (1984) viste at konsentrasjonene av forurensende stoffer avtok betydelig fra brøytekant til 5 m inn i terrenget, noe som gjør det vanskelig å ta ut representative prøver til analyse. I **Figur 1** vises to lokasjoner i Drammen sentrum med ulik trafikkbelastning. Uttak av representative prøver her er uten tvil vanskelig. I tillegg vil tidspunkt for uttak av representative snøprøver være utfordrende. Bækken (1994) viste at forurensningene i brøytekanterne akkumulerte raskt, og gjennomsnittlig deponeringsrate for partikler var 164 (g/m²/uke), og for Cu, Zn, Pb og PAH, henholdsvis 5, 16, 9 og 1.7 (mg/m²/uke). Konsentrasjoner man finner vil da være sterkt avhengig av hvor lenge snøen har vært deponert.



Figur 1. Snø fra Drammen sentrum 20.2.2012 (Foto: Sissel B. Ranneklev).

Metaller i snø er i hovedsak bundet til partikler, men under nedsmeltingen vil mer enn 50 % av metallene (Cu, Pb, Zn og Cd) løses ut i vannfasen, mens det resterende vil ligge tilbake som sedimenter etter nedsmeltingen. Cu og Zn var i studiet til Viklander (1996) de metallene som løses lettest ut av snøen. Resultater har også vist at veisalt øker mobiliteten og transporten av partikler når snøen smelter (Westerlund og Viklander, 2008). Partiklene man finner i snøen er av ulike karakterer, de er både av organisk og uorganisk materiale, fra mange forskjellige kilder, og de varierer sterkt i størrelser og evne til å binde metaller og organiske miljøgifter. Veldokumenterte kilder til partikler kan være sot fra forbrenningen av drivstoff, bremses, bildekk og veidekke (Pant og Harrison, 2013; Thorpe og Harrison, 2008). Nyere resultater tyder på at bildekk og slitasje fra veimarkering er en betydelig kilde til mikroplast i miljøet (Sundt et al., 2015), og som vil være innsatt med ulike miljøgifter (Nerland et al., 2014).

2.2 Konsentrasjoner av andre organiske miljøgifter og metaller

Det har siden 80-tallet vært en stor utvikling innen faget organisk analytisk miljøkjemi, dvs fagområdet som kan påvise og kvantifisere organiske miljøgifter i miljøet. I dag kan man påvise stoffer i området 10⁻⁹ gram (pg), hvor man tidligere ikke klarte å påvise stoffer i lavere konsentrasjoner enn 10⁻³g (mg) (De Boer, 2012). I tillegg har det blitt tatt i bruk nye stoffer som man tidligere ikke benyttet, forbruket har vært økende for mange stoffer, og disse klarer man nå å påvise i miljøet. En oversikt over noen stoffer man har funnet i deponert snø er gitt i **Tabell 2**. I litteratursøket ble det i størst mulig grad forsøkt å finne studier fra lokasjoner nær vei, og for eksempel ikke målinger av snø deponert som nedbør i urbant område.

Tabell 2. Organiske miljøgifter påvist i urbane snøprøver, som kan relateres til trafikk, men kilder kan være flere. For eksakte konsentrasjoner, antall stoffer som ble påvist og analysemetoder, henvises det til oppgitte referanser. Informasjon om kilder er tatt fra referanser, samt www.miljostatus.no. Det vil kunne være flere kilder enn dem som er oppgitt i tabellen. Noen av stoffene kan også transporteres over lengre avstander.

Stoffgruppe	Forbindelser	Nivåer	Informasjon	Referanse
Alkylfenoler	4-NP, 4-OP, NP1EO, NP2EO, NP3EO, NP4EO	< LOQ (10 ng-2 µg L ⁻¹) – 6,2 µg L ⁻¹ , sterk matriks effekt i noen prøver.	Fra Gøteborg, ÅDT 500-90 000, samt tre snødeponier, n = 11. Påvist i de fleste prøvene. Kilder: resin i bildekk, bilpleieprodukter, vaskemidler, maling, smøremidler og betong.	Bjorklund et al. (2011)
Bromerte flammehemmere	BDE47, BDE99, BDE100	0,001-0,014 µg L ⁻¹	Fra Gøteborg, ÅDT 500-90 000, samt tre snødeponier, n = 8. Påvist i noen prøver. Kilder: bilinteriør, bygningsmateriale, EE-produkter, og plast.	Bjorklund et al. (2011)
Fosfororganiske flammehemmere	TCEP, TCPP, TDCP, TBEP, TnBp, TiBP	< LOQ – 488 ngL ⁻¹	Høyeste nivåer i områder med tett bebyggelse og trafikk. Kilder: flammehemmere og mykgjørere i plast, skumdempende midler, smøremidler, hydrauliske oljer, gulvpoleringsmidler og lim	Regnery og Püttmann (2009)
Ftalater	DnBP, DiBP, DINP, DIDP, DEHP	LOQ (0,1-2,0 µg L ⁻¹) - 260 µg L ⁻¹	Fra Gøteborg, ÅDT 500-90000, samt tre snødeponier, n = 8. Kilder: plastmykner (PVC), EE-produkter, bygningsmaterialer, tekstiler, kabler og bilpleieprodukter.	Bjorklund et al. (2011)
Gentoksiske egenskaper	Blanding, stoffer ukjent	Ukjent	Snøprøver fra trafikkerte områder i Beograd viste mutagene egenskaper.	Blagojević et al. (2009)
Klorerte parafiner	MCCP, SCCP	<LOQ (0,2-5.0 µg L ⁻¹) - 32	Fra Gøteborg, ÅDT 500-90 000, samt tre snødeponier, n = 8. Påvist i 2 prøver. Kilder: skjæreoljer, lim, fugemasse, plastmykner, flammehemmere, gummi og PVC.	Bjorklund et al. (2011)
Perfluorerte forbindelser	PFOS, PFOA, PFOSA	LOQ (1,5-2,0 ng L ⁻¹) - 0.036 µg L ⁻¹	Fra Gøteborg, ÅDT 500-90000, samt tre snødeponier, n = 11. Påvist i 5 prøver. Kilder: bilpleieprodukter, tekstil impregnering, matemballasje, belegg i kjøkkenutstyr og skismøring.	Bjorklund et al. (2011)
Per- og polyfluorerte alkylstoffer (PFAS)	PFOS, PFOA	<LOQ-46,2 ng L ⁻¹	Opphav skyldes i hovedsak ikke veitrafikk, har vært benyttet i brannskum. Kilder: impregnering av tekstiler, matemballasje, slipp-belegg stekepanner/kokekar og skismøring	Wang et al. (2015)

En oversikt over noen andre metaller som er målt i snø fra urbane områder er vist i **Tabell 3**.

Tabell 3. Konsentrasjoner av metaller målt i snøprøver.

Metaller	Konsentrasjoner	Referanse
Fe og Mn	30,0-144,8 og 0,49-2,39 mg L ⁻¹	Bucko et al. (2011)
Cd og Ni	0,01-0,06 og 0,6-2,3 µg L ⁻¹ (oppløst)	Westerlund og Viklander (2006)
Cr og Co	0,18-4.3 og 0,06-2.0 µg L ⁻¹	Kuoppamaki et al. (2014)

2.2.1 Effekter av metaller, polyaromatiske hydrokarboner (PAH), andre organiske miljøgifter og suspendert stoff i vannmiljøet

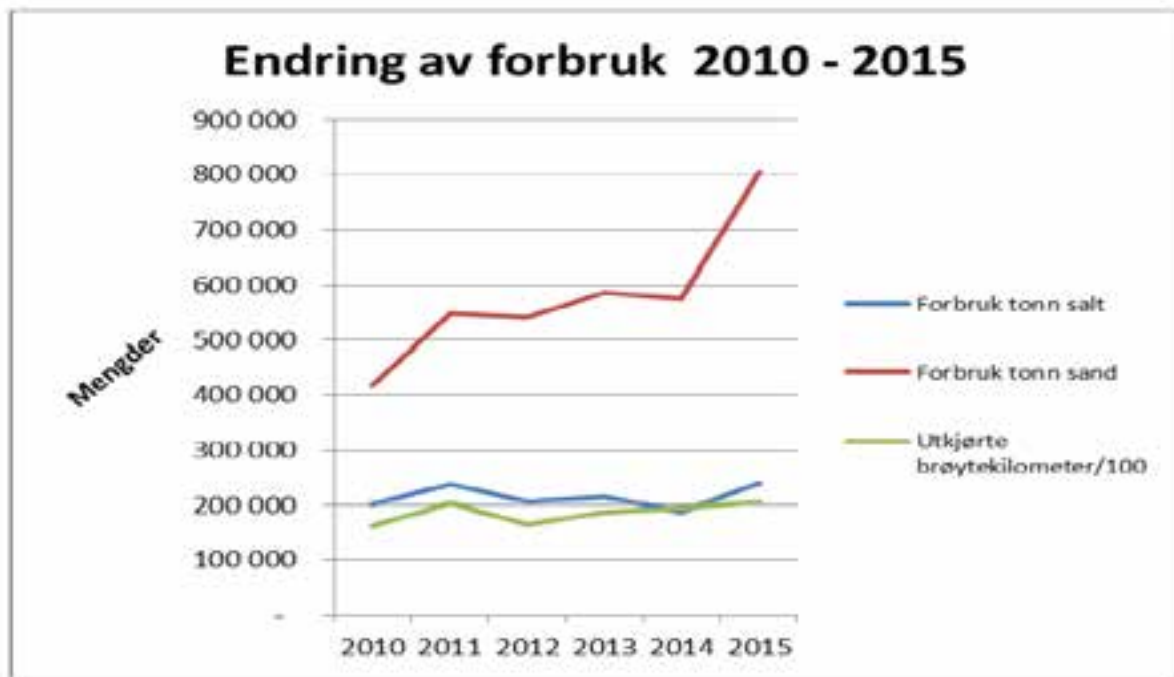
Konsentrasjoner av metaller og organiske miljøgifter, samt blandingen av stoffene som man finner i smeltevann fra snø, vil variere sterkt (**Tabell 1** og **Tabell 2**). Konsentrasjonene i smeltevannet er langt høyere enn miljøkvalitetsstandarder/grenseverdier gitt i vannforskriften (www.lovdata.no), og som gjelder i resipienten, og som videre skal beskytte vannmiljøet mot langtids- og korttids eksponering. For suspendert stoff, som ikke inngår i vannforskriften, finnes det ikke grenseverdier. En rekke faktorer som partikkelens størrelse og form, samt eksponeringstid vil være avgjørende for giftigheten. I følge Pabst et al. (2015) er det manglede litteratur på dette feltet, men konsentrasjoner under 25 mg/L kan ha effekter i vannmiljøet. Annen litteratur indikerer sterkt at sedimentkvalitet i vannforekomster blir negativt påvirket av snødumpingen (Blecken et al., 2012).

Effektstudier av smeltevann fra urban snø ble ikke funnet i den gjennom søkte litteraturen. Engelhard et al. (2007), nevner redusert temperatur i vannmassene som en ekstra stressbelastning for biota i tillegg til tilførsler av forurensende stoffer.

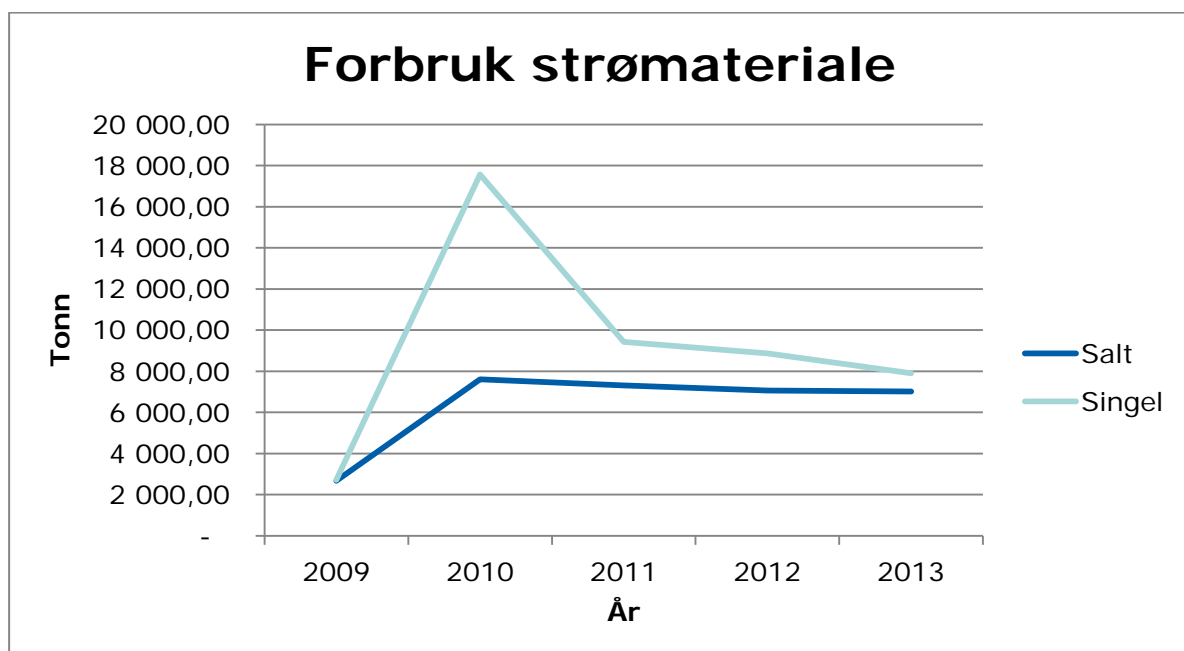
2.3 Veisalt

For å øke trafikksikkerhet og framkommelighet saltes deler av veinettet. Det er godt kjent at salting kan påføre vegetasjon, jordsmonn, og vannmiljøet store skader. Salt løses lett i vann og både natrium og klorid er mobile ioner som følger vannstrømmen og transporteres lett fra veibanen, via jordsmonnet til vannmiljøet. Fra 2007 til 2011 hadde Statens vegvesen forsknings- og utviklingsprosjektet SaltSMART, hvor fokus var utvikling av en miljøforsvarlig saltpraksis. Tilgang til rapporter og annen informasjon fra SaltSMART ligger på hjemmesiden til Statens vegvesen (www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/SaltSMART/saltsmart). Et omfattende litteraturstudium som gjennomgår miljøkonsekvensene av veisalting er utført av Amundsen et al. (2008).

Forbruket av veisalt (NaCl) er høyt i Norge, og mengdene har vært økende de siste 15 årene. I **Figur 2** og **Figur 3** vises forbruk av veisalt hos Statens vegvesen og Oslo kommune. For detaljert informasjon om forbruk under sesongen 2014/2015 i Statens Vegvesen, se Vedlegg A. Økende bruk av vegsalt har man også sett i andre land (Corsi et al., 2015). Overvåking av 19 elver i USA fra 18 til 49 år viste at saltkonsentrasjonen i 13 av 19 elver hadde økt gjennom hele sesongen, mens det i 16 av 19 elver var en økning kun vinterstid. Økt saltbruk var forårsaket av økt trafikk, urbanisering og endringer i klima. Fra 1990 til 2011 var det en dobling i saltkonsentrasjonen i elvene. Andre eldre studier fra USA rapporterer om konsentrasjoner av klorid i elver på rundt 1000 mg/l. Disse ekstreme konsentrasjonene har blitt målt i perioder med rask nedsmelting av saltpåvirket snø og fra lokaliteter hvor man har hatt en oppkonsentrering av saltet i snøen. Disse høye konsentrasjonene kan være i korte episoder, men man har også målt forhøyede konsentrasjoner over flere dager (Erickson og Arnason, 2004; Evans og Frick, 2001; Heath, 2004). Tilsvarende data fra norske elver finnes antagelig ikke, men Statens vegvesen i samarbeid med Norges miljø og biovitenskapelige universitet (NMBU) er i gang med å gjøre målinger i enkelte mindre elver og bekker på Østlandet. Resultater fra dette vil være tilgjengelig mot slutten av 2016.



Figur 2. Saltforbruk hos Statens vegvesen fra 2010 til 2015 (Sivertsen et al., 2015)(Sivertsen et al., 2015).



Figur 3. Saltforbruk hos Oslo kommune, inkluderer forbruket til veier driftet av Statens vegvesen (Data fra NCC).

Snø fra veier som saltes vil inneholde varierende mengder veisalt. Ved snøsmelting, dumping av snø i og ved innsjøer og elver, eller ved smelting på deponi vil veisalt tilføres til vannmiljøet. Under snøsmeltingen og avrenningsepisoder kan konsentrasjoner av klorid være meget høye, og verdier opptil 89 000 mg Cl/l har blitt målt i smeltevann fra urbane veier (Evans og Frick, 2001).

De rapporterer om ekstreme kloridkonsentrasjoner i elver/bekker og innsjøer/dammer som følge av snøsmelting i Nord Amerika. Konsentrasjoner av klorid på 4 300 mg/l ble observert i en bekk som mottar avrenningsvann fra vei. I litteraturoversikten til Ramakrishna og Viraraghavan (2005), ble betydelige lavere

verdier angitt, og høyeste konsentrasjon av klorid var 17,05 mg Cl/l, som var en økning fra 0,53 mg Cl/l, 100 m oppstrøms avrenningspunktet fra motorveien.

2.3.1 Effekter av veisalt på vannmiljøet

Tilførsel av salt til elver, innsjøer og grunnvann kan påvirke vannmiljøet på flere måter. Det er gjort flere litteraturstudier som viser til ulike effekter i vannmiljøet. Akutte og langtid kroniske giftige effekter er blitt påvist, som er direkte forårsaket av saltpåvirkningen:

- Endringer i tetthet, diversitet og sammensetning av invertebrater og alger.
- Redusert reproduksjon og økt deformiteter i akvatiske organismer.
- Framvekst av blågrønnalger.
- Intrusjon av veisalt i grunnvannet, slik at kvaliteten på drikkevannet reduseres.
- Forhøyede konsentrasjoner av metaller som Zn, Cu, Hg, Cd, Ni, Pb og Cr

(Blasius og Merritt, 2002; Corsi et al., 2015; Evans og Frick, 2001; Hopkins et al., 2013; Karraker og Gibbs, 2011; Mahrosh et al., 2014; Perera et al., 2013; Ramakrishna og Viraraghavan, 2005; Tollefsen et al., 2015).

Andre indirekte effekter av salt må også påberegnes. Salt mobiliserer andre metaller og suspendert stoff i jordsmonnet, som videre transporteres og vaskes ut til vannmiljøet, slik at stressnivået øker i tillegg til effekter fra saltet. I innsjøer hvor man har en tydelig lagdeling med tyngre saltvann i bunnen som under sirkulasjonen ikke klarer å blande seg inn med det andre ferskvannet, vil det utvikles anaerobe forhold. I tillegg til at bunnforholdene blir anaerobe og utilgjengelig for biota, vil de anaerobe forhold kunne løse ut fosfor fra sedimentene til vannmassene som videre kan føre til eutrofi og algevekst. Innsjøer som allerede er påvirket av sur nedbør, vil kunne være mer følsomme for veisalt, og reetablering av biota vil kunne ta lengre tid enn i innsjøer uten ekstra biologiske stressfaktorer.

(Jensen et al., 2014; Ramakrishna og Viraraghavan, 2005; Reinosdotter og Viklander, 2007)

I Norge har man gjort flere undersøkelser av veisalt i vannmiljøet. Resultater har bl.a. vist at:

- Flere innsjøer har oksygenvinn i bunnen.
- Forhøyede konsentrasjoner av Cu og Pb i innsjøer
- Forhøyede konsentrasjoner av Cl i grunnvann og drikkevannsbrønner.
- Forhøyede konsentrasjoner av Na og Cl i elver og innsjøer.
- Utløsning av Fe og Mn i bunnvann i innsjøer.
- Algesamfunnet i norske innsjøer endres når Cl-konsentrasjoner kommer opp i 23-30 mg/L.
- En generell økning i saltkonsentrasjonen i innsjøer vil kunne påvirke sammensetningen av planteplankton.

(Bækken, 2012; Bækken, 2012 b, 2014 ; Bækken og Pettersen, 2009; Bækken og Åstebøl, 2012; Færøvik, 2006; Haugen et al., 2010; Lindholm og Bækken, 2010; Løvik, 2009).

I lakseførende vassdrag må man også være oppmerksom på at smoltifiseringsprosessen vil kunne forgå samtidig med snøsmelting. Resultater har vist at laksefisk er vesentlig mer sensitiv for endringer i vannkjemien under smoltifiseringen enn parrstadiet (Berntssen et al., 1997). Hvorvidt dette gjelder også for salt/vegsalt er ukjent. Litteratur som undersøker effekter i biota ved nedsmelting av forurenset snø som inneholder blandinger av suspendert stoff, metaller, salt og/eller organiske miljøgifter er manglende, både in vivo og in vitro.

3. Håndtering av forurenset snø og avbøtende tiltak

3.1 Regelverk

Håndtering av snø som er påvirket av forurensende stoffer er utfordrende. Det er vanskelig å finne egnede snødeponier, da store arealer, lett adkomst, skjermet beliggenhet, kort avstand fra uttak til deponi og god kontroll på smeltevann fra snøen er nødvendig. I urbane områder er håndtering av snø ekstra krevende, da innholdet av forurensende stoffer som metaller, organiske miljøgifter, salt, partikler og søppel kan være betydelige, og av miljøhensyn vil man være nødt til å stille ytterligere krav til deponeringsområdet når snøen smelter og stoffene utsmeltes fra snøen (Campbell og Langevin, 1995; Labelle et al., 2002).

For saksområdet som omhandler håndtering av forurensning og avfallsproblemer tilknyttet dumping av snø i vannforekomster (kystvann, elver og innsjøer) og deponering på land, er myndighet lagt til Fylkesmennene (Rundskriv T-3/12). Fylkesmannen vil fatte vedtak om deponering og dumping av forurenset snø. Snø i seg selv faller ikke inn under forurensningsloven (§ 27), men når snøen forflyttes, faller den inn under forurensningsdefinisjonen (§ 6, pkt 1) i forurensningsloven. Da dumping eller deponering kan utgjøre et lokalt forurensningsproblem, kan håndtering av snø på denne måten være i strid med forurensningslovens forurensningsforbud (§ 7) og/eller forsøplingsforbud (§ 28). Hvis det er fare for at ytre miljø blir forurenset av snøen, skal det søkes om en tillatelse til deponering etter forurensningslovens kapittel 3. Dette er særlig aktuelt når snøen er sterkt forurenset, det skal dumpes store mengder eller vannforekomstene er spesielt følsomme.

I forbindelse med deponering av snø har Fylkesmannen i Oslo og Akershus tidligere utformet et informasjonsbrev til kommunene og en besvarelse til et privat snøryddefirma som ønsket å etablere et snødeponi. I dag fungerer disse to dokumentene som den offisielle relevante veiledningen for deponering og dumping av snø etter forurensningsloven (Referanse 2010/1449 011.6, Klima og forurensningsdirektoratet). Det er uklart hvem som benytter seg av denne informasjonen. Fylkesmannen i Oslo og Akershus har vektlagt egnethet, størrelse, forurensningsrisiko og sårbarhet i snødeponiområde med resipient som grunnlag for lovanvendelse på dette temaet. Etter vurderinger av disse momentene avgjøres behovet for hvorvidt det er nødvendig å regulere deponiet gjennom tillatelse etter forurensningsloven. Etablering av snødeponier reguleres i tillegg gjennom kommunal saksbehandling etter plan- og bygningsloven. Snø som fjernes håndteres vilkårlig i dag, og det mangler felles føringer for deponering eventuelt dumping av snø. Det er mange aktører i tillegg til kommunene som håndterer store mengder snø gjennom sesongen, for eksempel private selskaper, industriområder og Statens vegvesen, hvor behov for informasjon og tydelige retningslinjer er nødvendig. Etter at vannforskriften trådte i kraft fra 1.1.2007 bør håndtering av snø følge de føringer som ligger her i forhold til utslipp av forurensende stoffer til vannforekomster og effekter dette kan ha på biologi og kjemi.

3.2 Håndtering av forurenset snø

Det ble funnet begrenset med litteratur over hvordan snø håndteres i andre land. Mye av litteraturen kan være utdatert i forhold til hvordan snø håndteres i dag. På nettet finnes det noe informasjon, både fra Norge og utlandet, om hvordan forurenset snø skal håndteres. Informasjonen på nettet fra Norge er gitt av forskjellige kommuner og fylkesmenn. Informasjonen som finnes viser at det er ulik praksis i å håndtere snø. I hovedsak dumpes snø i kystvann, elver, innsjøer og/eller ved arealer avsatt til deponier som ikke har noen form for avbøtende rensiltak, dette gjelder for Norge og utlandet. Avrenning til avløpsnettet benyttes i liten grad.

En oversikt over større byer i Sverige fra 2011 viser at deponert snø håndteres ulikt (<http://stadsbyggnad.org/?s=sno+deponi>). I de fleste byer forsøker man å gå bort fra direkte dumping i vannmiljøet, og man legger deponier i strandsonen eller ved utvalgte små og større landbaserte deponier. I Stockholm dumpes en betydelig mengde i Østersjøen og innsjøen Mälaren, men man har landbaserte deponier også. I Luleå sluttet man å dumpe snøen på sjøen i midten av 1970-tallet, og de har i dag kun

landbaserte deponier. Universitetet i Luleå har forøvrig hatt et sterkt forskningsmiljø for kjemi og håndtering av forurenset snø (Reinosdotter og Viklander, 2005, 2006, 2007; Viklander, 1996; Viklander, 1998, 1999a; Viklander et al., 2003).

I Trondheim kommune benyttes i dag to landbaserte deponier og tipping av snø fra kai i sentrum til fjorden (Kirkemo, 2014). I Drammen kommune dumpes snøen fra Holmennokken, som er ved utløpet av Drammenselva (Ranneklev et al., 2013). Snøen i Bærum kommune dumpes i sjøen ved Rigmorbrygga, i Sandvikselva og ved Bjerkejordet i Lommedalen. Oslo kommune har i lang tid benyttet et landbasert deponi på Åsland, sør-øst for Oslo, men pga estetiske forhold, økende kloridkonsentrasjoner i brønnvann og miljøpåvirkninger i bekken nedstrøms deponiet (Bækken, 2007; Bækken og Pettersen, 2009), er anlegget ikke godkjent for mottak av snø i dag. For å kunne behandle snø fra urbane områder inngikk Oslo kommune en avtale med selskapet NCC som har utviklet et snøsmelteanlegg som kan motta, smelte og behandle forurenset snø (www.NCC.no). Anlegget smelter snøen ved hjelp av energi som hentes ut av plusstemperatur i sjøvannet som pumpes opp fra Oslofjorden. Under smeltingen går snø med tilført sjøvann gjennom ulike rense- og sedimenteringsprosesser i anlegget, som blant annet er utstyrt med grovfiltre, oljefiltre, mikrofiltre og lamellutskillere. Det rensede smeltevannet føres så ut i Indre Oslofjord ved Akershuskaia der anlegget er plassert. Snøsmelteanlegget har vært operativt fra januar 2012 fram til 2015. Fylkesmannen i Oslo og Akershus har videre gitt en utslippstillatelse fram til 2021, og selskapet har en avtale med Oslo kommune fram til 2019. Utslippskravene fra Fylkesmannen i Oslo og Akershus er gitt i **Tabell 4**.

Tabell 4. Utslippskrav i avløpsvann fra NCCs snøsmelteanlegg. Tillatelsen gjelder smelting og rensing av inntil 700 000 m³ snø per år. Totalkapasitet ved anlegget er satt til smelting og rensing av inntil 500 m³ snø per time (<https://www.fylkesmannen.no/nb/Oslo-og-Akershus/Miljo-og-klima/Nyheter/Snosmelteanlegget-i-Oslo-far-ny-tillatelse/>).

Parametere	Årsgjennomsnitt (µg/l)
As	3,0
Pb	2,3
Cd	0,2
Cu	12,5
Cr	4,7
Hg	0,05
Ni	8,6
Zn	68
PAH16	0,4
Olje (C10-C40)	500
Suspendert stoff	90 mg/l

I **Tabell 5** vises en oversikt over avfall som ble fjernet fra den dumpede snøen fra 2012-2015.

Tabell 5. Nøkkeltall for avfallsfraksjoner akkumulert i snøsmelteanlegget gjennom sesongene (Data fra NCC og www.fylkesmannen.no).

Avfallsfraksjon	2012	2013	2014	2015	Sum
Mengde grus fjernet (tonn)	Ca 200	689.2	246.6	829.83	1965.63
Mengde slam til godkjent mottak (tonn)	107	365	162	261.7	895.6
Mengde blandet avfall (tonn)	3,4	5,1	7,2	4,04	16,3
Stor stein (tonn)	Ca 4	Ca 6	0,5	8	18,5

I tillegg til avfall fjernes bla metaller, PAH-forbindelser og slam i den forurensete snøen. En oversikt over noen forurensinger som fjernes i produsert slam gjennom er gitt i **Tabell 6**. I tillegg er det funnet forurensende stoffer i grus, som ikke inngår i beregningene av forurensinger som fjernes.

Tabell 6. Beregnede mengder forurensninger i produsert slam gjennom anleggets prøveperioder (kg). Kun utvalgte forbindelser vises. For mer informasjon se NCC og www.fylkesmannen.no.

Forbindelse	2012-13	2013-14	2014-15	Sum (2.-4.sesong)
Slam (tørrstoff)	219 092,8	85 820	154 830	459 742,8
Pb	2,31	1,1	2,43	5,84
Cu	17,19	3,8	9,02	30,01
Zn	25,55	8,7	20,45	54,7
Ni	2,99	1,3	2,69	6,98
PAH16	0,45	0,1	0,13	0,68
Olje (C10-C40)	543,8	673,4	299,5	1516,7

I **Tabell 7** vises utslippsmengder fra snøsmelteanlegget gjennom prøveperioden.

Tabell 7. Utslippsmengder fra snøsmelteanleggets prøveperiode (kg). Kun utvalgte forbindelser vises. For mer informasjon se www.NCC.no og www.fylkesmannen.no.

Forbindelse	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	Sum
Suspendert stoff	6059	66 260	51 455	77 505	195 220
Pb	0,18	1,37	1,58	2,59	5,54
Cu	1,36	9,01	8,35	10,25	27,61
Zn	14,75	63,94	29,0	36,78	129,72
Ni	0,26	2,46	2,12	3,05	7,63
PAH16	0,002	0,13	0,05	0,19	0,37
Olje (C10-C40)	57,14		316	485,4	801,41

Det var variasjon i mengder med snø som ble behandlet de ulike årene, og mengde forurensende stoffer kunne variere sterkt i snøen i løpet av et døgn. Rensegrad for de ulike forbindelsene i anlegget varierte, og mengdene med avfallsfraksjoner som ble fjernet var store (**Tabell 5**). I **Tabell 8** vises årsgjennomsnitt for konsentrasjoner av noen stoffer funnet i den innsamlede snøen.

Tabell 8. Gjennomsnittskonsentrasjoner av forurensninger i smelte snø levert snøsmelteanlegget. I sesong 2012/13 og 2013/2014 er det tatt prøver av de fem første lassene og deretter hvert. 5. lass under hvert skift. Under sesongen 2014/2015 er det tatt prøver av hvert 4. snølass.

Smeltet snø uten grovstoff		Årsgjennomsnitt		
		2012/13	2013/14	2014/15
Sum PAH-16	µg/l	2,04	1,75	3,58
Fraksjon >C10-C40	µg/l	Ikke data	1541	2259,05
Suspendert stoff	mg/l	992,66	1543	2388,25
As	µg/l	5,45	7,23	12,73
Cd	µg/l	0,46	0,68	0,86
Cr	µg/l	73,66	89,7	117,59
Cu	µg/l	191,15	260	358,37
Hg	µg/l	0,06	0,083	0,12
Ni	µg/l	52,41	66	91,06
Pb	µg/l	37,66	59,5	97,96
Zn	µg/l	739,68	852	1105,47

For å se på miljøpåvirkning fra anlegget gjennomførte NIVA undersøkelser i anleggets influensområde. Det ble utplassert passive prøvetakere og blåskjell for målinger av metaller og organiske miljøgifter i vann, i fjordområdet rundt snøsmelteanlegget mens det var i drift, og i en periode anlegget ikke var installert på Akershuskaia. Videre ble det i selve anlegget plassert ut passive prøvetakere og høyvolums prøvetakere med hovedfokus på målinger av organiske miljøgifter. Hensikten med arbeidet var å vurdere anleggets influensområde i Oslofjorden og forbedre massebalanseberegninger av PAH ut fra anlegget (Ranneklev et al., 2015). Resultater viste at man ikke kunne se forskjeller i konsentrasjoner av PAH16 og metaller i blåskjell og passive prøvetaker under drift av anlegget, i forhold til perioden hvor anlegget ikke var installert på Akershuskaia. Beregninger viste videre at mengder PAH16 ut fra lekten var i samme størrelsesorden ved bruk av passive prøvetakere og høyvolums prøvetakere som ved konvensjonelle mengdeproporsjonale prøvetakninger. De letteste PAH-forbindelser ble i mindre grad sedimentert i anlegget i forhold til de tyngre forbindelsene. Sjøvannet som ble brukt som smeltevann inneholdt bl.a. PCB7 og klorerte pesticider, noen av disse forbindelsene ble ikke påvist i utløpsvannet fra anlegget, og ble antagelig sedimentert ut i anlegget. Fylkesmannen i Oslo og Akershus sin tillatelse og vurdering av NCCs snøsmelteanlegg er gitt i www.fylkesmannen.no/nb/Oslo-og-Akershus/Miljo-og-klima/Nyheter/Sno-smelteanlegget-i-Oslo-far-ny-tillatelse/. Anlegget som er utarbeidet av NCC er et godt miljøtiltak som fjerner mange av utfordringene og problemene man har med håndtering av forurenset snø som deponeres på land eller dumpes i vannforekomster.

3.3 Avbøtende tiltak

Ut fra publisert litteratur kan det se ut som om veisalt i snø er den forurensningen som påfører vannmiljøet mest skade, både biota og forringelse av drikkevannskilder, men det mangler litteratur som omhandler effekter av organiske miljøgifter, metaller og suspendert stoff og blandinger av disse på biota. Effekter på biota av disse stoffene, gjerne i kombinasjon med effekter fra salt burde vært nærmere undersøkt i felt og i laboratoriet.

En oppsummering over tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med veisalt er utformet i SaltSMART-prosjektet av Roseth og Jakob (2010). Avledning og infiltrasjon er her nevnt som mulige tiltak. Andre tiltak kan være å bruke alternativer som grus, og legge opp til løsninger som hindrer veiavrenning mot sårbare resipienter (Bækken, 2012). I Skellefteå benyttes oppvarmet sand og grus som erstatning for salt (<http://stadsbyggnad.org/?s=sno+deponi>). Fjerning av snø tidlig, slik at forurensningsnivåene ikke blir så høye, kan også være et alternativ. Informasjon fra nettet indikerer at flere kommuner deponerer og dumper snø på ulike områder som velges ut i forhold til forurensningsnivået og resipientens sårbarhet.

Det er viktig å ikke glemme de andre forurensende stoffene i snøen. Mengder av avfall som ble fjernet fra snøsmelteanlegget som Oslo kommune benytter seg av var betydelige. Fra litteraturen som ble gjennomgått var ikke dette et tema som ble nevnt, og det kan se ut som om dette er et neglisjert miljøproblem ved dumping av forurenset snø i elver, innsjøer og kystvann. Ved dumping av store mengder forurenset snø i vannmiljøet vil bunnen kunne bli tildekket, som videre vil ha store konsekvenser for biota i sedimentene. Antagelig vil man måtte gjennomføre mudringstiltak i slike vannforekomster.

Statens vegvesen har i dag informasjon og mye kunnskap fra SaltSmart, pågående overvåking av saltpåvirkede innsjøer og FoU-arbeid i etatsprogrammet NORWAT for utarbeidelse av system som kan identifisere vannforekomstets grad av sårbarhet for veiavrenning. Samlet kan dette sammen med entreprenørene som fjerner snøen og salter gi informasjon som videre kan systematiseres for håndtering av snø på veiene de har ansvar for. Det vil ikke være realistisk å behandle all snø som fjernes fra urbane områder, men dumping av forurenset snø i vannforekomster frarådes sterkt. Etablering av deponier eller anlegg med ulike rensesmuligheter som kan motta snø med forskjellige forurensningsnivåer bør vurderes. Anlegg eller deponi som behandler og renses sterkt forurenset snø og har kontroll på smeltevannet anbefales. I **Tabell 9** vises behandlingsalternativer for urban snø i forholdt til trafikkmengde (Reinosdotter, 2007).

Tabell 9. Renseforslag til urban snø med ulik trafikkbelastning (Reinosdotter, 2007).

ÅDT	< 5000	5 000 - 10 000	10 000 - 20 000	> 20 000
Anbefalinger	Ingen behandling. Kan smelte på grunn i lokalt deponi, og visse tilfeller i overflatevann.	Snø bør deponeres på lokale og sentrale landbaserte deponier.	Snø bør deponeres på et sentralt landbasert snødeponi. Smeltevann bør ikke ledes direkte til en resipient.	Snøen bør fjernes fra gatene og deponeres på sentralt landbasert deponi, hvor man har muligheter for behandling av snøen og kontroll på avløpsvann.
Kommentarer	Gjelder for boligområder og sentrumsområder.	Gjelder for boligområder og sentrumsområder.	Hvis infiltrasjon i grunnen benyttes, må man ha kunnskap om grunnvannsnivå og jordbunnsforhold.	Resipientens sårbarhet i forhold til mulig behandling av avløpsvannet må vurderes.

Suspendert stoff, organiske miljøgifter og metaller som er bundet til partikler i snøen vil i stor grad kunne fjernes i et sedimentasjonsanlegg. Miljøgifter og metaller, og veisalt som er fritt oppløst i smeltevannet vil ikke kunne fjernes med sedimentasjon. Tilsetninger av fellings- og flokkuleringskjemikalier kan være nødvendig for å redusere konsentrasjonene av disse stoffene i smeltevannet, men dette er kostbart, tidskrevende og krever oppfølging, samtidig som det generer store mengder avfall. Fjerning av veisalt, både natrium og klorid er vanskelig, og andre metoder en felling og flokkulering vil være nødvendig, og det er ingen enkel og kostnadseffektiv metode for å fjerne veisalt i smeltevann (Amundsen et al., 2008). Slik det fremstår i dag, er eneste mulighet å redusere bruken av veisalt.

4. Konklusjoner

- Nivåer av forurensende stoffer som suspendert stoff, metaller (Cu, Pb og Zn), PAH, oljeforbindelser og salt kan være meget høye i urban snø.
- Det er begrenset med litteratur som viser konsentrasjoner av andre metaller og organiske miljøgifter enn Cu, Pb, Zn og PAH.
- Motoriserte kjøretøyer er største kilde til forurensende stoffer i urban snø.
- Årsdøgntrafikk (ÅDT) er delvis korrelert med nivå av forurensning i urban snø.
- Effektstudier av smeltevann på biota koblet sammen med kjemiske analyser av urban forurenset snø ble ikke funnet, hverken fra feltstudier eller laboratorier.
- Fra litteraturen fremstår veisalt i snø som det største miljøproblemet i forhold til vannmiljøet.
- I Norge håndteres urban forurenset snø som fjernes ulikt. Snø som bortkjøres dumpes i vannforekomster og/eller det benyttes landbaserte deponier hvor smeltevann infiltreres i grunnen.
- Det eneste tilfellet i Norge hvor man benyttet en form for behandling av urban forurenset snø, var Oslo kommune, som har inngått en avtale med NCC og bruk av deres snøsmelleanlegg.
- Anlegget til NCC fremstår i dag som et godt alternativ for håndtering av urban forurenset snø.
- Det er manglende nasjonale føringer for hvordan urban forurenset snø bør håndteres, og hvor man tar hensyn til de krav som er gitt i vannforskriften.
- Direkte dumping av urban forurenset snø i alle typer vannforekomster frarådes, både med hensyn til forurensende stoffer og avfall.
- Etablering av deponier og/eller anlegg for mottak og behandling av forurenset snø bør iverksettes.

5. Referanser

- Amundsen, C.E., French, H., Haaland, S., Anker Pedersen, P., Riise, G. og Roseth, R., 2008. Salt SMART Miljøkonsekvenser ved salting av veger - en litteraturgjennomgang. Statens vegvesen, Teknologirapport nr. 2535, 98 s.
- Berntssen, M.H.G., Kroglund, F., Rosseland, B.O. og Wendelaar Bonga, S.E., 1997. Responses of skin mucous cells to aluminium exposure at low pH in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. R. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:1039-1045.
- Bjorklund, K., Stromvall, A.M. og Malmqvist, P.A., 2011. Screening of organic contaminants in urban snow. Water Science and Technology 64, 206-213.
- Blagojević, J., Stamenković, G. og Vujošević, M., 2009. Potential genotoxic effects of melted snow from an urban area revealed by the *Allium cepa* test. Chemosphere 76, 1344-1347.
- Blasius, B.J. og Merritt, R.W., 2002. Field and laboratory investigations on the effects of road salt (NaCl) on stream macroinvertebrate communities. Environmental Pollution 120, 219-231.
- Blecken, G.T., Rentz, R., Malmgren, C., Ohlander, B. og Viklander, M., 2012. Stormwater impact on urban waterways in a cold climate: variations in sediment metal concentrations due to untreated snowmelt discharge. J. Soils Sediments 12, 758-773.
- Bucko, M.S., Magiera, T., Johanson, B., Petrovsky, E. og Pesonen, L.J., 2011. Identification of magnetic particulates in road dust accumulated on roadside snow using magnetic, geochemical and micro-morphological analyses. Environmental Pollution 159, 1266-1276.
- Bækken, T., 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. - NIVA-rapport NIVA rapport 2874, Nordiske Seminar og Arbejdsrapporter 1993: 628, Nordisk Ministerråd, s 42.
- Bækken, T., 1994. Trafikkforurenset snø i Oslo. NIVA rapport 3131-1994, s 59.
- Bækken, T., 2007. Avrenning fra snødeponi ved Åsland. Forurensninger tilført bekk og drikkevannsbrønner våren og sommeren 2006. NIVA rapport 5371-2007, s 19.
- Bækken, T., 2012. Nordre og Søndre Brutjern ved E18. Kartlegging av saltforurensning og annen forurensning fra vei, og vurdering av tiltak. NIVA-rapport 6312, s. 32.
- Bækken, T., 2012 b. Vurdering av tiltak mot avrenning fra Enebakkvegen til Gjersrudtjern. NIVA-rapport 6467, s. 18
- Bækken, T., 2014 Vann- og sedimentkvalitet i Oppegårdstjern, Frogn kommune i 2013, før utvidelse av RV23. NIVA-rapport 6612, s. 15.
- Bækken, T. og Pettersen, E., 2009. Avrenning fra snødeponiet ved Åsland Overvåkning av forurensninger tilført rensanlegg, bekker og drikkevannsbrønner i 2009. NIVA rapport 5896-2009, s 37.
- Bækken, T. og Åstebøl, S.O., 2012. Grytehullsjøer Ullensaker. Overvåking av vannkvalitet og vurdering av tiltak NIVA-rapport 6313, s. 30.

- Campbell, J.F. og Langevin, A., 1995. Operations management for urban snow removal and disposal. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 29, 359-370.
- Corsi, S.R., De Cicco, L.A., Lutz, M.A. og Hirsch, R.M., 2015. River chloride trends in snow-affected urban watersheds: increasing concentrations outpace urban growth rate and are common among all seasons. *Science of the Total Environment* 508, 488-497.
- De Boer, J., 2012. PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS – ARE OUR METHODS SENSITIVE AND SELECTIVE ENOUGH? *Analytical Letters*, 45: 485–494.
- Engelhard, C., De Toffol, S., Lek, I., Rauch, W. og Dallinger, R., 2007. Environmental impacts of urban snow management - The alpine case study of Innsbruck. *Science of the Total Environment* 382, 286-294.
- Erickson, E.K. og Arnason, J.G., 2004. Fate and transport of road de-icing chemicals in the Patroon Creek watershed. . In: Hauser, E. (Ed.) *Rising salt concentrations in tributaries of the Hudson River Estuary proceedings*. Altamont, NY. Hudson River Environmental Society. p.14.
- Evans, M. og Frick, C., 2001. The effects of road salts on aquatic ecosystems. . Environment Canada. Water Science and Technology Directorate, No. 02-308, 298 s.
- Færøvik, P.J., 2006. Vegsalt og plankton i innsjøer. . Statens vegvesen, Rapport UTM 2006/04, 43 s.
- Gabrielli, P., Cozzi, G., Torcini, S., Cescon, P. og Barbante, C., 2008. Trace elements in winter snow of the Dolomites (Italy): A statistical study of natural and anthropogenic contributions. *Chemosphere* 72, 1504-1509.
- Haugen, T., Bækken, T., Heiaas, H. og Skjelbred, B., 2010. Tålegrenser for planktonalger i innsjøer. Statistiske analyser og laboratorietester av planktonalger og salt. NIVA-rapport 6014 , s. 85.
- Heath, D., 2004. Road salt impacts to lakes and streams from Interstate 93 and adjacent roads in Southern New Hampshire. In: Hauser, E. (Ed.) *Rising salt concentrations in tributaries of the Hudson River Estuary proceedings*. Altamont, NY. Hudson River Environmental Society. p.16.
- Hopkins, G.R., French, S.S. og Brodie Jr, E.D., 2013. Increased frequency and severity of developmental deformities in rough-skinned newt (*Taricha granulosa*) embryos exposed to road deicing salts (NaCl & MgCl₂). *Environmental Pollution* 173, 264-269.
- Hvitved-Jacobsen, T. og Yousef, Y., 1991. Highway runoff quality, environmental impacts and control. . In: Hamilton RS, Harrison RM, editors. *Highway Pollution*. Netherlands: Elsevier, ISBN 0-444-88188-3, .
- Håndbok R610, 2014. Standard for drift og vedlikehold av riksveger. Håndbok R610, Statens vegvesen, s. 154.
- Jensen, T.C., Meland, S., Schartau, A.K. og Walseng, B., 2014. Does road salting confound the recovery of the microcrustacean community in an acidified lake? *Science of The Total Environment* 478, 36-47.
- Karraker, N.E. og Gibbs, J.P., 2011. Road deicing salt irreversibly disrupts osmoregulation of salamander egg clutches. *Environmental Pollution* 159, 833-835.
- Kim, J.-E., Han, Y.-J., Kim, P.-R. og Holsen, T.M., 2012. Factors influencing atmospheric wet deposition of trace elements in rural Korea. *Atmospheric Research* 116, 185-194.

- Kirkemo, S.M., 2014. Kartlegging og studie av forurensing fra avrenningsvann fra snødeponier i Trondheim til lokale bekker. Masteroppgave NTNU, 111 s.
- Kuoppamaki, K., Setälä, H., Rantalainen, A.-L. og Kotze, D.J., 2014. Urban snow indicates pollution originating from road traffic. *Environmental Pollution* 195, 56-63.
- Labelle, A., Langevin, A. og Campbell, J.F., 2002. Sector design for snow removal and disposal in urban areas. *Socio-Economic Planning Sciences* 36, 183-202.
- Lei, Y.D. og Wania, F., 2004. Is rain or snow a more efficient scavenger of organic chemicals? *Atmospheric Environment* 38, 3557-3571.
- Lindholm, O. og Bækken, T., 2010. Kartlegging av ny saltstrekning, øvre Telemark. NIVA-rapport 5824, s. 24
- Lygren, E., Gjessing, E. og Berglind, L., 1984. Pollution transport from a highway. *Science of The Total Environment* 33, 147-159.
- Løvik, J., 2009. Vigga på Hadeland. Kartlegging av miljøgifter i 2008-2009. NIVA-rapport 5856, s. 21.
- Mahrosh, U., Kleiven, M., Meland, S., Rosseland, B.O., Salbu, B. og Teien, H.-C., 2014. Toxicity of road deicing salt (NaCl) and copper (Cu) to fertilization and early developmental stages of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Hazardous Materials* 280, 331-339.
- Nerland, I.L., Halsband, C., Allan, I. og Thomas, K.V., 2014. Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution and effects. NIVA rapport 6754, s 71.
- Pabst, T., Hindar, A., Hale, S., Garmo, Ø., Endre, E., Petersen, K., Bækken, T. og Baardvik, G., 2015. Bergarters potensielle effekter på vannmiljøet ved anleggsvirksomhet. Statens vegvesen, rapport nr. 389, 96 s.
- Pant, P. og Harrison, R.M., 2013. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: A review. *Atmospheric Environment* 77, 78-97.
- Perera, N., Gharabaghi, B. og Howard, K., 2013. Groundwater chloride response in the Highland Creek watershed due to road salt application: A re-assessment after 20 years. *Journal of Hydrology* 479, 159-168.
- Ramakrishna, D.M. og Viraraghavan, T., 2005. Environmental impact of chemical deicers - A review. *Water Air and Soil Pollution* 166, 49-63.
- Ranneklev, S., Allan, I. og Berge, J.A., 2015. Miljøpåvirkning fra NCCs snøsmelteanlegg. NIVA-notat 0914/15, s. 27.
- Ranneklev, S., Tjomsland, T. og Kempa, M., 2013. Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken. Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden. NIVA rapport 6481-2013, s. 37.
- Regnery, J. og Püttmann, W., 2009. Organophosphorus Flame Retardants and Plasticizers in Rain and Snow from Middle Germany. *CLEAN – Soil, Air, Water* 37, 334-342.
- Reinosdotter, K., 2007. Sustainable Snow Handling. Doctoral Thesis. Luleå University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Division of Architecture and Infrastructure.

- Reinosdotter, K.ogViklander, M., 2005. A comparison of snow quality in two Swedish municipalities - Lulea and Sundsvall. *Water Air and Soil Pollution* 167, 3-16.
- Reinosdotter, K.ogViklander, M., 2006. Handling of urban snow with regard to snow quality. *J. Environ. Eng.-ASCE* 132, 271-278.
- Reinosdotter, K.ogViklander, M., 2007. Road Salt Influence on Pollutant Releases from Melting Urban Snow. *Water Qual. Res. J. Canada* 42, 153-161.
- Reinosdotter, K., Viklander, M.ogMalmqvist, P.A., 2006. Polycyclic aromatic hydrocarbons and metals in snow along a highway. *Water Science and Technology* 54, 195-203.
- Roseth, R.ogJakob, L., 2010. Salt SMART: Tiltakskatal og -Tekniske løsninger for håndtering av avrenningsvann med vegsalt. Statens vegvesen, Teknologi rapport nr. 2564, 60 s.
- Sansalone, J.J.ogGlenn, D.W., 2002. Accretion of pollutants in snow exposed to urban traffic and winter storm maintenance activities. *J. Environ. Eng.-ASCE* 128, 151-166.
- Siudek, P., Frankowski, M.ogSiepak, J., 2015. Trace element distribution in the snow cover from an urban area in central Poland. *Environmental Monitoring and Assessment* 187.
- Sivertsen, Å., Skoglund, M.R.ogEggan, M., 2015. Mengderapportering vinteren 2014/2015. Statens vegvesen, rapport nr. 406, 55 s.
- Sundt, P., Schulze, P.E.ogSyversen, F., 2015. Sources of microplastics-pollution to the marine environment. Miljødirektoratet, M-321, s. 86, pluss vedlegg
- Thorpe, A.ogHarrison, R.M., 2008. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: A review. *Science of The Total Environment* 400, 270-282.
- Tollefsen, K.E., Song, Y., Kleiven, M., Mahrosh, U., Meland, S., Rosseland, B.O.ogTeien, H.-C., 2015. Transcriptional changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) after embryonic exposure to road salt. *Aquatic Toxicology* 169, 58-68.
- Vaa, T.ogSakshaug, K., 2007. Salting av veger- En kunnskapsoversikt. Sintef-rapport STF 50A1685, s. 47.
- Vannforskriften, 2015. Vannforskriften. <https://lovdata.no>.
- Vikhamar Schuler, D., Beldring, S., Førland, E.J., Roald, L.A.ogEngen Skaugen, T., 2006. Snow cover and snow water equivalent in Norway: -current conditions (1961-1990) and scenarios for the future (2071-2100). met.no Report 01/2006 Climate.
- Viklander, M., 1996. Urban snow deposits - Pathways of pollutants. *Science of the Total Environment* 189, 379-384.
- Viklander, M., 1998. Snow quality in the city of Luleå, Sweden — time-variation of lead, zinc, copper and phosphorus. *Science of The Total Environment* 216, 103-112.
- Viklander, M., 1999a. Dissolved and particle-bound substances in urban snow. *Water Science and Technology* 39, 27-32.
- Viklander, M., 1999b. Substances in Urban Snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Lulea, Sweden. *Water Air and Soil Pollution* 114, 377-394.

Viklander, M., Marsalek, J., Malmquist, P.A.ogWatt, W.E., 2003. Urban drainage and highway runoff in cold climates: conference overview. *Water Science and Technology* 48, 1-10.

Wang, T.Y., Wang, P., Meng, J., Liu, S.J., Lu, Y.L., Khim, J.S.ogGiesy, J.P., 2015. A review of sources, multimedia distribution and health risks of perfluoroalkyl acids (PFAAs) in China. *Chemosphere* 129, 87-99.

Westerlund, C.ogViklander, M., 2006. Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall. *Science of the Total Environment* 362, 143-156.

Westerlund, C.ogViklander, M., 2008. Transport of Total Suspended Solids During Snowmelt – Influence by Road Salt, Temperature and Surface Slope. *Water Air Soil Pollut* 192, 3-10.

Zhang, L., Cheng, I., Muir, D.ogCharland, J.P., 2015. Scavenging ratios of polycyclic aromatic compounds in rain and snow in the Athabasca oil sands region. *Atmos. Chem. Phys.* 15, 1421-1434.

6. Vedlegg

Vedlegg A. Data fra Statens vegvesen

Oppfølging av drift og vedlikehold		Kontrakt: D0303(15330) Riksveger Oslo 2014-2019				
Manuelt innrapporterte data		Sesong: 2014/2015				
Akkumulert forbruk						
Sum forbruk av strømidler, kjemikalier og innsats i vinterdriften hittil						
Forbruk:	Riksveg	Riksveg G/S	Kommunalveg	Kommunalveg G/S	Sum	
Befuktet Salt (NaCl)	5 421,07	233,23	4,76	3,46	5 662,52	
Befuktet salt og saltslurry	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Såtløsning (NaCl)**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Såtlurry (NaCl)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tørt salt (NaCl)	256,07	374,20	7,90	3,18	641,35	
Salting. Totalt forbruk (tonn salt)	5 677,14	607,43	12,66	6,64	6 303,87	
Fastsand	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Såtblådet sånd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tørssånd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Såndforbruk. Totalt forbruk (tonn sånd)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Mågnesiumklorid (MgCl)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Brøytng og høvng (Kilometer)	89 323,53	13 855,77	238,19	139,00	103 556,49	
Tung høvel (Kilometer)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Såltforbruk totalt (tonn sålt)*	5 677,14	607,43	12,66	6,64	6 303,87	
<i>*Inkl 'Sålt i strøssånd' (3% av såltblådet sånd)</i>						
<i>**Omregnet fra m3 løsnng til tonn tørt sålt</i>						
G= qanqvei. S = sykkelvei						

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no