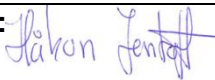


A close-up photograph of green grass blades, slightly out of focus, creating a natural and organic background for the top half of the page.

Miljøgifter i sigevann fra norske avfallsdeponi for ordinært avfall

Rapport nr: 1/2012	Dato: 11.05.12	Revidert:	Rev. dato:
Distribusjon: Fri		ISSN:	ISBN: 82-8035-094-2
Tittel: Miljøgifter i sigevann			
Oppdragsgiver: Avfall Norge		Kontaktperson: Stein Lorentzen (Avfall Norge)	
Forfatter(e): Bjørn E. Berg		Medforfatter(e):	
Oppdragstaker:		Prosjektleder: Stein Lorentzen	
Emneord: Sigevann, miljøgifter		Subject word:	
Sammendrag:			
<p>Det er i denne rapporten forsøkt å gi et bilde av hva som mobiliseres av miljøgifter fra representative ordinære deponier i Norge. Utslippsdataene er stilt til disposisjon fra EnviTech AS via databasen MapGraph.</p> <p>Resultatene viser at konsentrasjonen av tungmetaller og miljøgifter i sigevann generelt er svært lave sammenliknet med andre kilder. Sorteringsanlegg og behandling av organisk avfall har et langt mer konsentrert sigevann. Avrenning fra veger er også mer konsentrert enn det som måles i sigevannet. Vurderes den årlige fluksen er det Cr som peker seg ut som det elementet som lekker i størst mengde. De totale miljøkostnadene ved utslipp av sigevann fra alle norske deponi er estimert til ca 70 000 kr/år. Det totale utslippet av Hg fra deponiene i Norge ligger 80 % lavere enn enkelt utslipp fra norske forbrenningsanlegg.</p>			
Godkjent av: Håkon Jentoft	Dato: 11.05.12	Sign: 	

Forord

Det er i denne rapporten forsøkt å gi et bilde av hva som mobiliseres av miljøgifter fra representative ordinære deponier i Norge. Utslippsdataene er stilt til disposisjon fra EnviTech AS via databasen MapGraph. Bestillingen til EnviTech var og skaffe til veie analysedata fra anlegg fordelt over hele Norge. Overvåkningsperioden tok utgangspunkt i perioden fra 2005 til og med 2010. Noen data strekker seg også inn i 2011. Videre ble det bestilt data fra urensset sigevann. De anleggene som er tatt med er valgt ut av EnviTech AS og undertegnede har ikke hatt innflytelse på valg av anlegg. Det er også selskapet som har hatt kontakt med anleggene og fått deres godkjenning til bruk av tallmaterialet i rapporten. Undertegnede har bare i begrenset grad hatt kjennskap til opprinnelsen til tallmaterialet. I den grad det har vært nødvendig å henvise til spesifikke utslipp, er dataene anonymisert.

Excel regneark med resultater er oversendt undertegnede pr epost i tre forskjellige ark. Prosjektet har benyttet tallmaterialet i sin opprinnelige form fra databasen som inkluderer 22 utslipp/anlegg. Ferdige utregninger som gjennomsnittsmålinger er benyttet i rapporten. Beregning av relativt standardavvik, og min og maks verdier er hentet rett ut fra det datamaterialet som er oversendt. Beregningene er kontrollert på stikkprøvebasis.

Der det er registrert målinger under kvantifiseringsgrensen er det i denne rapporten benyttet konsentrasjoner som er $0,5 \times \text{LOQ}$ (limit of quantification). Det innebærer at for en del publiserte minimumsverdier kan oppgitt nivå være under LOQ. Dette representerer naturlig nok en større usikkerhet. Der LOQ har variert i analyseperioden, er nivået som er benyttet, valgt ut tilfeldig fra den gitte dataserien. Antall siffer i resultatene er ikke vurdert i forhold til den totale usikkerheten i tallmaterialet. ”Id” i tabeller betyr ”ikke definert” og ”Im” betyr ”ikke målt”.

For å kunne beregne utvasking av totale mengder miljøgifter fra deponiene i Norge (kg/år) er det nødvendig å ha tilgang på den hydrauliske belastningen ut av anleggene. Sigevannsmengden publisert i 2007 fra 88 anlegg ($9\,100\,000 \text{ m}^3/\text{år}$) er benyttet i kombinasjon med medianverdien fra de tilgjengelige gjennomsnittsutslippene oppgitt i databasen. Utslippene fra deponiene er sammenlignet med industriutslipp på mengdebasis og andre avfallsaktiviteter/samfunnsaktiviteter på konsentrasjonsbasis.

Prosjektet er finansiert over FOU budsjettet i Avfall Norge med Stein Lorentzen som prosjektansvarlig og deponigruppa som prosjektgruppe.

Bjørn E. Berg
Februar 2012

1. SAMMENDRAG

Sammenstilling av sigevannsdatabaser fra et utvalg norske deponier er et prosjekt finansiert med FOU-midler fra Avfall Norge. Foruten å etablere en oversikt over sigevannets innhold av miljøgifter, var en vurdering av nivåene i forhold til andre samfunnsaktiviteter og industri viktig for bransjeorganisasjonen. Basert på etablerte skadekostnader ved utslipp av stoffer/elementer til miljøet er det forsøkt å beregne kostnaden som utslippene fra deponiene representerer. Disse kostnadene er videre sett i sammenheng med kostnadene for å redusere utslippene. Det er i denne sammenhengen ikke vurdert om løsningen som er foreslått kan møte de kravene som er lansert av miljømyndighetene.

Utslippsdataene er stilt til disposisjon fra EnviTech AS via databasen MapGraph. Bestillingen til EnviTech var og skaffe til veie analysedata fra anlegg fordelt over hele Norge. Overvåkningsperioden tok utgangspunkt i perioden fra 2005 til og med 2010. Noen data strekker seg også inn i 2011. Videre ble det bestilt data fra urensset sigevann. De anleggene som er tatt med er valgt ut av EnviTech AS og undertegnede har ikke hatt innflytelse på valg av anlegg. Det er også selskapet som har hatt kontakt med anleggene og fått deres godkjenning til bruk av tallmaterialet i rapporten. Undertegnede har bare i begrenset grad hatt kjennskap til opprinnelsen til tallmaterialet. I den grad det har vært nødvendig å henvise til spesifikke utslipp er dataene anonymisert.

Miljøbelastning fra ulike virksomheter/aktiviteter kan deles inn i to hovedproblemer relatert til belastningens omfang. Lokale problemer er knyttet til lukt, eutrofiering og estetikk. Lokale problemer knyttet til sigevannet er ikke en del av dette prosjektet. Dette prosjektet inkluderer miljøgifter som kan lede til en global negativ påvirkning. Det er i dette arbeidet tatt utgangspunkt i stoffer/elementer som er inkludert i miljømyndighetenes prioriteringsliste og målsetning om vesentlig reduksjon frem mot 2020.

Resultatene viser at programmene som ble introdusert i SFT's veileder som senere er implementert i de fleste konsesjonene er ikke fulgt opp. Både frekvens og omfang er for lavt. Det er tildels betydelig variasjon i resultatene i fra de respektive anlegg/utslipp. Prøvetaking av sigevann er en betydelig utfordring og kravet til å oppnå representative prøver er nødvendig, men vanskelig å etterkomme. Variasjon i resultater er også dokumentert i internasjonal litteratur hvor sporbarheten i prosessen rundt uttak av prøver, prøvetaking og den videre håndteringen er optimalisert. Dette betyr at man ikke uten videre kan gå tilbake å legge ansvaret på anleggseier for manglende oppfølging av prøvetakingen.

Konsentrasjonen av tungmetaller i sigevann er for de fleste elementene vesentlig lavere enn det som er dokumentert i andre avfallsrelaterte sammenhenger. Sorteringsanlegg og behandling av organisk avfall har et langt mer konsentrert sigevann. Avrenning fra veger er også mer konsentrert enn det som måles i sigevannet. Vurderes den årlige fluksen er det Cr som peker seg ut som det elementet som lekker i størst mengde. Skadekostnaden er også estimert til i underkant av 40 000 kr/år. Sammenlignet med andre industriutslipp er det også utslippet av Cr som kan sammenlignes med utslippene fra "tunge" industrivirksomheter som f. eks. Kronos Titan som også har et årlig utslipp på i overkant av 500 kg. Det totale utslippet av Hg fra deponiene i Norge ligger 80 % lavere enn enkelt utslipp Norske forbrenningsanlegg.

Vurderes utslippene i fra de ordinære deponiene mot utslippene fra aktiviteten på Langøya, er utvasking av Cd fra alle deponiene 2 x utslippet fra Langøya, mens utslippet av PAH₁₆ og

tinnorganiske forbindelser er henholdsvis 25 x og 13 x utslippet fra farlig avfallsdeponiet på Langøya. i Holmestrand.

Basert på publiserte skadekostnader for utslipp av miljøgifter er kostnadene knyttet til utvasking fra ordinære deponier satt opp i tabellen nedenfor. Utslippene er også sammenlignet med de totale utslippene fra landbaserte aktiviteter i Norge.

Parameter	Utslipp deponi kg/år ¹	Skadekostnad kr/år	% andel norske utslipp
Zn	1065	3189	Id ¹
Cu	373	1116	Id
Pb	35	245	0,0002
Cd	2	1400	0,3
Ni	287	1435	Id
Cr	537	37590	0,9
As	103	2060	0,2
Hg	0,19	65	0,02
PAH 16	25	1750	0,01
BTEX	137	Id	1,7
THC	3384	Id	Id
Bisfenol A	441	Id	Id
HBCDD	0,05	35	10
Alkylfenoler og etoksilater	21	14770	1
Fenoksysyrer	36	Id	Id
Klorbenzener	0,18	1260	0,2
DEHP	47	3311	0,04
Tetrakloreten	0,9	63	0,002
Triklloreten	0,9	63	0,002
Tinnorganiske forbindelser	0,13	910	Id
PBDE 99	0,08	560	Id

¹ Totalutslipp fra Norske ordinære deponier

Selv om man til nå ikke har sett noen signifikant effekt med hensyn på utvasking av organisk stoff via sigevann, er det å anta at dette vil avta over tid. Med utgangspunkt i en løsning for behandling av sigevann lokalt er den totale rensekostnaden for sigevann i Norge i overkant av 180 millioner kroner. Det er i denne sammenhengen ikke vurdert om denne løsningen kan møte de kravene som miljømyndighetene har publisert tidligere. Oppsummert er skadekostnaden for utslipp fra de Norske deponiene estimert til 70 000 kr. I denne sammenhengen er det viktig å være klar over at skadekostnaden representerer enkeltutslipp og ikke en sammensatt cocktail av miljøgifter. Det vil si at eventuelle negative konsekvenser samlet sett ikke er inkludert i beregningen. På den annen side skal det en betydelig usikkerhet til for å fylle gapet mellom rensekostnad og miljøkostnad.

Et deponi har i løpet av året en analysekostnad for å dokumentere innholdet i sigevann som er omlag 200 000 kr/år. Med utgangspunkt i det antallet deponier som er utgangspunkt for disse beregningene er den totale analysekostnaden på i overkant av 17 millioner kroner. I motsetning til organiske miljøgifter er det gjennomført et stort antall analyser av tungmetaller. Det bør vurderes om fokuset på tungmetaller bør reduseres, mens overvåking av organiske forbindelser bør intensiveres. Det må også arbeides med å optimalisere prøvetakingen slik at de resultatene som publiseres har en lavest mulig usikkerhet og er representative i størst mulig grad.

1. SAMMENDRAG	3
2. INNLEDNING	6
2.1. Målsetning	7
2.2. Datafangst og litteratursøk	7
3. VALG AV OVERVÅKNINGSPARAMETERE	9
4. UORGANISKE MILJØGIFTER	12
4.1. Sink (Zn).....	12
4.2. Kobber (Cu).....	12
4.3. Bly (Pb).....	13
4.4. Kadmium (Cd).....	14
4.5. Nikkel (Ni).....	15
4.6. Krom (Cr)	16
4.7. Arsen (As).....	16
4.8. Kvikksølv (Hg).....	17
5. ORGANISKE MILJØGIFTER	19
5.1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH ₁₆)	19
5.2. BTEX.....	20
5.3. Oljeforbindelser - THC.....	20
5.4. Bisfenol A.....	21
5.5. HBCD	21
5.6. Alkylfenoler og alkylfenoletoksilater	22
5.7. Fenoksyser	23
5.8. Klorbenzener	23
5.9. Ftalater (DEHP).....	24
5.10. Tetrakloreten (PER).....	25
5.11. Trikloreten (TRI)	25
5.12. Tinnorganiske forbindelser	26
5.13. Pentabromdifenyleter (PBDE 99).....	27
6. UTSLIPP FRA DEPONI VERSUS ANNEN INDUSTRIVIRKSOMHET.....	28
6.1. Deponier og industriutslipp	28
6.2. Miljøkostnader – oppsummering.....	31
7. ALTERNATIVE RENSELØSNINGER	32
7.1. Utvikling i sigevannets sammensetning	32
7.2. Lokale renseløsninger.....	36
7.3. Kostnader versus miljønytte ved rensing av sigevann.....	38
8. REFERANSE.....	39

2. INNLEDNING

Sigevann er som kjent et resultat av at vann perkolerer gjennom deponiet og ekstraherer med seg partikler og komponenter som er mobiliserbare. Mobiliserbarhet er en funksjon av en mikrobiologisk omsetning og delvis på grunn av spontane kjemiske reaksjoner. Basert på avfallet som er deponert, er sigevannets sammensetning en funksjon av oppholdstid og temperatur. Sistnevnte er et resultat av en biologisk nedbrytning som, avhengig av tilgangen på lett nedbrytbart organisk materiale, vil foregå i det mesofile området. Et deponi som er nedlagt vil gjennomgå prosesser som medfører at sammensetningen av sigevannet vil endre seg over tid. En tidlig fase medfører et BOF₅/KOF forhold som varierer mellom 0,4 til 0,8. Etter dette reduseres forholdet betraktelig blant annet på grunn av at gassproduksjonen kommer i gang.

På grunn av både innhold av organisk materiale, næringsstoffer og miljøgifter, er sigevannet kontaminert på et nivå som utløser et krav om rensing. Dette kravet har imidlertid ikke vært fremmet overfor anlegg som ligger langs kysten fra Lindesnes til Grense Jakobselv. Imidlertid har nye konsesjoner som ble iverksatt i perioden fra 2008 til 2010 stilt krav om at dette bør utredes ved nær sagt alle anlegg som i dag sender rått sigevann ut i en fjord eller direkte til havet.

Det ble etablert en veileder om overvåking av sigevann fra avfallsdeponier i 2005 [1]. Veilederen har blant annet etablert et forslag til parametervalg for overvåking av sigevann og sigevannssediment. Programmet definerer også bestemmelsesgrenser for ulike parametere. Dette forslaget har definert et årlig og et 5-årlig program for både sigevann og sigevannssediment. Det ble satt i gang rapportering av sammensetningen i sigevann til KLIF via Altinn i 2008.

Utfasing av miljøgifter er et arbeid som ble initiert av miljømyndighetene allerede på 1990-tallet og dokumentert i st. melding nr 58 som ble publisert i 1996 [2]. Meldingen etablerer blant annet en A-liste og en B-liste for utfasing. Denne opplistingen er videre utviklet i Obs-listen som ble publisert i 2002 [3].

Utfasing av miljøgifter er tatt til et nytt nivå i NOU rapporten som ble publisert i 2010 [4]. I dette arbeidet er det lansert en visjon om å stanse utslipp av miljøgifter innen 2020. I dette arbeidet er det blant annet fokusert på sigevann som transportør av miljøgifter. Utvalget som har utarbeidet rapporten, mener det er viktig at sigevannet renses lokalt ved deponiene. Det er blant annet foreslått å innføre nasjonale retningslinjer eller forskriftskrav til akseptable grenseverdier for miljøgifter i sigevann fra deponi.

I st.melding nr 58 ble det gjort antagelser i forhold til rensing av sigevann. Det ble antatt at sigevannet fra ca halvparten av det avfallet som ble deponert, ble sluppet urensset ut i resipienten. I et arbeid i regi av Avfall Norge og NORVAR ble det i 2007 gjennomført en undersøkelse for å gå nærmere inn i detaljene knyttet til mengde sigevann som ble behandlet. Arbeidet konkluderte med at av en årlig produsert mengde på 9,1 mill m³ sigevann, så renses ca 42 % enten lokalt eller igjennom et kommunalt renseanlegg. En liten mengde behandles både lokalt og poleres i et kommunalt anlegg etterpå [5]. Over halvparten av mengden sigevann som produseres går urensset ut i sjø eller hav.

2.1. Målsetning

Målsetningen med dette arbeidet har vært å utrede sivevann som kilde til spredning av miljøgifter. Følgende elementer har vært viktige for å nå denne målsetningen:

- Litteraturstudie
- Gjennomgå utslippsdata for et utvalg av deponier etter 2005
- Sammenstilling av utslippsdata
- Vurdere utslipp fra et utvalg av konsesjonsbelagte industrivirksomheter herunder også virksomheter som prosesserer avfall
- Vurdere miljøkostnaden ved utslipp av de valgte komponentene
- Vurdere tilgjengelighet/mulighet for lokale renseløsninger for et utvalg av miljøgiftsgrupper
- Vurdere renseløsning mot redusert miljøkostnad (kost/miljø/nytte)

2.2. Datafangst og litteratursøk

Den viktigste kilden til sivevannsdata har vært databasen MapGraph. Via EnviTech er datamateriale fra et 20-talls norske anlegg for perioden 2005 til 2010 gjort tilgjengelig. Arne Hansen har vært en sentral aktør i dette arbeidet. Dette tallmaterialet er fundamentet i prosjektet. Det er imidlertid interessant å merke seg variasjonen i rapporteringen av data fra laboratoriene. I noen tilfeller er miljøgiftsgrupper summert. I andre tilfeller er resultatene rapportert på enkeltforbindelser. I dette prosjektet er det sivevann og ikke sedimenter som er tema, det er imidlertid svært viktig å være klar over at analyttene i større eller mindre grad er bundet til partikler. Både organiske og uorganiske miljøgifter har en affinitet til partikler. Det betyr at representativ mengde med partikler i prøven og ved prøveoppbevaring før analyse, er viktige variabler før analysen gjennomføres. Det kreves en stor grad av overvåking når resultatene skal tolkes.

Et annet moment er bruken av SFT's veileder med hensyn på overvåking av sivevannets kvalitet. Den er, som det ligger i tittelen av publikasjonen, en veileder og ikke en forskrift [1]. Den inneholder en stor gruppe av både uorganiske og organiske miljøgifter og skal inkludere de stoffene som kan lekke ut via sivevann fra et ordnært deponi. Denne sammensetningen må imidlertid sees i sammenheng med avfallet som faktisk er tatt i mot. I veilederen står blant annet [1]:

Tekstboks 1. Utdrag fra sivevannsveileder [1]

Overvåkingsprogrammet skal alltid tilpasses det enkelte deponi med grunnlag i dets lokalisering, innhold og utforming. Ved denne tilpasningen forutsettes det at følgende informasjon er kjent og legges til grunn:

- Utført kartlegging av grunnvannet i området
- Resipientens sårbarhet, og eventuelle miljømål for resipienten
- Resultater fra utført miljørisikovurdering av deponiets bunntettingsløsning, eller annen vurdering av fare for diffus spredning av sivevannet
- Renseløsning for oppsamlet sivevann
- Eventuelt kjente jord- og grunnvannsforurensinger oppstrøms deponiet
- Informasjon om spesielle avfallstyper, utlekkingssegenskaper, stoffinnhold og lignende
- Type deponi (deponi for ensartet avfall, blandet avfall, farlig avfall osv.)
- Om deponiet er i drifts- eller etterdriftsfasen

Veilederen foreslår også et todelt program som er delt i et årlig program og et femårig program. Det er i denne sammenhengen viktig å være klar over omfanget av de to programmene [1]:

Tekstboks 2. Utdrag fra sigevannsveileder [1]

For å sikre god kostnadseffektivitet er det foreslåtte programmet delt i 2, ett årlig program og ett 5-årlig program (se tabell 2). De årene det 5-årige programmet gjennomføres, inkluderes selvsagt også parameterne fra det årlige programmet. Begge programmene gjennomføres ved at sigevannet analyseres 4 ganger per år, mens sigevannssedimentet analyseres 1 gang per år.

Dette innebærer at det utvidete femårige programmet også skal gjennomføres fire ganger. For de anleggene som fikk konsesjon i 2008 må det utvidete programmet gjennomføres senest i 2013.

Utover husholdningsavfallet er næringsaktiviteten i deponiets nedslagsfelt avgjørende for hva som deponeres. Husholdningsavfallet varierer lite, mens næringsavfallet vil variere både i tid og rom. På tross av dette har de fleste nye konsesjonene som kom i løpet av siste årene, satt et krav om å følge veilederens program for overvåkning.

NOU rapporten peker på at enkle tekniske løsninger kan være et alternativ til å oppnå en tilfredsstillende rensing av sigevann [4]. Det ble derfor blant annet gjennomført en befaring på to naturbaserte behandlingsanlegg i Syd-Sverige. Befaringen var lagt opp av representanter fra Linneus Universitetet i Kalmar med deltagelse fra Universitet i Lund. Bildet på forsiden av rapporten er hentet fra Sysav sitt anlegg i Trelleborg.

Oversikt over resultater fra tilsvarende overvåkning i de øvrige nordiske landene er fremskaffet igjennom kontaktpersoner fra deponiseminaret i regi Avfall Norge og gjennom tilsvarende møter. Det er søkt etter relevant litteratur presentert på konferansen i Sardinia i perioden 2003 til 2009. ScienceDirect er også benyttet som søkermotor. Totalt er det fremkommet 20 rapporter/publikasjoner som har vært benyttet i dette arbeidet

3. VALG AV OVERVÅKNINGSPARAMETERE

Miljøbelastning fra ulike virksomheter/aktiviteter kan deles inn i to hovedproblemer relatert til belastningens omfang. Lokale problemer er knyttet til lukt, eutrofiering og estetikk. Denne type problematikk er ikke en del av dette prosjektet. Dette prosjektet inkluderer utslipp av stoffer som kan lede til en global negativ påvirkning. Det betyr at persistens og akkumulering i næringskjeden er to sentrale begreper i valg av stoffer/elementer. I NOU rapporten er miljøgifter definert på følgende måte [4]:

Tekstboks 3. Definisjon av miljøgifter [4]

1. Lite nedbrytbare stoffer som hoper seg opp i levende organismer, og som
 - a. har alvorlige langtidsvirkninger for helse, eller
 - b. er svært giftige i miljøet.
2. Tungt nedbrytbare stoffer som svært lett hoper seg opp i levende organismer, uten krav til kjente giftvirkninger.
3. Stoffer som gjenfinnes i næringskjeden i nivåer som gir tilsvarende grunn til bekymring.
4. Andre stoffer, slik som hormonforstyrrende stoffer og tungmetaller, som gir tilsvarende grunn til bekymring.

Innholdet i Tekstboks 4 og Tekstboks 5 er utdrag fra sivevannsveilederen som dette prosjektet har vurdert som miljøgifter. Disse forbindelsene er også i overensstemmelse med definisjonen i NOU rapporten (Tekstboks 3). I utvalget som utarbeidet NOU-rapporten var det imidlertid uenighet hva angikk plantevern som en del av gruppen miljøgifter (se fotnote i referanse 4, side 12). Utvalgets representant mente at plantevern generelt ikke kan defineres som miljøgifter. I forbindelse med overvåkning av sivevann inngår plantevern (pesticider) i flere av de stoffgruppene som skal overvåkes. Blant annet fenoksysyrer, klorbenzener og klorerte pesticider. På tross av ulike tolkninger er disse grupper forbindelser tatt med i det videre arbeidet.

Tekstboks 4. Miljøgifter inkludert i årlig program [1]

Sink	Zn	µg/l	3	mg/kg TS	3
Kobber	Cu	µg/l	1,5	mg/kg TS	1,5
Bly	Pb	µg/l	1	mg/kg TS	1
Kadmium	Cd	µg/l	0,1	mg/kg TS	0,1
Nikkel	Ni	µg/l	5	mg/kg TS	5
Krom	Cr	µg/l	1	mg/kg TS	1
Arsen	As	µg/l	2	mg/kg TS	2
Kvikksølv	Hg	µg/l	0,01	mg/kg TS	0,01
Oljeforbindelser ²	Upolare HC	µg/l	100	mg/kg TS	100
Polysykliske aromatiske ² hydrokarboner	PAH ₁₆	µg/l	0,2	mg/kg TS	0,01
Monosykliske aromater ²	BTEX	µg/l	0,2		
Polyklorerte bifenyl ²	PCB ₇			mg/kg TS	0,002

Tekstboks 5. Miljøgifter inkludert i 5-årlig program [1]

Bred analyse av tungmetaller		µg/l		mg/kg TS	
Polybromerte difenyletere ²	PBDE	µg/l	0,001	mg/kg TS	0,001
Heksabromcyklododekan ²	HBCD	µg/l	0,01	mg/kg TS	0,01
Tetrabrom bisfenol A	TBBPA	µg/l	0,005	mg/kg TS	0,005
Bisfenol A		µg/l	0,001	mg/kg TS	0,001
Alkyfenoler og -etoksilater ²		µg/l	0,5	mg/kg TS	0,05
Fenoler ²		µg/l	0,5	mg/kg TS	0,5
Klorfenoler ²		µg/l	0,5	mg/kg TS	0,5
Tinnorganiske forbindelser ²		µg/l	0,01	mg/kg TS	0,01
Ftalater ²		µg/l	1	mg/kg TS	1
Klorbenzener ²		µg/l	0,5	mg/kg TS	0,5
Flyktige klorerte hydrokarboner ²		µg/l	0,2		
Lineære alkylbensulfonater	LAS	µg/l	20		
Fenoksyser ²		µg/l	0,5		
Klorerte paraffiner ²				mg/kg TS	0,001
Polyklorerte naftalener ²				mg/kg TS	0,1
Polyklorerte dibenzodioxiner/furaner ²				TEQ mg/kg TS	0,000001
Klorerte pesticider ²				mg/kg TS	0,05

For å kunne vurdere sigevannet i forhold til potensialet for spredning av miljøgifter og eventuelt i forhold til et mulig rensebehov, er det i prosjektet tatt utgangspunkt i sammensetningen i urensset (rått) sigevann. Det er totalt 22 anlegg/utslippspunkter som er med i denne sammenstillingen. Anleggene er spredd rundt hele Norge og burde i så måte være representative for sluttbehandling under norske forhold. I og med at veilederens krav til overvåkning ble presentert i de nyeste konsesjonene, er det ikke alle anleggene som er kommet i gang med 5-årsprogrammet. Det betyr at det er noe begrenset med resultater på de mest "eksotiske" organiske miljøgiftene som er inkludert der. Resultatene er presentert både med aritmetisk middelværdi, medianverdi, min og maks nivå. For å kunne si noe om kvaliteten på datamaterialet, er det også beregnet standardavvik og relativt standardavvik for å beskrive variasjonen/kvaliteten på dataene. I og med at overvåkingen inkluderer perioden fra

2005 til og med 2010 er det en stor mengde data som er fremskaffet for de parameterne som er inkludert i det årlige programmet.

Når laboratoriene rapporterer målinger som er under kvantifiseringsgrensen (LOQ) så beskrives dette gjerne med tegnet $< LOQ$. I databasen MapGraph rapporteres disse observasjonene med tallet 0. Dette er av praktiske grunner for å kunne gjøre statistiske beregninger i etterkant. Det er imidlertid viktig å være klar over at det ikke er mulig å måle 0. På tross av dette er det utenfor rammene for dette prosjektet å endre databasens innhold slik at dette blir hensyntatt i rapporten. Derfor er det i dette arbeidet rapportert halvparten av LOQ. Det er også slik at LOQ kan endre seg i forhold til endringer i prøvens matrix og med hensyn på prøvevolum. For de fleste målingene er enheten $\mu\text{g/l}$. Resultatene er oppgitt i et aritmetisk gjennomsnitt (snitt). Beregningen er gjort i databasen av programmet MapGraph. Den laveste verdien og det høyeste nivået som er registrert på et av de 22 anleggene er også oppgitt i tabellene.

Totale mengder sigevann fra norske deponier er hentet fra Avfall Norge rapporten fra 2007 [5]. Basert på en spørreundersøkelse til landets miljøvernmyndigheter, oppgav miljømyndighetene grunnlaget for å beregne det totale utslippet av sigevann til $9,1 \times 10^6 \text{ m}^3$. Usikkerheten i grunnlagsmaterialet er ikke kjent men det er ikke usannsynlig at mengden er større enn det som er benyttet i beregningene i det videre arbeidet.

Grunnlaget for å beregne skadekostnaden, som utslippet av miljøgifter via sigevann representerer, er basert på arbeidet til Magnusson og Navrud [13]. Deres prosjekt ble gjennomført på oppdrag fra Klif med et formål om å etablere anslag på skadekostnader per enhet miljøgiftutslipp til luft og vann. Oppdraget ble gitt blant annet på grunnlag av en forstudie som konkluderte med at de verdsettingsanslagene som var gjort i 2000 (ECON 2000) burde justeres. Flere tidligere europeiske studier har funnet de tidligere norske "miljøprisene" uforholdsmessige høye og har stilt spørsmål om riktigheten [13]. Det er i rapporten til Magnusson et.al ikke skilt mellom utslipp til luft og vann i forslaget til skadekostnad. Kostnaden er oppgitt i kr/kg utslipp i et varierende intervall for de respektive stoffer/elementer, men med et definert anslag. Det er sistnevnte som er brukt i dette arbeidet. Sigevann består av en cocktail av miljøgifter, mens skadekostnaden er relatert til et enkelt utslipp. Det innebærer at eventuelle negative synergieffekter ikke kommer tydelig fram i de etterfølgende beregningene. Det vil si at kostnadene kan være underestimert.

For å kunne relatere de konsentrasjonene som er funnet i sigevann og andre typer kilder til miljømyndighetenes grunnlag for å stille utslippskrav, er arbeidet til Weideborg et.al benyttet som en del av sammenligningsgrunnlaget. Bakgrunnen for grenseverdien er for flere av stoffene/elementene $10 \times PNEC$ verdien (Predicted no effect concentration) kombinert med en definert naturlig avrenning fra et standarddeponi med en antatt nedbørsmengde. For noen av miljøgiftene er grenseverdien satt lik PNEC og der ikke PNEC er kjent, har man i noen tilfeller lagt seg på deteksjonsgrensen for analyseinstrumentet [14]. Som resultatene i den videre presentasjonen viser er blant annet overvann fra veger i Oslo langt over disse anbefalte grenseverdiene.

4. UORGANISKE MILJØGIFTER

I denne gruppen er tungmetallene inkludert. Det er ikke tatt stilling til hvilken form metallene foreligger. De kan derfor være på metallisk form, som ioner løst i vannfasen, adsorbent på partikler eller som metallorganiske forbindelser. De kan også foreligge på forskjellige oksidasjonsnivåer. Forekomsten av metallene vil i stor grad påvirke deres toksisitet og dermed også deres egenskaper som miljøgifter. Et enkelt eksempel er krom som kan foreligge på formen Cr^{3+} og være et sporelement, mens på formen Cr^{6+} vil være meget toksisk [6]. I sammenhengen med de reduktive forholdene som eksisterer i et deponi, er det sannsynlig at krom vil foreligge på den minst toksiske formen (Cr^{3+}).

4.1. Sink (Zn)

Sink er ikke et spesielt toksisk element og hvorvidt dette elementet kommer inn under kategorien miljøgift er tvilsomt. Sink er heller ikke inkludert i rapporten fra Klif som representerer stoffer som er omfattet av målsetninger om utslippsreduksjoner [7]. Det er imidlertid satt grenseverdier for innholdet av Zn både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 25 000 mg/kg TS [8]. Det er derfor valgt å ta med elementet i dette materialet.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 26 prøver pr. anlegg. Totalt er det gjennomført 357 analyser av Zn i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,14 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 6350 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 1. Mobilisering av sink via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
357	0,14	6350	117 ^I		MapGraph
140	0,1	2163	138 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	59 ^{III}	150 ^{III}	87	113,8	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				64	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				2908	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				197	Overvann veier i Oslo [12]
				28100	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

Det totale utslippet fra deponiene er 1065 kg/år. Skadekostnad for utslipp av Zn til miljøet er foreslått til 3 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann og medianutslippet vil kostnaden for utvasking av Zn fra deponiene være 3189 kr/år.

4.2. Kobber (Cu)

Kobber er heller ikke inkludert i rapporten fra Klif som representerer stoffer som er omfattet av målsetninger om utslippsreduksjoner [7]. Det er imidlertid satt grenseverdier for innholdet av Cu både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan

få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 25 000 mg/kg TS [8] som er sammenlignbart med Zn.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 41 prøver. Totalt er det gjennomført 367 analyser av Cu i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,5 ug/l mens den høyeste konsentrasjonen målt var 1460 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 2. Mobilisering av kobber via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
367	0,5	1460	41 ^I		MapGraph
105	1,0	1343	8,7 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	22 ^{III}	134 ^{III}	42	65,2	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				13,8	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				495	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				72	Overvann veier i Oslo [12]
				Id	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Cu satt til 0,05 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 5 ug/l [14, side 37] som er en faktor 14 lavere enn avrenning fra veier i Oslo.

Det totale utslippet fra deponiene er 373 kg/år. Skadekostnad for utslipp av Cu til miljøet er foreslått til 3 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann og medianutslippet, vil kostnaden for utvasking av Cu fra deponiene være 1116 kr/år.

4.3. Bly (Pb)

I motsetning til de to foregående elementene, er Pb et element som er inkludert på Klif's prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 15]. Det er naturlig nok også etablert grenseverdier for Pb både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 2500 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 59 prøver. Totalt er det gjennomført 438 analyser av Pb i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,1 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 239 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 3. Mobilisering av bly via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
438	0,1	239	3,82 ^I		MapGraph
121	0,3	221	4,3 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	1,9 ^{III}	9,0 ^{III}	3,3	4,9	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				4,7	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				585	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				31	Overvann veier i Oslo [12]
				140	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Pb satt til 0,4 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 4 ug/l [14, side 37]. Dette er en faktor 8 lavere enn naturlig avrenning fra veier i Oslo området og ligger også lavere enn de nivåene som er målt i elver i Oslo.

Det totale utslippet fra deponiene er 35 kg/år. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 199 tonn. Det totale utslippet fra deponiene var 0,2 ‰ av det totale utslippet i Norge. Skadepost for utslipp av Pb til miljøet er foreslått til 70 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann og medianutslippet vil kostnaden for utvasking av Pb fra deponiene være 2450 kr/år deponiene i Norge.

4.4. Kadmium (Cd)

Kadmium er også et element som er inkludert på Klif's prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 44]. Det er naturlig nok også etablert grenseverdier for Cd både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 59 prøver. Totalt er det gjennomført 438 analyser av Cd i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 12 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 4. Mobilisering av Cd via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
438	0,005	12	0,23 ^I		MapGraph
97	0,025	96	1,0 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	0,1 ^{III}	2,8 ^{III}	0,2	0,5	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				0,17	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				6,3	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				0,44	Overvann veier i Oslo [12]
				16,5	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Cd satt til 0,02 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 0,2 ug/l [14, side 37]. Dette er 2,5 ganger lavere enn det nivået som følger avløpsvannet.

Det totale utslippet fra deponiene er 2 kg/år. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 1,5 tonn. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 0,3 % av det totale utslippet i Norge. Skadekostnad for utslipp av Cd til miljøet er foreslått til 700 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann og medianutslippet vil kostnaden for utvasking av Cd fra deponiene være 1400 kr/år.

4.5. Nikkel (Ni)

Ni er ikke inkludert i rapporten fra Klif som representerer stoffer som er omfattet av målsetninger om utslippsreduksjoner [7]. Det er imidlertid satt grenseverdier for innholdet av Cu både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 2500 mg/kg TS [8] som er sammenlignbart med Zn.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 25 prøver. Totalt er det gjennomført 361 analyser av Ni i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 426 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 5. Mobilisering av Ni via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
361	0,05	426	31,5 ^I		MapGraph
95	1,0	169	22 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	3,5 ^{III}	11 ^{III}	5,1	8,3	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				3,1	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				Im	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				4,4	Overvann veier i Oslo [12]
				Im	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Ni satt til 0,4 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 4 ug/l [14, side 37]. Dette er omlag på samme nivå som avrenning fra veier i Oslo området.

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 287 kg/år basert på medianverdien. Skadekostnaden for utslippet av Ni i miljøet er anslått til 5 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av Ni fra deponiene være 1435 kr/år.

4.6. Krom (Cr)

Krom er et element som er inkludert på Klif's prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 59]. Det er naturlig nok også etablert grenseverdier for Cr både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 25 000 mg/kg TS [8]. Med bakgrunn i forholdene i deponiet er det antatt at krom foreligger på formen Cr³⁺ (se side 12).

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 58 prøver. Totalt er det gjennomført 419 analyser av tot-Cr i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,25 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 785 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 6. Mobilisering av Cr via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
419	0,25	785	59,05 ^I		MapGraph
95	1,0	654	27 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	2,2 ^{III}	9,5 ^{III}	3,6	5,1	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				3,4	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				82,5	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				5	Overvann veier i Oslo [12]
				490	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for tot-Cr satt til 3,5 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 35 ug/l [14, side 37].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 537 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 62 tonn. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 0,9 % av det totale utslippet i Norge. Skadekostnaden for utslippet av tot-Cr i miljøet er anslått til 70 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av tot-Cr fra deponiene være 37 590 kr/år.

4.7. Arsen (As)

Arsen er et element som er inkludert på Klif's prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 7]. Det er naturlig nok også etablert grenseverdier for As både i gjødselvereforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 26 prøver. Totalt er det gjennomført 342 analyser av As i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,3 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 971,2 ug/l. I mange av målingene er det

enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 7. Mobilisering av As via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
342	0,3	971,2	11,3 ^I		MapGraph
84	0,7	163	8,0 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	0,5 ^{III}	2,8 ^{III}	1,0	1,8	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				0,5	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				Im	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				Im	Overvann veier i Oslo [12]
				Im	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for As satt til 4 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 4 ug/l [14, side 37].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 103 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 34 tonn. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 0,2 % av det totale utslippet i Norge. Skadeposten for utslippet av As i miljøet er anslått til 20 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av As fra deponiene være 2060 kr/år.

4.8. Kvikksølv (Hg)

Kvikksølv er et element som er inkludert på Klif's prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 64]. Det er naturlig nok også etablert grenseverdier for Hg både i gjødselverforskriften og i definerte tilstandsklasser for jordmasser. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Grensen for farlig avfall er satt til 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 26 prøver. Totalt er det gjennomført 342 analyser av Hg i fra de 22 deponiene. Den laveste verdien er 0,005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 0,53 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 8. Mobilisering av Hg via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
342	0,005	0,53	0,021 ^I		MapGraph
48	0,005	62	0,17 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
49 ^{IV}	0,025 ^{III}	0,29 ^{III}	0,069	0,14	Kommunalt avløp - innløp [10]
3 ^V				0,34	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
				0,0024	Overvann fra sorteringsanlegg [11]
				0,1	Overvann veier i Oslo [12]
				Im	Kildesortert våtorganisk [11]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} Er henholdsvis 25 og 90 pst

^{IV} antall anlegg

^V antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Hg satt til 0,01 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 0,1 ug/l [14, side 37].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,191 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 1,02 tonn [7, side 64]. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 0,02 % av det totale utslippet i Norge. Skadekostnaden for utslippet av Hg i miljøet er anslått til 340 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av Hg fra deponiene være 64,94 kr/år.

5. ORGANISKE MILJØGIFTER

Denne hovedgruppen av miljøgifter inkluderer en stor del av de parameterne som skal overvåkes i henhold til veilederen. Noen grupper er inkludert i det årlige programmet mens flere av miljøgiftene er inkludert i 5-årige programmet. (se Tekstboks 4 og Tekstboks 5). Flere av forbindelsene er en del av de miljøgiftene som er omfattet av nasjonale målsetninger om utslippsreduksjoner [7, 4].

5.1. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH₁₆)

PAH er inkludert på Kalifs prioriteringsliste for utslippsreduksjoner [7, side 88]. Det er ikke etablert grenseverdier for PAH i gjødselvereforskriften, men denne gruppen miljøgifter er definert i tilstandsklasser for jordmasser. Imidlertid har forskriften en aktsomhets paragraf som innebærer et ansvar for å hindre kontaminering av komposten. Førstnevnte får betydning for eventuell håndtering av slammet fra rensing av sigevann og sistnevnte kan få betydning ved remediering av deponiområder hvor det er brukt jordmasser i deponidriften. Foreslått grense for Σ PAH₁₆ for farlig avfall i jord er satt til 2500 mg/kg TS [8]. Det er imidlertid også satt spesifikk grense for Benzo(a)pyren på 100 mg/kg TS.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 23 prøver. Totalt er det gjennomført 283 analyser av PAH rapportert som Σ PAH₁₆ i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 199,2 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 9. Mobilisering av PAH₁₆ via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
283	0,05	199,2	2,75 ^I		MapGraph
72	0,03	899	2,1 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
3 ^{III}				0,1	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
4 ^{IV}				15,2	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
				1,5	Overvann veier i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} antall elver

^{IV} antall anlegg

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Σ PAH₁₆ satt til 0,1 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 1 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 25 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet i 2007 var anslått til 167 tonn [7, side 88]. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 0,01 % av det totale utslippet i Norge. Skadekostnaden for utslippet av Σ PAH₁₆ i miljøet er anslått til 70 kr/kg [13, side 4]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av Σ PAH₁₆ fra deponiene være 1750 kr/år.

5.2. BTEX

BTEX inkluderer benzen, toluen, etylbenzen og xylener. Denne gruppen miljøgifter er ikke inkludert på Klif's prioriteringsliste, men toluen er inkludert på obs-listen [3]. Foreslått grense for BTEX for farlig avfall i jord er satt til 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 24 prøver. Totalt er det gjennomført 262 analyser av BTEX i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,5 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 727,1 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 10. Mobilisering av BTEX via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
262	0,5	727,1	15,02 ^I		MapGraph
50	0,1	800	6 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
3 ^{III}				Im	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
4 ^{IV}				16,9	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
				Im	Overvann veier i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} antall elver

^{IV} antall anlegg

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for BTEX satt til 17 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 17 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 136,7 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet fra landbasert industri til luft og vann var 8125 kg i 2010 [16]. Det totale utslippet fra deponiene utgjorde ca 1,7 % av det totale utslippet i Norge. Skadekostnaden for utslippet av BTEX i miljøet er ikke dokumentert.

5.3. Oljeforbindelser - THC

Oljeforbindelser (THC) er på tilsvarende måte som PAH og BTEX en summering av forbindelser med forskjellig kokepunkt, men med sammenlignbart karbonskjellet. THC representerer som regel et karbonskjell i området fra C₅ til C₄₀. Oljeforbindelser er ikke inkludert på Klif's prioriteringsliste, ei heller på obs-listen. Foreslått grense for farlig avfall i jord for oljeforbindelser er satt til 20 000 mg/kg TS som inkluderer alifater med kjedelengde fra C₁₂ til C₃₅ [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 22 prøver. Totalt er det gjennomført 238 analyser av THC (som regel C₁₀ til C₄₀) i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 64 200 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 11. Mobilisering av THC via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
238	0,05	64200	371,9 ^I		MapGraph
6	0,3	650	200 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
3 ^{III}				Im	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]
3 ^{IV}				3400	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
				Im	Overvann veier i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene – som regel C₁₀ til C₄₀

^{II} 50. pst

^{III} antall elver

^{IV} antall anlegg

Det er ikke dokumentert PNEC-verdier for THC. Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 3384 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet er ikke kjent. Skadestrukturen for utslippet av oljeforbindelser i miljøet er ikke dokumentert.

5.4. Bisfenol A

Bisfenol A er en organisk forbindelse med et stort bruksområde. Bli brukt som substans i lakk til herdere og bindemiddel, og finnes blant annet i BA-avfall. Har stor anvendelse i polykarbonatplast. Forbindelsen er satt på obs-listen og finnes også på Klif's utfasingsliste [3, 7]. Foreslått grense for Bisfenol A for farlig avfall i jord er satt til 2500 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 3 til 10 prøver. Totalt er det gjennomført 42 analyser av Bisfenol A i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 727 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet. Det er få andre aktiviteter som har gjennomført overvåking av denne forbindelsen.

Tabell 12. Mobilisering av Bisfenol A via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
42	0,05	727	48,5 ^I		MapGraph
3	4	136			Sigevann fra svenske deponier [18]
3 ^{II}	0,046	0,402	0,242		Elver i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} Resultater fra tre elveprøver i Oslo

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for Bisfenol A satt til 0,1 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 0,1 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 441,4 kg/år basert på medianverdien. Det samlede nasjonale utslippet er ikke kjent. Skadestrukturen for utslippet av Bisfenol A i miljøet er heller ikke dokumentert.

5.5. HBCD

Heksabromcyclododekan forekommer i flere ulike isomere former. Forbindelsen er ikke spesifisert på Klif's liste over prioriterte bromerte forbindelser. Den er imidlertid inkludert i NOU arbeidet [4]. Foreslått grense for HBCD for farlig avfall i jord er satt til 2500 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 42 analyser med hensyn på HBCD i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 0,2 ug/l. Det er få andre aktiviteter som har gjennomført overvåkning av denne forbindelsen.

Tabell 13. Mobilisering av HBCD via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
42	0,005	0,2	0,005 ^I		MapGraph
10 ^{II}	0,00036	0,149	0,0015	0,0165	Sigevann 2004 [17]
4 ^{III}	0,00053	0,0258	0,0028	0,00798	Renset avløpsvann [17]
	0,003	0,009			Sigevann fra svenske deponier [18]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} Antall anlegg

^{III} Antall anlegg

HBCD ble ikke kvantifisert i overvann fra de fire sorteringsanleggene [15]. Det finnes lite utslippsdata for denne forbindelsen. Det er ikke oppgitt PNEC-verdi for HBCD. I henhold til Weideborg et.al er PNEC for PBDE-99 (penta bromert difenyleter) satt til 0,5 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 0,5 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,05 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2009 er anslått til 0,4 kg [4, side 71]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 10 % av det nasjonale utslippet. Skadekostnaden for utslippet av HBCD i miljøet er satt til 700 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av HBCD fra deponiene være 35 kr/år.

5.6. Alkylfenoler og alkylfenoletoksilater

Denne typen organiske forbindelser har en grunnstamme i form av fenol og en lengre alkankjede koblet til benzenringen. Etter at bruken av nonyl og oktylfenol ble redusert, ble etoksilatene introdusert. Disse forbindelsene er inkludert på obs-listen [3, side 81]. De er også inkludert på Klif's prioriteringsliste [7, side 73]. De er imidlertid ansett å innebære en liten grad av eksponering og negative helseeffekter [4, side 125]. Foreslått grense for farlig avfall for fenolene i jord er satt til 2500 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 41 analyser av alkylfenoler og alkylfenoletoksilater i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,47 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 126 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 14. Mobilisering av alkylfenoler og alkylfenoletoksilater via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
41	0,47	126	2,32 ^I		MapGraph
14	0,5	12	2,3 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
4 ^{III}	1,8	41,4	23,93	22,77	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
3	7,8	147			Sigevann fra svenske deponier [18]
3 ^{IV}	< 0,02	1,05			Elver i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} antall anlegg

^{IV} Resultater fra tre elveprøver i Oslo

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for fenolene satt til 0,4 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 4 ug/l [14, side 38]. Beregningene er basert på den mest toksiske forbindelsen – nonylfenol.

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 21,1 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2009 er anslått til 2000 kg [4, side 75]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 1 % av det nasjonale utslippet. Skadekostnaden for utslippet av alkylfenoler og alkylfenoletoksilater i miljøet er satt til 700 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av fenolene fra deponiene være 14 770 kr/år.

5.7. Fenoksysyrer

Fenoksysyrer representerer i denne sammenhengen summen av en gruppe herbicider. I denne gruppen er blant annet MCPA, 2,4 D og 2,4,5-T inkludert. Denne gruppen forbindelser er inkludert veilederen for overvåkning av sigevann, men er ikke inkludert hverken på obs-listen eller i NOU arbeidet [3, 4].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 38 analyser av fenoksysyrer i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,025 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 8,8 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien. Medianverdien er i de fleste tilfellene lavere enn snittet.

Tabell 15. Mobilisering av fenoksysyrer via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
38	0,025	8,8	4,0 ^I		MapGraph
11	0,02	50	3,1 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
4 ^{III}	1,7	42	13,9	17,9	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
8	1,8	81,9			Sigevann fra svenske deponier [18]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} antall anlegg

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 36,4 kg/år basert på medianverdien. Skadekostnaden for dette utslippet er ikke kjent.

5.8. Klorbenzener

Klorbenzener inkluderer i denne sammenhengen summen av triklorbenzener og heksaklorbenzen. Det er ingen generell prioritering av klorbenzener, men et spesielt fokus er satt på heksaklorbenzen (HCB) [7]. Sistnevnte ble brukt som fungicid, men dokumenteres i dag i form av et biprodukt i forbindelse med forbrenning av blant annet avfall [3, side 95]. Foreslått grense for farlig avfall for klorbenzener eksklusiv HCB i jord er satt til 2500 mg/kg TS [8]. For HCB er grenseverdien satt til 50 mg/kg TS som er tilsvarende PCB.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 38 analyser av klorbenzener i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Det er stort sett 1,2,4-triklorbenzen som kvantifiseres i de fleste sigevannsprøvene. Kun to prøver har dokumentert HCB. Den laveste rapporterte verdien er 0,005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 1,92 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien.

Tabell 16. Mobilisering av klorbenzener via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
38	0,005	1,92	0,02 ^I		MapGraph
11	0,1	14	0,5 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
2 ^{III}	0,1	10,4		5,25	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
22 ^{IV}	Id ^V	4,08	0,07	0,652	Sigevann fra svenske deponier [19]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst

^{III} det er kvantifisert klorbenzener i overvann fra to sorteringsanlegg (2 av 4). HCB utgjør 2 ng/l

^{IV} Antall prøvepunkter (HCB er ikke inkludert)

^V < LOQ

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for klorbenzener satt til 1 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 10 ug/l [14, side 38]. Beregningene er basert på den mest toksiske forbindelsen – pentaklorbenzen.

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,18 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2007 er anslått til 100 kg eksklusiv HCB [4, side 34]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 0,2 % av det nasjonale utslippet. Skadekostnaden for utslippet av klorbenzener i miljøet er ikke definert. Hvis vi antar at klorbenzenene kan sammenlignes med BFH er miljøkostnaden satt til 7000 kr/kg [13]. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av klorbenzener fra deponiene være 1260 kr/år. Utslipp av HCB derimot vil måtte følge kostnadene ved å slippe ut PCB, hvor kostnaden er satt til 700.000 kr/kg.

5.9. Ftalater (DEHP)

Ftalater er en gruppe kjemikalier som har hatt stor anvendelse i spesielt plastprodukter som myknere, i tillegg til i maling og i lim. Forbindelsene ble allerede introdusert på obs-listen i 2002 [3, side 34]. DEHP er også tatt med videre i prioriteringslista fra Klif [7, side 27]. Foreslått grense for farlig avfall for DEHP i jord er satt til 5000 mg/kg TS [8]. I og med at det er denne spesifikke forbindelsen som er målsatt, er det også denne forbindelsen som utredes videre.

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 7 prøver. Totalt er det gjennomført 39 analyser av DEHP i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,5 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 70 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien.

Tabell 17. Mobilisering av DEHP via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
39	0,5	70	5,2 ^I		MapGraph
15	0,1	250	6,0 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
4 ^{III}	5,9	47		16,7	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
20	Id ^{IV}	39		9,9	Sigevann fra svenske deponier [19]
3 ^V	2,3	10	5,3		Elver i Oslo [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst – inkluderer summen av DBP og DEHP

^{III} fire sorteringsanlegg

^{IV} < LOQ

^V Resultater fra tre elveprøver i Oslo

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for DEHP satt til 0,5 ug/l og grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 5 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 47,3 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2007 er anslått til 120 tonn [4, side 34]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 0,04 % av det nasjonale utslippet. Skadekostnaden for utslippet av DEHP i miljøet er satt til 70 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av DEHP fra deponiene være 3311 kr/år.

5.10. Tetrakloreten (PER)

Tetrakloreten er først og fremst et løsemiddel som benyttes til avfetting. Forbindelsen ble allerede introdusert på obs-listen i 2002 [3, side 105]. PER er også tatt med videre i prioriteringslista fra Klif [7, side 96]. Foreslått grense for farlig avfall for PER i jord er satt til 10 000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 32 analyser av PER i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 1 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Det er mange måleserier som er under kvantifiseringsgrense.

Tabell 18. Mobilisering av PER via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
32	0,05	1	0,1 ^I		MapGraph
9	0,1	18	0,15 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
1 ^{III}	Id ^{IV}				Overvann fra sorteringsanlegg [15]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst – inkluderer summen av klorerte løsemidler

^{III} fire sorteringsanlegg

^{IV} < LOQ

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for klorerte løsemidler satt til 18 ug/l (1.1.2 Trikloretan). Det er derfor valgt å bruke denne verdien også for PER. Grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til samme nivå 18 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,9 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2007 er anslått til 36 tonn [4, side 97]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 0,002 % av det nasjonale utslippet. Skadekostnaden for utslippet av PER i miljøet er satt til 70 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av PER fra deponiene være 63 kr/år.

5.11. Trikloretan (TRI)

Trikloretan er først og fremst et løsemiddel som benyttes som løsemiddel i forbindelse med avfetting og lim. Forbindelsen ble allerede introdusert på obs-listen i 2002 [3, side 109]. TRI er også tatt med videre i prioriteringslista fra Klif [7, side 107]. Foreslått grense for farlig avfall for TRI i jord er satt til 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 6 prøver. Totalt er det gjennomført 33 analyser av TRI i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,05 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 0,54 ug/l. I

mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien. Det er mange måleserier som er under kvantifiseringsgrense.

Tabell 19. Mobilisering av TRI via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
33	0,05	0,54	0,1 ^I		MapGraph
9	0,1	18	0,15 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
1 ^{III}				0,3	Overvann fra sorteringsanlegg [15]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst – inkluderer summen av klorerte løsemidler

^{III} ett sorteringsanlegg

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for klorerte løsemidler satt til 18 ug/l (1.1.2 Trikloretan). Det derfor valg å bruke denne verdien også for TRI. Grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til samme nivå 18 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,9 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann i 2007 er anslått til 36 tonn [4, side 97]. Det innebærer at utslippet fra norske deponier utgjør 0,002 % av det nasjonale utslippet. Skadeposten for utslippet av TRI i miljøet er satt til 70 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av TRI fra deponiene være 63 kr/år.

5.12. Tinnorganiske forbindelser

Tinnorganiske forbindelser inkluderer både TBT og TFT. Forbindelsene ble allerede introdusert på obs-listen i 2002 [3, side 106]. Forbindelsene er videre inkludert i prioriteringslista fra Klif [7, side 100]. Foreslått grense for farlig avfall for tinnorganisk oksid eller klorid er 1000 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 5 prøver. Totalt er det gjennomført 39 analyser av tinnorganiske forbindelser i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,0005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 420 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelveidien. Det er mange måleserier som er under kvantifiseringsgrense.

Tabell 20. Mobilisering av tinnorganiske forbindelser via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
39	0,0005	420	0,014 ^I		MapGraph
17	0,01	167	0,08 ^{II}		Sigevann 2005 [9]
4 ^{III}				0,4	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
7	< LOQ	0,02		0,001	Sigevann fra svenske deponier [19]
3 ^{IV}				0,03	Elver i Oslo - vinter 2004 [12]

^I Medianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{II} 50. pst – inkluderer summen av

^{III} fire sorteringsanlegg – inkluderer bare TBT

^{IV} antall elver

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for tinnorganiske forbindelser satt i forhold til deteksjonsgrensen som er 0,001 ug/l. Grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til 0,01 ug/l for tinnorganiske forbindelsene samlet, mens grensen for TBT er satt til 0,001 som er deteksjonsgrensen [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,13 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann er antatt å være redusert 100 % i fra 29 tonn i 1995 til 0 % i 2004 [4, side 100]. Skadepkostnaden for utslippet av tinnorganiske forbindelser i miljøet er satt til 7000 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av tinnorganiske forbindelser fra deponiene være 910 kr/år.

5.13. Pentabromdifenyleter (PBDE 99)

Kongeneren PBDE 99 er inkludert på obs-listen [3, side 91]. Forbindelsene er videre inkludert i prioriterings-lista fra Klif [7, side 20]. Foreslått grense for farlig avfall for PBDE 99 er 2500 mg/kg TS [8].

Antall analyser som foreligger fra de respektive anleggene varierer fra 1 til 9 prøver. Totalt er det gjennomført 41 analyser av PBDE 99 i fra de 22 deponiene/utslippspunktene. Den laveste rapporterte verdien er 0,0005 ug/l, mens den høyeste konsentrasjonen målt var 0,16 ug/l. I mange av målingene er det enkeltmålinger som trekker opp middelverdien. Det er mange måleserier som er under kvantifiseringsgrense.

Tabell 21. Mobilisering av PBDE 99 via ulike kilder (ug/l)

Antall	Min	Maks	Median	Snitt	Kilde
41	0,0005	0,16	0,009 ^I		MapGraph
2 ^{III}				0,204	Overvann fra sorteringsanlegg [15]
4	0,0017	7,0	0,013	1,1	Sigevann fra svenske deponier [19]

^IMedianverdien representerer median av snittet fra målingene ved de 22 anleggene

^{III}to sorteringsanlegg i anlegg nr 3 var nivået < LOQ = 0,001

I henhold til Weideborg et.al er PNEC for PBDE 99 satt i forhold til deteksjonsgrensen som er 0,5 ug/l. Grenseverdien for naturlig avrenning fra deponiet er satt til samme verdi - 0,5 ug/l [14, side 38].

Det totale utslippet fra deponiene i Norge er 0,08 kg/år basert på medianverdien. Industrielle utslipp til luft og vann er antatt å være tilnærmet 0 for PBDE 99 [4, side 21]. Totalt utslipp av BFH er antatt å være 2,4 tonn. Skadepkostnaden for utslippet av penta-PBDE i miljøet er satt til 7000 kr/kg. Basert på den totale årlige mengden sigevann vil kostnaden for utvasking av PBDE 99 fra deponiene være 560 kr/år.

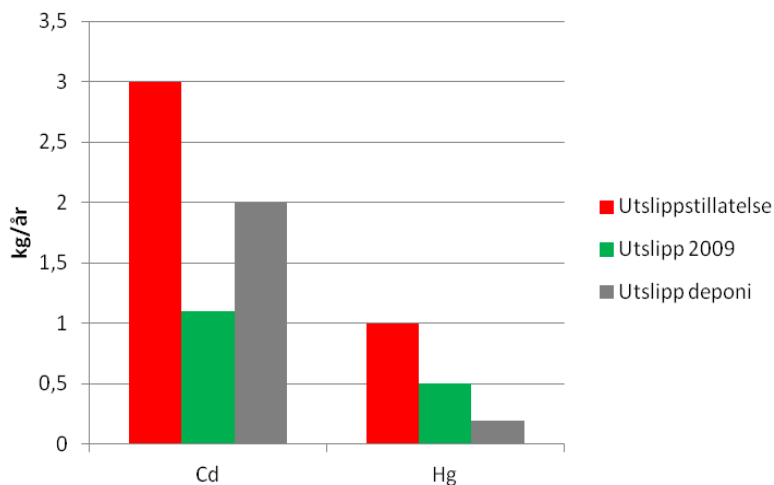
6. UTSLIPP FRA DEPONI VERSUS ANNEN INDUSTRIVIRKSOMHET

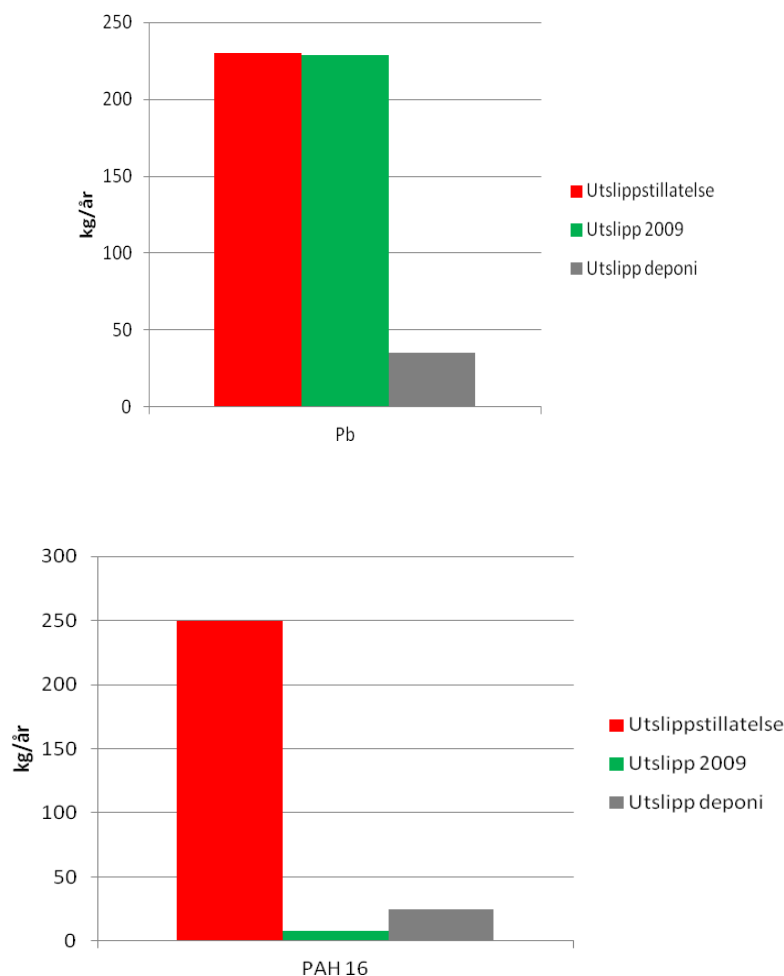
6.1. Deponier og industriutslipp

På samme måte som deponiene har en utslippstillatelse, har en rekke virksomheter tillatelse til å slippe ut et gitt nivå av miljøgifter. I motsetning til deponiene har industrien klare grenseverdier å forholde seg til. SFT har tidligere forsøkt å etablere grenseverdier for utslipp fra deponier uten å lykkes med dette [20].

Basert på publiserte utslippsdata på myndighetenes egen hjemmeside (www.norskeutslipp.no) og et utvalg miljørapporter, er det forsøkt å sette utslippene fra norske deponier i forhold til noen virksomheter. Det er tatt utgangspunkt i virksomheter som har sammenlignbare utslipp men også aktiviteter med høyere og lavere utslipp for å sette utlekking fra deponiene i et perspektiv. Utgangspunktet for beregning av totale mengder som mobiliseres via sigevann er beskrevet i avsnitt 6.2.

I årsrapport for helse, miljø og sikkerhet fra Eramet Titanium & Iron er både utslipp til sjø og utslippsgrensene i konsesjonen beskrevet [21]. I tillegg til utslipp til sjø har også virksomheten tillatelse til å slippe ut miljøgifter til luft. Sistnevnte er ikke tatt med i denne sammenligningen. Virksomheten produserer TiO₂-slagge og spesialråjern og ligger i Tyssedal. På neste side er utslipp av ulike miljøgifter sammenlignet med utslippstillatelsen, reelle utslipp fra anlegget og totalt fra norske deponier.





Figur 1. Utslipp fra metallindustri sammenlignet med utslipp fra norske deponier

Den tillatte utslippsmengden til sjø ligger svært mye høyere enn det som totalt lekker ut av norske ordinære deponier. Det lekker mer Cd ut fra deponiene enn det som ble registret ut av Eramet Titanium & Iron i 2009. Det var også større belastning av PAH i fra deponiene. Derimot lå mengden utslipp for Hg og Pb over lekkasjen fra deponiene.

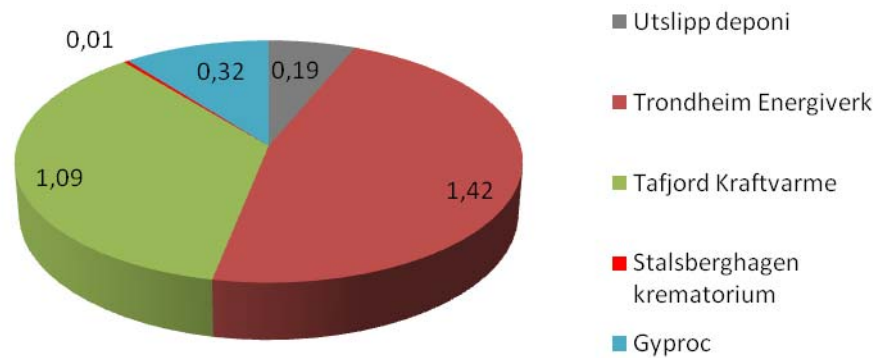
Farlig avfallsdeponiet på Langøya har en utlekking av utvalgte miljøgifter som er illustrert i Tabell 22. Mobilisering fra de ordinære deponiene ligger en faktor 2 høyere når det gjelder utlekking av Cd. Det er også vesentlig høyere utlekking av PAH og tinnorganiske miljøgifter i sigevannet fra ordinære deponier.

Tabell 22. Totalutslipp fra deponier sammenlignet med farlig avfallsdeponi (kg/år)

Parameter	Utslipp fra deponi	NOAH langøya
Cd	2	0,96
PAH 16	25	0,9
Tinnorganiske forbindelser	0,13	0,01

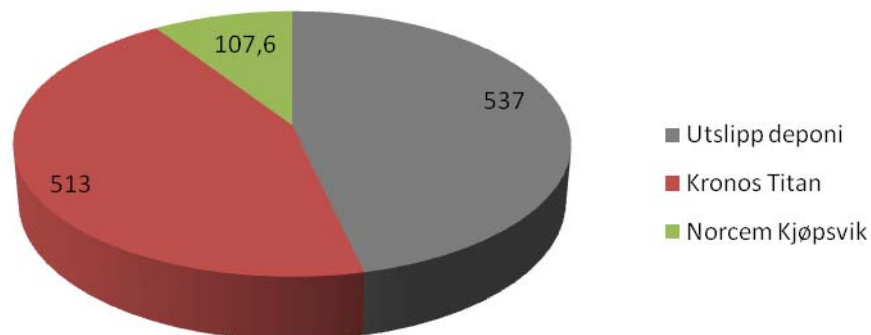
Mobilisering av Hg er illustrert i Figur 2. Nivået som lekker fra deponiene er sammenlignet med et utvalg forbrenningsanlegg og en produksjonsbedrift med utslippstillatelse. Forurensningsnivået fra avfallsforbrenning er vesentlig høyere enn mengden som lekker fra

deponiene. Det er også interessant å observere mengden Hg som slipper ut fra et anlegg som produserer gipsbaserte byggevarer (Gyproc). Dette kan være et argument for å gjenvinne gips fra BA-avfallet. Utslippet fra et krematorium ligger 20 x lavere enn utslippene fra deponiene.



Figur 2. Utslipp av Hg fra ulike industriaktiviteter (kg/år)

Utlekking av Cr er en problemstilling i sigevann. Mengden Cr som deponiene i Norge belaster miljøet med tilsvarer den årlige utslippsmengden fra Kronos Titan. Utslippet fra Norcem i Kjøpsvik er en faktor 5 lavere (se Figur 3). En vurdering av deponienes totale bidrag vurdert mot de totale utslippene i Norge er illustrert i Tabell 23.



Figur 3. Utslipp av Cr fra ulike industriaktiviteter (kg/år)

Klorerte løsemidler er flyktige miljøgifter og kan derfor forventes å lekke ut av deponiene både via deponigassen og i sigevannet. Estimert mengde trikloreten ut av deponiene er 0,9 kg/år via sigevann. Dette er også et løsemiddel som er mye brukt i metallbearbeidende

industri og i kjemisk vask. I 2010 hadde Mustad og Sønn et utslipp til luft på 1380 kg. Det vil si 1500 x mer enn det deponiene slipper ut.

6.2. Miljøkostnader – oppsummering

Beregning av miljøkostnadene er oppsummert i tabellen nedenfor. Resultatene er basert på årlig mengde sigevann på 9,1 mill m³ [5]. I databasen MapGraph er det oppgitt aritmetiske middelværdier for en måleserie fra et definert utslipp. Medianverdien for de 22 snittmålingene er antatt å være representativt for utvasking av en definert miljøgift fra et norsk deponi. Kostnaden for et utslipp er hentet fra arbeidet til Sweco som ble gjennomført på oppdrag fra Klif i 2010 [13].

Basert på beregningene satt opp i Tabell 23 er den totale miljøkostnaden for utslipp av de respektive miljøgiftene 70.000 kr/år fra deponiene i Norge. Det er viktig å være klar over at ikke alle miljøgiftene er prissatt. Det er derfor sannsynlig at kostnaden er høyere.

Tabell 23. Miljøkostnader ved utslipp av miljøgifter fra deponier i Norge

Parameter	Utslipp deponi kg/år	Skadepkostnad kr/år	% andel norske utslipp
Zn	1065	3189	Id ¹
Cu	373	1116	Id
Pb	35	245	0,0002
Cd	2	1400	0,3
Ni	287	1435	Id
Cr	537	37590	0,9
As	103	2060	0,2
Hg	0,19	65	0,02
PAH 16	25	1750	0,01
BTEX	137	Id	1,7
THC	3384	Id	Id
Bisfenol A	441	Id	Id
HBCDD	0,05	35	10
Alkylfenoler og etoksilater	21	14770	1
Fenoksysyrer	36	Id	Id
Klorbenzener	0,18	1260	0,2
DEHP	47	3311	0,04
Tetrakloreten	0,9	63	0,002
Triklloreten	0,9	63	0,002
Tinnorganiske forbindelser	0,13	910	Id
PBDE 99	0,08	560	Id

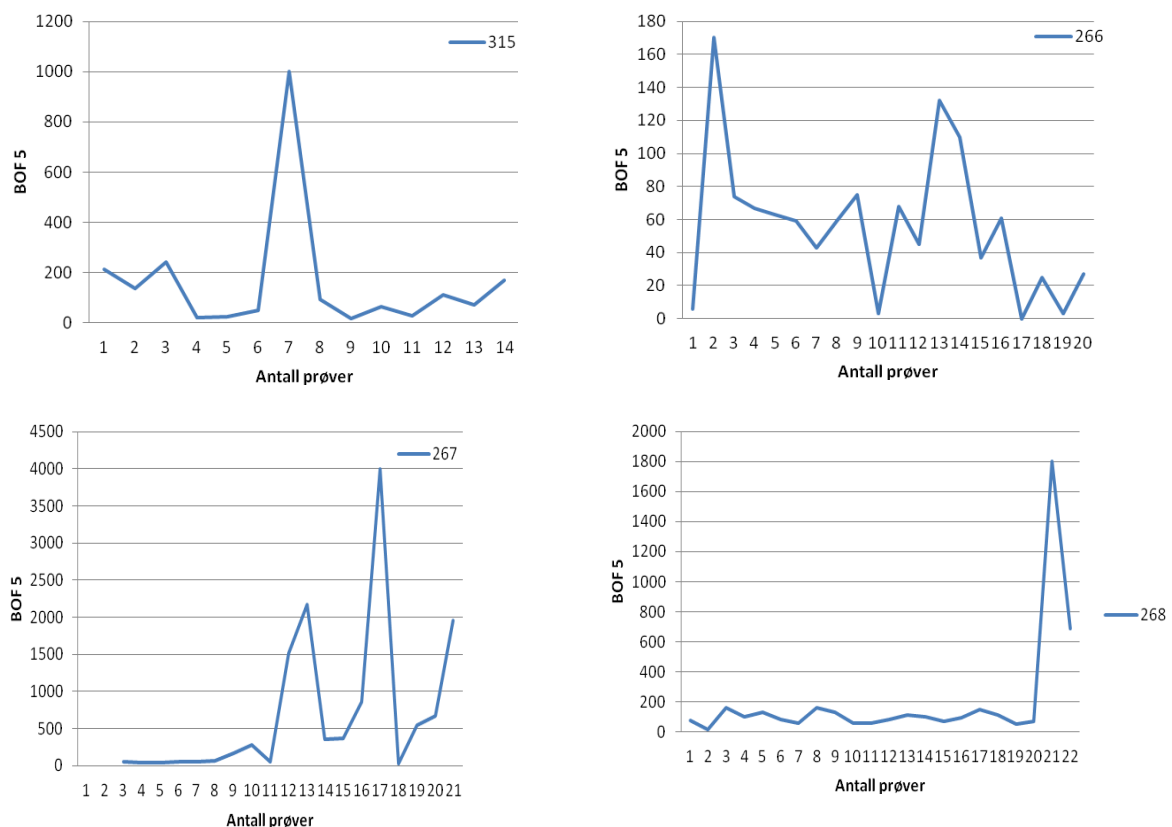
¹ Ikke definert

7. ALTERNATIVE RENSELØSNINGER

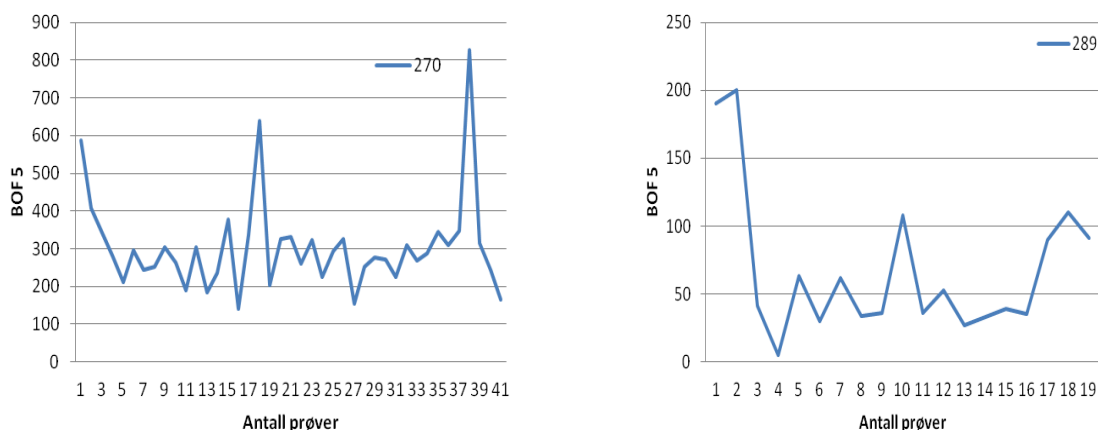
7.1. Utvikling i sigevannets sammensetning

I en tidligere utredning ble ulike løsninger som var i drift før 2005 vurdert ut i fra renseeffekt og kostnader [22]. Arbeidet hadde stort fokus på lokale resipientproblemer. De løsningene som var i drift var i hovedsak basert på biologiske metoder med en form for sedimentering i etterkant. Det ble i dette arbeidet påpekt behovet for å se på andre løsninger enn biologiske løsninger designet for håndtering av lett nedbrytbart organisk materiale. Behovet for å redusere utslipp av toksiske forbindelser via bruk av filtersystemer og/eller oksidasjonsmidler ble antydnet som et viktig element.

Graden av behov for rensing med hensyn på nedbrytbart organisk materiale i sigevannet vil avhenge av hvor mye nedbrytbart organisk materiale som deponeres. Det såkalte forbudet mot å deponere organisk materiale ble introdusert i juli 2009. Dokumentasjonen er knyttet til TOC med en øvre grense på 10 %. Foruten dette, er kloakk slam og en del andre fraksjoner som kan inneholde mer organisk materiale, unntatt dette kravet. Selv om restavfall med matavfall og annet lett nedbrytbart organisk materiale er deponert frem til 2009, burde man ha observert en reduksjon i konsentrasjonen av BOF etter minst 10 år med kildesortering. Utvikling i mengde BOF i seks av anleggene er presentert nedenfor. Resultatene er representative for perioden 2005 til og med 2010.

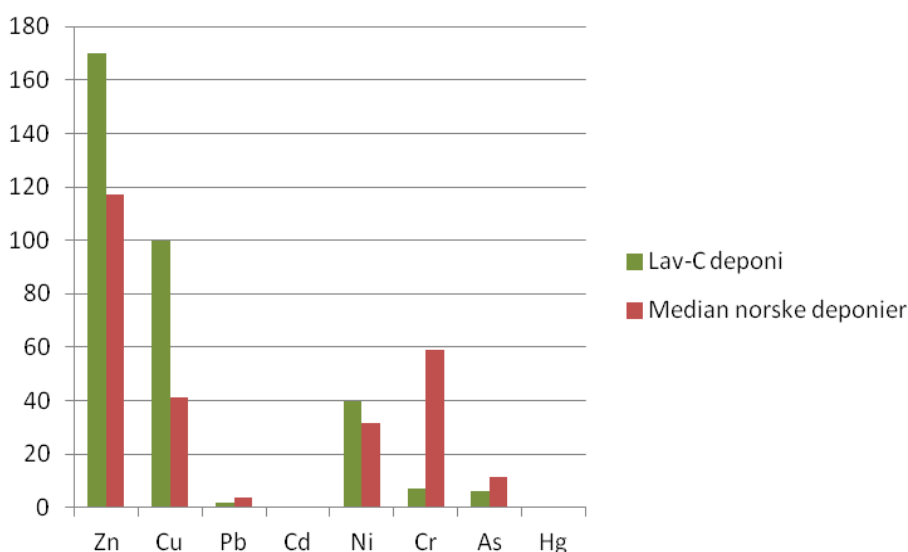


Figur 4. Utslipp av organisk stoff i perioden 2005 til 2010 (BOF5 O₂/l)



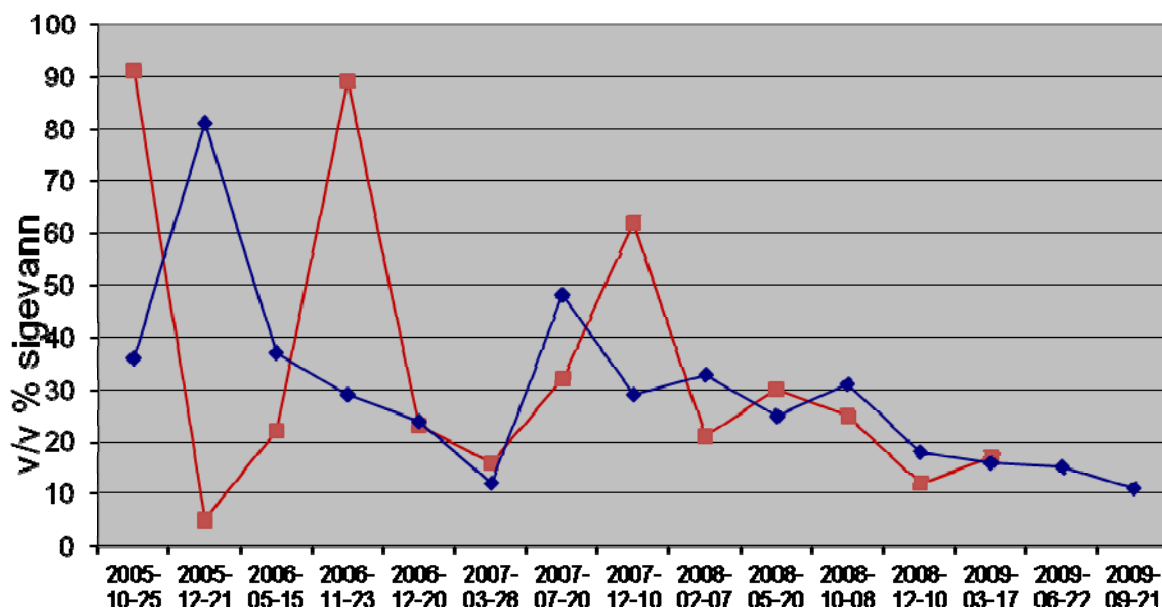
Figur 5. Utslipp av organisk stoff i perioden 2005 til 2010 (BOF₅ mg O₂/l)

Det er store variasjoner i konsentrasjonene, men for de fleste utslippene er konsentrasjonen av BOF₅ under 200 mg O₂/l i hele perioden. Mediannivået som ble publisert i rapporten fra Jordforsk var 171 mg O₂/l [9]. Dette nivået representerte målinger i perioden 2003 og 2004, mens materialet samlet i DISIG basen inkluderte langt flere målinger over en lengre periode. Ut i fra den databasen rapporterte man 138 mg O₂/l som medianverdi [9, side 14]. Dette kan innebære at en forventet utvikling mot lavere konsentrasjoner av organisk stoff tilgjengelig i sigevannet er en utvikling som krever en lengre tidshorison. Konsekvensen vil i så fall være at anlegg basert på biologisk behandling fortsatt vil være et alternativ. I henhold til Modin er det gjort antagelser rundt utvasking av tungmetaller med høyere grad av mobilitet med mindre deponert organisk materiale [23]. I Figur 6 er konsentrasjon av tungmetaller fra lav C-deponi sammenlignet med konsentrasjonen i sigevann fra ordinære deponier i Norge. Det som først og fremst peker seg ut er konsentrasjonen av krom i sigevannet fra de tradisjonelle deponiene. Utvasking av Zn, Ni og Cu er derimot høyere fra deponier som inneholder mindre mengder med karbon.



Figur 6. Utvasking av tungmetaller fra ordinære deponier versus lav C deponi (ug/l)

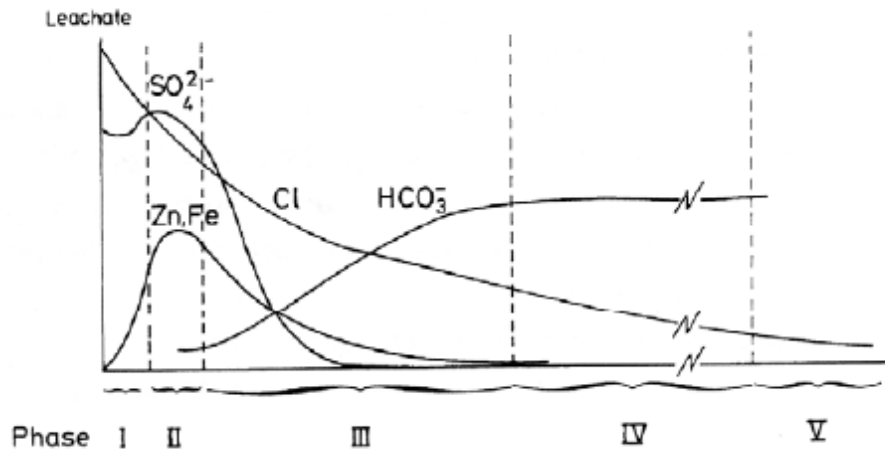
Utvikling i toksisitet målt som microtox er illustrert i sigevannet fra to anlegg. Det er interessant å merke seg en tendens i retning av økt toksisitet. Dette kan ha flere årsaker. Det kan bety at deponiet i større grad lekker miljøgifter enn tidligere. Utbedring av anleggene kan ha medført at man har fått bedre kontroll med fremmedvann inn i deponiene slik at den effekten man observerer i Figur 7 er relatert til et mer konsentrert sigevann. Det er også verdt å merke seg at variasjonen i resultatene avtar over tid.



Figur 7. Utvikling i toksisitet i sigevann fra to deponier som funksjon av tiden

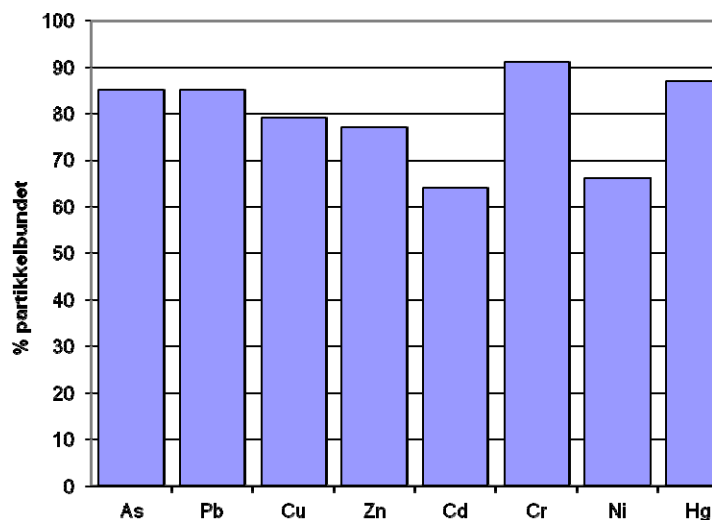
Det er gjennomført studier på oppdrag for Avfall Sverige vedrørende antatt utvikling i sigevann etter utfasing av organisk materiale. En av målsetningene i dette arbeidet var å bidra til en forståelse om valg av renseteknikk basert på de endringene som kan observeres allerede, og hva som kan forventes [23]. Modin har i sin studie vurdert et deponi som kun har tatt i mot avfall som har en TOC mindre eller lik 10 %, og uten noen form for dispensasjon fra dette kravet (se Figur 6). BOF_7 nivået i dette sigevannet var om lag 6 mg O_2/l . Det vil si en faktor 20 til 30 ganger lavere enn det som er observert i de eksempelanleggene som er med i denne rapporten.

Redoksforholdene i et deponi er i stor grad styrt av biologisk nedbrytning av organisk stoff og etterfølgende brist på oksygen i avfallet. I et slikt miljø vil SO_4^{2-} reduseres til S^{2-} som i neste omgang danner tungløselige metallsulfider. Dette vil naturlig nok redusere utvasking av tungmetaller. Situasjonen er illustrert i figuren nedenfor (se Figur 8). Når deponiet går inn i den anaerobe fasen reduseres konsentrasjonen av tungmetaller i sammenheng med redusert utvasking av SO_4^{2-} .



Figur 8. Utvasking av uorganiske ioner i sigevann som funksjon av tiden [24]

Valg av behandlingsløsning vil i stor grad være avhengig av på hvilken form de respektive miljøgifter foreligger. Hydrofobe forbindelser vil knyttes opp mot partikler som inneholder en betydelig andel organisk karbon [25, side 250]. Graden av ladning på partikler vil også påvirke sorpsjon av tungmetaller på partikler. pH i seg selv er også en viktig parameter. Uavhengig av de biologiske prosessene vil et surt miljø øke utvasking av tungmetaller. Både i et kjemisk basert behandlingsanlegg og i forbindelse med omvendt osmose vil pH være en variabel som må/bør endres for å oppnå en optimal renseeffekt. Sigevannets alkalitet vil her ha avgjørende betydning for bruken av kjemikalier. I sitt arbeid med å kartlegge transport av miljøgifter via overvann og elver til Oslo indre havn, ble graden av partikkelbinding beregnet (se Figur 9). Basert på disse resultatene vil en effektiv partikkel-separasjon kunne medføre at minst 60 % av tungmetallene skulle kunne fjernes.



Figur 9. Graden av tungmetaller bundet til partikler [12]

Et deponi som inneholder små mengder med organisk materiale kan med fordel holdes så tørt som mulig i og med at vann ikke er nødvendig for å drive en biologisk omsetning. En

reduksjon i sigevannsmengden er fordelaktig ved etablering av lokale renseanlegg. Dette vil naturlig nok medføre at behandlingskostnaden går ned.

7.2. Lokale renseløsninger

Dette arbeidet har i henhold til prosjektbeskrivelsen ikke hatt fokus på næringsemner som representerer et lokalt resipientproblem. Innholdet av næringsemner er imidlertid sentralt i forbindelse med valg eller bortvalg av biologiske behandlingsmetoder. Basert på de betraktningene som er utlagt i avsnitt 7.1, er det liten endring å observere i utvasking av organisk stoff etter utsortering av matavfall. Selv om det over tid må forventes at denne konsentrasjonen går ned har også biologien en rolle i avgiftning og reduksjon i NH_4^+ via nitrifikasjon [26]. Ammonium er også toksisk for en rekke organismer.

Det er imidlertid mulig å anta at bidraget til NH_4^+ er proteiner. Ettersom mengden matavfall som er igjen i restavfallet forsvinner i forbrenningsanleggene, vil også behovet for å fjerne nitrogen bli mindre. Junestedt et. al konkluderer med at et luftebasseng med minimumskapasitet hvor rester av organisk stoff og nitrogen oksideres til nitrat. Dette kan effektiviseres i en type ”moving bed” teknikk hvor bioslammet adsorberes på en fritt bevegelig matrix. På denne måten kan man oppnå et meget effektivt areal/volum forhold.

Det må forventes en økning i deponering av ulike typer aske. Deponering av aske kan være med på å bidra til å opprettholde det høye saltinnholdet i sigevann. Årsaken til saltinnholdet skyldes i hovedsak NaCl. Høyt saltinnhold vil kunne belaste avanserte rensinstallasjoner som omvendt osmose (RO). Et alternativ til å fjerne/reducere innholdet av salter i avanserte filtreringsanlegg, kan være å sende sigevannet igjennom et våtmarks filter. I filteret vil man oppnå en fortykning samtidig som fosfor og nitrogen omsettes i tillegg til at hydrofobe stoffer kan retarderes. Et bilde fra et våtmarksfilter i kombinasjon med luftet dam i drift ved Sysab AS i Trelleborg er vist i Figur 10. En viktig side for optimal drift ved denne type anlegg er å fortynne sigevannet før det behandles i våtmarksdelen. Dette for å unngå toksiske effekter på floraen i anlegget. På en annen side vil vegetasjonen kunne adsorbere miljøgifter og dermed være en del av selve renseanlegget.



Figur 10. Sivbed med luftet dam (foto BB)

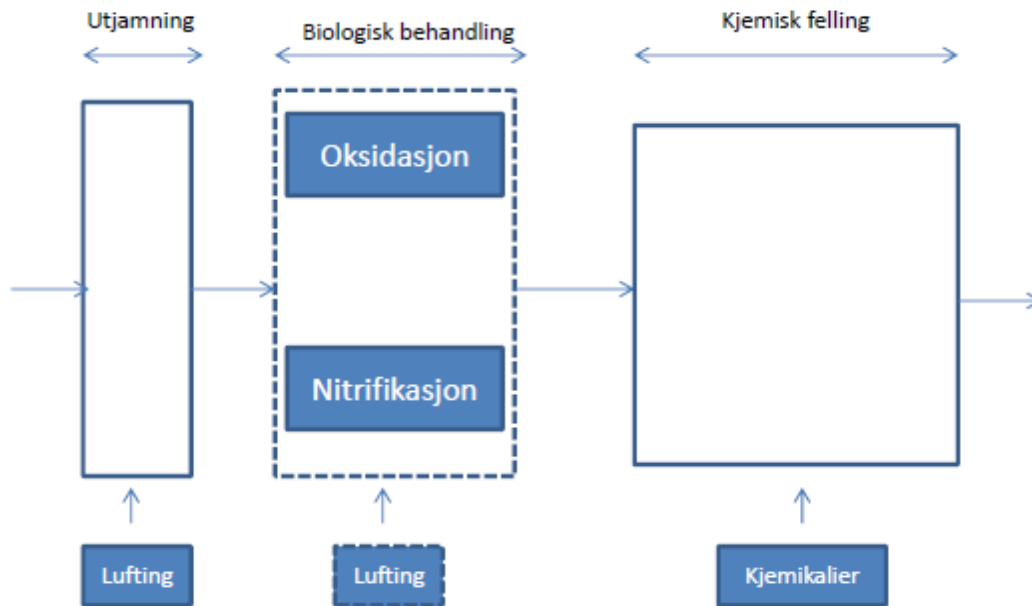
Med en antagelse om en økning i utslippet av tungmetaller og miljøgifter, vil kjemisk felling eller en form for filtrering kunne være aktuell. Kjemisk felling er diskutert tidligere og en ikke helt klar konklusjon med hensyn på fjerning av KOF kunne trekkes ut av de prøvene som var tatt den gang. Det ble imidlertid antydnet en mulig sammenheng med forbedret renseeffekt [22]. I studiet med sivevann fra lav-C deponier har fellingsforsøk vist at man blant annet ikke oppnådde tilfredsstillende fjerning av Cu og Ni [23].

Alternativet til bruk av kjemikalier kan være og fysisk filtrere sivevannet. Dess mindre lysåpning og dess høyere trykk jo bedre blir renseeffekten. Dette kan være enkle anlegg med lav teknisk risiko, mens RO-anlegg er et ekstremeksempel i så måte hvor filtrering foregår på molekylnivå og kostnader deretter. Filtrene som benyttes kan også inneholde aktive seter som bidrar til å retardere miljøgifter på grunn av intermolekylære bindinger. Aktivt kull og jernholdig metallspen kan være eksempler på sistnevnte. I en studie med tre forskjellige filtreringsmaterialer viste aktivt kull å være det mest effektive. Kation interaksjon med basiske seter på kullmaterialet er antatt å være retardasjonsmekanismen. Ulempen med materialet er kostnadene og mulig lekkasje av As. Mobilisering av Hg kan også være et problem. Bein- mel viste også å være et materiale som retarderte Cr på en effektiv måte. Ulempen med bein- mel var utlekking av organisk materiale og næringsstoffer. Metallspen vil medføre utfelling av tungmetaller på grunn av oksidasjon av Fe, men filteret bidro med betydelige nivåer av Cd og Mo ut av behandlingsanlegget [27]. En lokal studie med et filter bestående av dekk-klipp har også vist et bidrag av tungmetaller fra selve filteret. Blant annet økte utslippet av Zn og Cu i effluenten [28].

RO-anlegg hører til gruppen filtreringsanlegg med svært høy renseeffekt med dertil hørende kostnader. Det ble i 2005, basert på erfaring fra Esval, estimert en behandlingskostnad på 23 kr/m³ sivevann [22]. I dette kostnadsbildet var ikke kostnadene for håndtering av filtratet inkludert. Modin et.al har antydnet en kostnad på mellom 200 og 250 SEK/m³ på grunn av utfordringen med håndtering av filtratet i anlegg i Tyskland.

Junestedt et.al har i sitt arbeid antydnet en mulig løsning for behandling av sivevann som genereres i moderne deponier hvor lav karbon er deponert eller hvor deponiet er gammelt.

Anlegget baserer seg på en kombinasjon av biologisk behandling og kjemisk felling i serie [26]. Et flytdiagram som illustrerer anlegget er vist nedenfor.



Figur 11. Morgendagens sivevannsbehandling?

På grunn av varierende mengder med sivevann over året, bør man ha et utjammingsbasseng for å kontrollere belastningen på de etterfølgende trinnene. For å oppnå en forluftningseffekt og å hindre utfelling i dette bassenget, bør man tilsette luft i dette trinnet. Kapasiteten på det etterfølgende biologiske trinnet er vurdert å kunne være begrenset, men at det fortsatt vil være behov for å oksidere organisk stoff og omsette nitrogen til nitrat. Basert på erfaring med lav-C deponi mener Junestedt et.al at det kjemiske fellingstrinnet bør bli standard. Det er antydnet felling enten med hydroksider eller faktisk også sulfider. Dette på tross av at man ikke har klart å nå de målsatte kravene for utslipp av Ni. Bruk av organisk sulfid alene har en estimert kostnad på 76 SEK/m³, mens bruk av NaOH i kombinasjon med jernsalter og organisk sulfid har en behandlingkostnad på under 20 SEK/m³ [26].

7.3. Kostnader versus miljønytte ved rensing av sivevann

Tar vi utgangspunkt i den antatte kostnaden for behandling av et såkalt "moderne" sivevann på 20 kr/m³, vil den årlige kostnaden for å behandle sivevann i Norge beløpe seg til 182 mill kr. Sett i forhold til miljøkostnaden som er estimert 70.000 kr/år er det mye som tyder på at det vil være mer fornuftig å investere i rens tiltak i andre virksomheter enn å bruke mye ressurser på sivevann fra ordinære deponier. Det skal en betydelig usikkerhet til for å fylle gapet mellom skadekostnad og behandlingkostnad. Det er i denne sammenhengen ikke vurdert kvaliteten på renseteknikken og om den kan møte forslagene til grenseverdier [14].

8. REFERANSE

- 1 SFT, "Veileder om overvåkning av sigevann fra avfallsdeponier", TA-2077 (2005)
- 2 Miljøverndepartementet., "Miljøvernpolitikk for en bærekraftig utvikling", St. melding nr 58, (1996-1997)
- 3 SFT, "helse og miljøfarlige stoffer man skal være spesielt oppmerksom på", Obs-listen, 1910, (2002).
- 4 NOU, "Et Norge uten miljøgifter - hvordan utslipp av miljøgifter som utgjør en trussel mot helse eller miljø kan stanses", Norges offentlige utredninger, 2010:9 (2010)
- 5 B. E. Berg, "Organiske miljøgifter i kretsløpet - spredning via sigevann", Rapport Avfallnorge/NORVAR (2007)
- 6 R. T. Ottesen, J. Alexander, T. Joranger, E. Rytter, M. Andersson, "Forslag til tilstandsklasser for jord", NGU Rapport 2007.019, 15. des. (2007)
- 7 Klif, "Prioriterte miljøgifter i 2007- status og utslippsprognoser", TA 2571 (2010)
- 8 SFT, "Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn - veileder", TA 2553 (2009)
- 9 Carl Einar Amundsen, Petter Snilsberg, Stein Turtumøygard og Hege Stubberud, "Sammenstilling av resultater fra screening-analyser av sigevann fra avfallsfyllinger", TA 2075/2005
- 10 L. D. Blytt, M. Rawcliffe, "Veiledning for å tolke og bruke analyseresultater av miljøgifter i avløpsvann", Aquateam, 9. juli (2010)
- 11 B. E. Berg, O. Bergersen, K. E. Ødegård, "Utslipp fra komposteringsanlegg", SINTEF rapport, STF80 A04116, (2005)
- 12 M. Weideborg, R. Storhaug, L. B. Henninge, "Kartlegging av tilførsler av miljøgifter fra elever og overvann til Oslo indre havn", Aquateam, 31. jan. (2006)
- 13 K. Magnussen, S. Navrud, "Skadekostnader ved utslipp av miljøgifter", Sweco Rapport nr. 143951-01, 17. juni (2010)
- 14 M. Weideborg, K. O. Furuseth, "Miljøgifter i sigevann – en gjennomgang av dagens situasjon på deponiene, og anbefalinger ved vurdering av miljøgifter i sigevann", Rapport Hjellnes Cowi/Aquateam, Juli (2006)
- 15 C. Junestedt, M. Ek, P. Solyom, A. Palm, C. Øman, O. Cerne, "Karakterisering av utsläpp- Jämföreke av olika utsläpp till vatten", IVL Rapport, B 1544, November (2003)
- 16 Klif, "Norske utslipp", www.norskeutslipp.no
- 17 E. Fjeld, M. Schlabach, J. A. Berge, N. Green, T. Eggen, P. Snilsberg, C. Vogelsang, S. Rognerud, G. Kjelsberg, E. K. Enge, C. A. Dye, H. Gundersen, "Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perflouralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol," TA-2096 (2005)
- 18 N. Tørnema, M. van Praagh, M. Johansson, L. Karlsson, L. I. Frendberg, E. Heander, A. Johansson, "Organiska riskemnen i lakvatten – en litteraturgjennomgang och problembedömning", Rapport Sweco, sept. (2009)
- 19 C. Øman, C. Junestedt, "Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds", Waste Man., 28 (2008) 1876
- 20 SFT, "Retningslinjer for å stille krav til utslipp av miljøgifter i sigevann fra deponier", utkast (2007)
- 21 Eramet Titanium & Iron, "Årsrapport 2009 – helse, miljø og sikkerhet", Miljørapport 2009
- 22 B. E. Berg, "Lokal rensing av sigevann fra deponi – erfaringssammenstilling", NRF Rapport, 4/2005 (2005)
- 23 H. Modin, Kvalitet i nya deponiers lakvatten – eksemplet Fläskebo", Avfall Sverige Rapport D2009:03, (2009)

-
- 24 K. -U. Heyer, R. Stegmann, Leachate management: leachate generation, collection, treatment and costs, Intern publikasjon
- 25 A. Helweg (ed), "Kemiske stoffer i miljøet", Gads Forlag, København (2000)
- 26 C. Junestedt, M. Ek, Å. Stenmark, "Nya lakvatten – kemisk sammensättning och lämplig behandling", IVL Rapport B1834 (2009)
- 27 H. Modin, K. M. Persson, A. Andersson, M. van Praagh, "Removal of metals from landfill leachate by sorption to activated carbon, bone meal and iron fines", J. Hazardous Mat. In press (2011)
- 28 B. Berg, "Interne resultater", (2010)