

Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage

Anbefaling til første trin i en oprensningsindsats ved Kærgård Plantage

Marts 2007



Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage

Anbefaling til første trin i en oprensningsindsats ved Kærgård Plantage

Marts 2007

Forside foto: Viser undersøgelsesrende ud for grube 1 og 2, januar 2007.
Foto: Jørgen F. Christensen, Region Syddanmark

Dokument nr. 62113-a-20
Revision nr. 02
Udgivelsesdato 2. marts 2007

Indholdsfortegnelse

Arbejdsgruppens anbefalinger	2
1 Indledning	4
2 Arbejdsgruppens opgave	6
3 Gener og miljø- og sundhedsmæssige risici	7
4 Forureningssituationen	8
5 Teknisk beskrivelse af oprensningsindsats	12
5.1 Afgravning af jordforurening	12
5.2 Oprensning under grundvandspejlet	14
6 Effektvurdering	18
7 Økonomi og tidsplan	20
8 Referencer	22

Arbejdsgruppens anbefalinger

Arbejdsgruppen har taget udgangspunktet i, at et første trin i en indsats ved Kærgård Plantage, skal forbedre forholdene for ophold på stranden og i klitterne. Med dette udgangspunkt anbefaler gruppen, at det første trin i en indsats indeholder 3 elementer:

- Bortgravning af kraftig forurening ved grube 1 og 2 til max. ½ meter under grundvandsspejlet
- Teknologiudvikling, afprøvning, design og valg af metode for indsats over for kraftig forurening under grundvandsspejlet ved grube 1 og 2
- Indsats over for den kraftige forurening under grundvandsspejlet ved grube 1 og 2.

Anbefalingen begrundes i at risikoen ved ophold på stranden og i klitterne overvejende er knyttet til den del af forureningen som strømmer med grundvandet tæt på terræn. Undersøgelser har vist at de væsentligste forureningskomponenter i den overfladenære afstrømning er klorerede opløsningsmidler og kulbrinter. Netop disse stofgrupper findes i store mængder i og under grube 1 og 2. Samtidig ligger grube 1 og 2 tættest på stranden og havet og vil dermed være de gruber der giver det største bidrag til en afstrømning med grundvandet tæt ved terræn ud mod stranden.

Arbejdsgruppen har med afsæt i de tidligere forslag, drøftet hvilke teknikker der bør anvendes ved indsatsen. Gruppen er enig i at en afgravning med en efterfølgende ekstern behandling af det opgravede kraftigt forurenede sand er at foretrække. Gruppen er også enig i at en behandling af den kraftige forurening under grundvandsspejlet ved gruberne, bør ske ved anvendelse af kemisk oxidation eventuelt med efterbehandling bestående af stimuleret biologisk nedbrydning. Det er ikke muligt for gruppen med det nuværende vidensniveau at pege præcist på hvilket oxidationsmiddel og hvilket design der vil være at foretrække. Dermed er det heller ikke muligt endeligt at fastlægge effekt og tidsplan for denne del af indsatsen. Derfor anbefaler gruppen, at der igangsættes et teknologiudviklingsprojekt, hvor 3 forskellige behandlinger afprøves i et mindre område i grube 2. Efter afprøvningen vil det være muligt at designe en fuldskala oprensning.

Tidsplanen for gennemførelse af afgravningen ved grube 1 og 2 er afhængig af en række faktorer som f.eks.: udbud (både udbud til rådgiver og EU-udbud) indhentning af tilladelser, høring, projektering m.m. Miljøstyrelsen vurderer at opgravningen ved grube 1 og 2 kan gennemføres indenfor 9 måneder fra det tids-

punkt hvor der er opnået politisk enighed om gennemførelse af projektet. Region Syddanmark finder at en afgravning vil kunne gennemføres indenfor 12 måneder, fra det tidspunkt hvor der er opnået politisk enighed om projektets gennemførelse.

Der er to forhold som har betydning for at afgravningen bør foregå i efteråret. Det ene forhold er at grundvandsstanden varierer med ca. 1 meter afhængigt af årstiden. Derfor anbefaler arbejdsgruppen at afgravningen sker inden for perioden september til november måned, hvor grundvandsstanden er lavest. Gruppen vurderer at det vil være forbundet med ekstra omkostninger til grundvandssænkning, hvis arbejdet udføres udenfor denne periode. Hertil kommer at en lav grundvandsstand vil gøre det muligt at fjerne større mængder af forurening, da de meget vandførende lag gør det vanskeligt og omkostningstungt at sænke grundvandet. Det andet forhold er at en afgravning vil medføre kraftige lugtgener i et nærområde. For at minimere lugtgenerne anbefaler arbejdsgruppen ligeledes at afgravningen sker i efteråret.

Teknologiudviklingen bør først sættes i gang efter afgravningen. Sammensætningen af forureningen i de 6 gruber er så forskellig, at det langt er at foretrække at foretage afprøvning der, hvor den rent faktisk skal anvendes. Afprøvningen vil strække sig over 2 år.

Afhængigt af hvilke metoder der vælges til en fuldskalaoprensning under grundvandsspejlet ved grube 1 og 2 vil behandlingstiden variere fra 4 år eller mere.

I alt vil gennemførelsen af alle tre elementer i det første trin i en indsats strække sig over 8 år. Omkostninger til den første indsats skønnes at blive 52,5 mio. kr. excl. moms.

Effekten af indsatsen vil være, at der fjernes store mængder kemikalier fra området, primært klorerede opløsningsmidler og kulbrinter. Arbejdsgruppen skønner at der vil blive fjernet i størrelsesordenen 200 tons klorerede opløsningsmidler og 160 tons kulbrinter. Hertil kommer mindre mængder af de øvrige kemikalier.

Efter oprensningen vil ophold ved og over grube 1 og 2 kunne tillades. Oprensningen vil også have en positiv effekt på ophold på stranden, der vil dog gå nogen tid inden effekten slår fuldt igennem (10-20 år). Den positive effekt vil bestå i mindsket sundhedsmæssig risiko ved kontakt og indtagelse af forureningskomponenter og via afdampede forureningskomponenter. Arbejdsgruppen vurderer at indsatsen på sigt vil reducere lugtgenerne i området. Men indsatsen vil formentlig ikke helt kunne nedbringe lugtgenerne. Det skyldes at der fortsat vil afgasse svovlholdige og andre forbindelser fra den dybere liggende forurening. Indsatsen vil i mindre omfang have en effekt i forhold til havet.

1 Indledning

En fælles arbejdsgruppe mellem Ribe Amt og Miljøministeriet har udført omfattende undersøgelser af forureningen ved Kærgård Plantage i 2006. Undersøgelserne er afrapporteret med en række rapporter i november og december 2006. Resultaterne er sammenfattet i en samlerapport. Placering af Kærgård Plantage fremgår af figur 1.1.

Samlerapporten indeholder 5 scenarier, som er eksempler på, hvordan en oprensning ved Kærgård Plantage kan gribes an. De 5 scenarier tager udgangspunkt i en indsats over for den samlede forurening.

Samlerapporten peger på, at den nuværende viden gør det muligt at belyse økonomi og effekt for andre oprensningsscenarier f.eks. ud fra en konkret fastlæggelse og eventuel prioritering af målsætninger.

De opstillede scenarier udelukker ikke, at den faktiske gennemførelse af en indsats kan ske trinvis. Region Syddanmark har overtaget Ribe Amts ansvar for sagen ved årsskiftet. På foranledning af miljøminister Connie Hedegaard blev der den 16. januar 2007 afholdt et første møde mellem regionsrådsformand Carl Holst og miljøministeren. Mødet mellem miljøminister Connie Hedegaard (K) og regionsrådsformand Carl Holst (V) var starten på et politisk samarbejde om at løse forureningsproblemerne. Der var enighed om at nedsætte en fælles arbejdsgruppe, som skal arbejde videre med mulige løsninger i forhold til forureningssagen. Gruppen skal komme med konkret forslag til, hvordan man kommer i gang.



Figur 1.1 Oversigtskort der viser placering af Kærgård Plantage

2 Arbejdsgruppens opgave

Den nye tekniske arbejdsgruppe skal inden den 1. marts 2007 give en anbefaling til en oprensningsindsats på Kærgård Plantage. Det første trin skal være rettet mod at bedre forholdene for ophold på stranden og i klitterne. Gruppen skal udarbejde økonomioverslag og en tidsplan herfor.

Arbejdsgruppen består af Jette Skaarup Justesen og Preben Bruun fra Miljøstyrelsen samt Trine Korsgaard, Jørgen Fjeldsø Christensen og Mette Christoffersen fra Region Syddanmark. Region Syddanmark er projektleder og sekretariat for arbejdsgruppen. Arbejdsgruppen har fået teknisk bistand fra det rådgivende ingeniørfirma COWI A/S.

Grundlaget for gruppens anbefalinger i dette notat er at finde i 4 nye særskilte tekniske notater. De 4 notater omhandler:

- Undersøgelser af terrænnær forurening på stranden
- Afgrænsning af forurening ved grube 1 og 2
- Opgravning af grube 1 og 2 - skitseprojekt
- Oprensning under grundvandsspejlet i grube 1 og 2 – afværgeprogram med forslag til teknologiudviklingsprojekt (pilotforsøg)

De 4 nye tekniske notater samt tidligere rapporter herunder samlerapporten kan hentes fra:

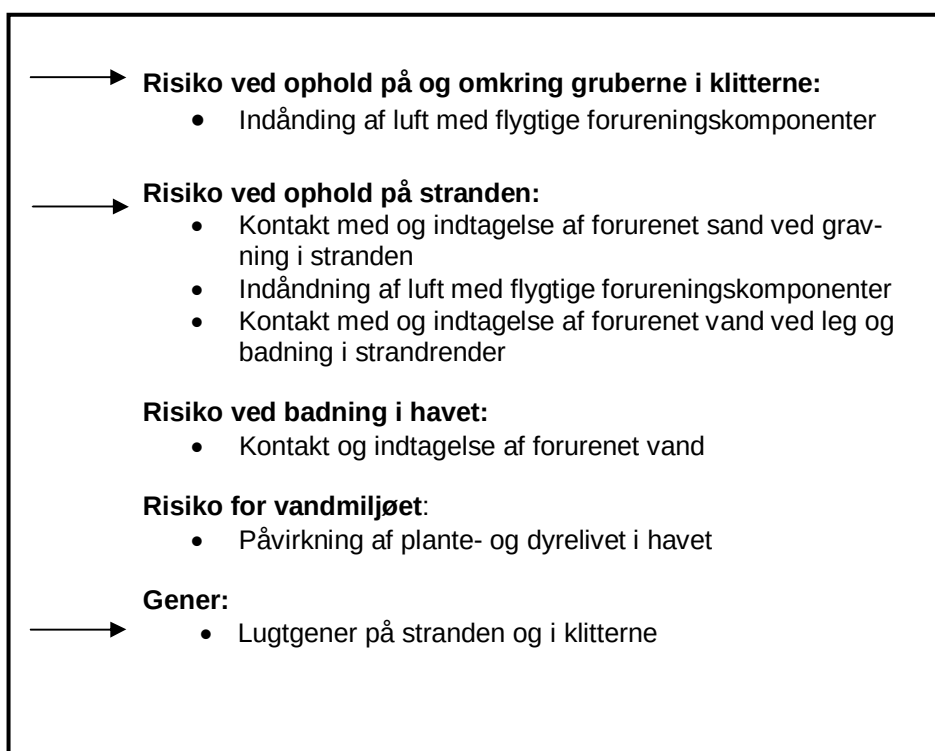
www.mst.dk

www.regionsyddanmark.dk/jordforurening

Dette notat samler arbejdsgruppens anbefalinger og er det tekniske grundlag for politisk beslutning i forhold til det første trin i en oprensningsindsats.

3 Gener og miljø- og sundhedsmæssige risici

Gener og miljø- og sundhedsmæssige risici ved forureningen i Kærgård Plantage er vist i figur 3.1.



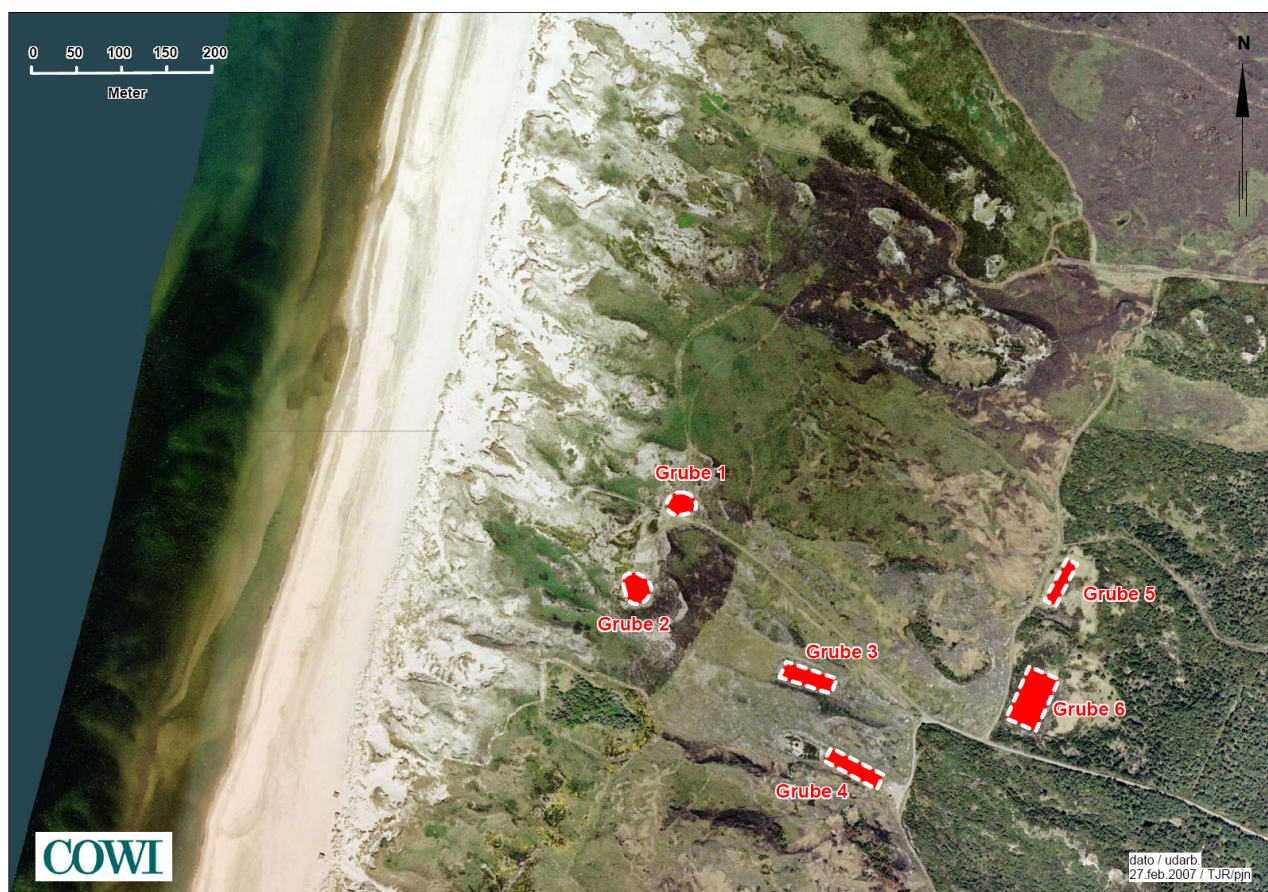
Figur 3.1 Gener og miljø- og sundhedsmæssige risici ved Kærgård Plantage

Efter anbefaling fra embedslægen er de sundhedsmæssige risici på stranden og i klitterne i dag håndteret ved opsætning af skilte. Skiltene fraråder badning og ophold.

Pilene i figur 1 viser de sundhedsmæssige risici, som det første trin i indsatsen primært er rettet mod. Indsatsen vil også i mindre omfang have en effekt over for de øvrige risici.

4 Forureningssituationen

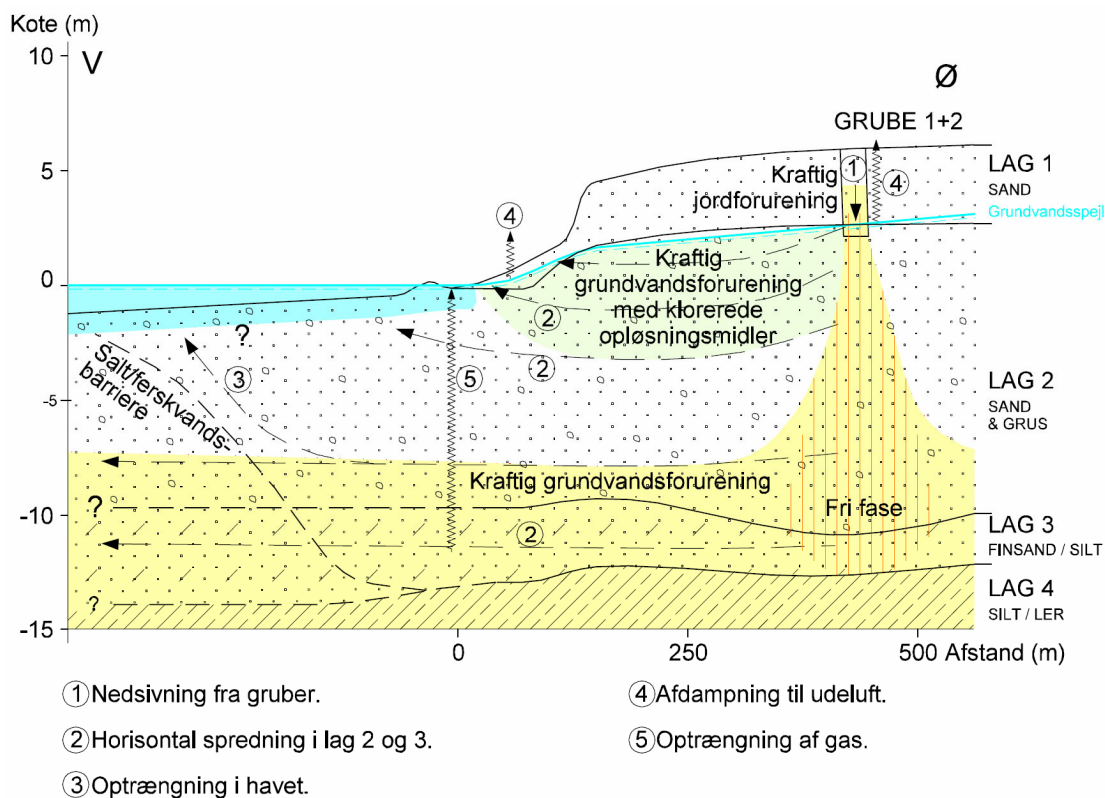
Forureningen i Kærgård Plantage er knyttet til 6 gruber, hvor det daværende Grindstedværk deponerede spildevand i en periode fra 1956-1973. Placering af gruberne fremgår af figur 4.1.



Figur 4.1 Placering af gruberne

Undersøgelserne viser, at spredningen af forureningen fra gruberne til havet sker i grundvandet inden for en zone på ca. 800 meter langs med kysten. Spredningen er koncentreret i den centrale del af denne zone og foregår især i jordlag, der ligger ca. 10 – 25 meter under terræn. Enkelte steder sker spredningen dog i større dybder, og for nogle stoffer (klorerede opløsningsmidler) finder der også en væsentlig terrænnær spredning sted. Figur 4.2 viser de væsentligste spredningsveje

for forureningen fra grubeområdet til Vesterhavet. For en mere uddybende beskrivelse af forureningsforholdene henvises til /1/ og /2/.



Figur 4.2 viser en principskitse af de geologiske forhold og de væsentligste spredningsveje for forureningen fra grube 1 og 2 til strandområdet

Det vurderes, at de klorerede opløsningsmidler er nogle af de mest kritiske stoffer mht. sundhedsmæssige forhold. Det skyldes, at disse stoffer i modsætning til de andre forureningskomponenter også findes i høje koncentrationer helt terrænnært i grundvandet og at de er mistænkt for at være kræftfremkaldende. Desuden er disse stoffer flygtige, hvilket bevirker, at de også er problematiske mht. af-dampning (se afsnit 3). Sulfonamiderne er også problematiske, da visse dele af befolkningen kan udvikle en allergisk reaktion ved kontakt med disse stoffer. I modsætning til de klorerede opløsningsmidler findes sulfonamiderne hovedsageligt dybere nede i grundvandsmagasinet, og de er ikke flygtige. Det betyder, at sulfonamiderne ikke udgør nogen væsentlig risiko over for ophold på stranden eller i klitterne (gruberne).

De øvrige stoffer (fx kulbrinter og anilin) kan også være kritiske men i noget mindre grad end de klorerede opløsningsmidler.

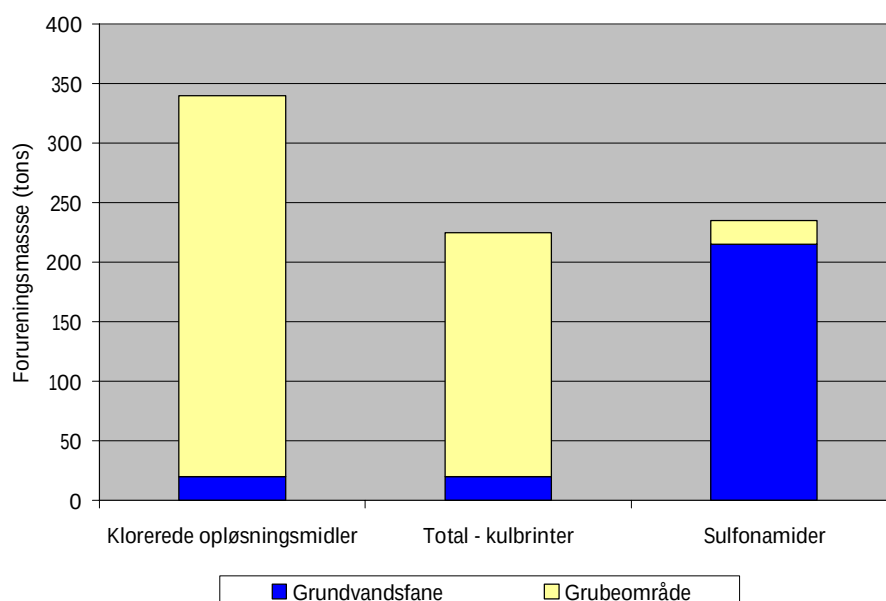
Forureningsmasse

Tabel 4.1 viser et overslag over den samlede forureningsmasse for klorerede opløsningsmidler, kulbrinter, sulfonamider og uspecificerede organiske forureningskomponenter – sidstnævnte er repræsenteret i parameteren "NVOC". Det ses, at der er meget store mængder af både sulfonamider og klorerede opløsningsmidler.

Tabel 2.1 Skønnet forureningsmasse for klorerede opløsningsmidler, kulbrinter, sulfonamider og NVOC

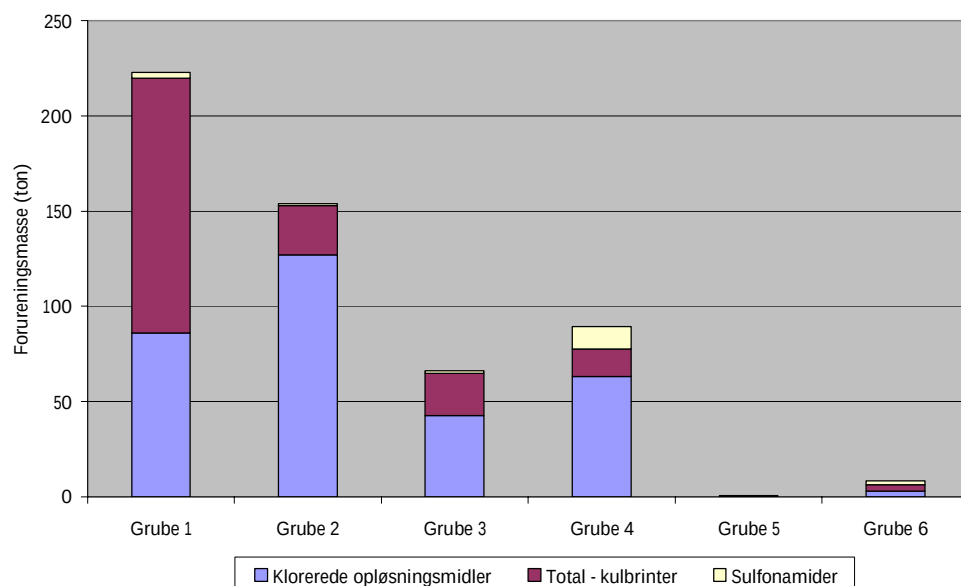
Stofgruppe	Samlet forureningsmasse (tons)
Klorerede opløsningsmidler	ca. 340
Kulbrinter (total)	ca. 225
Sulfonamider	ca. 230
NVOC	>1.600

Figur 4.3 viser hvorledes forureningsmassen er fordelt mellem grubeområdet og grundvandsfanen. Det ses, at de klorerede opløsningsmidler og kulbrinter primært findes ved selve gruberne, hvor næsten 95 % af den samlede forureningsmasse findes. Derimod er de vandopløselige sulfonamider udvasket fra gruberne og findes spredt i et meget stort område i grundvandszonen uden for grubeområdet. Kun ca. 5 % af sulfonamiderne findes således i selve grubeområdet. Den samme tendens er gældende for de øvrige vandopløselige stoffer som anilin og barbiturater.



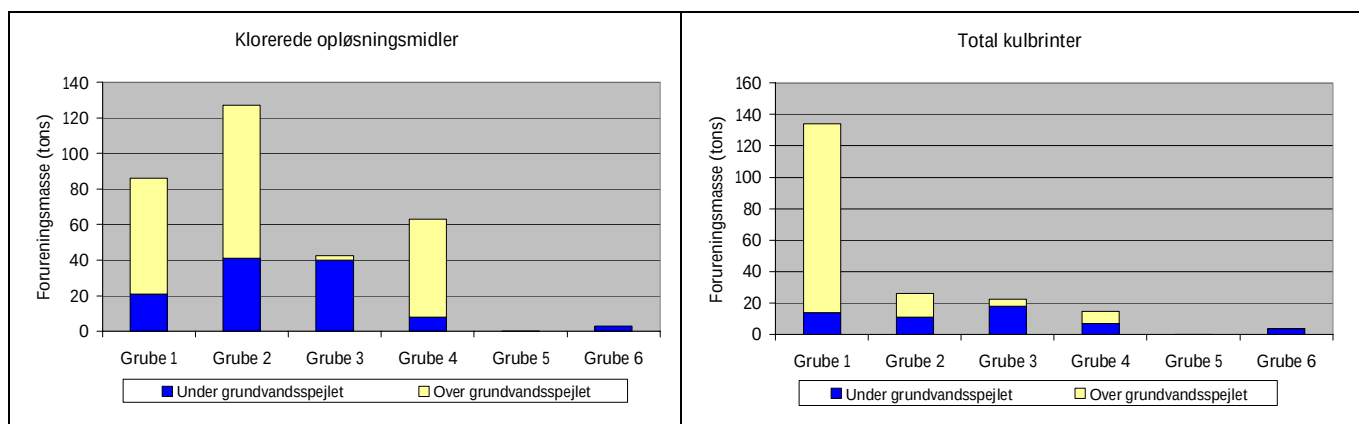
Figur 4.3 Fordeling af forureningsmassen for klorerede opløsningsmidler, kulbrinter og sulfonamider i grubeområdet og i grundvandsfanen.

Figur 4.4 viser, hvorledes forureningsmassen for klorerede opløsningsmidler, kulbrinter og sulfonamider er fordelt mellem de 6 gruber. Det ses, at den største masse for klorerede opløsningsmidler og kulbrinter findes ved grube 1 og 2. Ved grube 3 og 4 findes der også en væsentlig forureningsmasse, mens forureningsmassen ved grube 5 og 6 er lille.



Figur 4.4 Fordeling af forureningsmassen for klorerede opløsningsmidler, kulbrinter og sulfonamider mellem de 6 gruber. De angivne mængder omfatter både forurening over og under grundvandsspejlet.

Figur 4.5 viser fordelingen af forureningsmassen for klorerede opløsningsmidler og kulbrinter over og under grundvandsspejlet. For grube 1, 2 og 3 ses, at mindst 50 % af massen findes over grundvandsspejlet. Ved grube 3 findes den største forureningsmasse under grundvandsspejlet.



Figur 4.5 Fordeling af forureningsmasse ved de 6 gruber for klorerede opløsningsmidler og kulbrinter over og under grundvandsspejlet. Forureningsmasse under grundvandsspejlet omfatter både lag 2 og 3, men det vurderes at 90 % af massen findes i lag 2

5 Teknisk beskrivelse af oprensningsindsats

Arbejdsgruppens anbefalinger til første trin i en oprensningsindsats ses af tabel 5.1. Løsningen omfatter afgravning af grube 1 og 2 samt oprensning af den kraftigste forurening i lag 2 (øverste grundvand) under de to gruber. Grube 1 og 2 er valgt, da disse to gruber bidrager til den største forureningspåvirkning på stranden. Det skyldes, at den største forurening med fx klorerede opløsningsmidler og kulbrinter findes i disse to gruber (se afsnit 4) samt at de to gruber ligger tættest på havet. Oprensningen omfatter ikke nogen oprensning af lag 3 (starter ca. 16 m u.t.), da lag 2 vurderes at udgøre den største risiko mod ophold på stranden og ved de 2 gruber.

Tabel 5.1 Afværgeforanstaltninger for første trin i en oprensningsindsats

Afværgemetode	Formål
1. Afgravning af den kraftigste jordforurening i grube 1 og 2 ned til ca. 3,5 m's dybde	Fjernelse af forurening med især klorerede opløsningsmidler, men også fjernelse af øvrige forureningskomponenter, herunder store mængder af kulbrinter
2. Oprensning af den kraftigste forurening under grundvandsspejlet i grube 1 og 2 i lag 2	Fjernelse af især forurening med klorerede opløsningsmidler i lag 2, men evt. også fjernelse af øvrige forureningskomponenter fx kulbrinter

5.1 Afgravning af jordforurening

Afgravning af den kraftigste forurening i selve gruberne er relevant, idet der herved kan fjernes relativ stor forureningsmasse pr. anvendt krone. Den kraftigste forurening i gruberne er generelt knyttet til slamlaget, som har en tykkelse på ca. 0,5 - 1,5 m. Afgravningsløsningen er belyst ved et skitseprojekt (se /3/).

Teknisk beskrivelse

Der foretages indledningsvist afgravning af lettere forurenede overjord i de 2 gruber (1,5 - 2 m u.t.), som lægges i mellemdeponi for senere genindbygning. Herefter foretages afgravning af den kraftigste jordforurening ned til 3 - 3,5 m u.t. Jorden køres bort til en godkendt jordmodtager, som renser og slutdisponerer jorden enten i Danmark eller i udlandet. Udgravningen genfyldes med rene sandmaterialer og med genindbygning af lettere forurenede jord i bunden af udgravningen.

Tabel 5.2 viser et overslag over forventede jordmængder med kraftig forurening, som skal renses, og med svag forurening, som skal genindbygges. Den lettere forurenede jord vurderes overvejende at være forurennet med afdampningsprodukter fra den dybere forurening.

Tabel 5.2 Overslag over kraftigt forurennet jord i gruber i den umættede zone

Grube	Areal (m ²)	Maksimal gravedybde (m u.t.)	Jord som skal renses (tons)	Lettere forurennet jord som genindbygges (tons)
1	600	ca. 3,5	1.700 - 2.200	ca. 2.200 - 2.700
2	800	ca. 3,5	2.900 - 3.600	Ca. 2.200 - 2.700
Sum			4.600 - 5.800	4.400 - 5.400

Da noget af slamlaget findes under grundvandsspejlet, vil det være nødvendigt at sænke grundvandet i grube 1 og evt. også i grube 2 afhængig af, hvilken tid på året oprensningen gennemføres. Foreløbige overslagsberegninger viser, at der til en grundvandsenkning på 1 m skal oppumpes i størrelsesordenen 35 - 100 m³/time - der er således tale om betydende grundvandsmængder. Det anbefales derfor at gennemføre afgravningen i en periode med lavt grundvandsspejl dvs. i september - november. Et andet forhold er at en afgravning vil medføre kraftige lugtgener i et nærområde. For at minimere lugtgenerne anbefaler arbejdsgruppen ligeledes at afgravningen sker i en kold periode (efteråret). Mht. grundvandsenkning forventes det, at der skal udføres en delvis rensning af det oppumpede grundvand gennem kulfilter.

Det vurderes, at afgravning af den kraftigste jordforurening under gruberne vil fjerne mindst 95 % af forureningsmassen i den umættede zone ved grube 1 og 2. Forureningen i den lettere forurenede overjord, som genindbygges, vurderes at indeholde under 50 kg klorerede opløsningsmidler, hvilket er minimalt i forhold til indholdet i den jord, der renses.

Forventet oprensningstid

Det vurderes, at den samlede oprensningstid vil være mellem 9 og 12 måneder. Dette omfatter indhentning af nødvendige tilladelser, detailprojektering, EU-udbud af opgaven, entreprenørarbejde med afgravning og retablering. Miljøstyrelsen vurderer, at opgravningen ved grube 1 og 2 kan gennemføres indenfor 9 måneder fra det tidspunkt hvor der er opnået politisk enighed om gennemførelse af projektet. Region Syddanmark finder at en afgravning vil kunne gennemføres indenfor 12 måneder, fra det tidspunkt hvor der er opnået politisk enighed om projektets gennemførelse. Det bemærkes, at hvis oprensningen tager 12 måneder anbefales det, at oprensningen først sker i efteråret 2008.

Økonomi

Omkostninger til afgravningsløsningen vurderes at være maksimalt 15 mio. kr excl. moms. Forudsætningerne for økonomioverslag fremgår af /3/. De største usikkerheder på omkostningerne er priser for jordbehandling og krav til vandrensning af grundvand ved grundvandsenkning.

5.2 Oprensning under grundvandspejlet

Laboratorieforsøgene i /5/ viste, at kemisk oxidation med kaliumpermanganat og Fentons Reagens er potentielle metoder til oprensning af forureningen under grundvandsspejlet, men det blev også anført i /5/, at andre metoder kan være relevante (fx termiske og biologiske metoder).

Efter en nærmere gennemgang af ovennævnte afværget metoder (se /4/) har arbejdsgruppen udpeget 3 metoder, som vurderes at være de mest cost-effektive metoder for en oprensning under grundvandsspejlet, se tabel 5.3. Det har ikke været muligt med det nuværende vidensgrundlag at anbefale én metode frem for andre, da alle metoder har deres fordele og ulemper. I dette kapitel gennemgås de væsentligste forhold omkring de udpegede metoder. Arbejdsgruppen har også overvejet termiske og rene biologiske metoder. Termiske metoder er i første omgang fravalgt, fordi de er noget dyrere end kemisk oxidation og rene biologiske metoder er fravalgt, da de ikke så effektive mod den samlede forurening.

Der er stadig en vis usikkerhed over metodernes effektivitet over for den meget komplicerede forureningssammensætning i grundvandet, og arbejdsgruppen anbefaler derfor, at der forud for en fuldskalaoprensning laves pilotforsøg i felten (teknologiudviklingsforsøg) med de 3 metoder for at kunne udvælge den mest cost-effektive metode.

Tabel 5.3 Udpegede metoder til oprensning af lag 2 (mættet zone) under grube 1 og 2

Metode	Beskrivelse	Vidensniveau
1. Kemisk oxidation med kaliumpermanganat	Vil omfatte tilsætning af kaliumpermanganat under grundvandspejlet for kemisk at nedbryde forureningen. Løsningen kan både ske ved et passivt system dvs. med periodevis injektion af kaliumpermanganat eller som et aktivt system med op-pumpning, blanding med permanganat og reinjektion i det forurenede område	Der er udført laboratorieforsøg med metoden. Der bør udføres teknologiudviklingsforsøg (pilotforsøg) inden en evt. fuldskalaoprensning
2. Kemisk oxidation med Fentons Reagens	Vil omfatte tilsætning af brintoverilte og katalysator (Modificeret Fentons) under grundvandsspejlet for kemisk at nedbryde forureningen. Tilsætning af kemikalier sker ved et passivt system dvs. med periodevis injektion af kemikalier i det forurenede område	Som metode 1
3. Kemisk oxidation med Fentons Reagens kombineret med biologisk nedbrydning af klorerede opløsningsmidler	Som metode 2, men med færre injektioner af iltningsmiddel. I stedet stimuleres den biologiske nedbrydning af klorerede opløsningsmidler efter afslutning af den kemiske oxidation. Tidspunkt for skiftet mellem kemisk oxidation og biologisk omsætning baseres på en cost-effektiv vurdering	Som metode 1 og 2

Forudsætninger

Indsatsområdet for oprensning er det område under grundvandsspejlet hvor der forekommer fri fase med klorerede opløsningsmidler i lag 2. Dette indsatsområde medtager også den væsentligste forurening med kulbrinter og en vis del af de mere vandopløselige stoffer, fx sulfonamider, anilin og barbiturater (hovedsageligt i bund af lag 2). I tabel 5.4 er det forventede volumen af indsatsområdet angivet. Det skal bemærkes, at der er tale om et groft overslag, da forureningen i

gruberne ikke er kortlagt i detaljer. Det vurderes dog, at størrelsesordenen af det beregnede jordvolumen i den mættede zone er rimelig.

Tabel 5.4. overslag over jordvolumen med fri fase af PCE i lag 2

Grube	Areal af grube (m ²)	Skønnet areal med forekomst af fri fase (m ²)	Maksimal behandlingsdybde m u.t.	Skønnet jordmængde med fri fase (m ³)
1	600	ca. 900	Ca. 16	ca. 11.000
2	800	ca. 1.200	Ca. 15	ca. 12.000
Sum	1.400	2.100	15 - 16	ca. 23.000

De geologiske forhold i lag 2 er sand med vekslende kornstørrelse (fin - grovkornet/gruset/stenet), hvilket er gunstige for alle de beskrevne metoder i tabel 3.5.

Hvad kan oprenses

Tabel 5.5 viser vores vurdering af hvilke stoffer, som kan oprenses i grube 1 og 2 ved de 3 metoder. Det fremgår at Fentons og Fentons kombination med biologisk oprensning er den mest effektive over for den specielle forureningssammensætning i gruberne.

Tabel 5.5 Oversigt over forureningskomponenter som oprenses ved de forskellige metoder

Metode	Stoffer som kan oprenses	Stoffer som vanskeligt kan oprenses
1. Kaliumpermanganat	Metoden kan effektivt behandle de fleste sulfonamider, klorerede opløsningsmidler, toluen, anilin og phenol. Metoden kan også nedbryde residual fri fase af klorerede opløsningsmidler i jorden	Diklormethan ²⁾ , kloroform ¹⁾ , nogle barbiturater, benzen
2. Fentons Reagens	Metoden kan effektivt behandle de væsentligste stoffer i kildeområde, herunder sulfonamider, klorerede opløsningsmidler, anilin, barbiturater, kulbrinter, phenol mm. Metoden er mere effektiv og kan nedbryde flere forureningskomponenter end permanganat. Metoden kan også nedbryde fri fase af klorerede opløsningsmidler i jorden	Diklormethan ²⁾ , kloroform ¹⁾
3. Fentons reagens + biologisk	Som metode 2. Den biologiske metode oprenser alle klorerede opløsningsmidler (også diklormethan) undtagen kloroform	Kloroform ¹⁾

1): findes ikke i høje koncentrationer, så denne komponent er ikke væsentlig

2): findes ikke i så høje koncentrationer i lag 2, så ikke en væsentlig komponent i lag 2 eller på stranden

5.2.1 Fordele og ulemper ved metoderne

Tabel 5.6 viser de væsentligste fordele og ulemper ved metoderne.

Tabel 5.6 Fordele og ulemper ved metoderne

Metode	Fordele	Ulemper
1. Kaliumpermanganat	- Meget stabilt og kan holde i måneder i jord og grundvand - Permanganat er nemt at håndtere i felten - Der kan anvendes både et passivt og aktivt system - Metoden er efterhånden veldokumenteret også i Danmark, dog ikke mht. fri fase oprensning	- Ikke så bredspektret over for forureningskomponenter som Fentons Reagens - Der kan ske udfældning med MnO_2, hvilket kan nedsætte jordens permeabilitet og vanskeliggøre fri fase oprensning - De reducerende forhold og høje forureningsindhold medfører, at der skal anvendes en stor mængde af permanganat - ændrer redoxforhold og giver manganudfældninger, som hæmmer den naturlige nedbrydning af klorerede opløsningsmidler
2. Fentons Reagens	- Iltningsmiddel er billigt og nemt at fremskaffe. - Meget bredspektret over for forureningskomponenterne i grube 1 og 2 - Stor erfaring med metoden i Nordamerika - Kan kombineres med biologisk oprensning af klorerede opløsningsmidler, som kan være en mere cost-effektiv løsning	- Mest egnet ved lave pH uden stort indhold af kalk og bicarbonat i grundvandszonen. I grube 1 og 2 er det nødvendigt at bruge Modificeret Fentons med specielle katalysatorer pga. neutral pH område - Gas- og varmedannelse kan medføre afdampning af forureningsstoffer - kun kort levetid af iltningsmiddel medfører lille influensradius og kræver flere behandlinger - Ændrer redoxforhold, så den naturlige nedbrydning af klorerede opløsningsmidler reduceres
3. Fentons reagens + biologisk	Som metode 2, herudover: - Stimulerer den naturlige biologiske omsætning af klorerede opløsningsmidler, som allerede sker på lokaliteten - Ændrer redoxforholdene, som er gunstige for nedbrydning af klorerede opløsningsmidler - Sandsynligvis cost effektiv i forhold til kemisk oxidation alene - Oprenses også diklormethan	Som metode 2, herudover: - Ændrer redoxforhold, så den naturlige nedbrydning af fx kulbrinter, anilin m.fl. reduceres. Dette vurderes dog ikke som et væsentligt problem, da det vil være de klorerede opløsningsmidler som er mest kritiske

5.2.2 Teknologiudvikling (pilotforsøg)

På grund af den helt unikke forureningssammensætning er der ikke nogen feltefaringer med de udpegede metoder på lignende lokalitet - hverken i Danmark eller i udlandet. Arbejdsgruppen foreslår derfor, at der forud for en fuldskalaoprensning, udføres teknologiudviklingsprojekt med forsøg i felten i mindre skala (pilotforsøg). Forsøgene skal anvendes til at vurdere hvilken metode som er den mest cost-effektive samt anvendes til at designe en fuldskalaoprensning under grube 1 og 2 og evt. efterfølgende i de øvrige gruber. Da de 3 udpegede metoder vurderes at være relevante, foreslår arbejdsgruppen, at der udføres feltforsøg med alle 3 metoder.

Som udgangspunkt vil det være det mest optimale at udføre feltforsøgene under grube 1 og 2.

Feltforsøgene udføres i 3 forskellige testområder, hver med et areal på ca. 50 - 100 m². Det samlede forsøgsareal vil være ca. 250 m². Til sammenligning er arealet af grube 1 og 2 ca. 1.400 m². For at minimere udgifterne udføres forsøgene kun i den øverste del af lag 2 fra ca. 3,5 - 8 m u.t. Det bemærkes, at det også er den øverste del af lag 2 som udgør den største påvirkning på stranden. I forbindelse med teknologiudviklingen skal der etableres borer til tilsætning af kemikalier og til udtagning af både jord- og vandprøver til påvisning af oprensningseffekt. I /4/ er der en mere uddybende beskrivelse af feltforsøgene. Det bemærkes, at feltforsøgene vil medføre en vis oprensning af både grube 1 og 2, idet forsøgsarealet udgør ca. 20 % af det samlede areal. Forsøgene vil dog kun omfatte den øverste halvdel af lag 2.

5.2.3 Økonomi og oprensningstid

Tabel 5.7 viser økonomioverslag for de 3 metoder opdelt med teknologiudviklingsprojekt (pilotforsøg) og fuldskalaoprensning. Mht. omkostninger for fuldskalaoprensning er der tale om overslagspriser, idet væsentlige forudsætninger ikke kendes endnu (fx størrelse af indsatsområde og metoderne effektivitet i det specielle miljø).

Tabel 5.7 Overslag over omkostninger til oprensning af lag 2. Alle beløb er i kr. excl moms.

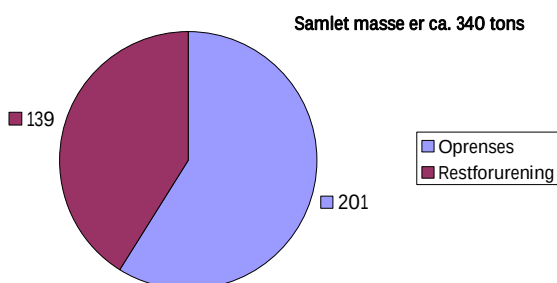
Metode	Teknologiudviklingsprojekt		Fuldskalaoprensning	
	Omkostninger	Forsøgsperiode	Omkostninger	Tid for oprensning
1. Kaliumpermanganat	ca. 5,5 mio. kr	ca. 2 år	22- 32 mio. kr	ca. 6 - 8 år
2. Fentons			22- 32 mio. kr	ca. 4 - 5 år
3. Fentons + biologisk			18- 28 mio. kr	> 5 år

6 Effektvurdering

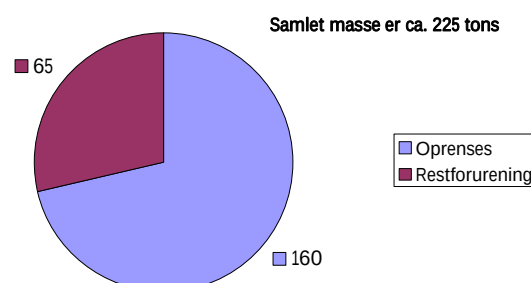
Massefjernelse

Ved en gennemførelse af første trin vil der ske en markant massefjernelse på 60 % af klorerede opløsningsmidler og ca. 70 % af totalkulbrinter af den totale mængde både over og under grundvandspejlet (se figur 6.1). Massefjernelse af kulbrinter vil dog afhænge af den valgte metode i lag 2. Ved permanganat vil der således kun ske en delvis oprensning, mens Fentons Reagens er mere effektiv mod kulbrinter. Ved beregning af massefjernelsen under grundvandsspejlet er det forudsat at 80 % af massen af klorerede opløsningsmidler og kulbrinter oprenses. For de mere vandopløselige stoffer som sulfonamider er massefjernelsen at være meget lille (ca. 1 %). Det samme er gældende for barbiturater og anilin.

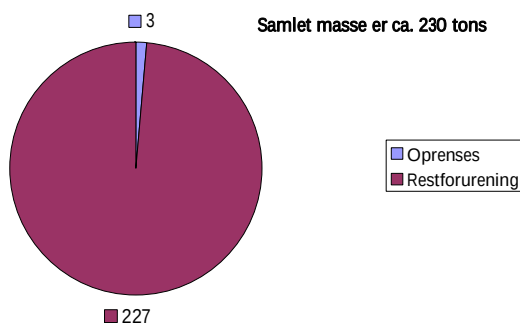
Oprensning af klorerede opløsningsmidler (tons)



Oprensning af kulbrinter (tons)



Oprensning af sulfonamider (tons)



Figur 6.1 Skøn over massefjernelse ved første trin af en oprensningsindsats

Effekt ved afværge

Ved den foreslåede oprensning vurderes det, at der vil være en positiv effekt ved ophold på strandområdet, men der vil sandsynligvis gå relativt lang tid (formentlig 10-20 år), da der stadig er forurening i mættet zone neden for gruberne, som først skal udvaskes. Der vil være en stor effekt ved ophold ved grube 1 og 2. Derimod vurderes der ikke at være den store effekt i forhold til badning eller plante- og dyreliv i havet, da oprensningen ikke medfører nogen betydende fjernelse af sulfonamider.

Tabel 6.1 Vurdering af effekt ved afværge

Sundhedsmæssige og æstetiske konflikter	Kritiske stoffer	Effekt
Kontakt med forurening ved ophold på stranden (afdamning af flygtige stoffer, kontakt med forurennet grundvand og sand)	Hovedsageligt klorerede opløsningsmidler og kulbrinter og evt. medicinske stoffer som sulfonamider og barbiturater	Der forventes på sigt at ske et fald i forureningsindholdet ved strand/havstok med klorerede opløsningsmidler og kulbrinter. Der vil dog gå relativt lang tid (formentlig 10-20 år), da der stadig er forurening i mættet zone neden for gruberne, som først skal udvaskes
Kontakt med og indtagelse af forurennet vand ved leg og badning i strandrender	Kritiske stoffer er som ovenfor	Effekt og tidshorisont er som ovenfor
Indånding af flygtige stoffer ved ophold ved gruber	Primært klorerede opløsningsmidler (PCE og i mindre grad TCE, c-DCE), men også benzen, toluen, totalkulbrinter	Sammen med opgravning af gruber vil de væsentligste afdampningsproblemer i grube 1 og 2 blive løst. Der vil stadig være kraftig afdampning fra grube 3 og 4 så der stadig vil være et område i klitterne, hvor der skal skiltes
Kontakt med forurening ved badning fra kysten	Hovedsageligt sulfastoffer, men sandsynligvis også andre forureningskomponenter	Sandsynligvis kun lille effekt på kontakt ved badning, da der ikke sker nogen betydende oprensning af sulfonamider. Tidshorisonten er som anført ovenfor
Lugtgener	Mercaptaner, svovlbrinte og andre komponenter som lugter	Sandsynligvis kun lille effekt på lugtproblemer ved stranden, men det er vanskeligt at vurdere. Der laves tætning af borer, så lugtgener herfra mindskes

7 Økonomi og tidsplan

Tabel 7.1 giver en oversigt for omkostninger for første trin i en oprensningsindsats.

For afgravningsløsningen er metodevalg, økonomioverslag og tidsforløbet godt belyst. For oprensning i en mættede zone lag 2 er der endnu ikke foretaget et metodevalg, hvorfor der er større usikkerhed mht. omkostninger og tidsforløb.

Tabel 7.1 Omkostninger for første trin af en oprensningsindsats. Alle beløb er i kr. excl. moms.

Aktivitet	Omkostninger	Tidsperiode
1. Afgravning af jordforurening	ca. 15 mio. kr	9 - 12 måneder **
2. Teknologiudviklingsforsøg (pilotforsøg) under grundvandspejlet	ca. 5,5 mio. kr	ca. 2 år
3. Oprensning under grundvandspejlet	32 mio. kr *	mere end 4 år *
Samlet	52,5 mio. kr.	mere end 7 år

*: afhænger af metode og om der skal søges en VVM-tilladelse

** : Miljøstyrelsen vurderer, at opgravningen ved grube 1 og 2 kan gennemføres indenfor 9 måneder fra det tidspunkt hvor der er opnået politisk enighed om gennemførelse af projektet. Region Syddanmark finder at en afgravning vil kunne gennemføres indenfor 12 måneder, fra det tidspunkt hvor der er opnået politisk enighed om projektets gennemførelse

Tabel 7.2 viser fordeling af udgifter (budgetplan) over den forventede oprensningstid.

Tabel 7.2 Overslag over udgifter for. For oprensning i lag 2 er der forudsat kemisk oxidation med permanganat. Alle beløb i kr. excl. moms (2007 niveau)

Aktivitet	Behandlingsudgifter over 8 år (mio. kr. excl. moms)								
	år 1	år 2	år 3	år 4	år 5	år 6	år 7	år 8	Sum
1. Afgravning af jordforurening	15								15
2. Teknologiudviklingsforsøg (pilotforsøg) under grundvandspejlet		3	2,5						5,5
3. Oprensning under grundvandspejlet *		2 **	0,5	9	6	6	4	4,5	32
Sum	15	5	3	9	6	6	4	4,5	52,5

*: Der er taget udgangspunkt i oprensning med permanganat

** : etablering af strøm, vand og skurbygning. Denne post kan evt. også etableres i år 1 sammen med afgravningsløsningen

8 Referencer

/1/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Samlerapport. Rapport udarbejdet af COWI A/S i samarbejde med Arbejdsgruppen, nov. 2006.

/2/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 1. Jord- og grundvandsforurening ved Kærgård Plantage. Rapport udarbejdet af COWI A/S, Danmarks tekniske Universitet - Institut for Miljø & Ressourcer, nov. 2006.

/3/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage. Skitseprojekt af afgravning af grube 1 og 2. Rapport udarbejdet af COWI A/S, feb. 2007.

/4/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage. Afværgeprogram af oprensning af lag2 (mættet zone). Rapport udarbejdet af COWI A/S, feb. 2007

/5/: Arbejdsgruppen vedrørende Kærgård Plantage: Delrapport nr. 4. Laboratory Treatability Tests of Chemical Oxidation and Bioremediation Technologies for Groundwater Remediation. Rapport udarbejdet af GeoSyntec Consultants, Danmarks tekniske Universitet - Institut for Miljø & Ressourcer og COWI A/S, nov. 2006.