

Region Hovedstaden, Videncenter for Jordforurening og Miljøstyrelsen.

RemS

Beslutningsstøtteværktøj for valg af afværgestrategi overfor jord- og grundvandsforureninger.

Remediation Strategy for Soil and Groundwater Pollution – RemS.

RemS er udarbejdet af NIRAS i samarbejde med Gitte Lemming, DTU Miljø.

Version 1.8. Juni 2010.

Indhold

FORORD	4
SAMMENFATNING	5
SUMMARY	7
1 INDLEDNING	9
1.1 HVORFOR REMS?	9
1.2 EKSEMPEL PÅ ANVENDELSEN AF REMS	9
1.2.1 <i>Case</i>	9
2 BRUGERVEJLEDNING	11
2.1 INTRODUKTION (ARK 0)	11
2.2 SAMMENFATNING (ARK 1)	12
2.2.1 <i>Overblik over beslutningsparametre</i>	12
2.2.2 <i>Tildeling og vægtning af scorer på beslutningsparametre</i>	13
2.3 FORURENINGSBESKRIVELSE (ARK 2)	14
2.4 AFVÆRGESTRATEGIER (ARK 3)	18
2.5 LCA-INDDATA (ARK 4)	21
2.6 LCA-RESULTATER (ARK 5)	22
2.7 CARBON-FOOTPRINT (ARK 6)	25
2.8 OMKOSTNINGER (ARK 7)	26
2.8.1 <i>Nutidsværdiberegning</i>	28
2.8.2 <i>Successiv kalkulation</i>	28
2.9 TIDSPLAN (ARK 8)	30
2.10 SKJULTE ARK	31
3 INDDATA TIL REMS	32
3.1 INTROARK	32
3.2 FORURENINGSBESKRIVELSE	32
3.3 AFVÆRGESTRATEGIER	33
3.4 LCA-INDDATA	33
3.5 OMKOSTNINGER	33
3.6 TIDSPLAN	34
4 REFERENCER	35

BILAG

- Bilag A

Print af LCA rapport

Tilknyttede regneark:

- RemS_Dataindsamling_LCA
- RemS_Eksempel
- RemS_Version_1.8

Forord

Region Hovedstaden, Videncenter for Jordforurening og Miljøstyrelsen har foranlediget, at der er udviklet et beslutningsstøtteværktøj (RemS) for valg af afværgestrategi over for jord- og grundvandsforureninger.

Det foreliggende beslutningsstøtteværktøj sammenstiller forventninger til oprensningseffektivitet, miljømæssige påvirkninger, omkostninger og tid og kan anvendes som støtte for valg og kombination af afværgeteknikker over for jord- og grundvandsforurening på en given lokalitet.

Målgruppen for værktøjet er medarbejdere hos såvel regionerne som de rådgivere, der er knyttet til planlægning, projektering og udførelse af afværgeprojekter. Det er hensigten at resultaterne fra brugen af værktøjet skal kunne anvendes som dokumentation for anbefalinger i planlægnings- og projekteringsfaserne og som sådan også indgå som grundlag for den politiske beslutningsproces hos regionerne.

REMS er udarbejdet af Klaus Weber og Nils Wodschow fra NIRAS med bistand fra Gitte Lemming fra DTU. Arbejdet er udført i perioden august 2008 til juni 2009 og har været fulgt af en følgegruppe bestående af:

- Ole Kiilerich, Miljøstyrelsen,
- Christian Munk Andersen, Videncenter for Jordforurening,
- Kim Sørensen, Region Hovedstaden
- Carsten Bagge Jensen, Region Hovedstaden
- Mads Terkelsen, Region Hovedstaden,
- Martin Christian Stærmosé, Region Sjælland,
- Jesper Bach Simensen, Region Nordjylland,
- Helle Lisbeth Larsson, Region Midtjylland,
- Lone Dissing, Region Syddanmark samt
- Gitte Lemming, DTU Miljø - Institut for Vand og Miljøteknologi.

Følgegruppen har givet ideer og konstruktiv kritik til projektet. Supplerende faciliteter er tilføjet i efteråret 2009 og foråret 2010.

Sammenfatning

Miljøstyrelsen, Videncenter for Jordforurening samt Region Hovedstaden har foranlediget, at der er udviklet et værktøj til støtte for valg og kombination af afværgeteknikker overfor jord- og grundvandsforurening på en given lokalitet.

Den engelske titel er ”Remediation Strategy for Soil and Groundwater Pollution – RemS”. RemS er opbygget i Excel regneark og sammenstiller forventningerne til:

- afværgestrategiers oprensningseffektivitet,
- afledte lokale effekter af oprensningen,
- ressourceforbrug og miljøeffekter som følge af afværgeaktiviteterne,
- omkostningerne samt
- tidsforbruget.

På baggrund af en inddatering af den overordnede geologi og en forureningsbeskrivelse skal brugeren identificere mulige afværgestrategier, som kan imødekomme behovet for oprensning. I tilknytning hertil skal brugeren give en lokalitetsspecifik vurdering af de alternative afværgestrategiers oprensningseffektivitet og afledte lokale effekter, herunder nabogener. Denne vurdering foretages systematisk med en tildeling af scorer for de enkelte parametre.

På basis af den inddaterede forureningsbeskrivelse og de opstillede afværgestrategier giver REMS et forslag til en opgørelse af anlægsaktiviteternes omfang. Såfremt brugeren har bedre viden herom, kan opgørelsen korrigeres af brugeren.

På baggrund af opgørelsen af anlægsaktiviteternes omfang gennemfører REMS både en livscyklusscreening af ressourceforbrug og miljøeffekter samt et 1. estimat på omkostningerne til gennemførelsen af de alternative afværgestrategier.

Resultaterne af livscyklusscreeningen vises for de væsentligste energi- og materiale ressourcer samt emissioner til atmosfæren, potentielle toksiske effekter samt genereringen af affald ved gennemførelsen af de alternative afværgestrategier. Alternativt hertil vises resultatet som samlet energiforbrug og carbon footprint.

Omkostningsestimatet inkluderer en nutidsværdiberegning for fremtidige omkostninger til eksempelvis drift af afværgeforanstaltninger, hvorved projekter med forskellige betalingsforløb gøres sammenlignelige. Ydermere kan brugeren benytte successiv kalkulation, der synliggør usikkerheder på omkostningsestimater og identificerer kilderne hertil.

Endelig inkluderer værktøjet en sammenstilling af tidsplanerne for de alternative afværgestrategier for såvel etablerings- som driftsperioder.

I et sammenfattende regneark sammenstilles alle overordnede beslutningsparametre. Hver parameter tildeles en score, der er relativ for en indbyrdes sammenligning mellem strategier. Endelige sker der en sammenregning af alle delscorer til én samlet score for hver afværgestrategi. Herved identificeres det bedste valg af afværgestrategi under de givne beregningsforudsætninger.

Vægten af bidraget fra hver beslutningsparameter til den samlede score kan tilpasses brugerorganisationens/brugerens ønsker.

Summary

The Capital Region of Denmark, Information Centre on Contaminated Sites - DANISH REGIONS and the Danish EPA have - in collaboration with NIRAS and DTU Environment – developed a decision support tool “Remediation Strategy for Soil and Groundwater Pollution” (RemS) to assist in the planning and projecting phase when remedial techniques and strategies are decided on a specific site.

RemS combine the most important decision parameters:

- Technical performance (remediation efficiency, uncertainty level and time);
- Local secondary effects (positive and negative);
- Resource consumption and environmental impacts from the remediation activities derived from a life cycle screening;
- Costs;
- Timetable.

Basic results from the site investigations comprising geological stratigraphy, aquifers and a characterisation of the pollution (constituents, affected areas, layers, aquifers, mean and max concentrations and free phase product) are entered in a simple model. Potential remediation strategies are defined by combining techniques or treatment trains that are assumed to be applicable to meet the remediation goals in the source zone and the plume area.

RemS return a proposed inventory of the construction and operation activities in terms of site specific default values of used energy and material resources during the remediation process. A life cycle screening is performed automatically using LCA unit processes that convert the inventory into an overview of the consumption of resources and environmental impacts in a life cycle perspective. Environmental impacts consist of emissions to air, potential toxic effects and waste production. Results are also returned as the total energy consumption (MJ) and the carbon footprint (kg CO₂-eq).

The same inventory is also input for a site specific estimate of costs for the alternative remediation strategies. The default inventory can – with a quick review of key input parameters - be used for screening estimates or – if the user has better knowledge – a more detailed inventory to perform more precise LCA and cost assessments.

The cost estimates uses net present values to discount future costs. This allows a comparison of alternative strategies with different payment profiles over time (relevant for long term operation). The discount rate can be altered in order to make sensitivity analysis.

A time saving methodology called Successive Calculation use an input data set, which comprises the most optimistic, the most likely and the most pessimistic input values. The Successive Calculation returns results as mean values with a standard deviation and an overview of the most important uncertain unit costs and time of operation.

Finally all decision parameters are summarized in a score system for an easy identification of the best remediation strategy. The score system can be adjusted according to the users needs by weighting each of the decision parameters.

1 Indledning

1.1 Hvorfor RemS?

RemS er et beslutningsstøtteværktøj, der kan anvendes i planlægningsfasen for oprensningsprojekter i forbindelse med jord og grundvandsforurening på en given lokalitet. Efterfølgende kan værktøjet anvendes i en projektoptimering, hvor alternative løsningsforslag kan sammenlignes på strateginiveau, på tekniskniveau og på enkeltaktiviteter.

RemS er et akronym for den engelske titel “Remediation Strategy for Soil and Groundwater Pollution”.

Mere eller mindre bevist indgår en række parametre i beslutningsprocessen for valg af en afværgestrategi. Mest afgørende er det naturligvis, at den valgte oprensningstype er tilstrækkelig effektiv i forhold til oprensningsmålet. Derudover har omkostningen og tidsforbruget også i reglen en væsentlig betydning. I takt med at samfundet i stadig højere grad efterspørger betragtninger om bæredygtighed i bygge- og anlægsprojekter er det relevant også at have fokus på de ressourceforbrug og de miljøpåvirkninger som afværgeaktiviteterne indebærer såvel lokalt som de bidrag, der er til de regionale og globale effekter.

RemS er et beslutningsstøtteværktøj, der synliggør og samordner de væsentligste beslutningsparametre for vurderingen af bæredygtigheden ved valg af afværgestrategi.

1.2 Eksempel på anvendelsen af RemS

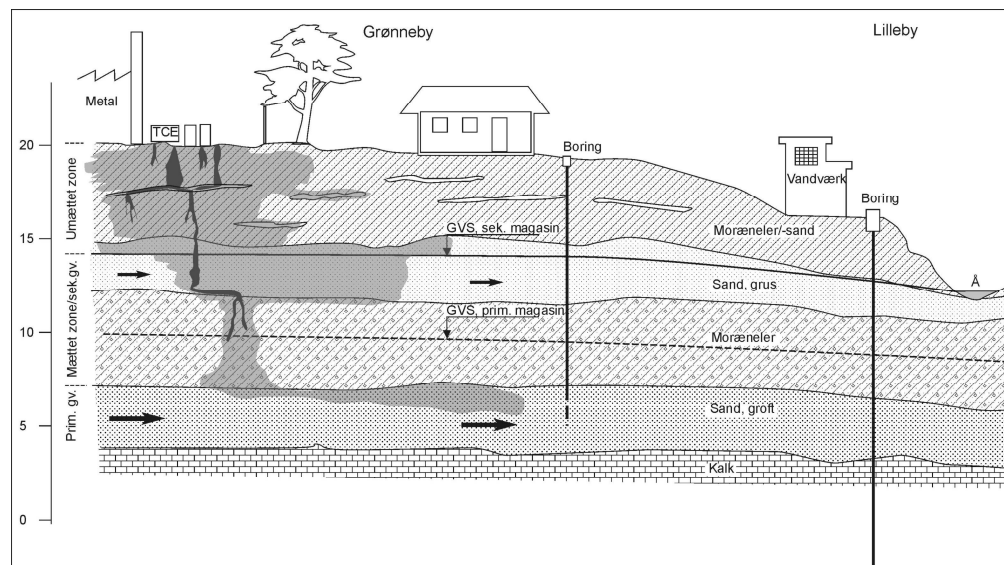
Der er i det følgende givet en gennemgang af inddata og faciliteter til beslutningsstøtte baseret på en tænkt case.

Eksempler på inddatering i RemS er vist med udsnit af skærbilleder. Det udfyldte eksempel foreligger som separat regneark.

1.2.1 Case

Undersøgelser har vist, at overfladespil og lækage fra oplag af trichlorethylen - TCE ved Grønneby Metalvarefabrik har medført en omfattende forurening af jord og grundvand, som det fremgår af figur 1.1.

Figur 1.1 Konceptuel model for geologi, hydrogeologi og forureningsspredning.



Der er tilsyneladende sket fri fase TCE spredning til et sekundært grundvandsmagasin. Herudover er der formodning om et begyndende gennembrud til primært grundvandsmagasin. Spredningen af fri fase TCE har givet anledning til en omfattende fanedannelse omfattende:

- En poreluftforurening i umættet zone, der på sigt kan true nærliggende beboelse og måske også udgør en trussel for lokale enkeltindvindingsanlæg.
- En grundvandsforurening af det sekundære grundvand, der strømmer i retning af Lilleby Å. Grundvandsforureningen kan ved lækage til det primære grundvandsmagasin tillige true dels nærliggende enkeltindvindingsanlæg og indvindingsboringer til et nærliggende vandværk.

Kapitel 2 er en brugervejledning for RemS, der tager udgangspunkt i ovenstående eksempel.

I kapitel 3 er der i oversigtsskemaer anført behovet for inddata og deres videre anvendelse i RemS.

2 Brugervejledning

2.1 Introduktion (ark 0)

Indledningsvis inddateres stamdata for lokaliteten i arket Intro. Et udsnit af introarket er vist i figur 2.1.

Figur 2.1 Inddatering af stamdata








	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB				
1	Beslutningsstøtteværktøj for valg af afværgestrategi overfor jord- og gru																															
2	Remediation Strategy for Soil and Groundwater Pollution - RemS																															
3	Introduktion																															
4	Inddatering af stamdata																															
5	Inddatering af stamdata																															
6																																
7	Lokalitet:	<input type="text" value="Grønneby"/>										Lokalitetsnummer/ID	# <input type="text" value="abc-123"/>																			
8																																
9	Miljømyndighed:	<input type="text" value="Region xxxx"/>																														
10																																
11	Bruger:	<input type="text" value="Jens Jensen"/>										Organisation/firma:	<input type="text" value="Miljøkonsult"/>																			
12																																
13	Udarbejdet pr:	<input type="text" value="01.06.2010"/>										Projektstart:	Ugenr:	<input type="text" value="40"/>		År:	<input type="text" value="2010"/>															
14																																
15	Vejledning om indholdet af regnearkets faner																															
16																																
17	Intro	Introduktion. Inddatering af stamdata og kortfattet brugervejledning																														
18	1	Sammenfatning. Identificerede afværgestrategier med resultater af funktion, lokale afledte effekter, miljøpåvirkninger, omkostninger og tidsplan.																														
19	2	Forureningsbeskrivelse. Inddatering af simpel geologisk model med antaget forureningsspredning i jord og grundvand og til ude/indeklima																														
20	3	Afværgestrategier. Angivelse af behov for afværgelse, mulige afværgestrategier og forventninger til funktion og afledte effekter																														
21	4	LCA-Inddata. Inddata for en livscyklus screening af afværgestrategiernes miljøpåvirkninger																														
22	5	LCA-Resultater. Beregningsresultater af LCA screening i alternative rapporteringsformer: Opgørelse, normaliseret og vægtet.																														
23	6	Carbon Footprint. Beregningsresultater af LCA screening for udvalgte parametre; Energiforbrug og CO ₂ ækv.																														
24	7	Omkostninger. Budgetøkonomisk estimat af omkostninger. Mulighed for brug af successiv kalkulation																														
25	8	Tidsplan.																														
26																																
27	Inddatering i ark 2 og 3 er en forudsætning for brugen af de efterfølgende ark nr. 4 - 8.																															
28	Se også separat brugervejledning																															
29																																
30	Legende for baggrundsfarve og signatur i regnearkets celler																															
	Intro / 1. Sammenfatning / 2. Forureningsbeskrivelse / 3. Afværgestrategier / 4. LCA-Inddata / 5. LCA-Resultater / 6. Carbon footprint / 7. Omkostninger / 8. Tidsplan /																															

Stamdata for sagen registreres på dette ark. Stamdata kopieres automatisk til de øvrige ark og udskrifter. Stamdata omfatter:

- Lokalitetsnavn
- Lokalitetsnummer/ID
- Miljømyndighed
- Bruger (navn eller initialer)
- Organisation/firma (rådgiver eller lign.)
- Dato for udarbejdelse af estimat
- Projektstart (regningsmæssig startdato)

Gennemgående for alle ark har de anvendte farver en betydning, som er forklaret i figur 2.2.

Figur 2.2 Signaturforklaring for baggrundsfarver, der anvendes i RemS

	Hvide celler: Inddatering mulig
	Blå baggrund: Låste celler. Ingen inddatering
	Gule celler: Inddatering er obligatorisk og skal ske via valgliste (markér celle og tryk på pil til højre for celle)
	Grå celler: Autoudfyldte celler. Kan overskrives
	Røde celler: Kvalitetskriterium er overskredet
	Røde celler med prikker: Kvalitetskriterium er overskredet, men muligvis ikke relevant i pågældende delmiljø
	Rød skravering: Kvalitetskriterium eksisterer ikke for den pågældende analyseparameter

Røde celler og rød skravering vedrører alene alarmsignaler for koncentrationsniveauer i forhold til kvalitetskriterier på de pågældende stoffer, der beskrives i ark 2.

2.2 Sammenfatning (ark 1)

2.2.1 Overblik over beslutningsparametre

Dette ark gengiver de overordnede beregningsresultater. Et udsnit er vist i figur 2.3. Der sker ikke egentlig inddatering i dette ark. Dog er der mulighed for at justere på vægtningen af scorer på beslutningsparametre. Dette beskrives nærmere i afsnit 2.2.2.

Figur 2.3 Sammenfatning af beslutningsparametre

Grønneby		#: abo-123		Dato: 01-06-2010													
Sammenfatning		Kommer fra fane 3		Kommer fra fane 5													
Funktion	Lokale afledte effekter	Miljøeffekter- vægtes (LCA)				Udvalgte miljøpåv.	Omkostninger	Tidsplan									
Effektivitet (Bodet "3")	Positive (Ingen "0")	Negative (Ingen "3")	Nabogener (Ingen "3")	Ressource forbrug	Emissioner	Toxicitet	Affald	Samlet omkostning Nødværdi (1.000 DKK)	Usikkerhed	Starte og fr. jf. tidsplan							
Score (0-3)	Score (0-3)	Score (0-3)	Score (0-3)	PR	PET	PET	PET	Etablering iDKK	Drift iDKK	Demontering iDKK	SUM iDKK	(Spredning +/- iDKK)	Etablering Uger	Drift Kvartaler			
Score	Score	Score	Score	40%	20%	20%	20%	25%	25%	25%	25%	25%	5%	5%			
Vægtning mellem grupper (V)		40%		20%				25%				5%					
Vægtning indenfor grupper (v)		30%		30%		40%		80%				20%					
Strategi A																	
1 Termisk (ISTD)		2 Spunsvæg		Electricity DK Low volt. at grid				8.427		505		12.546		12.546			
3 Naturlig nedbrudning		4 Stimuleret nedbrudning		427				39		841		375		33			
5				24				2		37		10		10			
Rådgivningshonorar				2				4		30		17					
Sum				10				32		234		55					
Score total		0,774		3,0		2,0		2,5		4,62		1,37		1,142		4,57	
Strategi B																	
1 Afgraving		2 Kemisk oxidation		Electricity DK Low volt. at grid				4.666		277		5.085		5.085			
3 Naturlig nedbrudning		4 Afværgespumning		75				86		588		2.780		17			
5				21				26		264		130		36			
Rådgivningshonorar				2				4		30		17					
Sum				11				11		110		42					
Score total		0,629		2,0		0,2		2,4		1,5		2,9		1,7		2,5	
Strategi C																	
1 Afgraving		2 Afværgespumning		Electricity DK Low volt. at grid				4.666		277		5.085		5.085			
3 Behandlingsanlæg		4 Naturlig nedbrudning		75				86		588		2.780		16			
5				13				12		128		48					
Rådgivningshonorar				143				19		284		91					
Sum				2				4		32		18					
Score total		0,275		0,7		0,2		2,4		2,0		2,33		1,22		1,031	
Strategi D																	
1 Solmisting-ZVI		2 Ventileringsaktiv		Electricity DK Low volt. at grid				16.951		1.092		8.146		8.146			
3 Stimuleret nedbrudning		4		4.405				263		5.790		1.491		26			
5				71				16		214		71		38			
Rådgivningshonorar				11				20		163		64					
Sum				4.487				299		6.173		1.626					
Score total		0,320		2,0		2,6		2,5		4,487		299		6,173		1,626	

Sammenfatningsarket er en matrice, der sammenstiller de mulige afværgestrategier (A-D) (der defineres i ark 3) med de overordnede beslutningsparametre:

- Funktion – oprensningseffektivitet og sikkerhed for effekt (Ark 3)
- Lokale afledte effekter (Ark 3)
- Miljøeffekter – baseret på en LCA screening (Ark 5)
- Energiforbrug og carbon-footprint (udvalgte miljøpåvirkninger)(Ark 6)
- Omkostninger (Ark 7)
- Tid (Ark 8)

Ovenstående parametre gennemgås nærmere i de respektive ark.

2.2.2 Tildeling og vægtning af scorer på beslutningsparametre

De nævnte beslutningsparametre har ikke samme enhed og kan derfor ikke umiddelbart sammenlignes. Dette er ikke nyt, idet man altid – bevist eller ubevist – har afvejet fordele og ulemper ved alternative løsningsmodeller på et problem. Som beslutningsstøtte er det her muligt – men ikke nødvendigt – at anvende et scoresystem, hvor de enkelte beslutningsparametre tildeles en score, der efterfølgende sammenvejes til én samlet score for hver afværgestrategi. Herved kan alternative afværgestrategier sammenlignes på en simplificeret, men systematisk måde. Tildelingen af scorer foregår automatisk for beslutningsparametrene miljøpåvirkninger, omkostninger og tid, når der foreligger minimum 2 alternative afværgestrategier. Tildelingen af scorer for vurderingen af den forventede

oprensningseffektivitet og de afledte lokale effekter skal udføres manuelt, idet det er subjektive vurderinger, der ligger til grund herfor.

Der er i kommentarer i regnearket givet en detaljeret beskrivelse af, hvordan de enkelte scorer beregnes.

Betydningen af de enkelte beslutningsparametre vil i reglen variere fra projekt til projekt. Dertil kommer, at der kan være politiske forudsatte krav til i hvor høj grad en beslutningsparameter bør have indflydelse på det endelige valg af afværgestrategi. For at imødekomme dette behov for en brugertilpasset sammenvæjning af de enkelte beslutningsparametre, er der mulighed for at justere på den relative vægtning af de enkelte beslutningsparametre.

Figur 2.4 Mulighed for justering af procentuel vægtning af scorer på de respektive beslutningsparametre

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Grønneby		# : abc-123				Dato: 01-06-2010								
2	Sammenfatning		Kommer fra fane 3				Kommer fra fane 5								
3			Funktion Lokale afledte effekter				Miljøeffekter- vægtet (LCA)								
4			Effektivitet	Positive	Negative	Nabogener	Ressource forbrug	Emissioner	Toksicitet	Affald					
5			(Bedst "3)	(Ingen "0)	(Ingen "3)	(Ingen "3)									
6	Kommer fra fane 3		Score	Score	Score	Score	PR	PET	PET	PET					
7			(0-3)	(0-3)	(0-3)	(0-3)									
8	Vægtning mellem grupper (V)		40%	10%			20%								
9	Vægtning indenfor grupper (v)			30%	30%	40%	40%	20%	20%	20%					
10															
11															
12															
13	Strategi A						Electricity DK Low volt. at grid								
14	1 Termisk (ISTD)				Ramning af spunsvæg udgør risiko for fundering af bygninger.	Vibrationer fra ramning af spunsvæg udgør gene for naboer	427	99	841	375					
15	2 Spunsvæg						24	2	37	10					
16	3 Naturlig nedbrydning						2	4	30	17					
17	4 Stimuleret nedbrydning						10	32	234	55					
18	5														
19	Rådgivningshonorar														
20	Sum						462	137	1.142	457					
21	Score total		0,774	3,0	2,0	2,5	2,7	1,6	2,5	2,5	2,4				

Denne justering af vægtningen kan foretages dels indenfor hver gruppe af parametre (eksempelvis mellem ressourceforbrug og emissioner) dels mellem grupperne oprensningseffekt, lokale afledte effekter, potentielle miljøeffekter, omkostninger og tidsplan.

En vejledende standard vægtning mellem beslutningsparametre ligger i ark 1. Dette skal kun opfattes som et generelt forslag.

2.3 Forureningsbeskrivelse (ark 2)

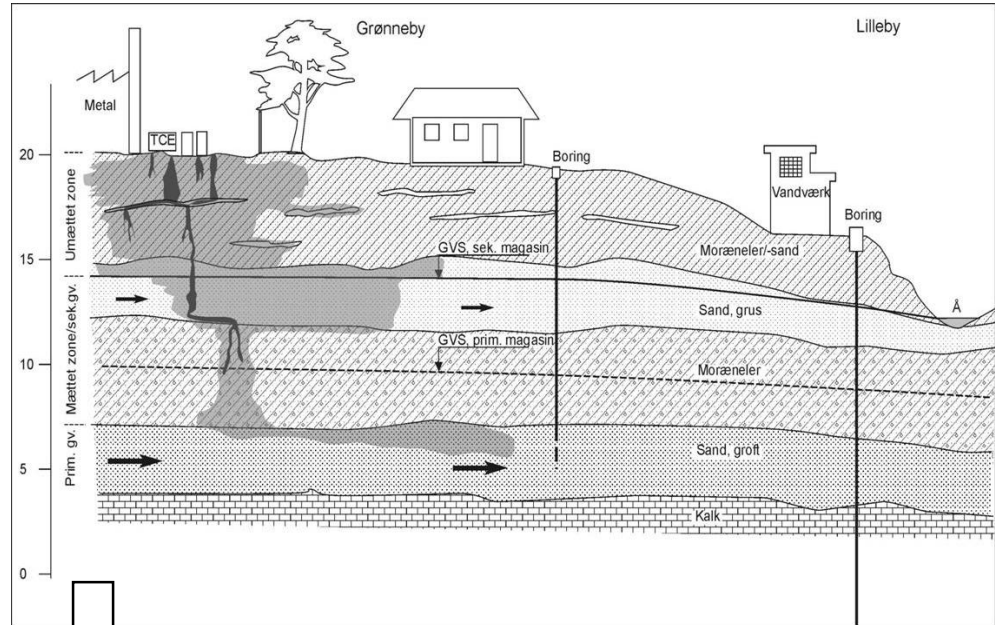
Arket Forureningsbeskrivelse skal dels give overblik over den aktuelle geologi og forurening, dels give inddata for en række beregninger, der foretages automatisk som et 1. estimat på en LCA screening og omkostninger for de valgte afværgestrategier. Ved at inddrage forureningsbeskrivelsen inddrages de lokalitetsspecifikke forhold i beregningen.

Der anvendes en simpel og stramt struktureret konceptuel model ved beskrivelsen af geologien og forureningen på lokaliteten. Med den faste struktur kan der ikke

opnås samme detaljeringsgrad som man normalt vil forvente for en miljøteknisk analyse. Beskrivelsen er opdelt i et kildeområde og et faneområde.

Figur 2.5 og tabel 2.1 illustrerer hvordan en forurening inddateres i den konceptuelle model.

Figur 2.5 Eksempel med en forurening med TCE fra en virksomhed



Tabel 2.1 Forureningsbeskrivelse i den konceptuelle model i ark 2

Delmiljø	Forurening i kildeområde	Forurening i faneområde
Inde-/udeklima	Inde-/udeluft	Inde-/udeluft
Terrænnær jord	Jord	Jord
Umættet zone – underjord 1	Jord	Poreluft
Sekundært grundvand	Vand	Vand
Mættet zone – underjord 2	Jord	Jord
Primært grundvand	Vand	Vand

Undersøgsdata eller estimerede data inddateres i en simpel 6 lags model, der omfatter inde-/udemiljø, jordlag og grundvandsmagasiner, der fælles benævnes ”delmiljøer”.

De fornødne data til karakteriseringen af forureningspåvirkningen af inde-/udeklima, jord, poreluft og grundvand i de respektive delmiljøer fremgår af tabel 3.2 i kapitel 3.

Figur 2.6 Inddatering i arket Forureningsbeskrivelse

A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O	
Grønneby #: abc-123																													
Dato: 01.06.2010																													
0 m ² site: genskab former																													
Alle former																													
Mul: 11 ark																													
Forureningsbeskrivelse																													
Kilde														Fane <input type="checkbox"/> Stopplevende stoffer															
Ikke følsom														Meget følsom															
Luftforurening														Luftforurening															
TCE VC Benzen														TCE VC -															
Rangorden														Rangorden															
Konc. max.														Konc. max.															
Konc. middel														Konc. middel															
Konc. max.														Konc. max.															
Konc. middel														Konc. middel															
Stofmængde i jord														Stofmængde i jord															
+ fri fase														+ fri fase															
Terræn																													
Meget følsom														Meget følsom															
TCE 1,2-DCE PAH														TCE 1,2-DCE -															
Jordforurening														Jordforurening															
LERMULD														SANDMULD															
Rangorden														Rangorden															
Areal														Areal															
Dybdeinterval														Dybdeinterval															
Vægt af jord														Vægt af jord															
Fri fase?														Fri fase?															
Konc. max.														Konc. max.															
Konc. middel														Konc. middel															
Stofmængde i jord														Stofmængde i jord															
+ fri fase														+ fri fase															
MORÆNELER														MORÆNESAND															
Jordforurening														Poreluftforurening															
Rangorden														Rangorden															
Areal														Areal															
Dybdeinterval														Dybdeinterval															
Vægt af jord														Poreluftvolumen															
Fri fase?														Påvist															
Konc. max.														Konc. max.															
Konc. middel														Konc. middel															
Stofmængde i jord														Stofmængde i poreluft															
+ fri fase														+ fri fase															
GVS																													
SAND														SAND															
Grundvandsforurening														Grundvandsforurening															
Rangorden														Rangorden															
Areal														Areal															
Dybdeinterval														Dybdeinterval															
Fri fase?														Påvist															
Konc. max.														Konc. max.															
Konc. middel														Konc. middel															
Stofmængde i vandfase														Stofmængde i vandfase															
+ fri fase														+ fri fase															
MORÆNELER														MORÆNELER															
Jordforurening														Jordforurening															
Rangorden														Rangorden															
Areal														Areal															
Dybdeinterval														Dybdeinterval															
Vægt af jord														Vægt af jord															

Et udsnit af arket Forureningsbeskrivelse er vist i figur 2.6. Data for arealets følsomhed, jordart, forureningstyper og eventuel tilstedeværelse af fri fase produkt skal vælges fra valglister (vist som gule celler for obligatoriske valg). Øvrige data indskrives i hvide og grå felter. I de grå felter ligger der formler, der giver forslag til inddata. Disse bør korrigeres ved overskrivning når der foreligger bedre viden.

Betydningen af det terrænnære jordlag kan defineres af brugeren. Den nedre afgrænsning af dette lag eksempelvis være svarende til anvendelsesdybden, øvre lag med immobil forurening eller overjordslag med muldholdige jordarter.

I det omfang delmiljøer ikke er relevante udfyldes de ikke. Underjord 2 kan godt opfattes som den jordmatrice, der indeholder en grundvandszone, men laget kan også opfattes som et vandstandende lag mellem 2 grundvandsmagasiner.

Såfremt brugeren har behov for at gendanne formler i de grå celler eller tilbagestille hele arket kan det ske med følgende knapper øverst på arket:

- ”Områdevis genskab formler”: Genskaber formler i markerede celler”
- ”Alle formler”: Genskaber formler i alle grå celler, men bevarer øvrige inddata
- ”Nulstil ark”: Genskaber alle formler og sletter alle inddata i ark 2

For mobile forureninger skal kildeområdet opfattes som områder, hvor nedsivning af opløst og fri fase forurening kan ske. Faneområdet omfatter den del af forureningen, der spredes som poreluftforurening i umættet zone og som en grundvandsforurening med opløste stoffer.

Ikke/lav mobile forureninger – eksempelvis tungmetaller og tjærestoffer – kan forekomme i kombination med de mobile forureninger og kan inddateres i såvel kilde- som faneområde. I angivelsen af påvirkede arealer behøver der ikke nødvendigvis at være et fysisk sammenfald af forureninger i samme område.

I forbindelse med forureningsbeskrivelsen skal brugeren for hvert delmiljø udpege hvilken af de angivne forureninger, der vil være afgørende for omfanget af eventuelle afværgeforanstaltninger. Forureninger med en ”prioritering 1” vil indgå i de videre automatiserede estimer på en LCA screening og omkostninger for de valgte afværgestrategier.

2.4 Afværgestrategier (ark 3)

I toppen af Afværgestrategier gives der et stikordsresumé over geologi og forurening i de forskellige delmiljøer. På basis heraf skal brugeren selv angive hvilke delmiljøer, hvor afværge er påkrævet (krydser).

Figur 2.7 Valg af afværgestrategier

A		B		C		D		E		F		G		H		I		J		K		L		M		N		O		P		Q		R	
1	Grønneby		# : abc-123		Dato: 01-06-2010																														
2	Mulige afværgestrategier																																		
3																																			
4																																			
5	Vejledning																																		
6																																			
7																																			
8	Arealanvendelse																																		
9	Geologi																																		
10	Jord-/poreluftforurening																																		
11	Luftforurening (inde)																																		
12	Grundvandsforurening																																		
13	Areal (m2)																																		
14	Max. dybde (m)																																		
15	Overskridelse (faktor)																																		
16	Fri fase?																																		
17																																			
18	Afværge påkrævet:																																		
19	En teknik kan kun vælges én gang pr. strategi!!!																																		
20	Strategi A																																		
21	1 Termisk (ISTD)																																		
22	2 Spunsvæg																																		
23	3 Naturlig nedbrydning																																		
24	4 Stimuleret nedbrydning																																		
25	5 -																																		
26																																			
27	Strategi B																																		
28	1 Afgravning																																		
29	2 Kemisk oxidation																																		
30	3 Naturlig nedbrydning																																		
31	4 Afværgepumpning																																		
32	5 -																																		
33																																			
34	Strategi C																																		
35	1 Afgravning																																		
36	2 Afværgepumpning																																		
37	3 Behandlingsanlæg																																		
38	4 Naturlig nedbrydning																																		
39	5 -																																		
40																																			

Herefter skal bruger selv vurderes hvilke kombinationer af afværgeteknikker, der samlet imødekommer behovet for afværge. Der skal altså opnås match mellem krydser ud for hver teknik (manuel placering af krydser) og behovet/målet med oprensningen.

De enkelte teknikker skal vælges ud fra valglister (vist som hvide celler for valgfri anvendelse). Denne information kopieres automatisk rundt på andre ark. En teknik må kun vælges én gang pr. strategi, idet der ellers vil opstå konflikt i udregning af forbrug, omkostninger mv.

De teknikker der p.t. er indarbejdet i RemS omfatter:

- Opgravning og ekstern rensning (let olie)
- Spunsvæg (trapezprofil (fuld væg) og H profil (København væg)
- Afværgepumpning – P (Pumping)
- Vandbehandling (vand og luft, GAC filtrering) - T (Treatment)
- Flerfase ekstraktion (Dual Phase Extraction)
- Kemisk oxidation (natriumpersulfat og kaliumpermanganat) – ISCO (In Situ Chemical Oxidation)
- Naturlig nedbrydning – NA (Natural Attenuation)
- Stimuleret nedbrydning (EOS, natruimformat (~lactate) med KB1)
- Termisk oprensning – ISTD (conductive heating)
- Aktiv ventilation - SVE (Soil Vapor Extraction)
- Passiv ventilation – PSVE (Passive Soil Vapor Extraction)
- Soil mixing with - ZVI (Zero Valent Iron) (midlertidig enhedsproces)
- Dampoprensning - Steam

For soil mixing med ZVI anvender RemS version 1.8 enhedsprocessen for almindeligt stål. En enhedsproces for microscale nul valent jern vil blive inkluderet i en kommende version af RemS. Enhedsprocessen for nul valent jern vil formentligt indebære relativt højere miljøbelastninger.

Teknikker som i anlægsteknisk henseende ligner ovennævnte vil tilnærmet kunne vurderes på baggrund af eksisterende teknikker.

Til højre på arket Afværgestrategier jf. figur 2.8 skal brugeren give en vurdering af de enkelte afværgestrategiers funktion (forventning til oprensningseffektivitet og sikkerhed for effekt) og de afledte lokale effekter, herunder nabogener.

Figur 2.8 Vurdering af oprensningseffektivitet og afledte effekter

Grønneby		Funktion				Afledte effekter													
Mulige afværgestrategier		Effektivitet		Positive		Negative		Nabogener											
Vejledning		Høj effektivitet: angiv ~ 3		Ingen effekter: angiv ~ 0		Ingen effekter: angiv ~ 0		Ingen effekter: angiv ~ 0											
		Score		Score		Score		Score											
8	Arealanvendelse	Masse-fluxreduktion		Æstetiske forhold/landskab		Æstetiske forhold/landskab		Støj/vibrationer											
9	Geologi	Sikkerhed for effekt		Terrestisk/aquatisk økosystem		Terrestisk/aquatisk økosystem		Støv og lugt											
10	Jord-/poreluftforurening	Evt. anden frussel (overskriv)		Geokemiske. Mob. af stoffer		Geokemiske. Mob. af stoffer		Øget trafik (ulykkesrisiko)											
11	Luftforurening (inde)			Geotekniske. Fundering/særlinger		Geotekniske. Fundering/særlinger		Andet (overskriv)											
12	Grundvandsforurening			Andet (overskriv)		Andet (overskriv)													
13	Areal (m ²)																		
14	Max. dybde (m)																		
15	Overskridelse (faktor)																		
16	Fri fase?																		
17	Afværge påkrævet:																		
En teknik kan kun vælges én gang pr. strategi!!!																			
Strategi A		3	3	3	3,0					0,0	1	1	3	2,0	2				2,5
21	1 Termisk (ISTD)							Rømnig af spunsvæg udgør risiko for fundering af bygninger.						Vibrationer fra rømnig af spunsvæg udgør gene for naboer					
22	2 Spunsvæg																		
23	3 Naturlig nedbrydning																		
24	4 Stimuleret nedbrydning																		
25	5 -																		
Strategi B		3	2	3	2,0	1				0,2		3			2,4	2	2	2	1,5
28	1 Afgravning			Areal forventes kønnere efter retablering				Spredning af oxidationsmiddel en risiko i grundvandszonen											
29	2 Kemisk oxidation																		
30	3 Naturlig nedbrydning																		
31	4 Afværgepumpning																		
32	5 -																		
Strategi C		2	1	3	0,7	1				0,2	3				2,4	2	2		2,0
35	1 Afgravning	Afværgepumpning vurderes betinget egnet til grundvandsoprensning		Areal forventes kønnere efter retablering				Dårlige pladsforhold til behandlingsanlæg											
36	2 Afværgepumpning																		
37	3 Behandlingsanlæg																		
38	4 Naturlig nedbrydning																		
39	5 -																		

Denne vurdering angives med et relativt scoresystem, hvor det mest gunstige udfald får værdien 3 og det dårligste udfald værdien 0. En guide for fastsættelsen af scorer er angivet i noter i teksthovedet på regnearket.

For særlige forhold, der er af betydning for beslutningsprocessen, er der mulighed for at indskrive en kort kommentar, der overføres til Sammenfatningsarket (ark 1).

2.5 LCA-inddata (ark 4)

LCA-inddata omfatter inddatatabeller til en livscykluscreening af de valgte afværgestrategier. Inddatatabeller oprettes automatisk for de afværgeteknikker som brugeren har valgt i ark 3. Inddatatabellerne omfatter de væsentligste nøgleparametre for en overordnet beskrivelse af afværgeprojektets omfang. På baggrund af de viste nøgle- inddata genereres der et mere omfattende sæt inddata, som ligger til grund for LCA screeningsberegningerne.

Figur 2.9 Korrektion af LCA-inddata

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Grønneby							# : abc-123			Dat
2	Inddata til LCA-screening				TRUE						
3											
4							Standard	Korrigeret	Rettet af bruger	Regningsmæssig	
5	Strategi A		1 Termisk (ISTD)								
6	Forudsætninger for beregninger										
7	Areal af forurening (uden tillæg for usikkerhed)			m ²	500	700			700		
8	Oprensingsdybde (gennemsnit)			m	7	5		7	7		
9	Undersøgelser										
10	Kørsel. Tilsyn.			km	500				500		
11	Kørsel. Borerig, lastbil mv.			km	400				400		
12	Boringer, 6" filtersat ø63			stk	25	35			35		
13	Etablering										
14	Kørsel. Tilsyn.			km	2000				2000		
15	Kørsel. Borerig, lastbil mv.			km	400				400		
16											
17	Dybde til top, der skal opvarmes (gennemsnit)			m							
18	Dybde til bund, der skal opvarmes (gennemsnit)			m	9	9			9		
19	Varmeboringer, Direct Push, ø89 Heatercan			stk	44	57			57		
20	Temperaturmoniteringssonderinger, Direct Push			stk	14	17			17		
21	Vakuumentilationsboringer, 6"			stk	14	18			18		
22	Trykmoniteringssonderinger, 1 m dybe, 1 " filter			stk	6	7			7		
23	Tæppedækn., grus			m ³	50	70			70		
24	Vaporcap, skumbeton (~400 kg/m ³ , 0,2 m tykkelse)			m ³	100	140			140		
25	Drift										
26	Electricitetsforbrug til jordopvarmning			MWh	1275	1785			1785		
27											
28	Behandlingstid			uger	21				21		
29	Driftseffekt for øvrige elektriske anlæg			kW	80	100		90	90		
30	Electricitetsforbrug til øvrige elektriske anlæg			MWh	282	318			318		
31	Tilbageholdelseskapalet på kul ved luftbehandling			%	15			20	20		
32	Forbrug af aktivt kul på luftbehandling			kg		3258			3258		
33	Forbrug af aktivt kul på vandbehandling			%	5				5		
34	Kørsel pr. uge. Tilsyn, service			km/uge	500				500		
35	Kørsel pr. uge. Lastbil mv., service			km/uge	100				100		
36	Efterkontrol (drift)										
37	Kørsel. Tilsyn.			km	500				500		
38	Kørsel. Borerig, lastbil mv.			km	200				200		
39	Boringer, 6" uden filter			stk	25	35			35		
40											

For hver afværgeteknik ligger der allerede inddata for et "standard projekt", dvs. et projekt med et almindeligt forekommende omfang. Eksempelvis er en standard ISTD oprensning baseret på opvarmning af et areal på 500 m² til 7 m's dybde. På basis af brugerens beskrivelse af den aktuelle geologi og forureningsudbredelse i ark 2 sker der i søjlen "Korrigeret" en automatisk en korrektion af inddata til LCA

screeningen som herved er relateret til de lokalitetsspecifikke forhold. I den næste søjle ("Rettet af bruger", der ikke er skrivebeskyttet) har brugeren mulighed for selv at rette inddata, hvis brugen har en andet vurdering end de automatisk genererede inddata.

I sidste søjle angives automatisk de regningsmæssige værdier, der endeligt ligger til grund for LCA screeningen. Såfremt de autokorrigerede data er stærkt afvigende fra de reelle forhold, vil en konsekvent gennemretning af brugen give det ønskede resultat. Stærkt afvigende data kan forekomme, hvis de aktuelle geologiske forhold meget dårligt lader sig indpasse i den konceptuelle model i ark.

Hensigten med standarddata er at give brugeren et indtryk af hvad en "normal" inddataværdi er for den pågældende parameter. Den automatisk korrigerede parameter giver brugeren et forslag til hvad inddataparameteren kan være for den aktuelle lokalitet. Brugeren bør forholde sig kritisk til dette tal. Her kan brugeren enten anvende sin eventuelle konkrete viden om hvad inddata bør være eller vurdere om de korrigerede inddata står i et sandsynligt forhold til inddata for et projekt af "normalt" omfang.

Bemærk at de brugervalgte korrigerede værdier i ark 3 nulstilles når én teknik erstattes med en anden teknik.

2.6 LCA-resultater (ark 5)

RemS foretager automatisk en livscyklus screening, der som resultat giver afværgestrategiens miljømæssig påvirkning. Beregningen er baseret på inddatatabellerne, jf. afsnit 2.5.

Miljøpåvirkningen udtrykkes som en opgørelse af forbruget af ressourcer, der omfatter:

- Energiressourcer
- Metaller
- Jord (sand og grus)

og effektpotentialer for:

- Emissioner til atmosfæren,
- Potentielle toksiske effekter samt
- Genereringen af affald.

LCA screeningen omfatter samlet 13 ressource parametre og 11 miljøeffektpotentialer parametre. En oversigt over screeningsparametre er vist i tabel 2.2.

Tabel 2.2 LCA screeningsparametre opdelt i ressourceforbrug og potentielle miljøeffekter

Ressourceforbrug	Miljøeffektpotentiale
Globale energiressourcer <ul style="list-style-type: none"> • Råolie kg • Naturgas kg • Uran kg • Stenkul kg • Brunkul kg 	Emissioner til luft <ul style="list-style-type: none"> • Global opvarmning - GW kg CO₂ -eq • Forsuring kg SO₂ -eq • Fotokemisk ozondannelse kg C₂H₄ -eq • Næringssaltbelastning kg NO₃ -eq
Globale råmaterialer <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium kg • Jern kg • Krom kg • Nikkel kg • Kobber kg • Mangan kg • Molybdæn kg 	Toksicitet <ul style="list-style-type: none"> • Persistent toksicitet^{agg1)} m³ • Økotoksicitet^{vand, akut} m³ • Human toksicitet luft m³
Lokale ressourcer <ul style="list-style-type: none"> • Sand og grus kg 	Affald <ul style="list-style-type: none"> • Fast affald kg • Farligt affald kg • Radioaktivt affald kg • Slagge/aske kg

¹⁾ Aggregeret toksicitet omfatter økotoksicitet, kronisk og human toksicitet, begge til jord og vand.

Ressourceforbruget og miljøeffektpotentiale beregnes som påvirkninger opgjort i absolutte mængder (fx kg olie eller kg CO₂). Videre sker der en beregning af normaliserede påvirkninger (normalisering i personækvivalenter) og som vægtede påvirkninger (de normaliserede påvirkninger vægtes i forhold til ressourceknaphed og reduktionsmål for miljøpåvirkninger). En oversigt over visningsformerne fremgår af tabel 2.3.

Tabel 2.3 Oversigt over visning af LCA resultater

	Ressourceforbrug	Miljøeffektpotentiale
Påvirkninger (tabeller)	Absolutte forbrug [Vægt af råstof, kg]	Absolutte effekter - Emissioner til luft [kg] - Toksicitet [m ³ jord/vand/luft] - Affald [kg]
Normaliserede påvirkninger (diagrammer)	Ressourceforbrug i forhold til den årlige produktion af råstoffet [PE]	Miljøeffekter i forhold til den gennemsnitlige årlige miljøeffekt pr. person [PE]
Vægtede påvirkninger (diagrammer)	Normaliserede data vægtes med den reciprokke forsyningshorisont [PR]	Normaliserede data vægtes med politisk målsætning om reduktionsmål (globale eller lokale) [PET]

PE Personækvivalenter

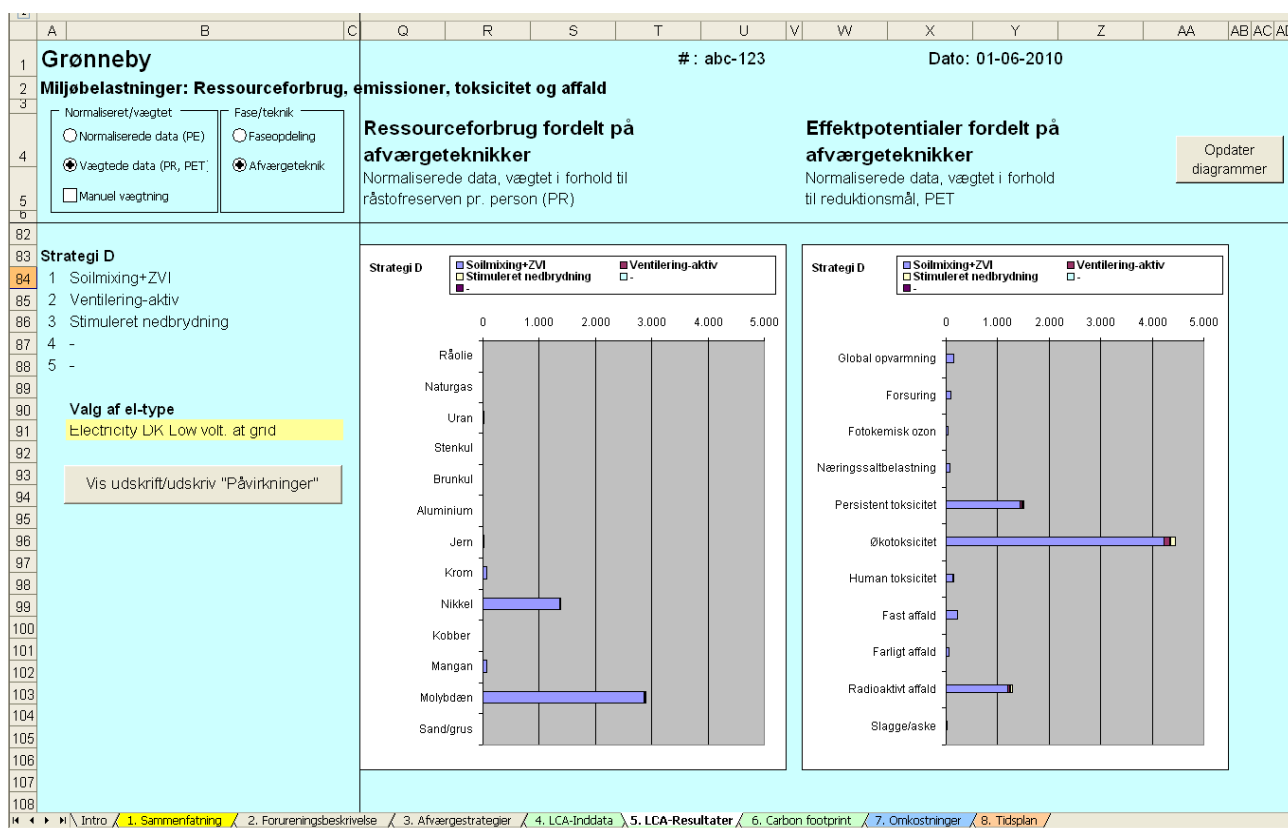
PR Personreserven

PET Personækvivalent, målsat (target)

Beregningsresultaterne kan vises i tabelform og printes som dokumentation. Der er vedlagt et print af LCA rapport i bilag A.

Påvirkninger opgjort som absolutte forbrug og absolutte effekter tjener til en dokumentation af påvirkningens størrelse, men denne kvantificering giver ofte ikke brugeren en fornemmelse af den relative størrelse.

Figur 2.10 Diagrammer med ressourceforbrug og miljøeffektpotentialer



Den normaliserede visning giver en relativ størrelse af projektets påvirkninger. Projektets påvirkninger sættes i forhold til den gennemsnitlige årlige påvirkning fra en person, hvorved enheden bliver personækvivalenter. (Normaliseringsreferencen er "en verdensborger" for globale ressourcer og global opvarmning og "en dansker" for lokale ressourcer og øvrige miljøeffekter). Den normaliserede visning af resultater relaterer projektets miljøbelastninger til en gennemsnitlig persons belastninger, hvorved der opnås en kvantificering som umiddelbart giver et indtryk af miljøbelastningernes størrelse. Ydermere muliggør den grafiske visning en visuel sammenligning af alternative afværgestrategier.

Vægtede påvirkninger giver i princippet mulighed for en vurdering af alvorligheden af ressourceforbruget og miljøeffekterne. Forbrug af ressourcer vises med en vægtningsfaktor, der er den reciprokke værdi af den økonomisk tilgængelige reserve af det pågældende råstof. Miljøeffekter vises med en vægtningsfaktor, der svarer til reduktionsmål for den pågældende udledning, der er fastsat på baggrund af internationale aftaler. Derudover er der i værktøjet mulighed for en brugertilpasset vægtning, der kan sammensættes af to bidrag. Hvis en organisation har valgt et sæt vægtningsfaktorer kan dette lægges ind som en lokal politisk vægtning. Hvis der er særlige lokalitetsspecifikke hensyn - fx et tæt bebygget boligområde - er der mulighed for at foretage en manuel vægtning af eksempelvis toksiske effekter.

Resultater vises som barer, der kan vælges opdelt i projektet faser (etablering, drift, afvikling) eller opdelt i de enkelte teknikker, der indgår i den pågældende strategi.

Ved valg af fase/teknik (klik-knap) opdateres graferne med samme akse-maksimum), hvorved det grafiske profil for hver strategi umiddelbart kan sammenlignes.

For afværgestrategier, der indebærer et væsentligt elektricitetsforbrug, kan valget af typen af elektricitet have stor betydning. Der er i ark 5 indbygget en valgfunktion for eltype ved hver strategi. Herved kan man umiddelbart se betydningen af valg af eltype. Ved at oprette to ens afværgestrategier kan betydningen af eksempelvis marginal elektricitet versus konventionel elektricitet sammenlignes.

De eltyper der er til rådighed i RemS er vist i tabel 2.4. Den forudsatte eltype gengives på ark 1 Sammenfatning.

Tabel 2.4 Oversigt over valg af eltyper ved LCA screeningsberegning

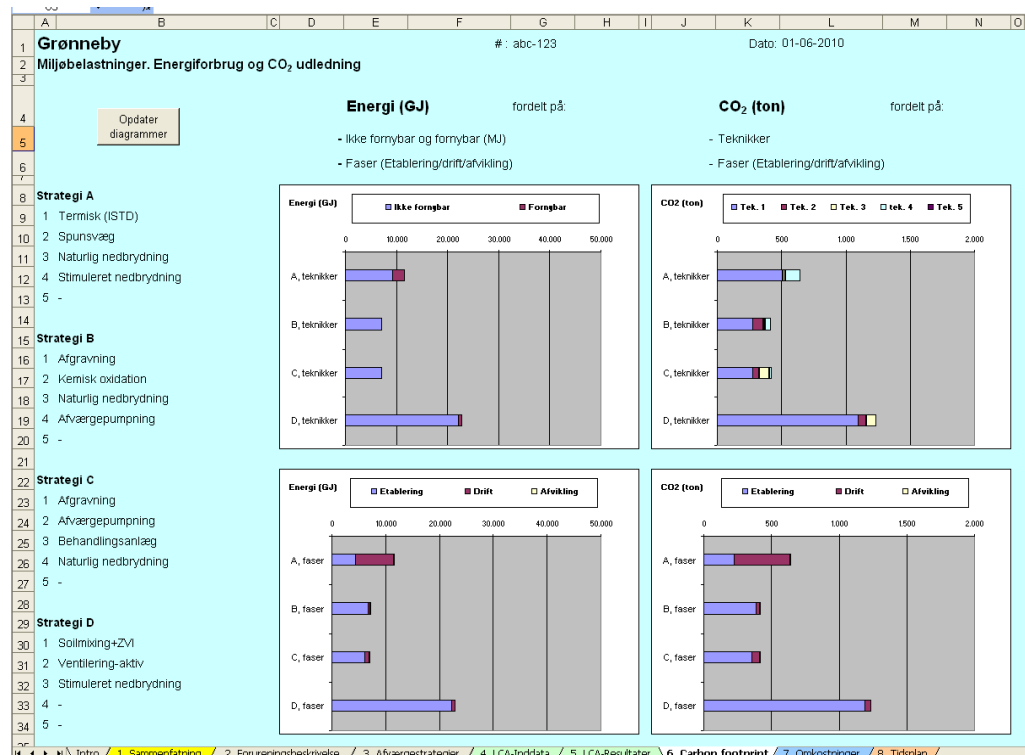
Eltype	Benævnelse i valgliste
Dansk elektricitet uden allokering af effekter til varmeproduktion	Electricity DK Low volt. at grid
Dansk elektricitet med allokering af 17% af effekterne til varmeproduktion	DK (alloc.)
Dansk marginal elproduktion baseret på kul	Electricity Marginal coal Low volt. at grid
Dansk marginal elproduktion baseret på naturgas	Electricity Marginal natural gas Low volt. at grid
Grøn elektricitet/vedvarende energi (dansk/international)	Ikke implementeret
Svensk elektricitet	Electricity SE Low volt. at grid
Norsk elektricitet	Electricity NO Low volt. at grid
Nordisk elektricitet (DK, SE, NO, FI, IS)	Electricity NORDEL Low volt. at grid
Europæisk elektricitet	Electricity UCTE Low volt. at grid
EU elektricitet (EU27)	Electricity EU27 Low volt. at grid

I en optimering af afværgeprojekter kan man tænke sig, at særligt energitunge projekter, eller projekter med en alternerende drift kunne optimeres energimæssigt ved drift i perioder med relativ høj produktion af vedvarende energi.

2.7 Carbon-footprint (ark 6)

Carbon-footprint kan betragtes som en forenklet livscyklusscreening, hvor der fokuseres på energiforbrug og potentialet for global opvarmning – GWP. Carbon-footprint gengiver beregningsresultaterne for det samlede forbrug af energiressourcer [MJ] uanset hvordan den er produceret og den samlede emission af stoffer, der bidrager til den globale opvarmning [kg CO₂ ækvivalenter].

Figur 2.11 Diagrammer med samlet energiforbrug og CO₂-ækv. emissioner



De beregnede energiforbrug vises i 2 figurer for de alternative afværgestrategier. Den ene figur viser energiforbruget opdelt i fornybar og ikke fornybar energi. Den anden figur viser energiforbruget fordelt på de enkelte faser (etablering/drift/afvikling).

De beregnede emissioner vises tilsvarende i 2 figurer for de alternative afværgestrategier. Den ene figur viser opdelingen på de forskellige teknikker, mens den anden figur viser fordelingen på henholdsvis etableringsfasen, driftsfasen og afviklingsfasen.

Graferne opdateres ved klik på knappen "Opdater diagrammer", der findes i det øvre venstre område.

2.8 Omkostninger (ark 7)

Arket Omkostninger sammenstiller omkostningsestimater for de alternative afværgestrategier. Omkostningsestimaterne er specificeret på hver af de indgående afværgeteknikker og opdeles i faserne:

- Etablering
 - Undersøgelser, pilottests
 - Projektering og udbud (rådgivning)
 - Anlægsarbejder inklusiv indkøring
- Drift
 - Driftstid
 - Omkostning pr. år
- Demontering
 - Afvikling

Figur 2.12 Omkostningsestimater som nutidsværdiberegning

Gronneby # : abc-123 Dato: 01-06-2010																
Nutidsværdi af budgetøkonomiske omkostninger til alternative afværgestrategier																
Vejledning		Etablering				Drift				Demontering			Samlet omkostning			
<input checked="" type="radio"/> Simplekalkulation	<input type="radio"/> Successorkalkulation	Under-søgelse, pilottests	Projektering og udbud (rådgivning)	Anlægsarb. incl. indkøring	Etablering i alt	Start	Drifttid	Omk. pr. år incl. tilsgn	Drift i alt	Afvikling						
3,0%	Kalkulationsrente p.a.	Aktuelle priser	Aktuelle priser	Aktuelle priser	Nutidsværdi			Aktuelle priser	Nutidsværdi	Aktuelle priser	Nutidsværdi		Nutidsværdi			
2010	Beregningsår	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr	År	År	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr		1.000 kr			
		Sandsynlig	Sandsynlig	Sandsynlig	Middelv. Spredning	Sandsynlig	Sandsynlig	Sandsynlig	Middelv. Spredning	Sandsynlig	Middelv. Spredning		Middelv. Spredning			
Strategi A Genskab strategi																
		2010	2010	2010		2010										
1	Termisk (ISTD)	654	976	11.014	12.546	704	2.010	0,0	0	0	0	0	0	12.546	704	
2	Spunsvæg	68	22	441	536	20	2.010	0,0	0	0	0	0	0	536	20	
3	Naturlig nedbrydning	189	58	0	252	20	2.010	5,0	48	255	40	47	39	2	546	45
4	Stimuleret nedbrydning	315	303	4.830	5.645	302	2.010	0,0	0	0	0	0	0	5.645	302	
5	-	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rådgivning (% af anlægssum)	40%	Inkluderet overfor	20%	3.782	210			20%	51	0	20%	8	0	3.841	210
	I alt +/- spredning	1.716	1.358	19.542	22.761	795			57	306	40	56	47	2	23.115	796
Strategi B Genskab strategi																
		2010	2010	2010		2010										
1	Afgraving	400	225	4.400	5.065	201	2.010	0,0	0	0	0	0	0	5.065	201	
2	Kemisk oxidation	203	195	3.105	3.611	141	2.010	0,0	0	0	0	0	0	3.611	141	
3	Naturlig nedbrydning	189	58	0	230	7	2.010	5,0	48	255	40	47	39	2	524	41
4	Afværgepumpning	350	200	3.000	3.631	161	2.010	2,0	120	260	43	80	75	4	3.966	167
5	-	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rådgivning (% af anlægssum)	50%	Inkluderet overfor	20%	2.708	103			20%	103	2	20%	21	1	2.832	103
	I alt +/- spredning	1.712	678	12.606	15.244	312			201	619	59	152	135	4	15.998	317
Strategi C Genskab strategi																
		2010	2010	2010		2010										
1	Afgraving	400	225	4.400	5.065	201	2.010	0,0	0	0	0	0	0	5.065	201	
2	Afværgepumpning	175	125	900	1.220	62	2.010	3,0	50	172	36	50	43	2	1.436	71
3	Behandlingsanlæg	60	60	1.200	1.400	80	2.010	3,0	60	217	58	120	107	5	1.723	99
4	Naturlig nedbrydning	142	48	0	189	6	2.010	5,0	80	471	136	33	27	1	688	136
5	-	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0	0	0	0	0	0	0	
	Rådgivning (% af anlægssum)	50%	Inkluderet overfor	20%	1.716	71			20%	172	4	20%	33	2	1.921	71
	I alt +/- spredning	1.165	458	7.800	9.590	236			228	1.032	152	243	211	6	10.832	281

RemS foretager automatisk et 1. estimat på omkostningerne til gennemførelsen af de definerede afværgestrategier. Estimatet er baseret på kvalificerede skøn af omkostningerne til et relativt lille og et relativt stort afværgeprojekt for en typisk anvendelse af den pågældende teknik. Det aktuelle estimat på omkostningerne genereres ved en lineær interpolation med udgangspunkt en repræsentativ nøgleparameter, eksempel m^3 oprenset jord eller m^3 oppumpet eller behandlet vand. De automatisk genererede estimater på omkostninger bør kun anvendes som et indledende overslag, idet en konventionel dokumentation bør lægges til grund for en egentlig budgetlægning.

Når brugerne har tilvejebragt bedre estimater end de automatisk genererede, kan de automatisk genererede estimater umiddelbart overoverskives.

Såfremt brugeren ønsker at gendanne formler i celler, der anvendes til inddatering, herunder de automatisk genererede omkostningsestimater, kan dette ske ved trykknapperne:

- "Genskab strategi": Sletter inddata i strategi og tilbagestiller formler
- "Genskab område": Sletter inddata og tilbagestiller formler i markeret område

Et markeret område kan være én celle, en område af flere celler eller hele arket.

Det bemærkes, at der generelt prissættes entreprenøromkostninger, herunder omkostninger til laboratorieanalyser på de enkelte teknikker. Omkostninger til rådgivning prissættes som en fast procentuel tillægsomkostning. Årsagen hertil er at rådgivningsomkostningen ofte ikke er specificeret på de enkelte teknikker men afregnes for den samlede strategi. Brugere kan dog vælge at ændre procenttillægget for rådgivning eller sætte det til 0 % og inkludere omkostninger til rådgivning under de specifikke teknikker. For projektering og udbud er der alene tale om en rådgivningsomkostning, der specificeres for hver afværgeteknik.

2.8.1 Nutidsværdiberegning

Omkostningsestimatet inkluderer en nutidsværdiberegning for fremtidige omkostninger. Dette muliggør en sammenligning af alternative projekter med forskellige betalingsforløb. I nutidsværdiberegningen anvendes en kalkulationsrente, der i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger af miljøprojekter anbefales at sætte til 3 %, /3/. Renten kan imidlertid ændres af brugeren øverst til venstre på arket hvorved følsomhedsanalyser for en afvigende rentesats let kan gennemføres. Ved følsomhedsberegninger anbefales beregninger med kalkulationsrenter på 1 og 5 %

Beregningsåret sættes som udgangspunkt til året for den forventede projektstart, der allerede er inddateret på Introarket (ark 0). Såfremt start af en fase – eksempelvis anlægsarbejdet forventes udskudt – kan dette anføres ved en korrektion af startåret for denne fase. Starttidspunktet for de efterfølgende faser konsekvensrettes automatisk.

Såfremt der i en driftssituation indgår ”treatment trains” kan dette simuleres ved at tidsforskyde de teknikker, der indgår heri.

2.8.2 Successiv kalkulation

Omkostningsestimat for hver af de alternative afværgestrategier baseres som udgangspunkt på en simpel kalkulation, hvor omkostningsestimater er baseret på ”mest sandsynlige” enhedspriser, mængder og varigheder af drift.

Der er imidlertid ofte en stor usikkerhed på estimater af pris og tid. Successiv kalkulation er en anerkendt metode, der bygger på Bayesiansk statistik, hvor det forudsættes at afvigelsen mellem en subjektivt skønnet værdi og den sande værdi kan behandles som en stokastisk variabel.

I et estimat over pris eller tid kan man foretage en subjektiv vurdering af værdien som:

- Minimum
- Sandsynlig
- Maksimal

Antages vurderinger over minimums- og maksimumsværdier at falde indenfor et 98 % konfidensinterval kan middelværdi, varians og spredning tilnærmet beregnes som følger /1/:

$$\text{Middelværdi} \sim \frac{\text{Min} + 3 * \text{Sandsynlig} + \text{Maks}}{5}$$

$$\text{Varians} \sim \left(\frac{\text{Maks} - \text{Min}}{5} \right)^2$$

$$\text{Spredning} = \sqrt{\text{Varians}}$$

Med en valgknap øverst til venstre i Omkostningsarket er det muligt at udvide estimatet med en successiv kalkulation, idet inddata for omkostninger og driftstider udvides til også at omfatte forventede minimums- og maksimumsværdier.

Figur 2.13 Omkostningsestimater baseret på successiv kalkulation

Gørneby		# : abc-123															Dato: 01-06-2010							
Hutidsværdi af budgetøkonomiske omkostninger til alternative afværgestrategier		Etablering										Drift												
Vejledning		Under-sælgelser, pilottests		Projektering og udbud (rådgivning)				Anlægsarb. incl. indkøring				Etablering i alt		Start		Drifttid								
3.0% Kalkulationsrente p.a.		Aktuelle priser		Aktuelle priser				Aktuelle priser				Nulidsværdi		År		År								
2010 Beregningsår		1000 kr		1000 kr				1000 kr				1.000 kr		År		År								
		Min Sandsynlig Max		Min Sandsynlig Max Middelv. Spredning				Min Sandsynlig Max Middelv. Spredning				Middelv. Spredning		Min Sandsynlig Max Middelv. Spredning		Min Sandsynlig Max Middelv. Spredning								
Strategi A Genskab strategi		2010		2010				2010				2010		2010		2010								
1 Termisk (ISTD) Term		850	854	900	882	70	850	976	1000	955	30	9.000	11.014	12.500	10.908	700	12.546	704	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Spunsvæg Sp		60	68	80	69	4	20	22	30	23	2	400	441	500	444	20	536	20	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Naturlig nedbrudning NL,n		150	189	250	193	20	50	58	70	59	4	0	0	0	0	0	252	20	2.010	5,0	5,0	8,0	5,6	0,6
4 Stimuleret nedbrudning St,L		280	315	450	335	34	300	303	350	312	10	4.500	4.830	6.000	4.998	300	5.645	302	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 - x		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rådgivning (% af anlægssum)		40%	40%	40%	512	51						20%	20%	20%	3.270	204	3.782	210						
I alt +/- spredning		1.456	1.716	2.352	1.791	95	1.220	1.258	1.450	1.349	32	16.680	19.542	22.900	19.621	789	22.761	795						
Strategi B Renskrab strategi		2010		2010				2010				2010		2010		2010								
1 Afgravning Afg		350	400	450	400	20	200	225	250	225	10	4.000	4.400	5.000	4.440	200	5.065	201	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Kemisk oxidation Kem,o		180	203	225	203	9	190	195	250	205	12	3.000	3.105	3.700	3.203	140	3.611	141	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Naturlig nedbrudning NL,n		140	189	180	173	4	40	58	70	57	6	0	0	0	0	0	230	7	2.010	5,0	5,0	8,0	5,6	0,6
4 Afværgepumpning Afr		300	350	400	350	20	180	200	225	201	9	2.800	3.000	3.600	3.080	160	3.631	161	2.010	2,0	2,0	3,0	2,2	0,2
5 - x		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rådgivning (% af anlægssum)		50%	50%	50%	563	27						20%	20%	20%	2.145	100	2.708	103						
I alt +/- spredning		1.455	1.712	1.853	1.689	40	610	678	795	688	19	11.760	12.608	14.760	12.868	309	15.244	312						
Strategi C Genskab strategi		2010		2010				2010				2010		2010		2010								
1 Afgravning Afg		350	400	450	400	20	200	225	250	225	10	4.000	4.400	5.000	4.440	200	5.065	201	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 Afværgepumpning Afr		150	175	200	175	10	100	125	150	125	10	600	900	1.100	920	60	1.220	62	2.010	3,0	3,0	5,0	3,4	0,4
3 Behandlingsanlæg Bch		50	60	70	60	4	50	60	70	60	4	1.200	1.200	1.600	1.280	80	1.400	80	2.010	3,0	3,0	5,0	3,4	0,4
4 Naturlig nedbrudning NL,n		125	142	150	140	5	40	48	60	49	4	0	0	0	0	0	189	8	2.010	5,0	5,0	10,0	6,0	1,0
5 - x		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rådgivning (% af anlægssum)		50%	50%	50%	388	20						20%	20%	20%	1.328	68	1.716	71						
I alt +/- spredning		1.013	1.165	1.305	1.163	30	390	458	530	459	15	7.200	7.800	9.240	7.868	234	9.590	236						

Der sker herved en beregning af en middelværdi og en spredning på de enkelte poster. Herved kan de væsentligste usikkerheder identificeres, hvorved det er muligt successivt at forfølge og nedbringe de væsentligste usikkerheder ved detailestimater, hvor det er nødvendigt. Herved kan man også undgå en unødigt detaljering i beregninger, hvor usikkerheden er af underordnet betydning.

Minimums- og maksimumsværdier bør sættes konservativt. Herved genereres en spredning på både hver afværgeteknik og hver af, der synliggør hvor de største usikkerheder er.

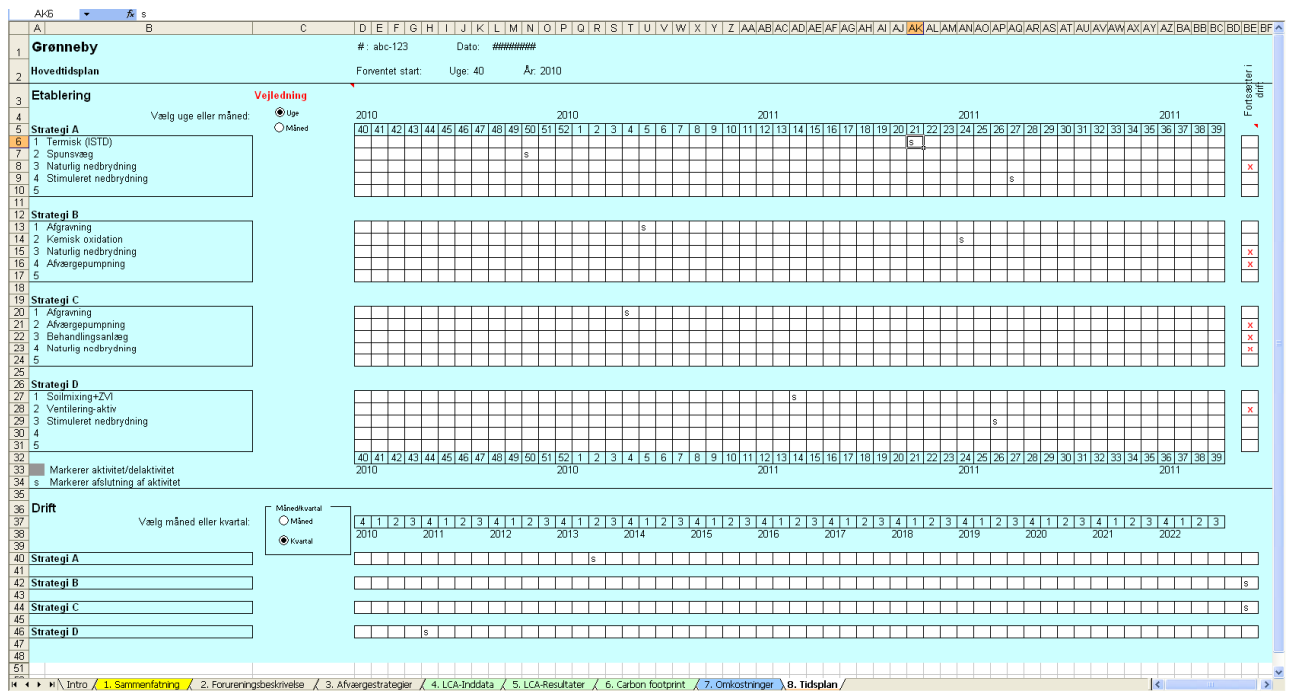
De beregnede omkostninger vises som en middelværdi og en spredning på de enkelte poster. En stor spredning er naturligvis begrundet i en stor usikkerhed. Dette giver mulighed for successivt at forfine sit omkostningsestimat, der hvor usikkerheden er størst.

Det bemærkes, at spredninger på enkeltposter ikke umiddelbart kan summeres. Spredningen på hovedposter er baseret på beregningen af variansen på den pågældende hovedpost.

2.9 Tidsplan (ark 8)

De valgte afværgestrategier overføres automatisk til Tidsplan fra ark 3.

Figur 2.13 Inddatering af tidsplan



Tidsplan oprettes indledningsvis ved valg mellem uge- og månedsvisning. Valget er blot en skalering af tidsplanen i forhold til om man ønsker en detaljering på ugebasis eller månedsbasis. Under tidsplanen for etablering er der en tidsplan for eventuel drift. Tilsvarende kan der for driftperioderne for hver strategi vælges måneds- eller kvartalsvisning.

For hver teknik markeres afslutningen af etableringen med et "s". Der må ikke være anden form for markering af aktiviteter i tidsplanen. For teknikker med en efterfølgende driftsperiode markeres dette yderst til højre med en afkrydsning.

Efterfølgende angives den forventede afslutning af driftsperioden ligeledes med et "s". Afslutning af den sidste aktivitet markeres med et "s" i cellen umiddelbart efter sidste aktivitet.

Markeringen af ”s” bruges til beregning af varighed af projektet i Sammenfatningsarket (ark 1) og er derfor nødvendigt for at tidsplanen indgår i den samlede vurdering..

2.10 Skjulte ark

Der er skjult følgende ark:

- Inddata
- Enhedsprocesser
- Normalisering og vægtning
- Lister
- Mellemregning
- Påvirkninger
- Retab_formler (ark 2)
- Retab_omk_form (ark 7)

I arkene findes de referencer, mellemregninger og LCA-data der automatisk benyttes i de viste ark.

Beregninger i hele excel-arket er primært baseret på direkte og indirekte referencer med opslag i lister. Derfor kan navne på afværgeteknikker kun ændres ét sted for ikke at miste referencen.

Til ensretning af diagrammerne er der dog benyttet VBA-kodning (makroer).

3 Inddata til RemS

I det følgende gives en oversigt over behovet for og anvendelsen af inddata.

3.1 Introark

Stamdata	(reference), [enhed]	Anvendelse
Lokalitetsnavn		Kopieres til alle ark
Lokalitetsnummer/ID		Kopieres til alle ark
Miljømyndighed		Dokumentation
Bruger	[navn/initialer]	Dokumentation
Organisation/Firma		Dokumentation
Dato for udarbejdelse	[dag, måned, år]	Kopieres til alle ark
Dato for planlagt projektstart	[uge, år]	Nutidsværdiberegning og tidsplan

3.2 Forureningsbeskrivelse

Inddata	(reference), [enhed]	Anvendelse			
		Overskridelse af kvalitetskriterium	Masseberegning	Omkostningsestimat	LCA screening
Forureningskomponenter	(valg fra liste)	x	x	x	x
Følsomhed, arealanvendelse	(valg fra liste)	x			
Geologi, jordarter	(valg fra liste)		x		
Areal af forureninger	[m ²]		x		x
Dybdeinterval	[m]		x		x
Koncentration, maksimum	[mg/m ³ , mg/kg, µg/l]	x			
Koncentration, middel	[mg/m ³ , mg/kg, µg/l]		x		
Fri fase (kildeområde)	[kg]	x	x		
Prioritering af forureninger	[-]			x	x

3.3 Afværgestrategier

Inddata	(reference), [enhed]	Anvendelse
Identifikation af mulige strategier		Kopieres til ark 1, 4, 5, 6, 7 og 8
<ul style="list-style-type: none"> Afværgeteknikker 	(valg fra liste, jf. afsnit 2.4)	do
Oprensningseffektivitet		Obligatorisk for scoreberegning i ark 1
<ul style="list-style-type: none"> Masse-/fluxreduktion 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Sikkerhed for effekt 	(Score 0-3)*	
Afledte effekter (pos/neg)		Valgfri for scoreberegning i ark 1
<ul style="list-style-type: none"> Æstetiske forhold/landskab 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Terrestisk/aquatisk økosystem 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Geokemiske. Mob. af stoffer 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Geotekniske. Fundering/sætninger 	(Score 0-3)*	
Nabogener		Valgfri for scoreberegning i ark 1
<ul style="list-style-type: none"> Støj/vibrationer 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Støv og lugt 	(Score 0-3)*	
<ul style="list-style-type: none"> Øget trafik (ulykkesrisiko) 	(Score 0-3)*	

* Vurderingen af score er forklaret i noter ved de enkelte celler/kolonner

3.4 LCA-inddata

På baggrund af forureningsbeskrivelsen og identificerede afværgestrategier gives et forslag til LCA inddata, der er begrænset til udvalgte nøgleparametre for hver afværgeteknik.

Der er i separat regneark "RemS_Dataindsamling_LCA" givet en detaljeret oversigt over nøgledata. For hver teknik er det angivet et standard datasæt, som alene skal betragtes som et vejledende datasæt for et projekt af "normalt" omfang. Kolonnen "Rettet af bruger" kan anvendes til de lokalitetsspecifikke data.

Der er vejledende kommentarer til dataindsamlingen i regnearket "RemS_Dataindsamling_LCA".

3.5 Omkostninger

På baggrund af forureningsbeskrivelsen og identificerede afværgestrategier gives automatisk et 1. estimat på omkostningerne til gennemførelsen af de definerede afværgestrategier. Brugeren bør gennemgå estimatet kritisk.

Dette estimat bør overskrives når konkrete lokalitetsspecifikke estimater/budgettal over projektøkonomien foreligger. Inddata er specificeret nedenfor:

Inddata	(reference), [enhed]	Anvendelse
Etablering		Gengives i ark 1 Sammenfatning
• Undersøgelser, pilottests*	[1.000 kr]	
• Projektering og udbud (rådgivning)	[1.000 kr]	
• Anlægsarb. incl. Indkøring*	[1.000 kr]	
Drift		Gengives i ark 1 Sammenfatning
• Driftstid	[1.000 kr]	
• Driftsomkostning pr. år*	[1.000 kr]	
Afvikling		Gengives i ark 1 Sammenfatning
• Demontering*	[1.000 kr]	

* Rådgivning er et procentuelt tillæg

Herudover bør starttidspunkter afstemmes med tidsplanen.

3.6 Tidsplan

Inddata	(reference), [enhed]	Anvendelse
Tidsplan for hver strategi		Gengives i ark 1 Sammenfatning
• Afværgeteknikkers etableringsperiode angives	[uge eller måned]	
• Afværgeteknikkers driftsperiode angives	[måned eller kvartal]	

4 Referencer

1. Lichtenberg, S. (1974): "The Successive Principle", PMI-74, proc. 6-ann. Seminar, Project Management Institute, Washington DC, 1974 p. 570 - 78.
2. Lynggård, P.: "Investering og finansiering". Handelshøjskolernes Forlag.
3. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen. (2000): "Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter"
4. Amternes Videncenter for Jordforurening (2003): "Afvægehåndbog for klorerede stoffer i jord og grundvand". Teknik og Administration nr. 4 2003
5. Miljøstyrelsen (2006): "Fjernelse af jordforurening ved og under huse - Priskatalog". Miljøprojekt nr. 1032, 2006. Teknologiuudviklingsprogrammet for jord- og grundvandsforurening.
6. Videncenter for Jordforurening (2007): "Afværgekatalog". Teknik og Administration nr. 4 2007.

Bilag A

Eksempel på print af
LCA beregningsresultaterne i
tabelform fra RemS ark 5

Påvirkninger: Ressourceforbrug, emissioner, toksicitet og affald

Strategi A		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	Forudsat el-type					
		Termisk (ISTD)	Spunsvæg	Naturlig nedbrydning	Stimuleret nedbrydning	-	Electricity DK Low volt. at grid					
Ressourceforbrug		Termisk (ISTD)	Spunsvæg	Naturlig nedbrydning	Stimuleret nedbrydning	-	Normaliserings-reference	Normaliserede ressourceforbrug	Forsyningshorisont (reciprok vægtningsfaktor)	Vægtet ressourceforbrug		
				g	g		1 PE [kg]	PE	[år]	PR		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5						
Energi	R_1 Råolie	kg	21.655	1.532	4.198	26.409	-	53.795	604,4	89	42	2,13
	R_2 Naturgas	kg	38.400	473	777	3.758	-	43.409	353,3	123	67	1,84
	R_3 Uran	kg	1	0	0	0	-	2	0,0056	281	98	2,87
	R_4 Stenkul	kg	187.470	1.483	683	3.729	-	193.365	601,6	321	124	2,58
	R_12 Brunkul	kg	28.953	660	456	2.418	-	32.487	264,1	123	255	0,48
Sum Energi												9,90
Metaller	R_5 Aluminium	kg	121	5	6	34	-	166	4,5	37	147	0,25
	R_6 Jern	kg	20.029	1.373	339	1.387	-	23.129	97,7	237	128	1,85
	R_7 Krom	kg	559	14	1	9	-	583	0,83	704	47	14,94
	R_8 Nikkel	kg	1.803	71	6	36	-	1.916	0,22	8.758	44	197,75
	R_9 Kobber	kg	295	2	2	19	-	318	2,27	140	32	4,32
	R_10 Mangan	kg	260	19	1	4	-	284	1,72	165	35	4,79
	R_13 Molybdæn	kg	280	20	1	5	-	307	0,022	14.113	62	228,10
Sum Metaller												452,00
Jord	R_11 Sand/grus	ton	186	0	4	20	-	211	3.306	64	250	0,25
Sum Ressourceforbrug												462,15
Miljøeffektpotentiale		Termisk (ISTD)	Spunsvæg	Naturlig nedbrydning	Stimuleret nedbrydning	-	Normaliserings-reference	Normaliseret miljøeffektpotentiale	Reduktionsmål (Vægtningsfaktor)	Vægtet miljøeffektpotentiale		
				g	g		1 PE [kg]	PE	[-]	PET		
		Ækv.	Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5					
Emissioner	P_1 Global opvarmning	ton CO ₂	505	9	15	121	-	650	8.700	75	1,10	82,13
	P_2 Forsuring	kg SO ₂	1.689	46	90	626	-	2.452	74	33	1,30	43,07
	P_3 Fotokemisk ozon	kg C ₂ H ₄	102	5	10	104	-	220	25	9	1,30	11,43
	P_12 Næringssaltbelastning	kg NO ₃	1.589	73	136	4.877	-	6.676	119	56	1,20	67,32
Sum Emissioner (uden P_12)												136,64
Toksicitet	P_4 Persistent toksicitet								1 PE [m ³]			136,64
	P_13 - Økotoksicitet, vand, kronisk	m ³	1,4E+08	6,8E+06	5,2E+06	5,7E+07	-	2,1E+08	352.000	333	1,00	332,78
	P_14 - Økotoksicitet, jord, kronisk	m ³	4,8E+06	1,9E+05	1,0E+05	1,3E+06	-	6,4E+06	964.000			
	P_15 - Human toksicitet, vand	m ³	5,0E+06	2,7E+05	1,0E+05	6,6E+05	-	6,0E+06	52.200			
	P_16 - Human toksicitet, jord	m ³	6,1E+04	1,2E+03	2,3E+03	1,4E+04	-	7,8E+04	127			
	P_5 Økotoksicitet	m ³	1,5E+07	7,2E+05	5,2E+05	3,8E+06	-	2,0E+07	29.100	685	1,10	753,08
	P_6 Human toksicitet	m ³	9,4E+10	2,6E+09	3,5E+09	5,5E+10	-	1,6E+11	3,1E+09	51	1,10	55,98
Sum Toksicitet												1.141,83
Affald	P_7 Fast affald	ton	50	3	10	14	-	76	1.350	56	1,10	62,11
	P_8 Farligt affald	kg	145	1	27	21	-	193	20,7	9	1,10	10,27
	P_9 Radioaktivt affald	kg	10	0	0	1	-	12	0,035	348	1,10	382,42
	P_10 Slagge/aske	kg	585	35	5	22	-	648	350	2	1,10	2,04
Sum Affald												456,83

Påvirkninger: Ressourceforbrug, emissioner, toksicitet og affald

Strategi B		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	Forudsat el-type					
		Afgravning	Kemisk oxidation	Naturlig nedbrydning	Afværgepumpning	-	Electricity DK Low volt. at grid					
Ressourceforbrug		Afgravning	Kemisk oxidation	Naturlig nedbrydning	Afværgepumpning	-	Normaliseringsreference	Normaliserede ressourceforbrug	Forsyningshorisont (reciprok vægtningsfaktor)	Vægtet ressourceforbrug		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[år]	PR		
Energi	R_1 Råolie	kg	75.353	13.518	4.198	10.472	-	103.541	604,4	171	42	4,09
	R_2 Naturgas	kg	8.533	7.675	777	2.213	-	19.198	353,3	54	67	0,81
	R_3 Uran	kg	1	0	0	0	-	1	0,0056	241	98	2,46
	R_4 Stenkul	kg	14.339	8.157	683	5.466	-	28.645	601,6	48	124	0,38
	R_12 Brunkul	kg	6.699	10.818	456	2.295	-	20.268	264,1	77	255	0,30
Sum Energi												8,05
Metaller	R_5 Aluminium	kg	166	127	6	30	-	330	4,5	73	147	0,50
	R_6 Jern	kg	10.379	2.318	339	802	-	13.838	97,7	142	128	1,11
	R_7 Krom	kg	40	42	1	9	-	92	0,83	111	47	2,36
	R_8 Nikkel	kg	223	104	6	34	-	367	0,22	1.679	44	37,92
	R_9 Kobber	kg	52	58	2	29	-	141	2,27	62	32	1,91
	R_10 Mangan	kg	45	7	1	6	-	59	1,72	34	35	0,99
	R_13 Molybdæn	kg	48	8	1	7	-	64	0,022	2.952	62	47,72
Sum Metaller												92,50
Jord	R_11 Sand/grus	ton	6.789	36	4	10	-	6.839	3.306	2.069	250	8,28
Sum Ressourceforbrug												108,82
Miljøeffektpotentiale		Afgravning	Kemisk oxidation	Naturlig nedbrydning	Afværgepumpning	-	Normaliseringsreference	Normaliseret miljøeffektpotentiale	Reduktionsmål (Vægtningfaktor)	Vægtet miljøeffektpotentiale		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[-]	PET		
Emissioner	P_1 Global opvarmning	ton CO ₂	277	83	15	46	-	421	8.700	48	1,10	53,24
	P_2 Forsuring	kg SO ₂	1.702	780	90	182	-	2.754	74	37	1,30	48,38
	P_3 Fotokemisk ozon	kg C ₂ H ₄	411	40	10	31	-	491	25	20	1,30	25,53
	P_12 Næringssaltbelastning	kg NO ₃	2.749	486	136	232	-	3.603	119	30	1,20	36,33
Sum Emissioner (uden P_12)												127,15
Toksicitet	P_4 Persistent toksicitet								1 PE [m ³]	249	1,00	249,37
	P_13 - Økotoxicitet, vand, kronisk	m ³	1,1E+08	4,7E+07	5,2E+06	1,8E+07	-	1,8E+08	352.000			
	P_14 - Økotoxicitet, jord, kronisk	m ³	2,7E+06	2,0E+06	1,0E+05	7,3E+05	-	5,5E+06	964.000			
	P_15 - Human toksicitet, vand	m ³	2,2E+06	1,9E+06	1,0E+05	3,2E+05	-	4,5E+06	52.200			
	P_16 - Human toksicitet, jord	m ³	2,4E+04	1,6E+04	2,3E+03	6,7E+03	-	4,9E+04	127			
	P_5 Økotoxicitet	m ³	1,1E+07	4,7E+06	5,2E+05	1,8E+06	-	1,8E+07	29.100	633	1,10	696,16
	P_6 Human toksicitet	m ³	5,3E+10	3,3E+10	3,5E+09	4,0E+10	-	1,3E+11	3,1E+09	42	1,10	46,51
Sum Toksicitet												992,04
Affald	P_7 Fast affald	ton	3.209	13	10	4	-	3.236	1.350	2397	1,10	2636,78
	P_8 Farligt affald	kg	17	18	27	12	-	74	20,7	4	1,10	3,92
	P_9 Radioaktivt affald	kg	5	4	0	1	-	10	0,035	297	1,10	327,24
	P_10 Slagge/aske	kg	193	204	5	33	-	434	350	1	1,10	1,36
Sum Affald												2.969,30

Påvirkninger: Ressourceforbrug, emissioner, toksicitet og affald

Strategi C		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	Forudsat el-type					
		Afgravning	Afværgepumpning	Behandlingsanlæg	Naturlig nedbrydning	-	Electricity DK Low volt. at grid					
Ressourceforbrug		Afgravning	Afværgepumpning	Behandlingsanlæg	Naturlig nedbrydning	-	Normaliseringsreference	Normaliserede ressourceforbrug	Forsyningshorisont (reciprok vægtningsfaktor)	Vægtet ressourceforbrug		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[år]	PR		
Energi	R_1 Råolie	kg	75.353	12.175	15.782	4.508	-	107.817	604,4	178	42	4,26
	R_2 Naturgas	kg	8.533	2.243	3.779	832	-	15.388	353,3	44	67	0,65
	R_3 Uran	kg	1	0	0	0	-	1	0,0056	218	98	2,22
	R_4 Stenkul	kg	14.339	4.943	9.966	716	-	29.964	601,6	50	124	0,40
	R_12 Brunkul	kg	6.699	2.578	5.505	475	-	15.256	264,1	58	255	0,23
Sum Energi												7,76
Metaller	R_5 Aluminium	kg	166	37	80	6	-	289	4,5	64	147	0,43
	R_6 Jern	kg	10.379	941	4.162	362	-	15.843	97,7	162	128	1,27
	R_7 Krom	kg	40	11	371	1	-	423	0,83	511	47	10,84
	R_8 Nikkel	kg	223	41	932	6	-	1.203	0,22	5.497	44	124,13
	R_9 Kobber	kg	52	33	48	2	-	135	2,27	59	32	1,83
	R_10 Mangan	kg	45	8	42	1	-	95	1,72	55	35	1,60
	R_13 Molybdæn	kg	48	8	46	1	-	103	0,022	4.730	62	76,45
Sum Metaller												216,56
Jord	R_11 Sand/grus	ton	6.789	10	0	4	-	6.804	3.306	2.058	250	8,23
Sum Ressourceforbrug												232,55
Miljøeffektpotentiale		Afgravning	Afværgepumpning	Behandlingsanlæg	Naturlig nedbrydning	-	Normaliseringsreference	Normaliseret miljøeffektpotentiale	Reduktionsmål (Vægtningsfaktor)	Vægtet miljøeffektpotentiale		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[-]	PET		
Emissioner	P_1 Global opvarmning	ton CO ₂	277	51	81	16	-	425	8.700	49	1,10	53,75
	P_2 Forsuring	kg SO ₂	1.702	206	347	98	-	2.353	74	32	1,30	41,34
	P_3 Fotokemisk ozon	kg C ₂ H ₄	411	36	53	11	-	510	25	20	1,30	26,54
	P_12 Næringssaltbelastning	kg NO ₃	2.749	267	453	151	-	3.620	119	30	1,20	36,50
Sum Emissioner (uden P_12)												121,62
Toksicitet	P_4 Persistent toksicitet								1 PE [m ³]	249	1,00	248,92
	P_13 - Økotoksicitet, vand, kronisk	m ³	1,1E+08	2,1E+07	4,9E+07	5,5E+06	-	1,9E+08	352.000			
	P_14 - Økotoksicitet, jord, kronisk	m ³	2,7E+06	8,7E+05	1,6E+06	1,0E+05	-	5,3E+06	964.000			
	P_15 - Human toksicitet, vand	m ³	2,2E+06	3,7E+05	1,1E+06	1,1E+05	-	3,8E+06	52.200			
	P_16 - Human toksicitet, jord	m ³	2,4E+04	7,6E+03	1,4E+04	2,4E+03	-	4,9E+04	127			
	P_5 Økotoksicitet	m ³	1,1E+07	2,1E+06	5,0E+06	5,6E+05	-	1,9E+07	29.100	652	1,10	717,60
	P_6 Human toksicitet	m ³	5,3E+10	4,8E+10	7,6E+10	3,6E+09	-	1,8E+11	3,1E+09	59	1,10	64,93
Sum Toksicitet												1.031,45
Affald	P_7 Fast affald	ton	3.209	4	13	12	-	3.238	1.350	2398	1,10	2638,08
	P_8 Farligt affald	kg	17	14	16	26	-	73	20,7	4	1,10	3,88
	P_9 Radioaktivt affald	kg	5	1	3	0	-	9	0,035	267	1,10	293,93
	P_10 Slagge/aske	kg	193	38	137	5	-	373	350	1	1,10	1,17
Sum Affald												2.937,06

Påvirkninger: Ressourceforbrug, emissioner, toksicitet og affald

Strategi D		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	Forudsat el-type					
		Soilmixing+ZVI	Ventilering-aktiv	Stimuleret nedbrydning	-	-	Electricity DK Low volt. at grid					
Ressourceforbrug		Soilmixing +ZVI	Ventilering-aktiv	Stimuleret nedbrydning	-	-	Normaliserings-reference	Normaliserede ressourceforbrug	Forsyningshorisont (reciprok vægtningsfaktor)	Vægtet ressourceforbrug		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[år]	PR		
Energi	R_1 Råolie	kg	104.108	14.109	19.763	-	-	137.980	604,4	228	42	5,45
	R_2 Naturgas	kg	78.140	3.205	8.806	-	-	90.151	353,3	255	67	3,82
	R_3 Uran	kg	5	0	0	-	-	5	0,0056	936	98	9,54
	R_4 Stenkul	kg	264.897	7.282	3.693	-	-	275.872	601,6	459	124	3,69
	R_12 Brunkul	kg	119.083	4.307	4.149	-	-	127.539	264,1	483	255	1,90
Sum Energi												24,40
Metaller	R_5 Aluminium	kg	507	50	31	-	-	588	4,5	130	147	0,88
	R_6 Jern	kg	240.756	4.197	1.215	-	-	246.168	97,7	2.521	128	19,69
	R_7 Krom	kg	2.682	47	11	-	-	2.740	0,83	3.309	47	70,14
	R_8 Nikkel	kg	13.285	217	41	-	-	13.543	0,22	61.911	44	1.397,99
	R_9 Kobber	kg	267	39	24	-	-	330	2,27	145	32	4,49
	R_10 Mangan	kg	3.616	56	5	-	-	3.677	1,72	2.139	35	61,92
	R_13 Molybdæn	kg	3.842	59	5	-	-	3.907	0,022	179.892	62	2.907,56
Sum Metaller												4.462,68
Jord	R_11 Sand/grus	ton	2	10	18	-	-	30	3.306	9	250	0,04
Sum Ressourceforbrug												4.487,12
Miljøeffektpotentiale		Soilmixing +ZVI	Ventilering-aktiv	Stimuleret nedbrydning	-	-	Normaliserings-reference	Normaliseret miljøeffektpotentiale	Reduktionsmål (Vægtningfaktor)	Vægtet miljøeffektpotentiale		
		Teknik 1	Teknik 2	Teknik 3	Teknik 4	Teknik 5	1 PE [kg]	PE	[-]	PET		
Emissioner	P_1 Global opvarmning	ton CO ₂	1.092	68	80	-	-	1.241	8.700	143	1,10	156,85
	P_2 Forsuring	kg SO ₂	5.295	292	390	-	-	5.977	74	81	1,30	105,00
	P_3 Fotokemisk ozon	kg C ₂ H ₄	611	47	51	-	-	709	25	28	1,30	36,87
	P_12 Næringssaltbelastning	kg NO ₃	8.059	404	525	-	-	8.988	119	76	1,20	90,64
Sum Emissioner (uden P_12)												298,72
Toksicitet	P_4 Persistent toksicitet						1 PE [m ³]	1532			1,00	1532,44
	P_13 - Økotoksicitet, vand, kronisk	m ³	1,0E+09	3,6E+07	2,9E+07	-	-	1,1E+09	352.000			
	P_14 - Økotoksicitet, jord, kronisk	m ³	3,1E+07	1,4E+06	1,1E+06	-	-	3,3E+07	964.000			
	P_15 - Human toksicitet, vand	m ³	4,7E+07	1,0E+06	4,4E+05	-	-	4,9E+07	52.200			
	P_16 - Human toksicitet, jord	m ³	2,3E+05	1,1E+04	1,1E+04	-	-	2,5E+05	127			
	P_5 Økotoksicitet	m ³	1,1E+08	3,7E+06	2,9E+06	-	-	1,2E+08	29.100	4065	1,10	4471,17
	P_6 Human toksicitet	m ³	3,7E+11	6,1E+10	4,3E+10	-	-	4,7E+11	3,1E+09	154	1,10	169,73
Sum Toksicitet												6.173,33
Affald	P_7 Fast affald	ton	269	8	12	-	-	289	1.350	214	1,10	235,13
	P_8 Farligt affald	kg	1.177	24	24	-	-	1.225	20,7	59	1,10	65,08
	P_9 Radioaktivt affald	kg	38	2	2	-	-	42	0,035	1187	1,10	1305,54
	P_10 Slagge/aske	kg	6.441	125	21	-	-	6.587	350	19	1,10	20,70
Sum Affald												1.626,45