

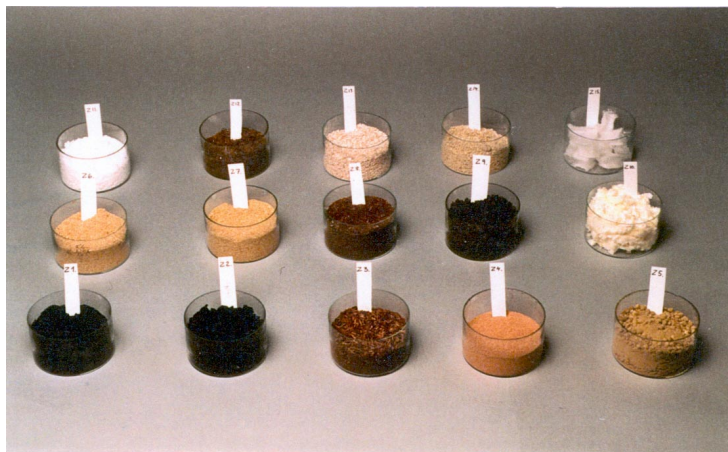


rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Sorbenter för olje- och kemikaliespill

Utveckling av en bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, användning och omhändertagande



Jonas Fejes Erik Lindblom

B1525

Februari 2003



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary Projekttitel/Project title Sorbenter för olje- och kemikaliespill Utveckling av en bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, användning och omhändertagande Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor Räddningsverket, Kustbevakningen, Naturvårdsverket, enskilda företag
Adress/address Box 21060 100 31 Stockholm	
Telefonnr/Telephone 08-08-598 563 00	
Rapportförfattare/author Jonas Fejes och Erik Lindblom	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report Sorbenter för olje- och kemikaliespill. Utveckling av en bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, användning och omhändertagande	
Sammanfattning/Summary <p>Detta samfinansierade forskningsprojekt har tagit fram en bedömningsmetodik som miljömässigt och arbetsmiljömässigt värderar sorbenter och dess handhavande vid sanering av i första hand petroleumprodukter och i andra hand kemikaliespill.</p> <p>Forskningsprojektets långsiktiga inriktning har varit att minska framtida miljöpåverkan vid sanering av olje- och kemikaliespill, reducera kostnader för bortskaffning/ omhändertagande, värdera nya typer av sorbenter och saneringsmetoder samt att öka kunskapen hos tillverkare/återförsäljare, miljöhandläggare, användare och avfallstekniker.</p> <p>Målet har varit att bedömningsmetodiken skall kunna användas minst 10 år framåt.</p> <p>Projektet har genomförts i nära samarbete med 15 tillverkare/återförsäljare, Räddningsverket, Naturvårdsverket, Kommunförbundet, användare samt IVL:s avfallstekniker och miljöforskare inom specialområdena ekotoxikologi, avfallshantering, livscykelanalyser (LCA) och arbetsmiljö.</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords Sorbent, sorptionsmedel, oljespill, kemikaliespill, bedömningsmetodik, miljöeffekter.	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report B1525	
Beställningsadress för rapporten/Ordering address Rapporten beställs från IVL, Box 210 60, 100 31 Stockholm, fax 08-598 563 90, e-post publicationservice@ivl.se eller via www.ivl.se	

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Bakgrund.....	3
1.1 Projektets syfte.....	3
1.2 Projektets målsättning.....	3
1.3 Projektets långsiktiga inriktning.....	4
2 Deltagare i projektet.....	4
2.1 Projektorganisation.....	4
3 Resultat från delprojekten.....	5
3.1 Rapport 1: Lakningsmetodik för sorbenter.....	7
3.2 Rapport 2: Jämförelse mellan toxicitet av fryst och ofryst lakvatten från oanvänd sorbent.....	9
3.3 Rapport 3: Utvärdering av screentester för akvatisk toxicitet för tillämpning på sorbenter för olje- och kemikaliespill.....	9
3.4 Rapport 4: Sorbenter för olje- och kemikaliespill. Test av sorptionskapacitet hos några av marknadens produkter.....	10
3.5 Rapport 5: Prövning av ekotoxikologiska testmetoder vid värdering av miljöpåverkan av sorbenter för olje- och kemikaliespill. IVL Rapport B 1371.....	11
3.6 Rapport 6: Översikt av sorbenters funktion, användning och spridningsmetoder.....	11
3.7 Rapport 7: Förorenade sorbenters miljöpåverkan.....	12
3.8 Rapport 8: Sorbenter. Arbetsmiljödel.....	12
3.9 Rapport 9: Principalkomponentanalys av ekotoxikologiska testmetoder på sorbenter för olje- och kemikaliespill.....	13
3.10 Rapport 10: Sorbenter för olje- och kemikaliespill. En marknadsöversikt IVL Rapport B1327.....	13
3.11 Rapport 11: Avfall: klassificering, behandlingsmöjligheter, m.m. av sorbenter.....	14
3.12 Rapport 12: LCA-baserad miljöbedömning av sorbenter.....	15
4 Förslag till Miljöbedömningsmetodik för sorbenter.....	16
4.1 Bedömning tillverkning och transport.....	16
4.2 Bedömning av sorbenters giftighet.....	16
4.3 Bedömning av sorptionskapacitet.....	17
4.4 Bedömning av arbetsmiljö.....	17
4.5 Bedömning av kvittblivning.....	17
4.6 Sammanfattande miljöbedömning av sorbenten.....	18

Bilaga: Bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, lagring, transport,

Sammanfattning

Detta samfinansierade forskningsprojekt har tagit fram en bedömningsmetodik som miljömässigt och arbetsmiljömässigt värderar sorbenter och dess handhavande vid sanering av i första hand petroleumprodukter och i andra hand kemikaliespill.

Forskningsprojektets långsiktiga inriktning har varit att minska framtida miljöpåverkan vid sanering av olje- och kemikaliespill, reducera kostnader för bortskaffning/omhändertagande, värdera nya typer av sorbenter och saneringsmetoder samt att öka kunskapen hos tillverkare/återförsäljare, miljöhandläggare, användare och avfallstekniker.

Målet har varit att bedömningsmetodiken skall kunna användas minst 10 år framåt.

Projektet har genomförts i nära samarbete med 15 tillverkare/återförsäljare, Räddningsverket, Naturvårdsverket, Kommunförbundet, användare samt IVL:s avfallstekniker och miljöforskare inom specialområdena ekotoxikologi, avfallshantering, livscykelanalyser (LCA) och arbetsmiljö.

1 Bakgrund

Sanering av olje- och kemikaliespill sker med olika typer av saneringsmetoder. En vanligt förekommande metod är att använda ett sorberande material för att "suga" upp föroeningen med efterföljande manuell eller maskinell upptagning av den förorenade sorbenten. De förorenade sorbenterna transporteras sedan till destruktionsanläggning eller till avfallsupplag beroende på om sorbenterna klassificeras som farligt avfall eller ej. Destruering av farligt avfall är en dyr process. Vid större oljepåslag kan mängden förorenade sorbenter bli stora. En annan metod kan vara att låta sorbenten ligga kvar i naturen för nedbrytning tillsammans med föroeningen.

Företag och organisationer blir allt mer miljöanpassade. Bl a införs miljöledningssystem som ISO 14000 och EMAS. Detta innebär att produkter och handhavande måste värderas ur ett miljöperspektiv, där målsättningen är att minska miljöpåverkan och på så sätt uppnå en miljömässigt hållbar produktion. Sanering och omhändertagande av olje- och kemikaliespill måste därmed också styras upp mot minskad miljöpåverkan.

Kunskapen om hur användning och omhändertagande av sorbenter för olje- och kemikaliespill påverkar miljön är inom vissa områden begränsad, inom andra än mer fragmentarisk. Detta innebär att stora mängder förorenade sorbenter klassas som farligt avfall för att vara på den "säkra sidan". Detta innebär också stora kostnader för användarna, destruenterna och samhället. En miljöinriktad bedömningsmetodik för användning och omhändertagande av förorenade sorbenter kan därmed ge en minskad miljöpåverkan och användarna en lägre kostnad för saneringen.

1.1 Projektets syfte

Syftet med projektet är att utveckla en bedömningsmetodik som på ett miljömässigt och arbetsmiljömässigt sätt värderar sorbenter och dess handhavande vid sanering av i första hand petroleumprodukter och i andra hand kemikaliespill.

Metodiken är tänkt att användas för att värdera befintliga och nya typer av sorbenter och metoder som erbjuds på marknaden.

1.2 Projektets målsättning

Målsättningen med detta samfinansierade projekt är att skapa en brygga mellan grundvetenskaplig forskning, tillämpad forskning och användarnas reella problemsituation vad gäller miljömässig framtagning, lagring, transport, applicering, bortskaffning och destruering av sorbenter.

Projektet är uppdelat i fem delprojekt med följande mål:

- A. Att ta fram kriterier och metoder för att bedöma miljöpåverkan vid tillverkning av sorbenter.
- B. Att ta fram kriterier och metoder för att bedöma huruvida olika typer av saneringsmetoder är miljömässiga, både med tanke på arbetsmiljö och yttre miljö. Studie görs även på sorbenters effektivitet och nytta.
- C. Att ta fram kriterier och metoder för att bedöma förorenade sorbenters miljöpåverkan i förhållande till dess effektivitet.
- D. Att ta fram kriterier och metoder för att bedöma olika metoder för omhändertagande (kvittblivning) och dess miljöpåverkan.
- E. Att ta fram en bedömningsmanual och ett utbildningspaket för att både arbetsmiljömässigt och med hänsyn till yttre miljön kunna handha sorbenter och sorberingsmetoder på ett betryggande sätt samt att bedöma dess kostnadseffektivitet.

1.3 Projektets långsiktiga inriktning

Projektets långsiktiga inriktning är att minska framtida miljöpåverkan vid sanering av olja- och kemikaliespill, reducera kostnader för bortskaffning/omhändertagande, värdera nya typer av sorbenter och saneringsmetoder samt att öka kunskapen hos tillverkare/-återförsäljare, miljöhandläggare, användare och avfallstekniker.

Projektets omfattning skall anpassas till att ta fram en bedömningsmetodik som skall kunna användas minst 10 år framåt.

2 Deltagare i projektet

Projektet har genomförts i nära samarbete med tillverkare/återförsäljare, miljöhandläggare, användare, avfallstekniker och miljöforskare inom specialområdena ekotoxikologi, avfallshantering, livscykelanalyser (LCA) och arbetsmiljö.

2.1 Projektorganisation

IVL och Räddningsverket har varit projektledare. Deltagare i utvecklingsprojektet har utgjorts projektets referensgrupp. Referensgruppen har träffats 4 gånger; 21 april 1998, 20 okt 1998, 28 maj 1999 och 22 maj 2000. Referensgruppens uppgift har varit att styra projektets inriktning och innehåll samt att granska resultaten.

Projektledare:	Jonas Fejes, IVL
Biträdande projektledare:	Gustav Törling, Räddningsverket
Arbetsgrupp:	
<i>IVL</i>	Jonas Fejes (biolog), Anders Svenson (biokemiskt), Tomas Viktor (forskningsingenjör), Päivi Palokangas (ekotoxikolog), Jan-Olov Sundqvist (avfallshantering och marksanering), Lars-Gunnar Lindfors (livscykelanalys), Staffan Filipsson (separationsteknik) och Eliana Davila de Alvarez (arbetsmiljö).
<i>Räddningsverket</i>	Gustav Törling
Referensgrupp:	
<i>IVL</i>	Jonas Fejes, Päivi Palokangas, Östen Ekengren
<i>Räddningsverket</i>	Gustav Törling, Karl-Erik Kulander, Bo Zetterström
<i>Naturvårdsverket</i>	Lars Asplund
<i>Kustbevakning</i>	Jan Fälteke
<i>Tillverkare/återförsäljare</i>	ABG Gårdscisterner, ABTEK, Combiabsorb AB, Eng-Tex AB, Hoby Energi AB, IKAROS Industriprodukter, Prolup Absorbenter, Svensk Barkindustri, Stena Bilfragmentering, Sydkraft Värme i Malmö AB, Ukrapharm AB, Universal Fibers AB
<i>Användare</i>	Rönnö Service AB, Preem Petroleum AB, Volvo AB, Scania CV AB
<i>Omhändertagare</i>	RFV Service

3 Resultat från delprojektet

IVL har använt ett 20-tal olika sorbentprodukter i projektet (se tabell 1). Sorbenterna har märkts upp med koder, Z1, Z2, osv. Alla produktnamn på sorbenterna har tagits bort.

Tabell 1 Exempel på sammansättning, densitet och sorptionsförmåga hos ett urval sorptionsmedel som testats

Sorbent material	Densitet (g/mL)		Sorptionskapacitet (g olja/g sorbent)			Sorptionskapacitet (g olja/mL sorbent)	
	Uppgiven	Uppmätt	Eldnings- olja	Motor- olja	Uppgiven	Eldnings- olja	Motor- olja
Gummi	0,22	0,212	4,6	3,9	5,0	1,0	0,8
Bark / träflis	0,25	0,247	2,5	2,8	5	0,6	0,7
Silikatmineral	0,5	0,554	1,1	1,1	0,86	0,6	0,6
Polyuretan	0,27	0,378	1,6	1,9	4	0,6	0,7
Träspån	0,3	0,301	2,1	2,2	3,24	0,6	0,7
Träspån	0,3	0,250	2,6	2,5	3,24	0,7	0,6
Bark / träflis	i.u.**	0,185	3,3	3,4	i.u.	0,6	0,6
Torv	0,35	0,318	1,1	1,5	3	0,4	0,5
Polypropylen / cellulosa	0,9	0,043	13,0	13,0	i.u.	0,6	0,6
Organiskt extrakt	i.u.	0,020	36,0	35,0	50	0,7	0,7

Utvecklingsprojektet har genererat 12 st rapporter:

1. Laktionsmetodik för sorbenter
2. Jämförelse mellan toxicitet av fryst och ofryst lakvatten från oanvänd sorbent
3. Utvärdering av screentester för akvatisk toxicitet för tillämpning på sorbenter för olje- och kemikaliespill
4. Sorbenter för olje- och kemikaliespill. Test av sorptionskapacitet hos några av marknadens produkter
5. Prövning av ekotoxikologiska testmetoder vid värdering av miljöpåverkan av sorbenter för olje- och kemikaliespill. IVL Rapport B 1371
6. Översikt av sorbenters funktion, användning och spridningsmetoder
7. Förorenade sorbenters miljöpåverkan
8. Sorbenter. Arbetsmiljöödel
9. Principalkomponentanalys av ekotoxikologiska testmetoder på sorbenter för olje- och kemikaliespill
10. Sorbenter för olje- och kemikaliespill. En marknadsöversikt. IVL Rapport B1327
11. Avfall: klassificering, behandlingsmöjligheter, m.m. av sorbenter
12. LCA-baserad miljöbedömning av sorbenter

Underlagsrapporter går att beställa av Jonas Fejes, IVL, 08-598 563 00, e-post jonas.fejes@ivl.se. Nedan presenteras en kort sammanfattning av resp. rapport.



Test av sorptionslänsa i hamnbassäng

3.1 Rapport 1: Lakningsmetodik för sorbenter

Vid bedömning av miljöeffekter hos sorbenter, som skall användas eller deponeras, behövs uppgifter om lakbarheten av toxiska substanser för att kunna undersöka materialens potentiella toxicitet. Den lakningsmetodik som har tagits fram i detta projekt bygger på IVL:s tidigare erfarenheter, nya undersökningar (Andersson & Zetterberg 1998) samt en undersökning från Emergencies Science Division of Environment Canada (Blenkinsopp et al 1998).

Kort beskrivning av föreslagen lakningsmetodik:

Provberedning

- Sorbenter i lös form lakas i sitt levererade tillstånd.
- Sorbenter förpackade i ormar plockas ut och lakas i lös form. Förpackningen tas även med.
- Mattor klippes i 1 cm² rutor.

Sammansättning av lakvatten

- Som lakmedie används dubbeldestillerat vatten.
- pH mäts före samt efter lakning.

Skakteknik

- Skakning i Ehrlenmeyerkolvar på skakbord.
- Skakintensiteten ställs på 150 min^{-1} eller den hastighet då sorbenten blandas väl med mediet.

Förhållandet lakvatten/sorbent

- LS 100 (10g / L)

Laktid

- Lakning sker under 24 timmar.

Temperatur

- Rumstemperatur 20°C .

Separation av lakvatten

- Vid behov grovfiltreras provet i en büchnertratt utan filterpapper.
- Filtrering med glasfiberfilter.
- Filtrering med $0,45 \mu\text{m}$ filter.
- Om provet är svårfiltrerat filtreras provet endast med $5 \mu\text{m}$ filter.

Lagring av lakvatten

- Frysning



Sorbentmattor

3.2 Rapport 2: Jämförelse mellan toxicitet av fryst och ofryst lakvatten från oanvänd sorbent

Syftet har varit att ta fram en lämplig metodik för förvaring av lakvatten från testade sorbenter. Microtox-testerna på sorbentmaterialen Z1 och Z7 visade ej någon signifikant skillnad i toxicitet mellan frysta och ofrysta lakvatten. Sannolikt påverkas inte heller testresultaten av infrysning och upptining för övriga sorbenter i resterande testsystem. Frysning av lakvattenprov före test rekommenderas därmed som förvaringsmetod.

3.3 Rapport 3: Utvärdering av screentester för akvatisk toxicitet för tillämpning på sorbenter för olje- och kemikaliespill

Undersökningar har gjorts för att utvärdera tillämpbarheten av Microtox- och Algtoxtest på sorbenter för olje- och kemikaliespill i syfte att kunna kategorisera dessa. Vidare har lakningsparametrarnas betydelse för den toxiska effekten utvärderats. De undersökta parametrarna är koncentration, pH, temperatur, skakintensitet och skaktid.

Sju sorbentmaterial har undersökts representerade av tio sorbenter av olika fabrikat. Test på lakvatten från dessa tio sorbenter och test med direktexponering av åtta sorbenter har utförts med Microtox. Två sorbenter har genomgått ett multivariat försök på lakningsparametrar med respons på Microtox.

Resultaten visar att både Microtox-test på lakvatten och test med direktexponering klarar av att kategorisera och inbördes rangordna toxiciteten hos sorbenter. De båda metoderna korrelerade till varandra på 95% konfidensnivå. De testade sorbenterna uppvisade ett brett spann av toxisk effekt under de betingelser som användes. Algtoxtesterna har inte gett något resultat, på grund av yttre omständigheter. Orsakerna utreds mellan tillverkarerna och IVL.

Utvärderingen av lakningsparametrarnas effekt på toxiciteten visar att parametrarnas effekt skiljer sig mellan de två testade sorbentmaterialen. Parametrarna visade både individuella effekter och interaktionseffekter. Två parametrar, koncentration och pH, har i båda fallen en stor effekt på responsen. Skakningsintensitet, tid och temperatur har inte haft lika stor effekt inom de specificerade intervallen. Försöket har tydliggjort att en maximal respons på toxisk effekt sker under olika lakningsbetingelser för respektive sorbent.

3.4 Rapport 4: Sorbenter för olje- och kemikaliespill. Test av sorptionskapacitet hos några av marknadens produkter

Valet av testmetod har styrts av att metoden skall vara standardiserad och med tonvikt på jämförbarhet sorbenterna emellan. Den valda metoden ASTM F 726-81 är väl lämpad för sorbenter i lös form som pulver, granulat och pellets. Inneslutna sorbenter testades genom att innehållet togs ut och testades i lös form. Eventuell sorption till förpackningsmaterialets ytskikt undgår prövning på detta sätt. Andra former av sorbenter kan också testas t ex. ark och mattor som först måste klippas sönder.

Oljor av två viskositetsgrader utgjorde provvätskor. Standardmetoden upptar även test av mer trögflytande olja. Efter en mindre modifiering av utförandet kan även sådana oljor testas. Metoden kan också anpassas till test av olika andra vätskeformiga prover för undersökning av användbarheten av sorbenter till speciella typer av spill. Behov av test för andra typer av provvätskor har identifierats, t. ex. emulsioner, tjocka oljor, använda oljor och kemikalier av olika slag.

Avrinningstiden för olja i test av sorbenterna var 30 s för eldningsolja och 120 s för motorolja. Den längre dropptiden för motoroljan motiverades av den högre viskositeten.

Testtemperaturen i standardmetoden har angetts till 23 ± 4 °C (rumstemperatur), vilket täcker intervallet 20 ± 1 °C som användes här. Det är motiverat att hålla konstant temperatur i testen för att jämförbarheten skall bli optimal och rumstemperatur är i de flesta fall lätt att kontrollera. Rumstemperatur kan också representera användningar inomhus. För användningar utomhus kan i vårt land två temperaturer vara av intresse. Temperaturer på 0 och 15 °C kan representera genomsnittstemperatur för utomhusförhållanden i vatten under vinter och sommar. Under förutsättning att konstant temperatur kan hållas vid dessa lägre temperaturer, bör metodiken kunna anpassas till test vid sådana betingelser.



Sorptionslänna tillsammans med skyddslänna i rinnande vatten

3.5 Rapport 5: Prövning av ekotoxikologiska testmetoder vid värdering av miljöpåverkan av sorbenter för olje- och kemikaliespill. IVL Rapport B 1371

Projektets syfte är att ta fram bedömningsgrunder för miljöpåverkan för sorbenter och deras användning vid bekämpning av olje- och kemikaliespill. Som en del av detta ingår en prövning och utvärdering av lämpliga ekotoxikologiska testmetoder. Med dessa metoder ska effekter i olika miljöer, på olika organismer och i olika nivåer i ekosystemet kunna mätas och värderas.

Oanvända sorbenter har undersökts med ett urval ekotoxikologiska testmetoder dels vid direkt exponering, dels efter utlakning i vatten. 10-11 sorbenter representerande olika ursprung och råmaterial har ingått. Effekter av lakvatten av sorbenter på undersökta organismer i landmiljö var mycket små. Vissa sorptionsmedel utövade toxiska effekter på organismer i vattenmiljön antingen i test med hela sorbenten närvarande eller via utlakning och exponering för en vattenfas. Multivariat analys av data visade att algtest, Microtox-test, och akut toxicitet i test av fiskyngel gav unik information om toxiska egenskaper hos sorbenter. Ingen av dessa tre organismer/tester kan ersättas av någon av de andra.

3.6 Rapport 6: Översikt av sorbenters funktion, användning och spridningsmetoder

Vid val av sorbent vid oljespill bör både sorbentens egenskaper och typ av olja påverka valet. Vid spill utomhus kan även väder och vind komma att bidra till valet. Några variabler som är viktiga att ta hänsyn till är:

- Sorptionshastighet
- Kvarhållande förmåga
- Applicerbarhet



Absorbentlänna för upptag av dieselutsläpp

3.7 Rapport 7: Förorenade sorbenters miljöpåverkan

Sorbenter som har använts för att suga upp ett spill och därmed är förorenade utgör en miljömässig belastning. Främsta orsaken till detta är självklart det innehåll av olja eller andra kemikalier som sorbenten härbärgerar. De metoder som används för att ta hand om förorenad sorbent är vanligtvis förbränning, deponi, kompostering eller att nedbrytning får ske på den plats där spillet har sorberats. Oavsett vilken metod som används exponeras miljön kring utsläppsplatsen av förorenad sorbent under en viss tidsrymd.



Förorenade sorbenter

Kriterier för att bedöma förorenade sorbenters miljöpåverkan utgörs av:

- Sorbentens kvarhållande förmåga
- Sorbentens nedbrytbarhet
- Immobiliserande effekter av sorbenten
- Omgivningens klimatologiska och fysiska sammansättning
- Ev tillsatsets effekter

3.8 Rapport 8: Sorbenter. Arbetsmiljödel

Vid valet av sorbent ska en helhetsbedömning göras. Förutom de kemiska riskerna ska också andra risker vägas in, som t ex belastningsergonomiska risker samt risker för bullerskador vid användning av olika utrustningar. För att arbetsplatserna ska bli så riskfria som möjligt ska arbetsgivaren se till att arbete med ren sorbent samt hantering av oljehaltig sorbent utförs på lämpligt sätt, enligt i förväg framtagna instruktioner.

Nedan redovisas några sammanfattande rekommendationer vid arbete med sorbenter:

Tillverkare

- granskning av sorbent
- framtagning av varuinformationsblad eller faktablad
- rätt märkning av sorbent
- uppgifter om lagringsförhållande
- förteckning över vilka spill ska saneras med respektive sorbent
- lista över vilka ämnen bildas vid brand av ren sorbent
- framtagning av hanteringsinstruktioner med förslag på ev skyddsåtgärder

Användare

- skaffa varuinformationsblad eller produktblad för resp sorbent
- framtagning av hanteringsinstruktioner för saneringsarbete med rena sorbenter och hantering av oljehaltiga sorbenter
- tillgång till lämplig appliceringsutrustning
- tillgång till hjälpmedel för ev lyft och transport av rena och förbrukade sorbenter
- information om lämplig personlig skyddsutrustning

3.9 Rapport 9: Principalkomponentanalys av ekotoxikologiska testmetoder på sorbenter för olje- och kemikaliespill

Utvärderingens syfte är att visa användbarheten av olika ekotoxikologiska testmetoder på sorbenter samt om möjligt kunna reducera antalet testmetoder utan att förlora information om respektive sorbents toxicitet. Häri ligger också ett intresse att få fram en bedömningsmetodik som ur en ekonomisk aspekt är så fördelaktig som möjlig och att minimera antalet testmetoder har därför hög prioritet.

PCA analysen visade att testmetoden Microtox till >90% förklarar sorbenternas toxicitet.

3.10 Rapport 10: Sorbenter för olje- och kemikaliespill. En marknadsöversikt. IVL Rapport B1327

Rapporten är en sammanställning av de sorbenter för kemikalie- och oljespill som finns på den svenska marknaden idag. Här presenteras uppgifter om tillverkare och återförsäljare, tillverkade eller sålda volymer, priser liksom olika egenskaper hos sorbenter. I rapporten anges också metodik för sorbenters spridning och uppsamling samt kvittblivning av använda sorbenter.

Översikten är en uppföljning av en liknande sammanställning 1991 (SRV Cirkulär 6/91 R). Uppgifterna har lämnats av tillverkare och återförsäljare genom en rundfrågning under april - maj 1998.

Översikten baseras på svaren från 131 leverantörer, tillverkare och återförsäljare på marknaden. Svarsfrekvensen blev 60% och av dessa meddelade 44 att de tillhandahåller sorbenter för användning vid kemikalie- och oljespill. Av övriga har somliga upphört att saluföra sorbenter, andra företag har gått samman eller upphört av andra skäl. Troligen finns ytterligare produkter på marknaden som inte kunnat nås via enkäten.

Sammanställningen i tabellform baseras helt på uppgifter från tillverkare och leverantörer antingen som svar på frågor ställda i enkäten eller genom bifogad produktinformation. Inga egna tester eller prövningar från IVL:s sida ingår i presentationen av data.



Kompostering av oljehaltigt strandmaterial

3.11 Rapport 11: Avfall: klassificering, behandlings- möjligheter, m.m. av sorbenter

Förorenade sorbenter ska normalt klassificeras som farligt avfall. Det innebär att de måste hanteras med hänsyn till de regler som gäller för farligt avfall, t.ex. att man måste ha tillstånd för att transportera, mellanlagra och behandla. Idag hanteras troligen stora mängder förorenade sorbenterna utanför detta regelverk. Man kan befara att en stor del hamnar i vanligt avfall och tas omhand tillsammans med detta.

Det är viktigt att man vid upptagandet av ett spill försöker använda så lite sorbenter som möjligt, dock utan att andra miljöolägenheter uppkommer.

För behandling av sorbenter är det två metoder som bedöms vara miljömässigt acceptabla:

- förbränning (med energiutvinning)
- sluten kompostering (där avgaserna från komposten samlas upp och renas)

Öppen kompostering och deponering bedöms vara miljömässigt oacceptabla.

3.12 Rapport 12: LCA-baserad miljöbedömning av sorbenter

Vi har studerat tillverknings- och användningsprocesser för några sorbentmaterial och funnit att det är möjligt att göra en förenklad modell för livscykelbedömning. Den förenklade metoden grundar sig på följande antaganden och förutsättningar:

1. Energiförbrukningen i olika processer antas stå för den största resursförbrukningen.
2. Mycket av den miljöpåverkan som sker är kopplad till energiomvandlingar i processerna, d.v.s. den miljöpåverkan som sker från annat än energiförbrukning kan försummas.

Den förenklade metoden grundar sig på att man beräknar den energiförbrukning som är förknippad med sorbenten från vaggan till graven, d.v.s. från råvaruutvinning tills avfallet är slutbehandlat. Alla energislag räknas lika i detta sammanhang. Vid beräkningarna relateras till kg sorbent. Vid jämförelser och utvärdering räknas om till energiförbrukning och miljöpåverkan per kg uppsugen substans.

För val av sorbent, med utgångspunkt från den förenklade livscykelbedömningen kan man dra följande slutsatser:

- De två delprocesser i livscykeln som vanligen står för störst energiförbrukning är Tillverkning och Avfallsbehandling.
- Organiska sorbenter som går till avfallsförbränning är bättre än organiska sorbenter som går till kompostering. Används organiska sorbenter bör de gå till förbränning.
- Hur transporterna disponeras är oftast av liten relativ betydelse (vi förutsätter att man planerar så effektiva transporter som möjligt, om inte för att få god transportekonomi).

4 Förslag till Miljöbedömningsmetodik för sorbenter

Följande förslag till miljöbedömningsmetodik bygger på det erfarenheter och resultat som presenterats i resp. delprojekt. Detaljerade kriterier för resp. bedömningsgrund redovisas i Appendix 1. Bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, lagring, transport, användning och omhändertagande. Detta Appendix är tänkt att kunna användas separat.

Målet med miljöbedömningsmetodiken är att den skall vara enkel att använda, kostnadseffektiv, jämförbar mellan olika produkter samt stimulera till förbättring av produkter och processer.

4.1 Bedömning tillverkning och transport

Tillverkning, lagring och transporter bör vara energisnåla, samt att produkten i sig inte bör innehålla petroleumprodukter och andra ämnen som är oönskade i samhället.

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Tilverkning och transport			Ja		Nej
Består sorbenten av en koldioxidneutral råvara?			1		-1
Är sorbenten tillverkad utan ändliga och förbjudna råvaror?			1		-1
Ingår sorbentmaterialet i ett naturligt kretslopp?			1		-1
Är sorbenten naturligt nedbrytbar?			1		-1
Medföljer ett detaljerat produktblad?			1		-1
Finns resultat från en förenklad LCA?			1		-1

4.2 Bedömning av sorbenters giftighet

Lakvatten från oanvänd sorbent ej toxiskt. Testas enligt följande prioritet (visar första testen, algtest, att lakvattnet är toxiskt så måste man gå vidare till nästa test o.s.v.; 1. Algtest, 2. Microtox, 3. Fiskyngel. I princip erhålls mer poäng ju fler tester som redovisar sorbentens ofarlighet för organismer.

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Sorbenters giftighet			Ja	Ja	Nej
Är algtestet negativt (lakvatten ej giftigt för alger)?			1		-1
Om inte, är Microtox-testet negativt (lakvatten ej giftigt för bakterier)?				0	-1
Om inte, är fiskyngeltestet negativt (lakvatten ej giftigt för fiskyngel)?				0	-1

4.3 Bedömning av sorbtionskapacitet

Sorbtionskapacitet enligt ASTM F 726-81. Oljan skall ha en viskositet på 15 cSt vid 20°C.

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Sorbtionskapacitet [g olja/mL sorbent]	>1	0,6-1	0,5-0,6		<0,5
Hur stor är sorbtionskapaciteten?	3	2	1		-1

4.4 Bedömning av arbetsmiljö

Det bör finnas instruktioner för hantering av rena resp. förorenade sorbenter.

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Arbetsmiljö				Ja	Nej
Finns hanteringsinstruktioner för saneringsarbete med rena sorbenter och hantering av oljehaltiga sorbenter?			1		-1
Finns lista över vilka ämnen bildas vid brand av ren sorbent?			1		-1
Finns manual och/eller utbildningspaket som visar hur sorbenten skall hanteras?			1		-1

4.5 Bedömning av kvittblivning

Kvittblivning enligt följande prioritering; 1. Återanvändning, 2. Förbränning, 3. Kompostering.

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Kvittblivning	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
Kan förorenad sorbent återanvändas?	3			0	
Om inte, kan förorenad sorbent förbrännas?		2		0	
Om inte, kan förorenad sorbent komposteras?			1	0	
Måste förorenad sorbent deponeras?				0	-1

4.6 Sammanfattande miljöbedömning av sorbenten

En sammanfattande miljöbedömning av sorbenten erhålls genom att lägga ihop alla poäng som produkten har fått. Miljöbedömningen görs lämpligen vid val av en av flera olika sorbenter.

I princip fungerar miljöbedömningen enligt följande; relevant information (enligt lagkrav och frivillig), miljöriktiga material och transporter samt många tester som visar på produktens ofarlighet ger höga poäng.

Ibland kan det vara svårt att bedöma om produktinformationen uppfyller ett kriterium eller ej. Ett tips är att vara konsekvent vid jämförelse mellan flera produkter.

Bilaga: Bedömningsmetodik för miljöanpassad produktion, lagring, transport, användning och omhändertagande

Översikt av metoden

Projektet *Sorbenter för olje- och kemikaliespill* har resulterat i en bedömningsmetodik för sorbenters miljöbelastning. Metodiken sammanfattar slutsatserna från de olika delprojekten till ett hanterligt och överskådligt verktyg för objektiva jämförelser av miljöbelastning mellan olika typer av sorbentprodukter.

I princip premierar miljöbedömningen relevant information (enligt lagkrav och frivillig), miljöriktiga material och transporter samt många tester som visar på produktens ofarlighet.

Det är värt att understryka att metoden endast bedömer sorbentens miljöbelastning. För ett fullständigt beslutsunderlag vid inköp av sorbenter är det troligt att även exempelvis ekonomi, terräng och förväntat spillämne måste beaktas. Ytterligare kommentarer om bedömningsgrunder finns i projektrapporterna 6, 7 och 8; *Översikt av sorbenters funktion, användning och spridningsmetoder*, *Förorenade sorbenters miljöpåverkan* respektive *Sorbenter Arbetsmiljödelen*. Här finns dock ingen komplett sammanställning över beslutskriterier, och det har heller aldrig ingått i projektets målsättning.

Tanken med metoden är också att producenter av sorbenter ska få ett stöd för utvecklingen av miljöanpassade produkter samt för att ta fram relevant produktinformation till konsumenterna.

Hur metoden används

Aktuell(a) sorbent(er) bedöms utifrån ett antal kvantifierbara kriterier, som var och ett är formulerat som en fråga med ett begränsat antal möjliga svar. Svaren är poängsatta från 3 till -1. Ju högre poäng, desto bättre. I de fall ett kriterium inte kan besvaras, ska det värsta antas, d v s lägsta poängen (-1) ska väljas.

Sorbenters giftighet och Kvittblivning består till skillnad från övriga kategorier av var sin serie frågor. Så fort en fråga kan besvaras med Ja är den kategorin avslutad. Det innebär att Microtox-testet bara behöver göras om algtestet är positivt (lakvattnet giftigt för alger) och fiskyngeltestet först när även Microtox-testet är positivt.

Metoden kan användas dels för att utröna vilken av flera sorbenter som är lämpligast, dels för att finna en ”tillräckligt bra” sorbent för det specifika ändamål som är aktuellt. I det första fallet tillämpas bedömningsmetodiken på samtliga sorbenter som ingår i

studien och den som erhåller högst poäng väljs. I det senare fallet studeras sorbenterna efter varandra tills en produkt når en i förväg uppställd kravnivå, uttryckt som en specifik lägsta-poäng. Med begränsad erfarenhet av metoden kan det dock vara svårt att i förväg välja en lämplig kravnivå.

Anpassningar av metoden

Om användaren anser att särskilda skäl föreligger kan vissa kriterier viktas om (ges en modifierad poängskala) eller bortses helt ifrån.

Det är viktigt att alla eventuella förändringar av bedömningskriterierna görs innan de aktuella produkterna bedöms, så att studien blir konsekvent. På samma vis skall man sträva efter att vara konsekvent vid jämförelse mellan olika sorbenters produktinformation och liknande.

Samtliga lakvattentest, som beskriver sorbentens giftighet, utförs av praktiska skäl vid 20 °C. Om det är möjligt att genomföra kan även temperaturerna 0 °C och 15 °C vara intressanta att undersöka. De kan representera genomsnittstemperatur för utomhusförhållanden i vatten under vinter och sommar.

Bedömningskriterier

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Tilverkning och transport			Ja		Nej
Består sorbenten av en koldioxidneutral råvara?			1		-1
Är sorbenten tillverkad utan ändliga och förbjudna råvaror?			1		-1
Ingår sorbentmaterialet i ett naturligt kretslopp?			1		-1
Är sorbenten naturligt nedbrytbar?			1		-1
Medföljer ett detaljerat produktblad?			1		-1
Finns resultat från en förenklad LCA?			1		-1
Sorbenters giftighet			Ja	Ja	Nej
Är algtestet negativt (lakvatten ej giftigt för alger)?			1		-1
Om inte, är Microtox-testet negativt (lakvatten ej giftigt för bakterier)?				0	-1
Om inte, är fiskyngeltestet negativt (lakvatten ej giftigt för fiskyngel)?				0	-1
Sorbtionskapacitet [g olja/mL sorbent]	>1	0,6-1	0,5-0,6		<0,5
Hur stor är sorbtionskapaciteten?	3	2	1		-1

Bedömningskriterier. Fortsättning

Bedömningsgrund	3	2	1	0	-1
Arbetsmiljö			Ja		Nej
Finns hanteringsinstruktioner för saneringsarbete med rena sorbenter och hantering av oljehaltiga sorbenter?			1		-1
Finns lista över vilka ämnen bildas vid brand av ren sorbent?			1		-1
Finns manual och/eller utbildningspaket som visar hur sorbenten skall hanteras?			1		-1
Kvittblivning	Ja	Ja	Ja	Nej	Ja
Kan förorenad sorbent återanvändas?	3			0	
Om inte, kan förorenad sorbent förbrännas?		2		0	
Om inte, kan förorenad sorbent komposteras?			1	0	
Måste förorenad sorbent deponeras?				0	-1

Bedömning av tillverkning och transport

Koldioxidneutral råvara

Med koldioxidneutral råvara avses att sorbentens huvudbeståndsdel(ar) är biologiskt förnybar, med en koldioxidcykel kortare än hundra år. Det innebär de flesta organiska material, dock ej torv. Samma mängd koldioxid som avges vid nedbrytning eller förbränning av sorbenten ska förbrukas när råvaran återbildas. Sorbentmaterialet ska framgå av produktinformationen.

Innehåller förbjudna ämnen eller ändliga råvaror

Förbjudna råvaror finns upptagna på Kemikalieinspektionens, KemI, så kallade Begränsningslista. Totalt har KemI upprättat tre listor över farliga kemikalier:

För ytterligare information, se projektrapport 8, *Sorbenter. Arbetsmiljödödel.*

- Begränsningslistan är en förteckning över ca 240 ämnen som är förbjudna eller vars användning är inskränkt.
- OBS-listan är en lista med ca 250 ämnen som kan medföra stora risker för hälsa och miljö vid viss användning.
- Klassificerings- och märkningslistan innehåller ca 2 200 ämnen som måste vara märkta.

Samtliga listor kan beställas från KemI eller hämtas från KemIs hemsida: www.kemi.se.

Ändliga råvaror innebär att råvaran inte nybildas naturligt under överskådlig tid. I princip innebär det samtliga ämnen som tas från jordens innandöme. Exempel på änd-

liga råvaror är mineraloljor och nybrutna metaller. Återvunnen råvara, som nybruten är ändlig, kan rimligen undantas. Exempel är återvunnet aluminium.

Naturligt kretslopp

Naturliga kretslopp innefattar naturliga material (i motsats till syntetiska), oavsett hur långsamma kretsloppen är. Materialen förutsätts förekomma i samma kemiska form som de förekommer i naturen. Till exempel omfattas bark, torv, sågspån samt ler- och stenmaterial. Däremot ingår inte plast- och gummimaterial.

Naturligt nedbrytbar

Kriteriet för nedbrytbarhet beskriver hur kvarlämnad eller kvarglömd sorbent uppträder i naturen. För att en sorbent ska anses vara naturligt nedbrytbar måste halveringstiden i naturen under normala förhållanden förväntas understiga två år. (Med "normala förhållanden" menas Mellersta Sverige och att materialet ligger på jord, sand eller annat material i naturen, och att det råder normala väderförhållanden).

4.7 Detaljerat produktblad

Enligt gällande lag/förordning ska en kemisk produkt eller en kemisk vara utredas ur hälso- och miljösynpunkt av tillverkaren eller importören innan den säljs. Utredningen ska visa

- de ämnen som kan ge produkten farliga egenskaper,
- arten och graden av de farliga egenskaper,
- de åtgärder som behövs för att skydda människors hälsa och miljön vid hanteringen,
- de åtgärder som behövs för att ta hand om avfall från produkten.

För ytterligare information, se projektrapport 8, *Sorbenter. Arbetsmiljöödel*

Om utredningen visar att sorbenten har hälso- eller miljöfarliga egenskaper så ska den klassificeras enligt Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS 1994:12).

Om sorbenten innehåller farliga ämnen är tillverkaren eller importören skyldig att märka produkten och lämna varuinformationsblad enligt KIFS 1994:12 (se, figur 1). Tillverkaren eller importören ansvarar för att sorbenten är riktigt klassificerad och märkt samt för riktigheten i de uppgifter som lämnas i varuinformationsblad. Märkning av sorbenten ska vara på svenska. Både text och farosymboler med tillhörande text ska vara tydliga, lätt lästa samt läsbara tills innehållet i förpackningen är förbrukat.

För sorbenter som inte är klassade som hälso- eller miljöfarliga krävs inget varuinformationsblad. Dock bör tillverkare/importörer/säljare av dessa sorbenter lämna vissa uppgifter till användaren. Man kan välja mellan att använda KemiIs varuinformations-

blad (figur 1) eller att lämna ett förenklat produktblad (figur 2).

KemIs varuinformationsblad

1. Namnet på produkten och företaget
2. Sammansättning/ämnenas klassificering
3. Farliga egenskaper
4. Första hjälpen
5. Åtgärder vid brand
6. Åtgärder vid spill/oavsiktliga utsläpp
7. Hantering och lagring
8. Begränsning av exponeringen/personliga skyddsåtgärder
9. Fysikaliska och kemiska egenskaper
10. Stabilitet och reaktivitet
11. Toxikologisk information
12. Ekotoxikologisk information
13. Avfallshantering
14. Transportinformation
15. Gällande bestämmelser
16. Övrig information

Figur 1. KemIs varuinformationsblad.

Viktig information om sorbenter till användaren

1. Sorbentens innehåll. Här anges bl a vad produkten är tillverkad av, om den har behandlats med någon kemikalie etc.
2. Sorbentens lagringsförhållande. Här anges t ex om sorbenten ska förvaras inom- eller utomhus, om den ska förvaras torrt, om lagringstid är obegränsad, om sorbenten inte får förvaras nära öppen eld eller tillsammans med starka oxidanter etc.
3. Sorbentens hantering. Det gäller förebyggande arbete, applicering samt akut applicering. Hit hör bl.a. en ganska detaljerad skriftlig information om hur sorbenten ska användas. Gärna med bilder och text som steg för steg visar hur saneringsarbeten ska genomföras. Här anges också råd om tekniska åtgärder såsom punktutsug, åtgärder för att minska ev dammexponering m.m.
4. Åtgärder för att minska exponeringen samt förslag på personliga skyddsåtgärder. Här handlar det om åtgärder som ska vidtas för att reducera exponeringen på arbetsplatsen. T ex att personalen ska informeras om ev behov av personlig skyddsutrustning. Om personlig skyddsutrustning behövs då ska specificeras vad som är lämpligt (t ex typ av andningsskydd, handskar, ögonskydd, skyddskläder eller stövlar m.m.)
5. Sorbentens fysikaliska och kemiska egenskaper. Hit hör information om bl a sorbentens form (pulver, pellets m.m.), lukt, flampunkt, antändningstemperatur m.m. Det är också lämpligt att lämna en förteckning över vilka ämnen som är lämpliga och vilka ämnen som, p.g.a. kemiska reaktioner, ej kan saneras med den aktuella sorbenten.
6. Sorbentens stabilitet och reaktivitet. Här anges produktens stabilitet och risken för farliga reaktioner under särskilda förhållanden. Till exempel att vid en viss temperatur bildas farliga sönderdelningsprodukter.
7. Avfallshantering. Här beskrivs det avfall som uppkommer vid användning.

Figur 2. Förslag på ett förenklat produktblad.

Resultat från förenklad LCA

Den förenklade livscykelanalysen grundar sig på följande antaganden och förutsättningar:

3. Energiförbrukningen i olika processer antas stå för den största resursförbrukningen.
4. Mycket av den miljöpåverkan som sker är kopplad till energiomvandlingar i processerna, d.v.s. den miljöpåverkan som sker från annat än energiförbrukning kan försummas.

För ytterligare information, se projektrapport 12, *LCA-baserad miljöbedömning av sorbenter*.

Alla energislag räknas lika i detta sammanhang. Vid beräkningarna relateras till kg sorbent. Vid jämförelser och utvärdering räknas om till energiförbrukning och miljöpåverkan per kg uppsugen substans. I tabell 1 visas en blankett som man kan använda sig av.

Det har visats att de stora energiinsatserna ligger i själva produktionsprocessen. Transporter förbrukar mycket lite energi i jämförelse med framställning.

Tabell 1. Hjälpformulär vid förenklad livscykelbedömning

	Energikonsumtion, [kJ/kg sorbent]	Anmärkning
1. Energi i råvara		Energi i biomassa är ca 16 MJ/kg. Oorganiska mineralbaserade sorbenter har energiinnehåll = 0. Energiinnehållet kan fås ur olika handböcker.
2. Energiförbrukning vid råvaruutvinning		Ofta av storleksordningen 1 MJ/kg för biomassa och lermineral. 1 MJ/kg kan användas som standardvärde.
3. Energiförbrukning vid transport av råvaror		Se tabell 2
4. Energiförbrukning vid tillverkning		Se nedan
5. Energiförbrukning vid transport av sorbent		Se tabell 2
6. Energiförbrukning vid användning		Oftast försumbar. Speciella apparater kan ge en mindre energiförbrukning.
7. Energiförbrukning vid intern återvinning		Vanliga typer av sorbent saknar intern återvinning, men det förekommer, t ex vissa plastdukar.
8. Energiförbrukning vid transport av avfall		Se tabell 2
9. Energiförbrukning eller energiproduktion vid avfallsbehandling		Se nedan
10. SUMMA per kg sorbent		
11. Upptagningsförmåga kg substans per kg sorbent		Antingen kan leverantören förse med dessa uppgifter, eller så kan man göra egna försök.
12. SUMMA per kg uppsugen substans		

Kommentarer till protokollet

Position 4: Tillverkaren/leverantören bör kunna ge information om total energiåtgång vid tillverkningen. Många sorbenter baseras på våta material t ex lera eller biomassa som torkas. Varje kg vatten som torkas bort förbrukar ungefär 2,5 MJ energi. Har vi, låt säga, en råvara med 50 % torrsubstans som torkas till 90 % torrsubstans åtgår ca 2,25 MJ per kg brukssorbent (med 90 % torrsubstans).

Position 9: Energiförbrukning eller energiproduktion vid avfallsbehandling beror på sorbenttyp och på hur avfallet behandlas. Ett förslag är att bara ta hänsyn till energiinnehållet i sorbentmaterialet, och inte energiinnehållet i den sorberade substansen, t.ex. olja. Om avfallet förbränns tillgodogörs större delen av energiinnehållet i sorbenten (position 1). Man kan normalt räkna på en energiverkningsgrad på 0,9 (eller högre om anläggningen har rökgaskondensering) vid normal avfallsförbränning. **Den producerade energin ska räknas som minuspost.**

Energiutvinning vid avfallsbehandling spelar stor roll. Om man i exemplet i stället komposterar avfallet, kommer position 9 att ersättas av =0, vilket gör att den totala energiåtgången skulle höjas till över 20 MJ/kg sorbent. En mineralisk sorbent med ungefär samma energiförbrukning vid tillverkningen kommer att ge ungefär samma resultat som i räkneexemplet (skillnaden blir att position 1 position 9 båda blir =0).

Tabell 2. Energiförbrukning vid transporter (källa: Nätverket för Transporter och Miljön www.ntm.a.se).

Typ av transport	Total förbrukning per ton last	
	kWh/ton, km	kJ/kg, km
Lastbil		
Bensindriven paketbil, distributionstrafik	3,8	13,7
Dieseldriven paketbil, distributionstrafik	2,7	9,7
Lätt lastbil, distributionstrafik	0,61 – 0,73	2,2 – 2,6
Medeltung lastbil, regional trafik	0,44 – 0,59	1,6 – 2,1
Tung lastbil med trailer, fjärrtrafik	0,18 – 0,22	0,65 – 0,79
Tung lastbil med släp, fjärrtrafik	0,16 – 0,20	0,58 – 0,72
Tåg		
Vagnslasttåg, eldrivet	0,02 – 0,076	0,07 – 0,27
Systemtåg, eldrivet	0,027 – 0,072	0,1 – 0,26
Kombitåg	0,036 – 0,047	0,13 – 0,17
Diesellok	0,068	0,24
Sjöfart		
Lastfartyg stort (>8' dwt)	0,014 – 0,083	0,05 – 0,3

Tabell 2. Forts

Typ av transport	Total förbrukning per ton last	
	kWh/ton, km	kJ/kg, km
Lastfartyg mellan (2' – 8' dwt)	0,043 – 0,119	0,15 – 0,43
Lastfartyg mindre (<2' dwt)	0,048 – 0,20	0,17 – 0,72
RoRo	0,048 – 0,17	0,17 – 0,612
Färjor	0,021 – 0,24	0,075 – 0,86
Flyg		
Boeing 737, Boeing 747, Airbus	1,7 – 6,5	3,1 – 23,4

Bedömning av sorbenters giftighet

För ytterligare information om lakningsmetodik och lagring av lakvatten, se projektrapporter 1 och 2; *Lakningsmetodik för sorbenter* respektive *Jämförelse mellan toxicitet av fryst och ofryst lakvatten från oanvänd sorbent*.

För ytterligare information om screentesterna, se projektrapporter 3 och 5, *Examensarbete: Utvärdering av screentester för akvatisk toxicitet för tillämpning på sorbenter för olje- och kemikaliespill* (främst Microtox) respektive *Prövning av ekotoxikologiska testmetoder vid värdering av miljöpåverkan av sorbenter för olje- och kemikaliespill* (B1371).

Lakningsmetodik för sorbenter

För att undersöka sorbenters potentiella toxicitet krävs kunskap om lakbarheten av toxiska substanser. Substanserna sitter olika hårt bundna och det finns en mängd faktorer som påverkar utlakningen av dem. Dessa kan vara kemiska, fysikaliska eller biologiska. Laktester strävar efter att efterlikna naturliga förlopp samt att påskynda dessa. Ämnen som kan lakas ut ur ett material har olika grad av mobilitet, vilket medför att om man är intresserad av att studera olika substanser bör hänsyn tas till det vid val av laktest.

Lakvattenmetodik saknar internationell standard. Den lakningsmetodik som redovisas här baseras på IVL:s tidigare erfarenheter, nya undersökningar (Andersson & Zetterberg 1998) samt en undersökning från Emergencies Science Division of Environment Canada (Blenkinsopp et al 1998).

Vid provberedning bör de värsta förhållandena simuleras dvs. en orm kan spricka och det lösta materialet läcka ut eller en matta kan rivs sönder i mindre bitar. ormens hölje bör vara med i lakningen

En kort laktid skulle att vara att föredra men försök visar att detta inte är tillräckligt för att lösningen skall bli mättad.

Om provet är svårfiltrerat filtreras provet endast med 5 µm filter.

Provberedning

- Sorbenter i lös form lakas i sitt levererade tillstånd.
- Sorbenter förpackade i ormar plockas ut och lakas i lös form. Förpackningen tas även med.
- Mattor klipps i 1 cm² rutor.
- Blanda sorbentprovet till koncentration LS 100 (10 g sorbent/L lakmedium). Provvolyum avgörs av vilka tester som ska göras (se respektive test).
- Som lakmedium används dubbeldestillerat vatten.
- pH bör mätas före samt efter lakning.

Genomförande

- Lakningen sker vid rumstemperatur, 20 °C.
- Skakning i Ehrlemeyerkolvar på skakbord.
- Skakintensiteten 150 min⁻¹ eller den intensitet då sorbenten blandas väl med mediet.
- Lakning sker under 24 timmar.

Separation av lakvatten

- Vid behov grovfiltreras provet i en büchnertratt utan filterpapper.
- Filtrering med glasfiberfilter.
- Filtrering med 0,45 µm filter.

Lagring av lakvatten

- Frysning

Algtest

I väntan på en standard finns lämpliga kommersiella toxicitetstest tillgängliga. Ett exempel är ALGALTOXKIT F™ (Bio International B.V., Roermond, Holland) som baseras på sötvattenalgen *Raphidocelis subcapitata*, tidigare benämnd *Selenastrum capricornutum*. Nedanstående handledning gäller detta test.

- Testet utförs i enlighet med tillverkarens manual.
- pH-justera lakvattnet till $8,0 \pm 0,2$.
- Bereddes 5 koncentrationer av lakvattnet i triplikat och överför till lämpliga kyvetter.
- Inkubera algcellerna under 72 timmar i konstant temperatur (23 °C) och en ljusstyrka om 8000 lux.

Det pågår en utvärdering av algtester inom en standardiseringsgrupp huruvida biomassa eller tillväxthastighet ska användas. Båda metoderna introduceras i rapport B1371.

- Bestäm algkoncentrationen var 24:e timme genom att mäta absorbansen i lösningen med en kolorimeter vid 670 nm.
- Placera omedelbart kyvetterna i inkubatorn igen.

Microtox

Provberedning

- Tina lakvattnet vid 4 °C, låt det därefter sakta tempereras till 15 °C.
- Justera lakvattnets pH till $7,3 \pm 0,05$.
- Skatta ett preliminärt EC_{50} genom ett förtest.
- Bered en koncentrationsserie om fyra olika prov.

Detaljerade steg-för-stegbeskrivningar av Microtox-testet kan hittas i IVLs rapporter B1100 (för vätskeformiga prov) och B1140 (för fasta-halvfasta prov).

Fiskyngel

Metoden baseras på US EPA-metoden 600/4-91-021 "Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and surface water to fresh water organisms".

Provberedning

- Tina lakvattnet vid 4 °C, låt det därefter sakta tempereras till 24 °C.
- Justera lakvattnets pH till 7,5. Kontrollera även syrehalten innan testlösningarna bereds.
- Bered 6 olika koncentrationer i intervallet 100 – 20 % (v/v) av lakvattnet och det av standarden föreskrivna spädvattnet. Bered vid behov ytterligare 8 – 10 lägre koncentrationer.

Försöksuppställning och genomförande

- Överför 50 ml av vardera testlösning i var sin petriskål.
- Exponera 10 st slumpmässigt valda yngel per koncentration. Som försöksfisk används 2-3 dygn gamla yngel av sebrafisk (*Danio rerio*) som utvecklats i rent sötvatten under embryo/yngelstadiet.
- Låt exponeringen fortgå under minst 7 dygn.
- Testlösningarna ska dagligen förnyas genom att alla levande yngel överförs med flampolerade pastuerpipetter till nyberedda lösningar. Samtidigt med bytet kontrolleras antalet döda eller på annat sätt påverkade yngel.
- pH och syremättnad kontrollerades dagligen för att verifiera att inte dessa faktorer påverkat ynglens

Utvärdering

- LC_{20} och LC_{50} beräknas för exponering under 4 och 7 dygn enligt försöksmetodik US EPA-metoden 600/4-91-021 .

- Mortalitetsdata behandlas med probitanalys enligt Litchfield och Wilcoxon (1949) vilket ger LC₅₀ värden (medianvärden för letala koncentrationer) efter olika exponeringstider.

Bedömning av sorptionskapacitet

Eftersom det inte finns någon svensk standard används den amerikanska ASTM F 726-81 (reapproved 1993) Standard Method of Testing Sorbent Performance of Adsorbents. Metoden testar sorbenters förmåga att suga upp oljeprodukter på en vattenyta, på mark eller lokaler inomhus och är anpassad för test av sorbenter med olika utformning. Metoden är tillämplig för sorptionstest av oljor och andra organiska vätskor som flyter på vatten och inte blandar sig (löser sig) i vattenet.

För ytterligare information, se projektrapport 4, *Sorbenter för olje- och kemikaliespill. Test av sorptionskapacitet hos några av marknadens produkter.*

Försöksuppställning

- Nätkorgar 20 x 20 cm² av siktmaterial med 45 µm porstorlek.
- Som provvätska används Shell Eldningsolja 1 med densiteten 0,862 g/cm³ och viskositeten 15 cSt vid 20 °C.
- Temperatur: 20 ± 1 °C
- Luftfuktighet: 50 ± 2 %, konditionering minst 24 h före test.

Genomförande

- Fyll nätkorgen med sorbentmaterial så att botten täcks med ett 2 cm tjockt skikt.
- Väg sorbentmaterialet på en i förväg tarerad skål.
- Sänk ned korgen i provvätskan så att sorbenten täcks.
- När hela materialet är genomflödat av provvätska noteras tiden och ytterligare 20 % av den uppmätta tiden får förflyta.
- Tag upp korgen och låt rinna av i 30 s.
- Väg korgen och beräkna vikten av sorberat prov.
- Genomför testet i tre identiska replikat och ange sorptionskapaciteten som medelvärdet av resultaten.

Kommentarer

Vid behov kan annan provvätska användas (till exempel om sorbenten ska användas för en i förväg känd olja, eller om föreslagen provvätska inte är tillgänglig). Byte av provvätska kan kräva modifierad metodik och också en justerad poängskala.

Resultatet uttrycks i g olja/mL sorbent. Med tillgång till densitetsvärden för såväl oljor som sorbenter kan dock alla vikts- och volymssorter beräknas.

ASTM F 726-81 är väl lämpad för sorbenter i lös form som pulver, granulat och pellets. Inneslutna sorbenter testades genom att innehållet togs ut och testades i lös form. Eventuell sorption till förpackningsmaterialets ytskikt undgår prövning på detta sätt. Andra former av sorbenter kan också testas t ex. ark och mattor som först måste klippas sönder.

Bedömning av arbetsmiljö

För ytterligare information, se projektrapport 8, *Sorbenter. Arbetsmiljödel*

Hanteringsinstruktioner för rena och oljehaltiga sorbenter

Det här kriteriet avser skrivna instruktioner om hur sorbenten ska hanteras. Lägg märke till att instruktionen ska omfatta både ren sorbent (applicering) och oljehaltig sorbent (uppsamling).

Ämnen som bildas vid brand

Tillverkare eller försäljare bör komplettera produktinformationen med en förteckning över vilka ämnen som bildas vid förbränning av ren sorbent. Det är naturligtvis värdefullt med tanke på hur köparen förvarar sorbenten samt, om olyckan är framme, vid brandbekämpning.

Utbildningspaket

Med utbildningspaket avses ytterligare instruktioner, utöver en skriven handledning. Det kan till exempel röra sig om en multimediepresentation eller videofilm, alternativt möjlighet till praktisk lärarledd utbildning.

Bedömning av kvittblivning

Användaren ska redan vid bekämpningen av spillet se till att så mycket som möjligt av spillet tas upp i koncentrerad form, och minska på mängden använt sorptionsmedel (dock inte så att andra miljöolägenheter uppkommer).

För ytterligare information, se projektrapport 11, *Avfall: klassificering, behandlingsmöjligheter, m.m.*

Användaren får förlita sig på tillverkarens/försäljarens produktinformation angående kvittblivning av förorenad sorbent. Se exempel under Kriteriet för nedbrytbarhet beskriver hur kvarlämnad eller kvarglömd sorbent uppträder i naturen.

För att en sorbent ska anses vara naturligt nedbrytbar måste halveringstiden i naturen under normala förhållanden förväntas understiga två år. (Med "normala förhållanden" menas Mellersta Sveriga och att materialet ligger på jord, sand eller annat material i naturen, och att det råder normala väderförhållanden).

Detaljerat produktblad.

Kan förorenad sorbent återanvändas?

Flertalet sorbenter är inte gjorda för att kunna återvinnas. Det finns dock undantag där sorbenten kan skiljas från den upptagna oljan. Oljan kan då hanteras vidare som koncentrerat oljeavfall och sorbenten återanvändas.

Kan förorenad sorbent förbrännas?

Förbränning innebär en oxidation vid högre temperatur. SAKAB:s anläggning i Kumla har tillstånd att ta hand om förorenade sorbenter, klassade som farligt avfall. Rent tekniskt torde även vanliga avfallsförbränningsanläggningar kunna skaffa tillstånd för detta.

Både organiska och oorganiska sorbenter kan ofta förbrännas. Organiska sorbenter är i sig brännbara medan oorganiska sorbenter innehåller en brännbar förorening. Det oorganiska materialet kommer då ut som aska som måste deponeras.

Vid förbränning förutsätts rökgasrening och att värmeenergin tillvaratas.

Kan förorenad sorbent komposteras?

Kompostering är en biologisk process där organiskt material med hjälp av olika mikroorganismer med tillgång till syre omvandlas till koldioxid, vatten och en humusrik återstod, s.k. kompost. Även olja går att bryta ned genom kompostering. Det finns flera kommunala avfallsanläggningar som har tillstånd att kompostera oljehaltiga avfall.

Tyvärr brukar det vara svårt att få den färdiga komposten absolut föroreningsfri. Den färdiga komposten kan därför inte användas hur som helst utan måste fortfarande hantleras med försiktighet.

Kompostering torde främst vara lämplig för organiska sorbenter där matrismaterialet kan brytas ned. I oorganiska sorbenter kan det vara svårare att få nedbrytning av den sorberade oljan.

Måste förorenad sorbent deponeras?

Deponering har varit en vanlig metod att bortskaffa avfall. Idag försöker statsmakterna försöka att på olika sätt minska omfattningen av deponering eftersom deponering bedöms vara ett miljömässigt dåligt sätt att ta hand om förorenade sorbenter. Det kommande förbudet att deponera organiskt avfall kommer att omfatta både organiska och oorganiska sorbenter, eftersom den sorberade substansen (i de flesta fall) är organisk.

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)
IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden
IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt
IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie. Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O.Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 8 598 563 00
Fax: +46 8 598 563 90

P.O.Box 470 86, SE-402 58 Göteborg
Dagjämningsgatan 1, Göteborg
Tel: +46 31 725 62 00
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult
Aneboda, Lammhult
Tel: +46 472 26 77 80
Fax: +46 472 26 77 90

www.ivl.se