

WORKSHOP III

Bæredygtighed – En ambition som er svær at omsætte til handling hvor starter vi?



Velkommen

Hvorfor er vi samlet her i dag?

Opsamle på de sidste mange års erfaringer

Diskussionsworkshop om, hvordan vi tager det næste skridt

Johannes Dandanell Neimann, Region Hovedstaden

Gitte Lemming Søndergaard, Ramboll

Isak Hjort Dahm, WSP



Program

- Åbningsøvelse - Betragtninger ved bæredygtighed, v. Mentimeter
- Italesættelse af problemstilling for bæredygtighed
- Hvor står vi med implementering
- Bæredygtighed i anvendelse
- Eksisterende værktøjer + case
- Diskussion af dagens emner og fremtidige behov



Hvilke læring kan man forvente fra workshoppen?

- Et indblik i, hvor vi i Danmark står ifht. at få implementeret bæredygtighed i vores håndtering af jord- og grundvandsforurening.
- Et grundlag, til bedre fælles forståelse af hvad bæredygtighed mere konkret indebærer.
- Indsigt i handlemuligheder og tilgange, for at indtænke bæredygtighed mere i sine projekter

14:15 - Tak for spændende workshop! 😊

Bord plancher

Til senere diskussion

Samle eftertanker fra dagens program

Tag dem med, eller aflever til os efter

Formål: diskuter ved bordene
Skriv og tegn om indtryk fra dagens workshop, tag med som noter eller aflever efter workshop

Guld Korn?



Ambition?



Refleksioner:

Tegn og skitser også gerne

Åbningsøvelse v. Mentimeter

Spørgsmål stillet, for at drage fælles betragtninger om bæredygtighed i jord og grundvandsforureningsbranchen mellem dagens deltagere.

Før, vi evt. påvirker jer med vores betragtninger

Hvilke italesættelser af bæredygtighed er der mellem os der arbejder, hvordan opfattes det?

Hvis der er et mønster, giver det en ide om hvor vi skal starte?

Passer det med dagens program?



QR Link:





Mentimeter opsamling



Se vedlagte PDF for Resultater



Hvorfor mere bæredygtighed?

Altid ude i øjenkrogen, ved arbejdet vi udfører

- optimering er allerede en del af at gå i en mere bæredygtig retning

Berettigelse - udleve endnu mere potentiale i vores arbejde

- Helhedssynet – Bedre, smartere og grønnere

Det oplyste grundlag

- Traf de rigtige valg

Bedre kommunikation

- Tage risikoperspektivet i praksis

Opsamlingen på de 30 års erfaring

- Hvor er de allokerede ressourcer givet bedst ud?

Definition af bæredygtig afværge ifølge ISO standard (ISO 18504:2017)

"Elimination og/eller kontrol af uacceptable risici på en sikker og rettidig måde mens den miljømæssige, sociale og økonomiske værdi af arbejdet optimeres"



Erfaringer fra opsamling

Ikke konkret nok, til at man kan handle på det - "Fluffy"

Kommunikation – intet fælles sprog, ingen klar retningslinje

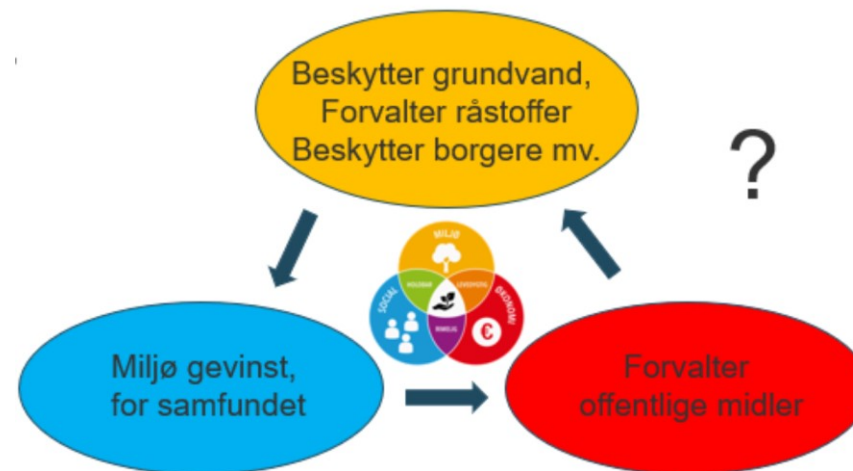
Indsatsen i sig selv, er vel bæredygtig?

Bryder med professionalisme? – vi arbejder specialiseret på et meget højt fagligt niveau

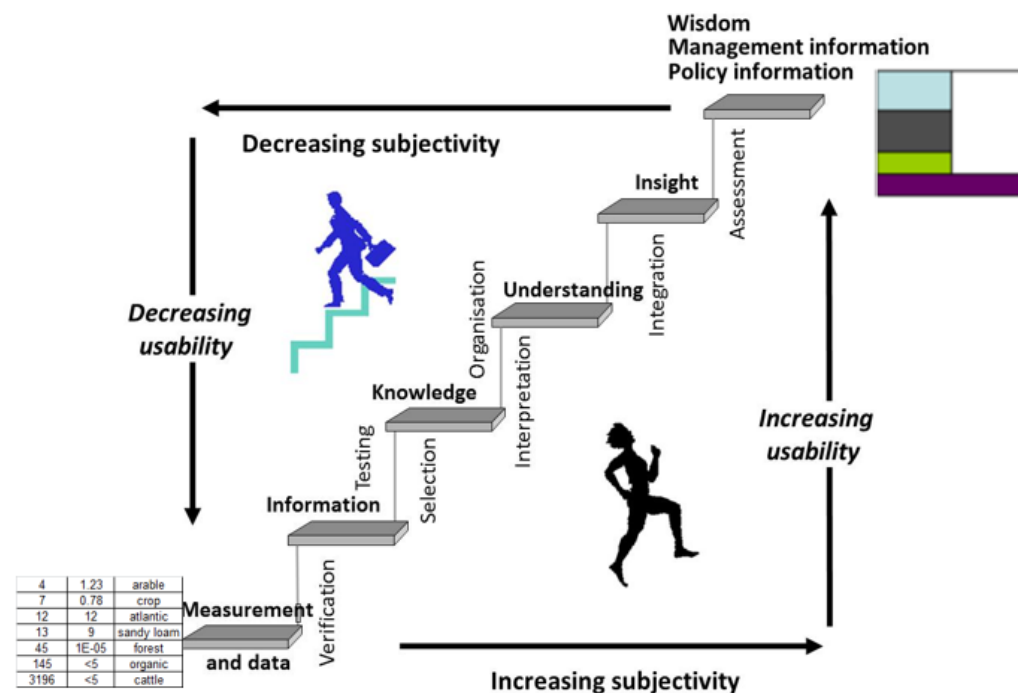
Ingen tydelige effekter? – Svært at se effekten af tiltag

Evt. ulemper? Dyrere? Meget komplekst? Risiko for projektet? Abstrakt, nogen gange unødvendigt / man kender allerede svaret? ... etc.

Et sekundært hensyn – Jf. lov der forvaltes



Ladder of data-knowledge-wisdom



Er det så overhovedet muligt..?

Definition af bæredygtig afværge ifølge ISO standard (ISO 18504:2017)

"Elimination og/eller kontrol af uacceptable risici på en sikker og rettidig måde mens den **miljømæssige, sociale og økonomiske** værdi af arbejdet optimeres"

Manglende definition – hvad med operationel definition(er)?

Paradigme med samfundsressourcer pr. liter beskyttet grundvand, i stedet for kr. pr liter beskyttet grundvand?

Klarhed for hvor potentialet er – hvor er der mulighed for ændret adfærd og øget bæredygtighed?

Ja! Men... Hvem har teten?

Klar økonomisk fordel

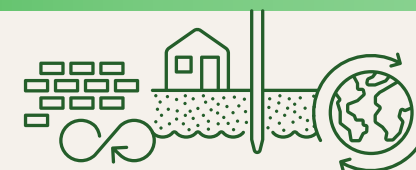
Klar metodisk fordel



Afgrænse sig, hvor der er bæredygtigt potentiale



Hvor står vi i Danmark m. implementering



Fælles sprog/forståelse

Hvad er bæredygtighed?

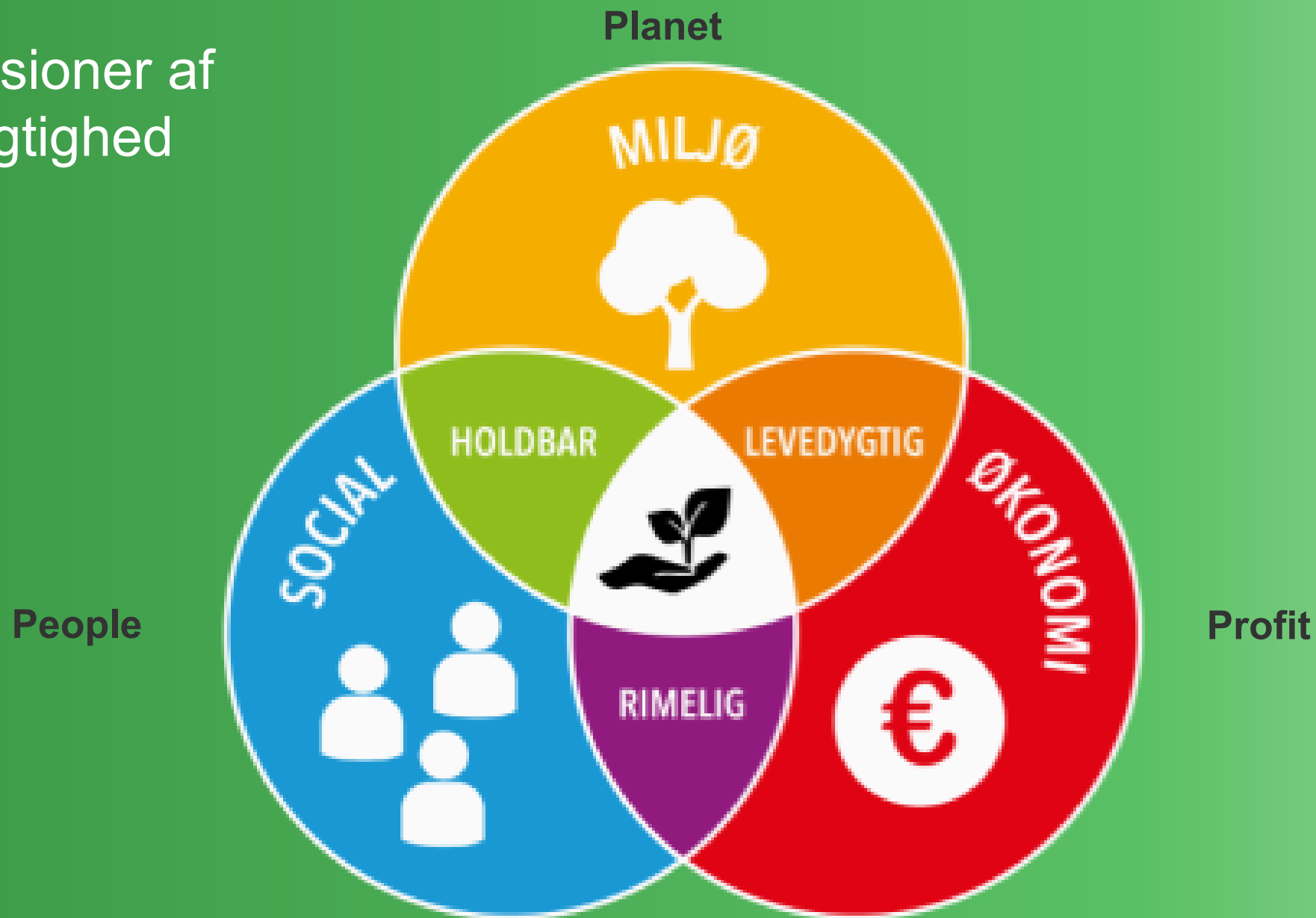


”... en udvikling, der imødekommer
nulevende menneskers behov, uden at det
skader fremtidige generationers
muligheder for at få opfyldt deres behov”

FN (1987): Our Common Future

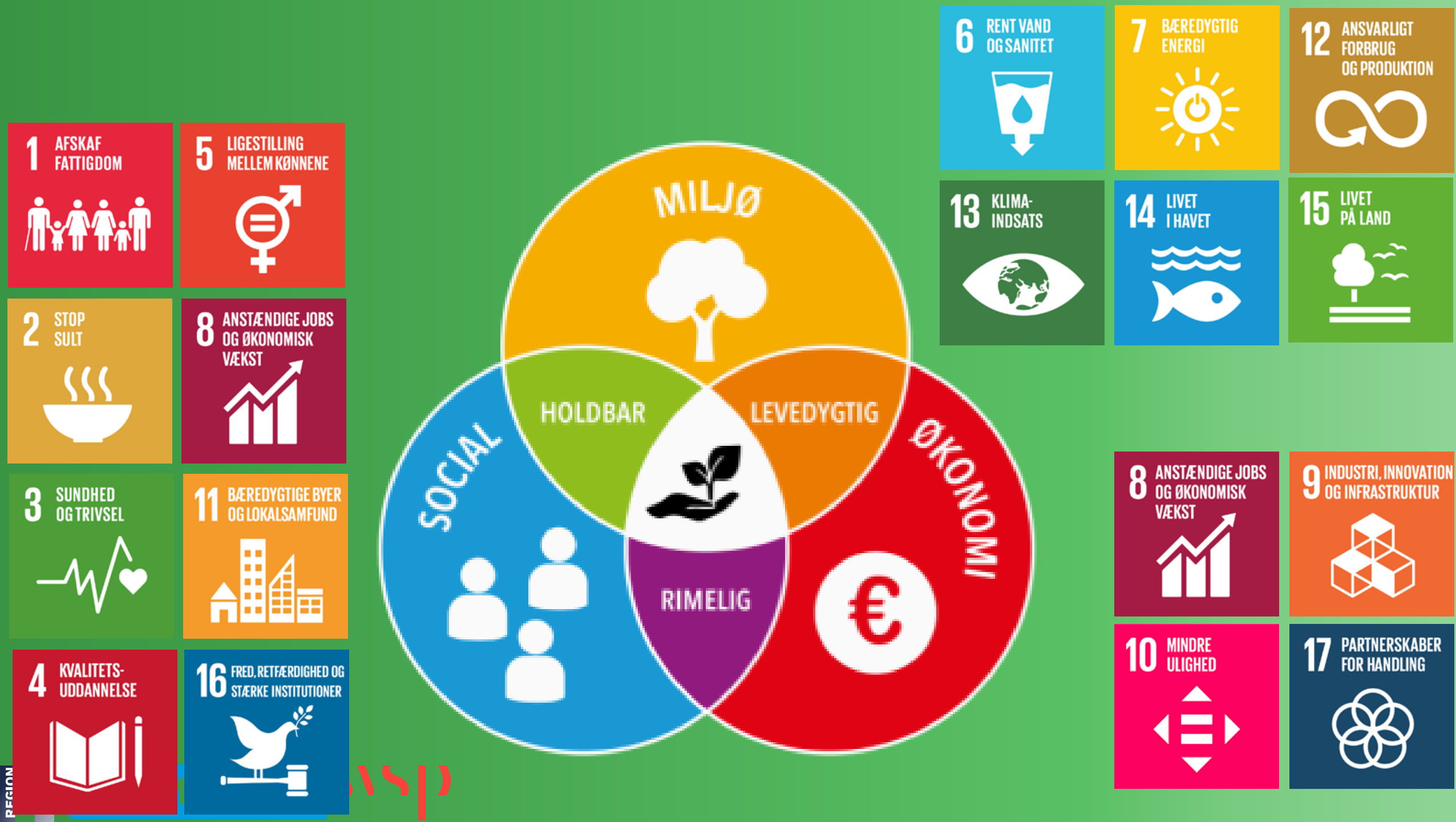


3 dimensioner af bæredygtighed



FN'S 17 VERDENSMÅL FOR BÆREDYGTIG UDVIKLING





ISO standard for bæredygtig afværgelse

ISO 18504:2017

- Definitioner
- Terminologi
- Overordnede rammer og principper for bæredygtighedsvurderinger

Sustainable Remediation Forum UK (SuRF-UK)

- SuRF-UK framework document 2010
- Opdateret indikatorsæt 2020
- Online ressourcer via Cl:aire UK:
<https://www.claire.co.uk/projects-and-initiatives/surf-uk>



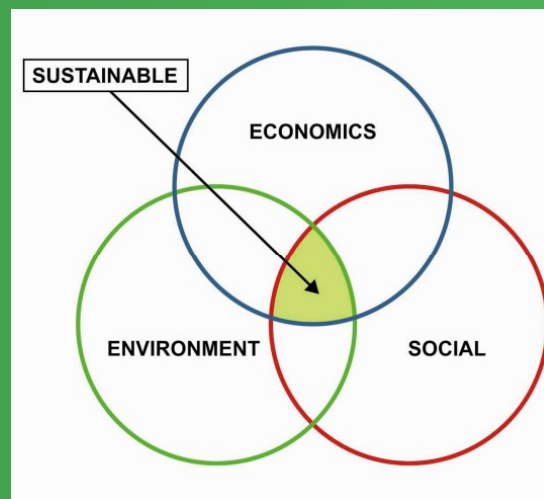
Bæredygtig afværgelse

Definition og nøgleprincipper
ISO 18504:2017

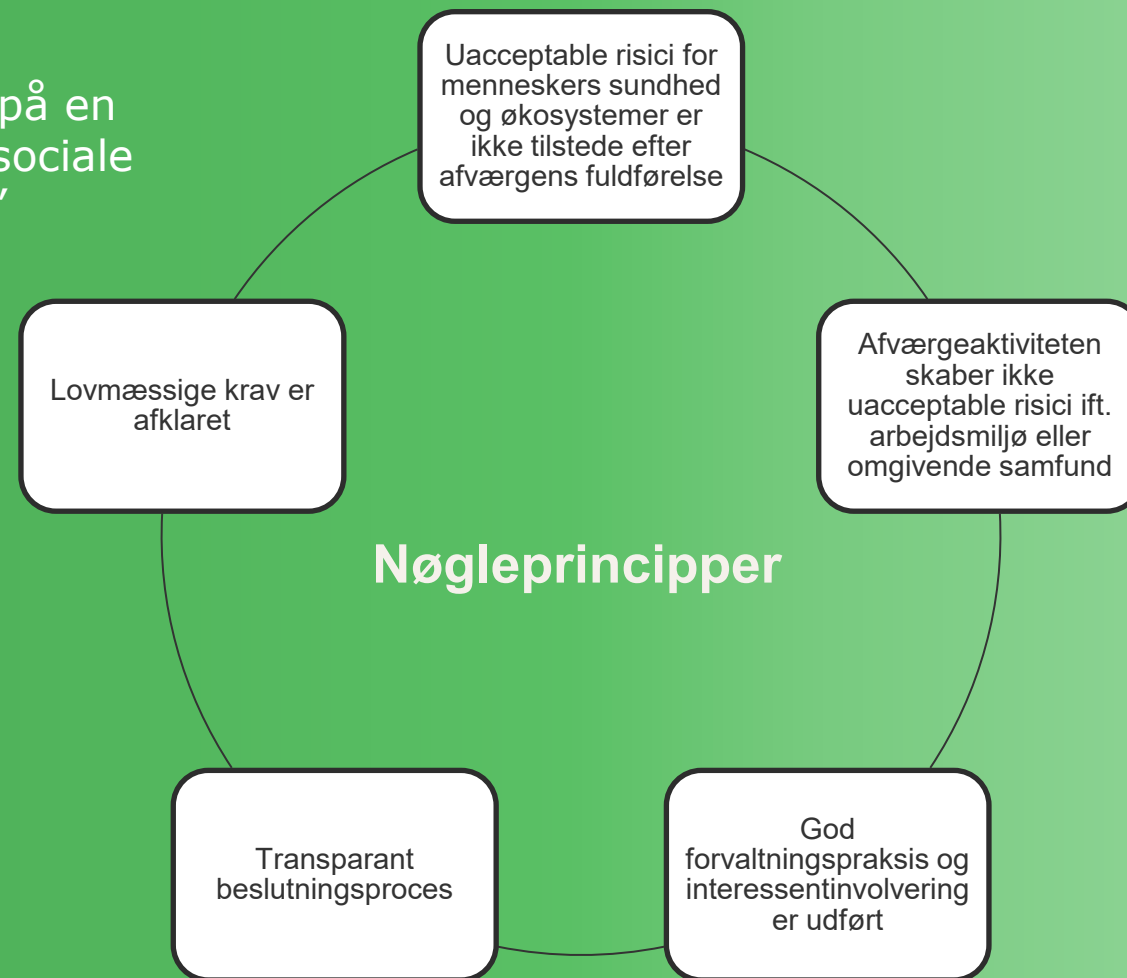
Hvad er bæredygtig afværgelse?

“Elimination og/eller kontrol af uacceptable risici på en sikker og rettidig måde mens den miljømæssige, sociale og økonomiske værdi af arbejdet optimeres”

ISO 18504:2017



Figur fra SurF UK (2010)



Hvordan ”måler” vi bæredygtighed?

Bæredygtighedsindikator

”En enkeltstående **størrelse** eller et **karaktertræk**, der repræsenterer en bæredygtighedseffekt, som kan være enten positiv eller negativ, og som kan sammenlignes på tværs af alternative afværgestrategier for at evaluere deres relative præstation”.

ISO 18504:2017



Indikatoroverskrifter ISO 18504:2017 og SuRF-UK

Miljø	Økonomi	Social
ENV1: Emissioner til luft	ECON1: Direkte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC1: Menneskers sundhed og sikkerhed
ENV2: Jord og terræn	ECON2: Indirekte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC2: Etik og lighed
ENV3: Grundvand og overfladevand	ECON3: Beskæftigelse og beskæftigelseskapital	SOC3: Nærmiljø og lokalitet
ENV4: Økosystemer	ECON4: Afledte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC4: Lokalsamfund og involvering af lokalsamfund
ENV5: Naturressourcer og affald	ECON5: Projektlevetid og fleksibilitet	SOC5: Usikkerhed og evidens

Eksempler på indikatorer

Drivhusgasemission

kg CO₂-e.

Omkostninger

Kr.

Gener for lokalsamfund

Grad af gener

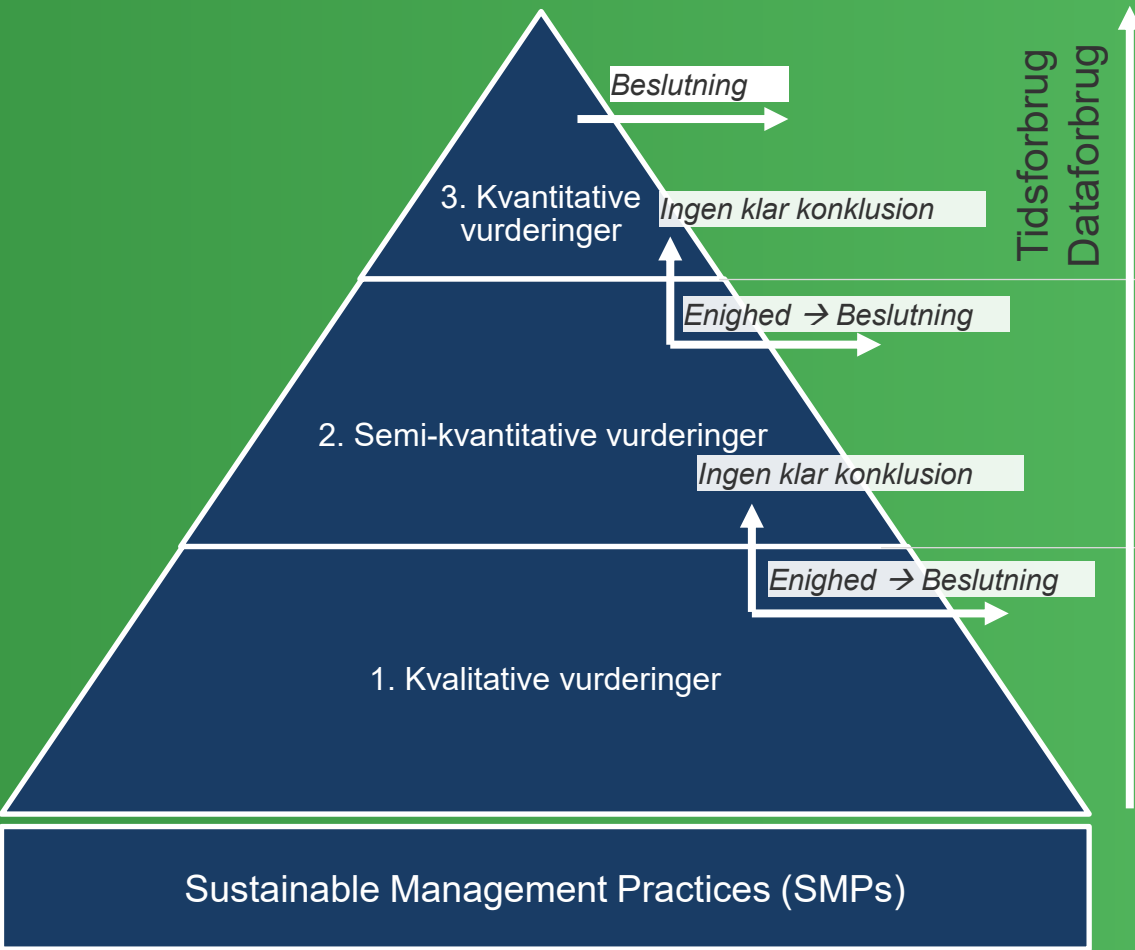
Metoder og værktøjer ifølge ISO

ISO anviser *ikke* specifikke værktøjer

Beskriver en række principper for vurdering og trin der skal gennemgås

Kvalitative, semi-kvantitative eller kvantitative vurderinger

Start simpelt ud

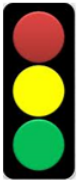


Modificeret efter Bardos et al. (2016) samt SuRF UK (2020)

3. Kvantitative vurderinger: fysiske opgørelser (f.eks. kg CO₂-eq.), livscyklusvurderinger, cost-benefit analyser

2. Semi-kvantitative vurderinger: Kvalitative udsagn udtrykt som score

1. Kvalitative vurderinger: baseret på kvalitative udsagn



Worse
Neutral
Better

	Environ- ment	Economy	Social
Remediation alternative 1			
Remediation alternative 2			
Remediation alternative 3			

Interessentinddragelse

Et nøgleaspekt ifølge ISO 18504:2017



En *interessent* kan direkte eller indirekte påvirke, eller blive påvirket af afværgeaktiviteterne

f.eks. grundejer, myndigheder, beboere, naboer, lokalsamfund, interesseorganisationer, lokale virksomheder

Interessentinvolvering er central:

- sikre en valid proces iflg. ISO, f.eks. enighed om bæredygtighedsindikatorer
- vigtig kilde til information



Graden af involvering afhænger af projektets størrelse:

- **Små og simple projekter:** Grundejer, rådgiver og lokale myndigheder
- **Større og mere komplekse projekter:** Breder interessentgruppe og dialog



Erfaringer

Sustainable Management practices

RISIKOVURDERING – er yderligere undersøgelser eller afværgen nødvendig?



Litteraturopsamling vedr. LCA anvendt til vurdering af afværgen peger på:

- Biologiske afværgemetoder har lav miljøbelastning, men større usikkerhed på oprensningsgrad og tidsforbrug.
- Transport af jord giver væsentligt bidrag til klimapåvirkningen for ex situ afværgemetoder.
- Termiske teknologier er effektive og hurtige, men har en betydelig klimapåvirkning.
- OBS på stål til f.eks. spunsvæg og installationer Bidrager væsentligt til miljøpåvirkninger.
- Kombination af afværgen, naturbaserede løsninger og brug af vedvarende energiformer kan øge den samfundsøkonomiske gevinst af et afværgeprojekt.

Sustainable Management Practices

Eksempler baseret på SuRF UK og US EPA

- Reducér kørsel ved at anvende lokale entreprenører, analyselaboratorier og jordmodtagere (Miljø + Social)
- Brug mindre invasive undersøgelsesmetoder, når det er muligt, f.eks. geofysiske metoder og trækerner (Miljø + Social)
- Reducér antallet af boringer f.eks. ved at genbruge undersøgelsesboringer ved senere afværgen, og ved at anvende direct push sonderinger (Miljø + Social)
- Identificér de interessenter der påvirkes mest af aktiviteten. Inddrag interessenter ift. at minimere påvirkningen. (Social)
- Respondér effektivt på klager ift. støj, støv lugt, røg, lys mv. (Social)



Naturbaserede løsninger

Ålebækken ruinpark

- Ålebækken rensningsanlæg ca. 1940-1980
- 32.000 m² forurenet område ved Mølleåen aflukket i over 30 år
- Nu: Klimatilpasningsanlæg og rekreativ park
 - Underjordiske forsinkelsesbassiner reducerer overløb til Mølleåen
 - Lokal genanvendelse af jorden (87%) baseret på risikovurdering
 - Genskabelse af det originale landskab med engområder og bakker
 - Vild natur i de gamle bassiner
 - Bevare mest muligt af de eksisterende konstruktioner fra rensningsanlægget – historisk "ruinpark" med offentlig adgang



Implementering, hvordan står vi i forhold til andre lande?

Land	Bæredygtighedsvurdering ved afværge		Uddybning
	Lovpligtig	Vejledning	
Østrig	x	x	Bæredygtighedsvurdering ved brug af MCES-værktøjet (ved offentlig finansierede projekter)
Flandern (Belgien)	x	x	OVAM vejledning vedr. bæredygtighed anvendes
Tyskland	x		Fra 2023 skal der foretages vurdering af bæredygtighed ifm. afværgeprojekter. Der er dog ikke specificeret nogen metode eller værktøj
Storbritannien		x	Der opfordres til at tage højde for bæredygtighed baseret på SuRF-UKs vejledninger
Australien		x	I dele af Australien opfordres til at anvende anbefalinger fra SuRF-ANZ
USA		x	ASTM Standard Guide for Greener Cleanups anbefales

Danmark:

Manglende incitament?

Barrierer i lovgivning?



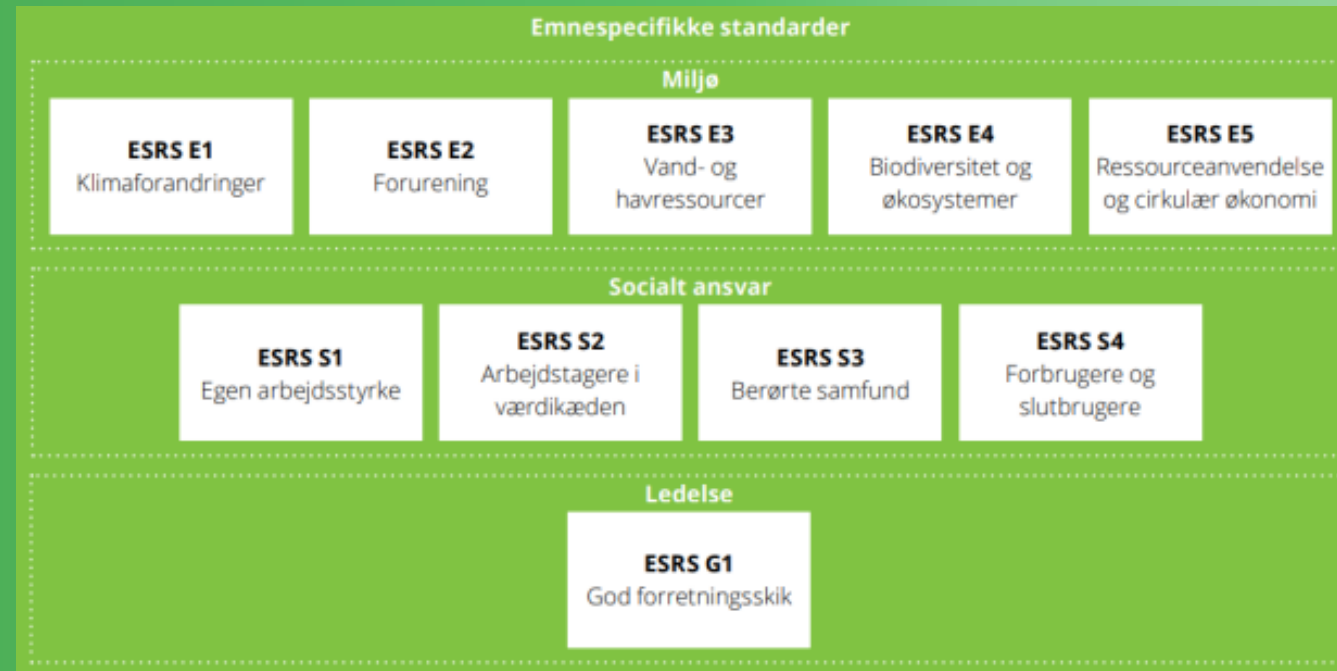
Implementering, hvordan står vi i forhold til andre brancher?

Byggeri, BR18, 2023:

- Bygningers klimapåvirkning skal dokumenteres vha. LCA
- Nybyg over 1000 m² må max. udlede 12 kg CO₂/m²/år set over 50 års levetid

Vand- og spildevandsselskaber:

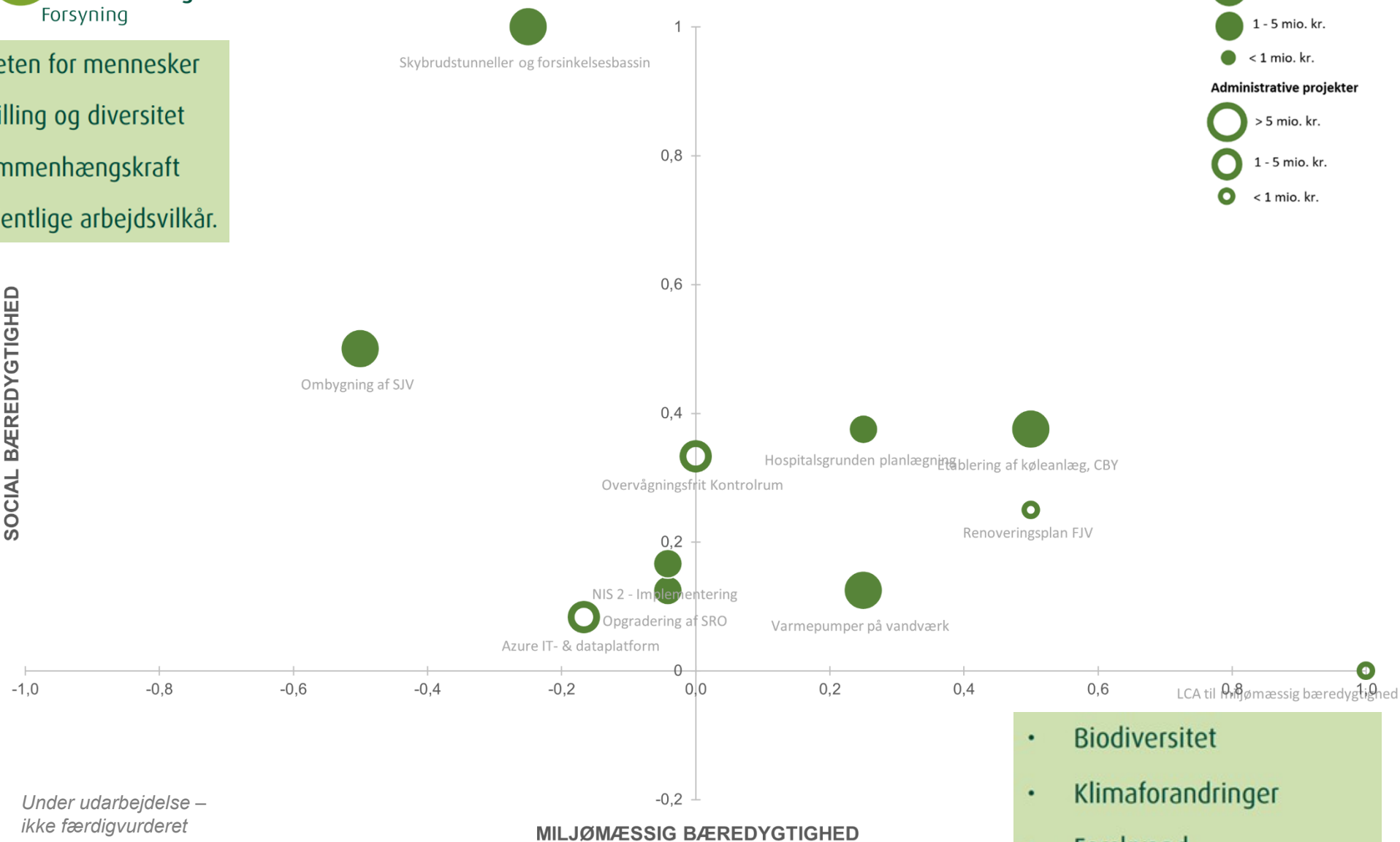
- Kan være omfattet af Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) fra 2025 – EU-direktiv der stiller krav til virksomheders bæredygtighedsrapportering



- højne livskvaliteten for mennesker
- prioritere ligestilling og diversitet
- skabe social sammenhængskraft
- sikre fair og ordentlige arbejdsvilkår.

SOCIAL BÆREDYGTIGHED

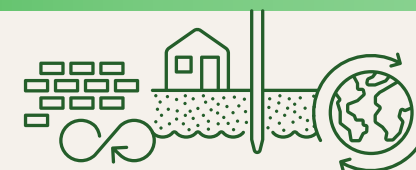
Porteføljeoverblik



- Biodiversitet
- Klimaforandringer
- Ferskvand
- Miljøforurenende stoffer.



Bæredygtighed i anvendelse



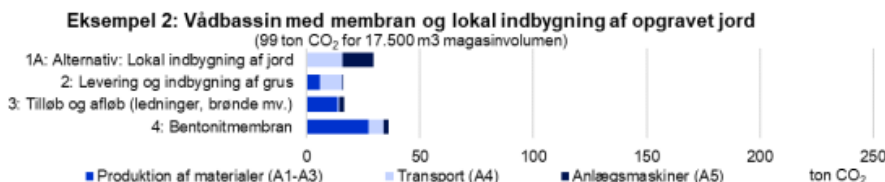
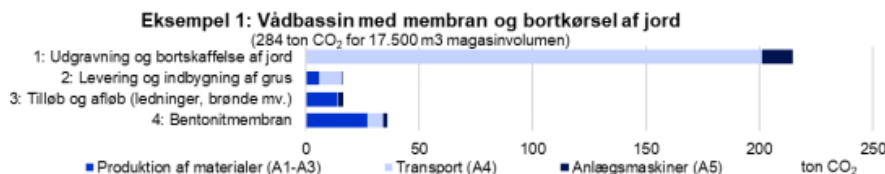


Eksempler for våde regnvandsbassiner

Figuren herunder viser eksempler på CO₂-aftryk fra våde regnvandsbassiner med 7.000 m³ vådt volumen og 18.000 m³ supplerende magasinvolumen. Beregningen omfatter:

- Eksempel 1: Vådbassin med membran og bortkørsel af jord
- Eksempel 2: Vådbassin med membran og lokal indbygning af opgravet jord
- Eksempel 3: Vådbassin uden membran og med lokal indbygning af opgravet jord. *Eksempel 3 er ikke vist i figuren i denne version af idé-arket. Det svarer til at punkt 4 - Bentonitmembran udelades.*

Belastning fra rør og bygværker er i begge beregninger minimeret ved brug af løsninger i overfladen, f.eks. tilledning gennem åbne grøfter.



Forklaringerne A1-A3, A4 og A5 henviser til livscyklusfaserne i EPD-standarden EN 15804+A2:2019

Kilde: Novafos (Idékatalog) baeredygtighed@novafos.dk

Eksempler omregnet til per m³ volumen

Eksemplerne for våde regnvandsbassiner er omregnet til per m³ magasinvolumen. Overslagene i tabellen er baseret på enkeltstående eksempler og erstatter ikke LCA-beregninger for specifikke anlægsprojekter. Læs den gule boks på side 3.

Større centrale regnvandsbassiner kræver, at der etableres afløbssystemer til at transportere regnvand til og fra bassinet. Disse ekstra transportløsninger er ikke inkluderet beregningerne af CO₂-aftrykket, men vil naturligvis skulle indgå i en LCA.

Scenarie	CO ₂ -aftryk
Eksempel 1: Vådbassin med membran og bortkørt jord	12-24 kg CO ₂ /m ³
Eksempel 2: Vådbassin med membran og lokal indbygning af jord	4-8 kg CO ₂ /m ³
Eksempel 3: Vådbassin uden membran og med lokal indbygning af jord	1-3 kg CO ₂ /m ³

CO₂-aftryk ved anlæg af vådbassiner er i den lave ende sammenlignet med andre forsinkelsesløsninger.

Overvej også

Vandmiljø og Badevand

Forsinkelse af regnvand kan forbedre vandmiljø og badevandskvalitet ved at reducere overløb fra fælleskloakerede områder samt udløb fra renseanlæg. Afledning af regnvand kan føre til en mindre ekstra-belastning af recipienten (sammenlignet med fælleskloak). Det kan også være til gavn for recipienten, afhængig af vandmængder og vandkvalitet.

Grundvand

Vådbassiner uden membran kan bidrage til grundvandsdannelse. Det kan dog også medføre risiko for vejsalt / miljøfremmede stoffer i grundvandet.

Byrum

Vådbassiner kan give kvalitet i byrum, hvilket dog forudsætter aftaler med kommunen/andre interessenter. Et vådt regnvandsbassin kan modvirke Urban Heat Island effekt. Find inspiration [her](#).

Biodiversitet (land)

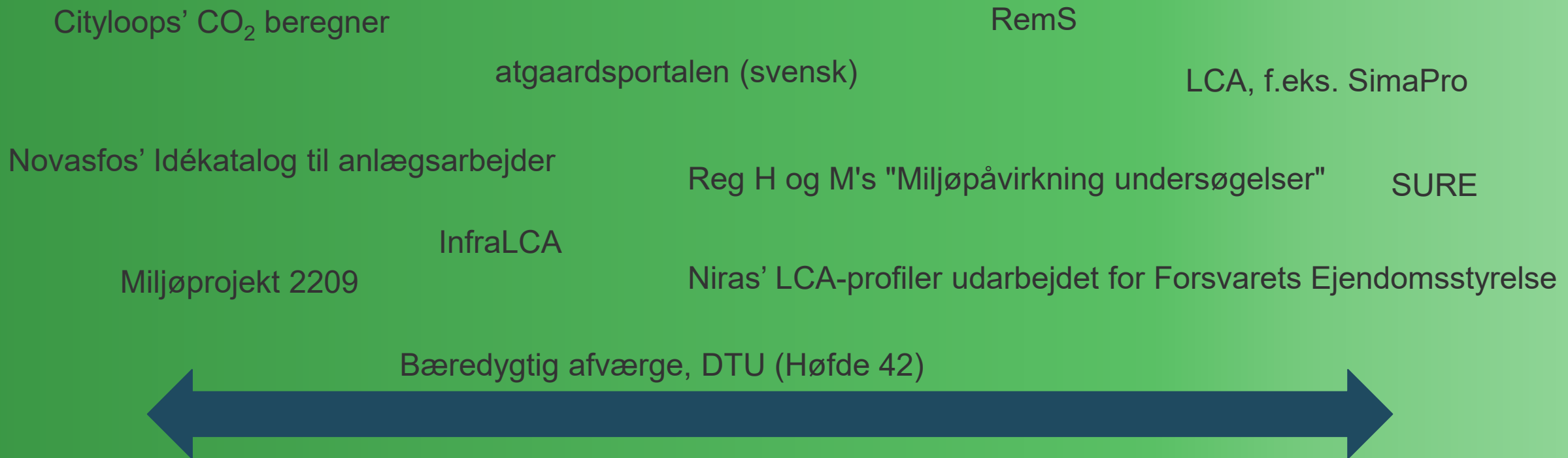
Vådbassiner kan rumme biodiversitet. Find inspiration [her](#).

Dialog-cirklen

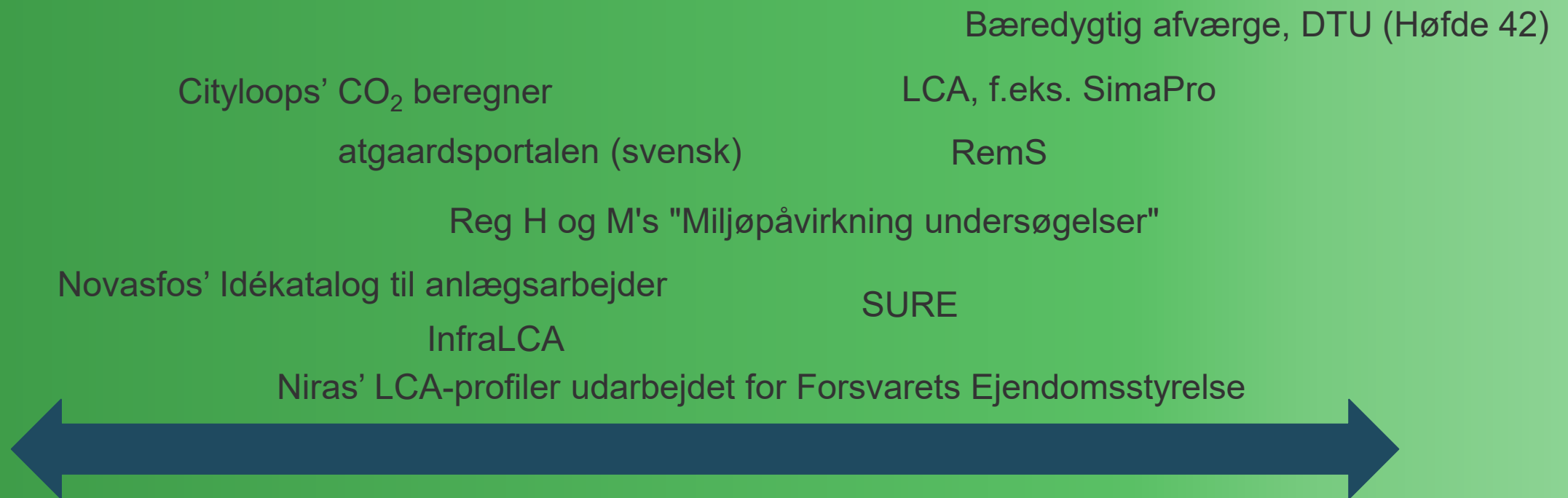


Kilde: Novafos (Idékatalog) baeredygtighed@novafos.dk

Bæredygtighed i anvendelse



Bæredygtighed i anvendelse



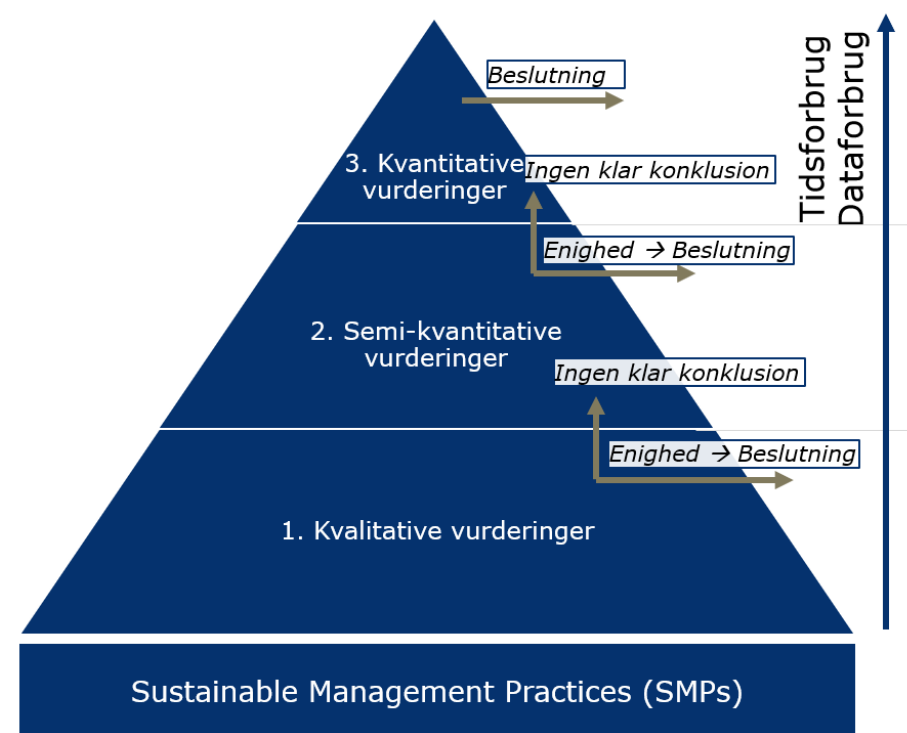
Relativ kompleksitet



Bæredygtighed i anvendelse

Tilgangen med at ligge det rigtige niveau er det første skridt

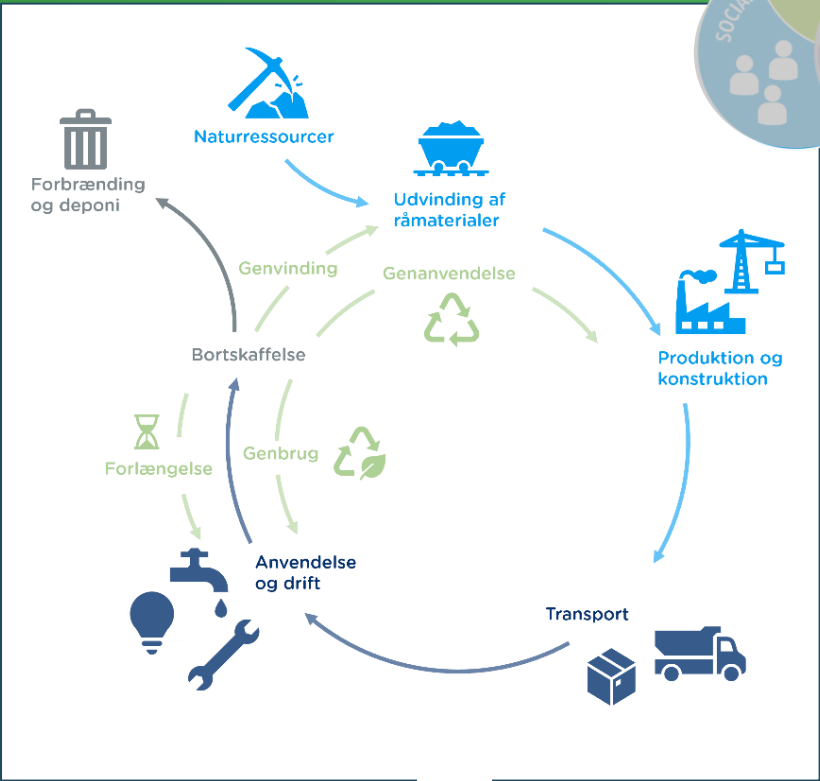
- Hvad skal til for at afklare det?
- Tidlig definition af bæredygtighed. Bæredygtighed som beslutningsstøtte - samtaleværktøj.
- Det oplyste grundlag = den bedste løsning.



Modificeret efter Bardos et al. (2016) samt SuRF UK (2020)

Værktøjer – vurdering af bæredygtighed

Livscyklusvurdering (LCA)



- Drivhusgasser (CO2-e)
- Eutrofiering
- Forsuring
- Toksicitet
- Arealanvendelse
- Ressourceforbrug – fossile
- Ressourceforbrug – mineraler og metaller
- Vandforbrug

Multikriterievurdering

Vurdering af påvirkning både indenfor miljø, økonomi og samfund



Miljø	Økonomi	Social
ENV1: Emissioner til luft	ECON1: Direkte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC1: Menneskers sundhed og sikkerhed
ENV2: Jord og terræn	ECON2: Indirekte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC2: Etik og lighed
ENV3: Grundvand og overfladevand	ECON3: Beskæftigelse og beskæftigelseskapital	SOC3: Nærmiljø og lokalitet
ENV4: Økosystemer	ECON4: Afledte økonomiske omkostninger og gevinster	SOC4: Lokalsamfund og involvering af lokalsamfund
ENV5: Naturressourcer og affald	ECON5: Projektlevetid og fleksibilitet	SOC5: Usikkerhed og evidens

LCA-værktøjer

LCA software: SimaPro, Sphera, Open LCA eller lign.



LCA screeningsværktøjer/CO2 screeningsværktøjer

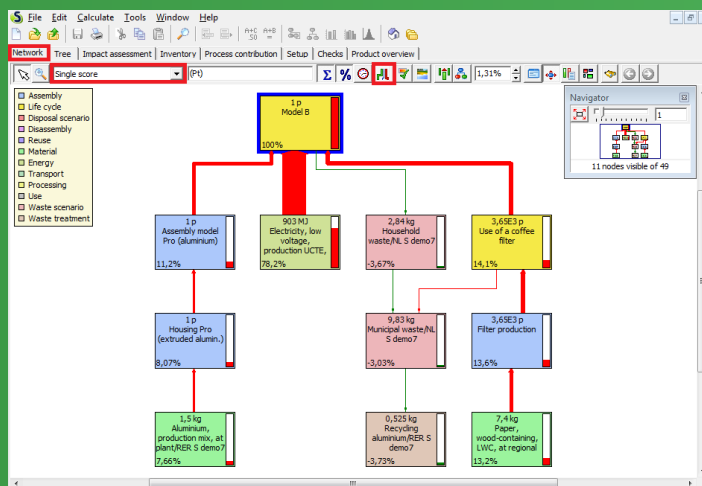
Region Hovedstadens RemS-værktøj

Forsvarets Ejendomsstyrelse: LCA-profiler for afværgeteknikker

SGF: atgaardsportalen (svensk)

Region H og Midt: Miljøvurdering af forureningsundersøgelser

Vejdirektoratet: InfraLCA



- Fuld fleksibilitet, alle systemer kan modelleres
- Databaser opdateres løbende
- Tidskrævende og kræver ekspertviden om LCA
- Licensbetaling

- Mårettet mod specifikke formål fx afværge
- Lettere at gå til
- Frit tilgængelige
- Mindre fleksibilitet
- OBS på om data er repræsentative (geografi, materialevalg etc.)

LCA-screeningsværktøj rettet mod forureningsundersøgelser

- Region Hovedstaden og Region Midtjylland
- LCA screening af en lang række undersøgelsesaktiviteter
- Data foreligger i rapport
- Værktøj er under udarbejdelse



Undersøgelsesmetoder

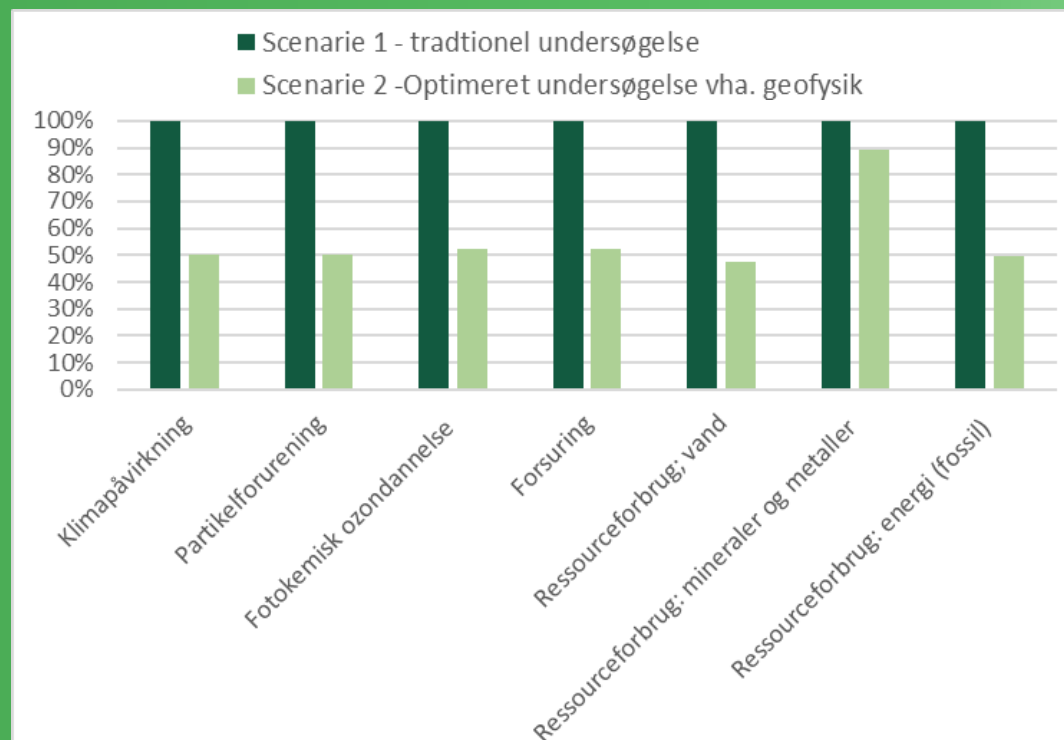
#	Undersøgelsesmetoder mv.	Varianter
1	Transport/mobilisering	7
2	Geofysik	3
3	TV-inspektion	2
4	Poreluftmålinger	1
5	Indeluftmålinger	3
6	Geoprobe sonderinger	4
7	Boringer	11
8	Tilsyn og jordprøvetagning	1
9	Bortskaffelse af opboret jord	2
10	PID og IR målinger i jordlaboratorie	2
11	Loggere til grundvandsmonitoring	2
12	Vandprøvetagning	3
13	Miljøtekniske laboratorieanalyser	5
14	Kontorarbejdsplads	1

Scenarie 1 - Traditionel undersøgelse



Klimapåvirkning, samlet undersøgelse:

3,2 tons CO₂-e



Region Hovedstaden og Region Midtjylland's værktøj

Web-baseret værktøj (udkast)

- færdigt til bruge i løbet af foråret

Beregnete påvirkninger i
absolutte enheder eller
normaliserede ifht. PE

Miljøpåvirkninger

Indtastning

	Kommentar	Beskrivelse
Transport/mobilisering		
Geofysik		
TV-inspektion med spuling af kloak		
Poreluftmålinger		
Indeluftmålinger		
Geoprobe sonderinger		
Boringer		
Tilsyn med borearbejde		
Bortskaffelse af opboret jord		
Miljøtekniske målinger i jordlaboratorium		
Loggere til grundvandsmonitoring		
Vandprøvetagning		
Miljøtekniske laboratorieanalyser		
Kontorarbejdsplads		
Gem værdier		

Indtastning

Karakterisering

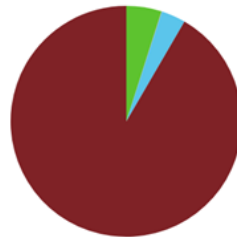
Normalisering

Grafisk visning

Grafisk visning

Karakterisering

Opgjort i absolutte enheder



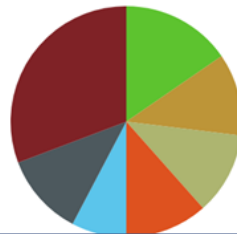
- Klimapåvirkning
- Partikelforurening
- Fotokemisk ozondannelse
- Forsuring
- Ressourceforbrug (Vand)
- Ressourceforbrug (Mineraler og metaller)
- Ressourceforbrug (Energi (fossil))



Transport/mobilisering	
Personbil/van (diesel)	17.2 kg CO2 eq
Personbil/van(elektrisk)	11.4 kg CO2 eq
Boringer	
Rotationsboring med snegl i 8" og ø75 PEH filter	183.3 kg CO2 eq
Rotationsboring med snegl i 12" og ø195 PVC filter	2600.9 kg CO2 eq

Normalisering

Normaliserede ift. gennemsnitpersons årlige påvirkninger



- Klimapåvirkning
- Partikelforurening
- Fotokemisk ozondannelse
- Forsuring
- Ressourceforbrug (Vand)
- Ressourceforbrug (Mineraler og metaller)
- Ressourceforbrug (Energi (fossil))



Transport/mobilisering	
Personbil/van (diesel)	0.002 kg CO2 eq PE
Personbil/van(elektrisk)	0.002 kg CO2 eq PE
Boringer	
Rotationsboring med snegl i 8" og ø75 PEH filter	0.02 kg CO2 eq PE
Rotationsboring med snegl i 12" og ø195 PVC filter	0.3 kg CO2 eq PE

Indtastning af
aktiviteter i
forbindelse
med
undersøgelse

LCA-screeningsværktøjer rettet mod afværgeteknikker

Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse (2020): LCA-profiler



Der er udarbejdet livscyklusprofiler for følgende afværgeteknikker:

1. Opgravning og ekstern biologisk jordbehandling
2. Indeslutning ved etablering af spunsvæg
3. Passiv ventilation (PSVE)
4. Vakuumventilation og luftbehandling (SVE)
5. Pumpning og vandbehandling (P&T)
6. To-fase ekstraktion med vand- og luftbehandling (DPE)
7. Permeabel reaktiv væg med ZVI
8. Permeabel reaktiv væg ved injektion af ZVI
9. Termisk oprensning ved damp (SEE)
10. Termisk ledningsevne opvarmning (ISTD)
11. Kemisk oxidation med natriumpersulfat (ISCO)
12. Stimuleret reduktiv deklorering med natriumformat og bakteriekultur (SRD)
13. Soilmixing med ZVI og jordstabilisering (ISS)
14. Soilmixing med persulfat og jordstabilisering (ISS)

Det er som udgangspunkt valgt at betragte et forurenede område på 25 gange 40 m svarende til et areal på 1.000 m². Behandlingsdybder varierer, så det er tilpasset en typisk afværgeforanstaltning i umættet zone eller i mættet zone/grundvandet.

Opgravning og ekstern jordbehandling

Figur 3.1: Det samlede bidrag til drivhuseffekten og fordelingen på hovedaktiviteter

1 PE = 10,5
tons CO₂-e/år

Hovedaktiviteter	[PE]	
Opgravning, læsning og retablering af udgravning med komprimering	1,6	5%
Udvinding af sand og grus	2,8	9%
Knusning af genbrugsmaterialer	3,7	12%
Transport af jord til jordrensningsanlæg og returkørsel af erstatningsmaterialer	21	66%
Bioteknisk jordbehandling	1,6	5%
Anden vejtransport	0,9	3%
Samlet bidrag til drivhuseffekt (GWP)	32	100%



Miljøpåvirkninger og ressourceforbrug - LCA resultater

Inddata for beregningen fremgår af Bil

Kvantificeret		Normaliseret (Relativ påvirkning i forhold til påvirkningen fra én person pr. år)	
		[PE]	
Klimapåvirkninger			
Global opvarmning (GWP)	33.100 kg CO ₂ -eq	3,1	Global opvarmning (GWP)
Påvirkninger af mennesker			
Human toksicitet, karcinogen	452 kg C ₂ H ₃ Cl-eq	9,9	Human toksicitet, karcinogen
Human toksicitet, ikke karc.	509 kg C ₂ H ₃ Cl-eq	2,9	Human toksicitet, ikke karc.
Åndedræt, uorganiske stoffer	43 kg PM _{2.5} -eq	4,9	Åndedræt, uorganiske stoffer
Åndedræt, organiske stoffer	24 pers*ppm*h	2,4	Åndedræt, organiske stoffer
Ioniserende stråling	133.673 Bq C-14-eq	0,3	Ioniserende stråling
Miljøpåvirkninger			
Forsuring	2.506 m ² UES	1,1	Forsuring
Næringssaltbelastning, vand	84 kg NO ₃ -eq	1,1	Næringssaltbelastning, vand
Næringssaltbelastning, jord	3.637 m ² UES	1,7	Næringssaltbelastning, jord
Økotoksicitet, vand	575.131 kg TEG-eq w	0,4	Økotoksicitet, vand
Økotoksicitet, jord	265.992 kg TEG-eq s	1,1 *	Økotoksicitet, jord
Fotokemisk ozondannelse	268.109 m ² *ppm*hours	1,9	Fotokemisk ozondannelse
Arealforbrug, biodiversitet	118 PDF*m ² a	0,1	Arealforbrug, biodiversitet
Ressourceforbrug			
Ikke-fornybar energi	497.507 MJ primary	3,3	Ikke-fornybar energi
Energi, mineraludvinding	1.462 MJ extra	5,0	Energi, mineraludvinding
Forbrug af sand og grus**	4 m ³	0,9	Forbrug af sand og grus**

LCA-screeningsværktøjer rettet mod afværgeteknikker

SGF (2024) Atgardsportalen:

- Online CO₂-beregningsværktøj
- 6 ex situ og 23 in situ metoder
- Beregninger for standardscenario (2000 m³ jord/ ca. 3400 tons)
- Brugertilpassede beregninger med stor fleksibilitet i forhold til forbrugsmængder og afstande
- Brugervenligt, men på svensk 😊



Carbon footprint från efterbehandling och andra markarbeten

Start Metoder Mina behandlingar Information

Introduktion

Syftet med verktyget är att beräkna utsläppet av koldioxidekvivalenter i samband med efterbehandling av förorenad mark. Om mängder ej justeras ger verktyget schabloniserade utsläppsdata som främst är avsedda för att i ett preliminärt skede göra en grov jämförelse mellan olika metoder och de bör därför inte ligga till underlag för beslut. Om mängderna däremot justeras till platsspecifika förutsättningar kan verktyget även användas för detaljerade beräkningar och beslutsunderlag. Innan verktyget används bör användaren läsa igenom tillhörande användarmanual. Kontakta info@atgardsportalen för att lämna synpunkter.

Användaren av verktyget ansvarar för resultaten av beräkningarna.

Visa information

Välj tjänst

Metoder

Här kan du snabbt få en jämförelse av utsläpp baserat på standardscenario av alla metoder som finns i verktyget.

Skapa en behandling

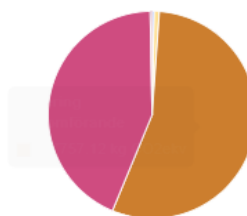
Här kan du själv justera förutsättningarna och lägga till platsspecifika data för en eller flera metoder, som sedan kan jämföras.

Fortsätt på tidigare arbete

Här du sparar ner beräkningar på din dator kan du ladda upp dem igen här, och fortsätta arbetet.

Ex situ ^		Klimatpåverkan för standardscenario
Biologisk behandling med luftinjektering ^	39 337	kg CO ₂ ekv
Deponering ^	105 600	kg CO ₂ ekv
Porgasextraktion ^	42 736	kg CO ₂ ekv
Termisk behandling - TCH klorerat ^	96 457	kg CO ₂ ekv
Termisk behandling - TCH Oljeprodukter ^	121 113	kg CO ₂ ekv
Termisk behandling - TCH PFAS ^	131 481	kg CO ₂ ekv

Sammanfattning



Projektering (0%)

• Förundersökning: 0.3%

Genomförande (100%)

• Etablering: 0.8%

• Sanering: 55.1%

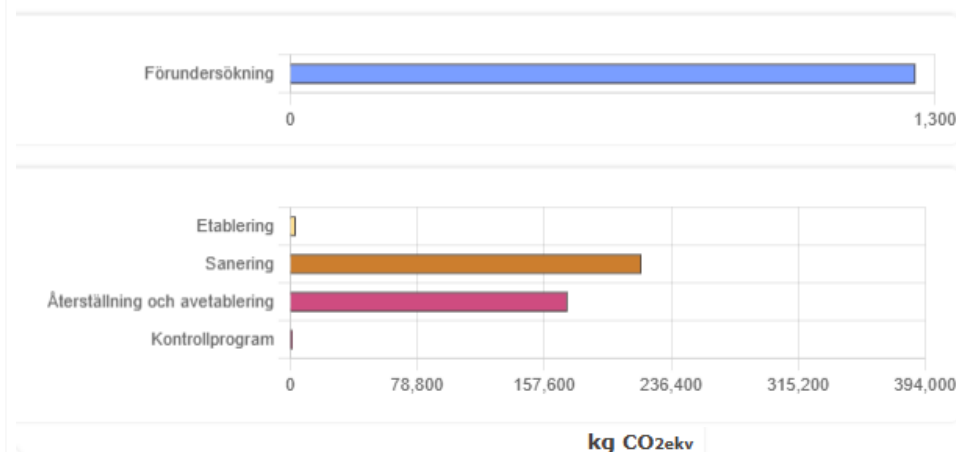
• Återställning och avetablering: 43.5%

• Kontrollprogram: 0.3%

Total 395 167 kg CO₂ekv

Projekt: 1

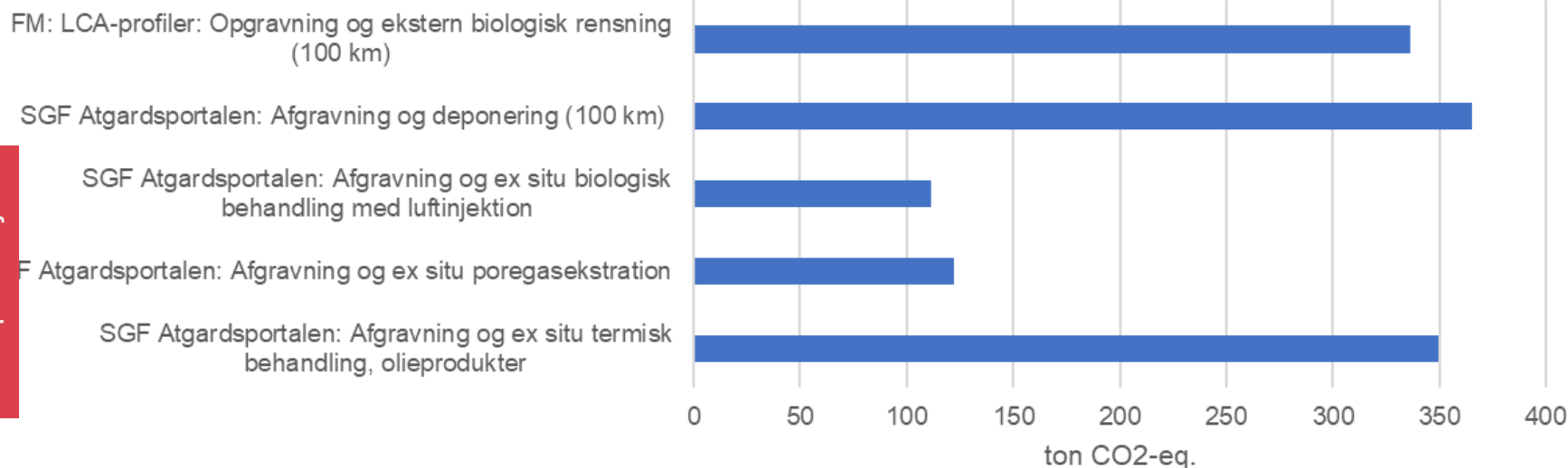
Metod: Deponering (Ex situ)





Sammenligning af resultater

Klimapåvirkning, behandling af 6000 m³ jord



OBS på forskellige forudsætninger

- Forbrug af beton og stål
- Fjernelse af belægning (asfalt)
- Genopfyldningsmaterialer

OBS på forskellige baggrundsdata

- Produktion af el (svensk vs DK) og øvrige materialer

Svensk el (2023): 41 g CO₂-e/kWh

Dansk el (2024): 173 g Co₂-e/kWh



Andre relevante værktøjer

CO2 calculator for soil



- Excelbaseret
- Transport af jord
- Roskilde kommune mfl



BANEDANMARK



Vejdirektoratet

InfraLCA-værktøjet

InfraLCA er et værktøj til at lave livscyklusvurderinger af infrastrukturprojekter.

Med InfraLCA kan du opgøre et infrastruktur- og anlægsprojekts miljøpåvirkning, herunder bl.a. klimapåvirkning og ressourceforbrug. I værktøjet indtastes mængder og opgaver fra et anlægsoverslag eller tilbudslister, hvorefter værktøjet opgør den forventede miljøpåvirkning fra anlægsprojektet. InfraLCA indeholder en række basis-forudsætninger, hvorfor værktøjet også kan anvendes til at opgøre et basis-klimaoverslag i de tidlige projektfaser, hvor mange faktorer er ukendte.

- Excelbaseret
- Afgravning af jord
- Transport af jord

Multikriterieværktøjer

Vurdering af påvirkning både indenfor miljø, økonomi og samfund



SURE
by **RAMBOLL**

Online værktøj

Bæredygtighedsindikatorer fra SuRF UK

Scoretildeling på skala fra 1-5:

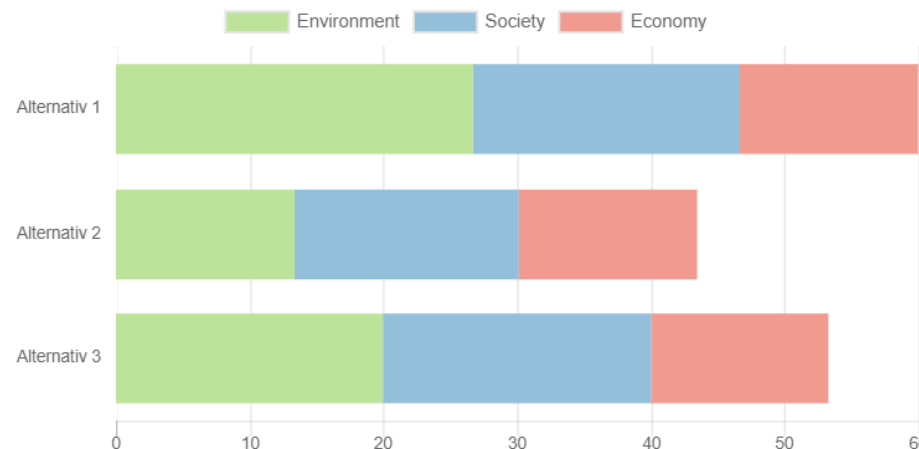
1: Dårligste score

5: Bedste score

Vigtighed (vægt) af indikatorer: 1-5

Beregning af samlet bæredygtighedsscore

Total Assessment Sustainability Score



Distribution of Weights



Kan anvendes på flere niveauer

- Indledende eller detaljeret vurdering
- Dialogværktøj

Case: Afværgescenarier

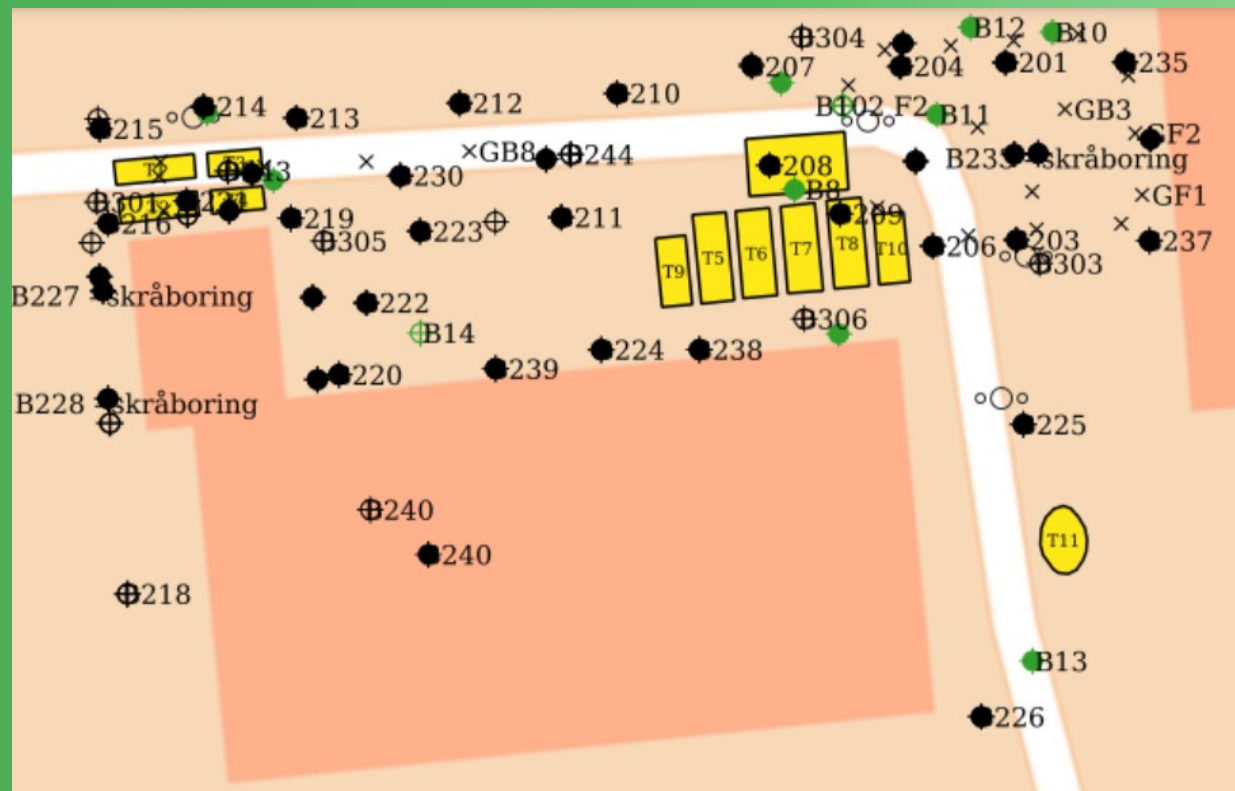
Kemikalievirksomhed fra 1964

Hærværk i 1986

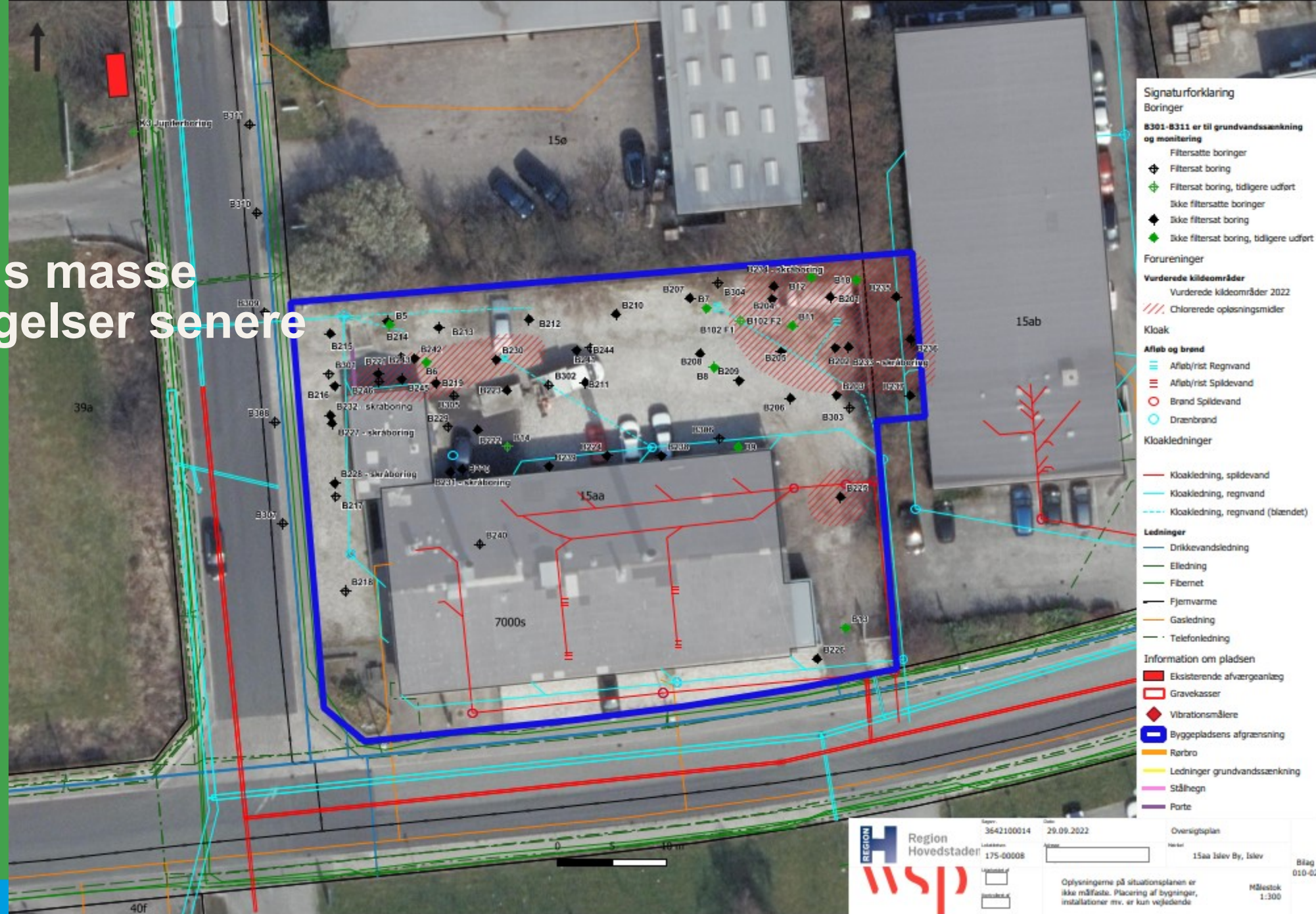
Afgravning i 1987 til ca. 3,0 m u.t.

Pump and Treat afværgе 1993

I 2019 er anlægget slidt op. Der projekteres et nyt, men det besluttes i stedet af afværgе kilden



En hulens masse undersøgelser senere



Hvad er udført?

Boringer, vandprøver, afgravning i 1980'erne

Pump and treat afværgelanlæg i 1993

2022-2023: 56 boringer, vandprøver, 3D model mm

2024: Afgravning inkl. grundvandssænkning



Afværge

Jord bortkort: 5.148 tons

Vand håndteret: 2.292 m³

Forbrug af beton og stål

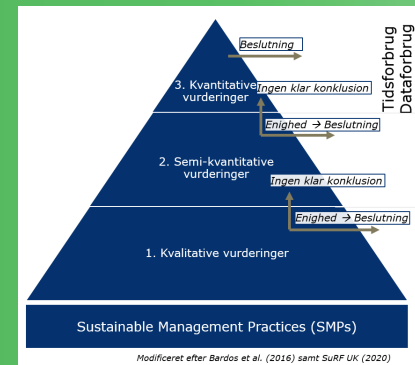
Forsikrings spørgsmål



Lokaliteten i Rødovre

Mange trin: Undersøgelser -> drift -> undersøgelser -> afværgelse -> drift

Hvor dybt skal vi gå - kvant/kvali? Afgræns sig til hvad?



Cityloops' CO₂ beregner

atgaardsportalen (svensk)

RemS

LCA, f.eks. SimaPro

Novasfos' Idékatalog til anlægsarbejder

Reg H og M's "Miljøpåvirkning undersøgelser"

SURE

MST - Miljøprojekt 2209

InfraLCA

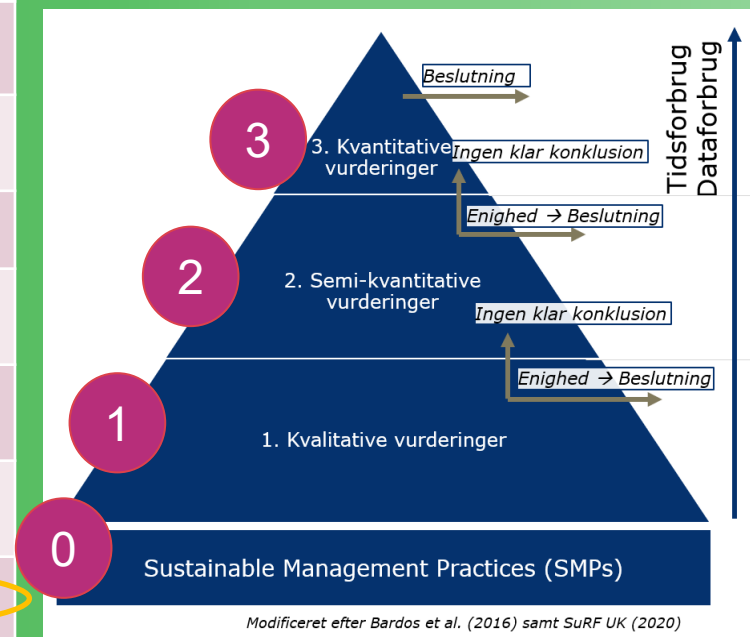
Niras' LCA-profiler udarbejdet for Forsvarets Ejendomsstyrelse

Bæredygtig afværgelse, DTU (Høfde 42)

- Kvat vægtet
- Semi-kvant vægtet
- Kval vægtet

Værktøj	Kvant <-> kval	Parametre	Bemærkning
Novafos' Idékatalog til anlægsarbejder	0	Gode overvejelser	Beslutningsstøtte v. forsyningsanlæg
LCA-profiler udarbejdet for Forsvarets Ejendomsstyrelse	0,1,2	Miljøpåvirkninger for afværgeteknologier	Metodekatalog over afværgeteknologier
Cityloops' CO ₂ beregner	2	CO2-beregning	Klimaaftryk fra jordflytning
MST - Miljøprojekt 2209	0,1,2,3	Metode til vurdering af bæredygtig afværge (miljø, samfund, økonomi)	Europæiske standarder i dansk kontekst
InfraLCA	3	Miljøpåvirkninger infrastruktur	Transportstyrelsens værktøj
Bæredygtig afværge, DTU (Høfde 42)	0,1,2,3	Vurdering af bæredygtig afværge (miljø, samfund, økonomi)	Eksempel på tilgang fra generationsforurening
atgaardsportalen (svensk)	2	CO2-beregning	Svenske baggrundstal
Reg H og M's "Miljøpåvirkning undersøgelser"	2,3	Miljøpåvirkninger for undersøgelser	Udarbejdet – brugerflade på vej
RemS	2,3	Miljøpåvirkninger for afværge	Region H's værktøj - Sidst opdateret 2015
LCA, f.eks. SimaPro	3	Miljøpåvirkninger for alle typer af projekter	Ekspertviden om LCA påkrævet
SURE	0,1,2,3	Vurdering af bæredygtig afværge (miljø, samfund, økonomi)	Udarbejdet baseret på Surf UK
Jordhåndtering.dk	0,1	God praksis og nøgletal for jordhåndtering	Vidensopsamling om tiltag til at fremme bæredygtige jordhåndtering

Bonus-værktøj !



Demonstrer case med atgaardsportalen

- Det seneste værktøj
- Let at gå til, passende for dagen

Ressourcer

Bortkørt forurennet jord

Håndteret grund- og overfladevand

Beton og stål

Tabel 4.3 Oversigt over bortkørte jordmængder til Norrecco opdelt på vejelister/jordpartier

	BF270291	BF270290	BF270289	BF270288	BE270284	BD270240 KARTERINGSJORD FRA SEKANTPÆLE
27-04-2023 Gravekasse 1	0 t	227,32 t	0 t	166 t	1790 t	991,62 t
31-08-2023 Gravekasse 2	69,45 t	90,33 t	0 t	73,63 t	836,04 t	903,93 t
I alt	69,45 t	317,65 t	0 t	239,63 t	2626,04 t	1895,55 t

Tabel 4.1 Oppumpede og udledte vandmængder fra gravekasser

	Sekundært grundvand	Primært grundvand
Gravekasse 1	184 m ³	6466 m ³
Gravekasse 2	43 m ³	2249 m ³
Samlet oppumpet og udledt vandmængde	227 m ³	8715 m ³
Tilladt udledt vandmængde iht. midlertidig udledningstilladelse	700 m ³	30.000 m ³

Tabel 4.2 Materialeforbrug til pæle i gravekasse 1 og 2

MATERIALE	LEVERANDØR	MÆNGDE
Beton, moderat, styrke C30/37	Unicon A/S	701,25 m ³
Uni-green beton, styrke 25, kantstensbeton	Unicon A/S	1,5 m ³
HEB280	H. Daugaard A/S	31 stk. 10 m + 26 stk. 10 m
HEB300	Lemvigh Müller A/S	1 stk. 15,1 m
HEB340	Lemvigh Müller A/S	8 stk. 12,1 m + 1 stk. 15,1 m
HEB400	Lemvigh Müller A/S	4 stk. 12,1 m
HEB500	Lemvigh Müller A/S	1 stk. 12,1 m + 1 stk. 15,1 m

Beregninger

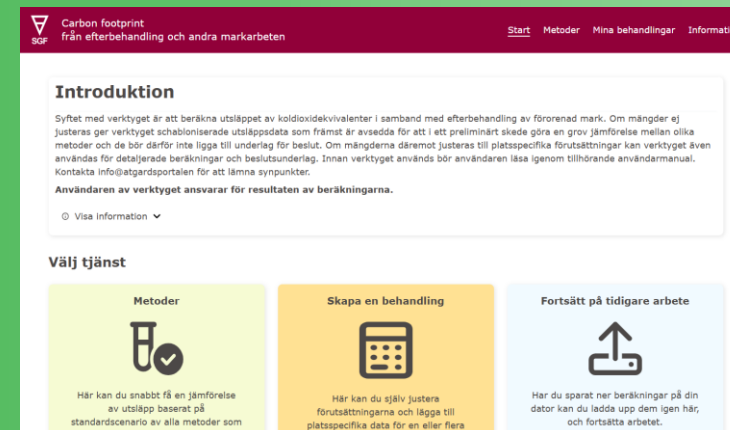
Asgardsportalen

Antagelser Pump and Treat afværg (1994-2024)

450 kg kul/årligt

955.000 kWh/30 år (MP1 pumpe + inverter)

Standardværdier for etablering og drift i øvrigt



Beregninger

Asgardsportalen

Antagelser Afværge (afgravning) 2024

Transport af jord 15,1 km (kortest muligt)

20 dages borearbejde (lavt sat)

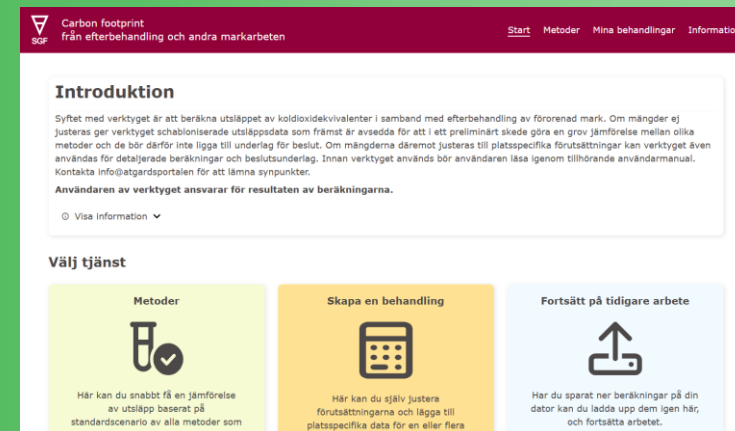
Km afstand for boreentreprenør og rådgiver

Konkrete værdier for betontype og CO2 reduceret stål

Standardværdier benyttet for øvrige punkter

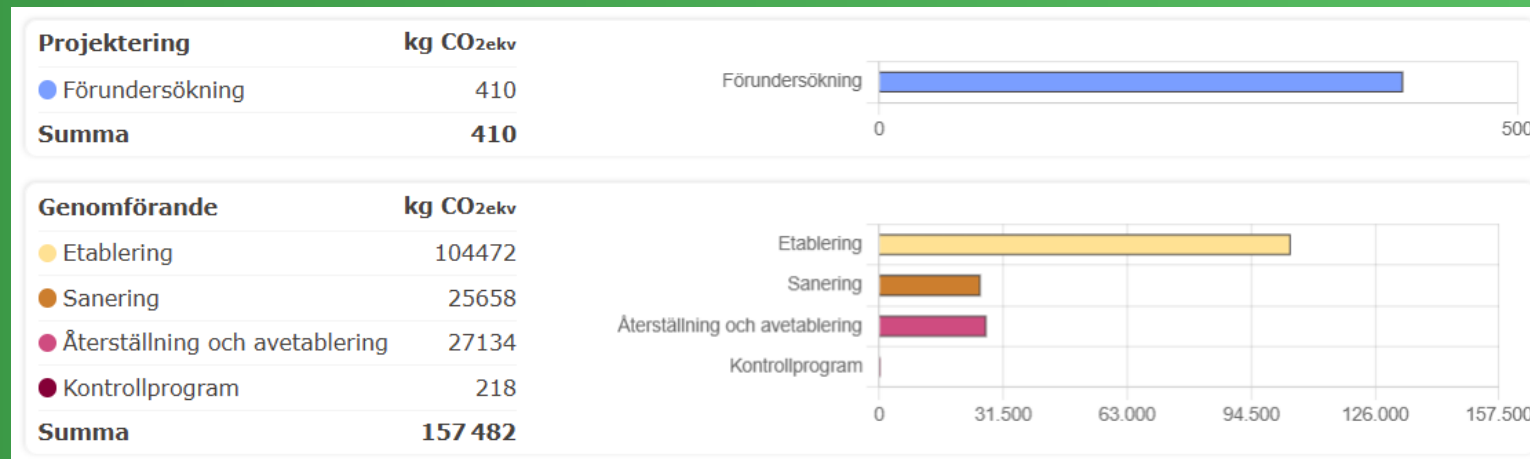
Der er ikke taget højde for returmaterialer/genopfyld

Der er ikke regnet på håndtering af GV/OFV



Beregninger Pump and Treat

Asgardsportalen 30 års drift



Projektering (0%)

- Förundersökning: 0.3%

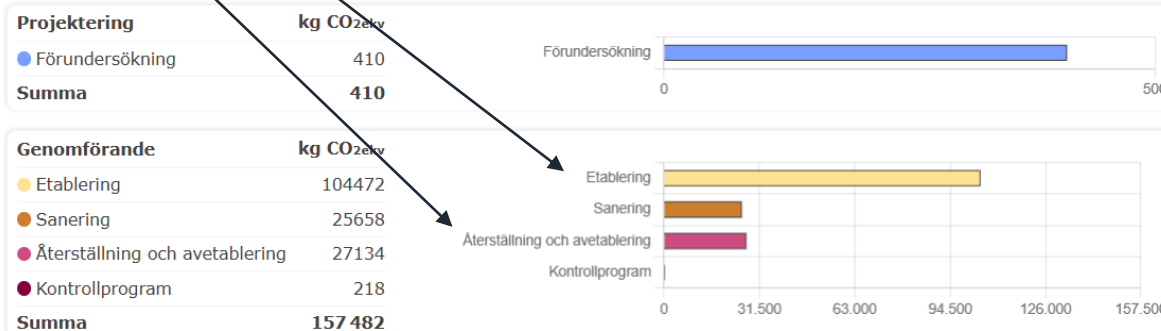
Genomförande (100%)

- Etablering: 66.2%
- Sanering: 16.3%
- Återställning och avetablering: 17.2%
- Kontrollprogram: 0.1%

Total 157 892 kg CO₂ekv



Benämning	Mängd	Enhet	CO2ekv
= Transport bod (1,5 ton) och staket (0,84 ton)	20	km	5 kg
= Resa med arbetsbil 2 pers (1 + borrvagnsförare), 1 resa	80	personkm	11 kg
= Transport - Borrbandvagn 20 ton	20	km	42 kg
= Borrbandvagn 20 ton	40	h	1 476 kg
= Aktivt kol	13 500	kg	94 500 kg
= Transport - Aktivt kol (från tillverkare)	22 000	km	5 611 kg
= Brunnsrör stål 150 mm	16	m	1 008 kg
= Transport - Brunnsrör stål 150 mm (från tillverkare)	300	km	0 kg
= Betongtäckmattor	166	m2	191 kg
= Transport - Betongtäckmattor (från tillverkare)	600	km	2 kg
= PEM 40 mm			1 553 kg
= Transport - PEM 40 mm (från tillverkare)			17 kg
= Plywoodskiva			52 kg
= Transport - Plywoodskiva (från tillverkare)			5 kg



%
10%)

6
2ekv

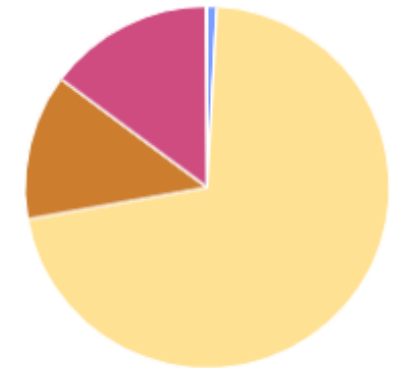
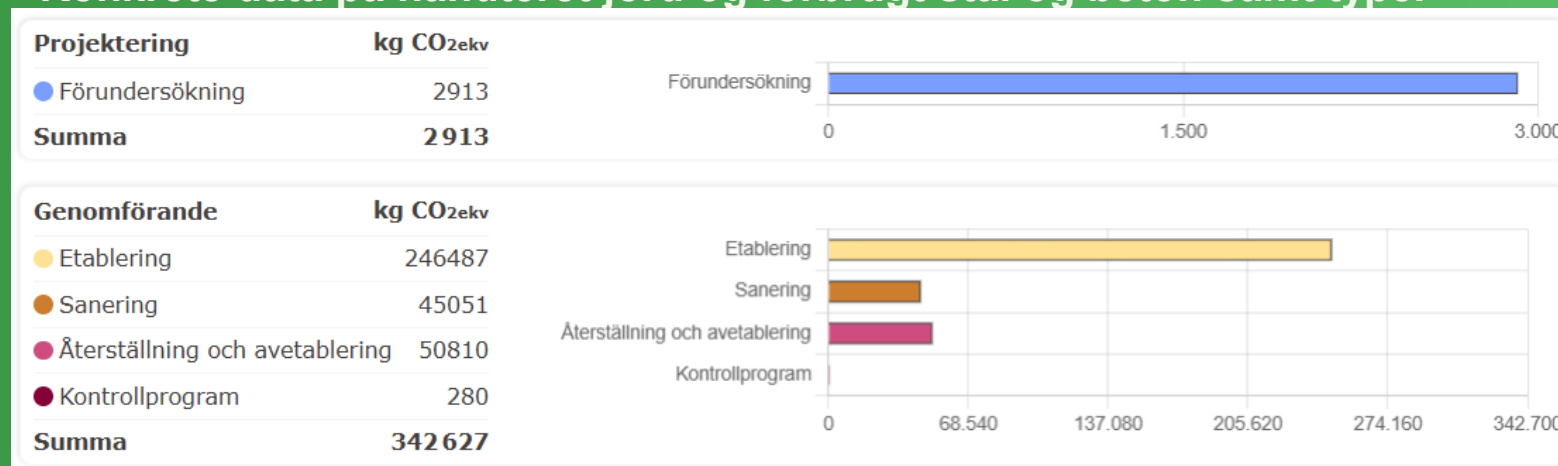
ts 2025

51

Beregninger Afgravning

Overslag på forundersøgelser og nedrigning

Konkrete data på håndteret jord og forbrugt stål og beton samt typer



Projektering (1%)

● Förundersökning: 0.8%

Genomförande (99%)

● Etablering: 71.3%

● Sanering: 13.0%

● Återställning och avetablering: 14.7%

● Kontrollprogram: 0.1%

Total 345 540 kg CO₂ekv

Bereg

Overslag

Konkrete

Projektering

● Förundersöknir

Summa

Genomförande

● Etablering

● Sanering

● Återställning oc

● Kontrollprogram

Summa

● Etablering ^

246 487 kg CO2ekv



Benämning	Mängd	Enhet	CO2ekv
= Resa med arbetsbil 2 pers + maskinförare, 3 resor	389	personkm	52 kg
= Etablering - Grävmaskin 30 ton	15	km	47 kg
= Grävmaskin 30 ton	172	h	11 398 kg
= Transport - Termisk anläggning	1 000	km	2 085 kg
= Transport - Värmeelement	1 000	km	156 kg
= Konstruktionsmaterial (behandlingscell)	103	ton	0 kg
= Transport - Konstruktionsmaterial (behandlingscell)	15	km	162 kg
= Aktivt kol - termisk behandling	2 860	kg	20 020 kg
= Transport - Aktivt kol (från tillverkare)	22 000	km	1 189 kg
= Transport bod (1,5 ton) och staket (0,84 ton)	15	km	4 kg
= Transport - Dumper	15	km	74 kg
= Transport - Asfaltsutläggare och 2-valsvalt (tur och retur)	30	km	63 kg
= Transport - 1-valsvalt (tur och retur)	30	km	22 kg
= Aktivt kol - schakt	107	kg	751 kg
= Transport - Aktivt kol (från tillverkare)	22 000	km	45 kg
= HEB280 stål	58 710	Kg	23 484 kg
= Beton styrke C30/37 moderat	703	m3	186 229 kg
= Transport af jord med lastbil	5 194	km	707 kg



ig (1%)
ning: 0.8%

nde (99%)
71.3%
3.0%
g och avet
.7%
ram: 0.1%

540 kg CO2ekv

Sanering ^

45 051 kg CO₂ekv



Benämning	Mängd	Enhet	CO ₂ ekv
= Energi till behandling	858 000	kWh	22 239 kg
= Resa med arbetsbil, 2 pers, 8 resor - termisk behandling	691	personkm	92 kg
= Laboratorieanalys	29	st	47 kg
= Grävmaskin 30 ton	172	h	11 398 kg
= Dumper A25	114	h	4 221 kg
= Resa med arbetsbil 1 pers + 2 maskinförare, 3 resor - schakt	389	personkm	52 kg
= Transport - Asfalt till deponi	50	km	596 kg
= Deponi av asfalt	114	ton	686 kg
= Egen resurs	2 860	**Skriv enhet**	2 860 kg



(1%)
 ng: 0.8%
le (99%)
 .3%
)%
 ch avet
 %
 m: 0.1%
0 kg CO₂ekv

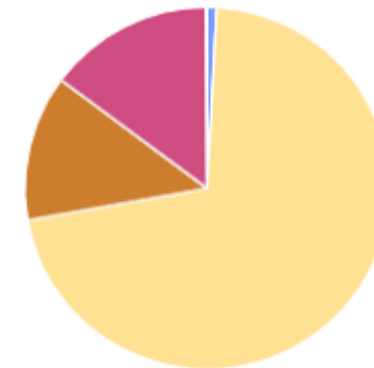
Beregningen

Overslag på forunder

Konkrete data på hån

Projektering	kg CO ₂ e
Förundersökning	291
Summa	291
Genomförande	kg CO ₂ e
Etablering	24648
Sanering	4509
Återställning och avetablering	5083
Kontrollprogram	28
Summa	34262

Återställning och avetablering				50 810 kg CO ₂ ekv	
Benämning	Mängd	En			
Resa med arbetsbil, 2 pers + maskinförare, 2 resor (termisk behandling)	259	personkm		34 kg	
Transport - Termisk anläggning	0	km		0 kg	
Transport - Värmeelement	0	km		0 kg	
Transport - Konstruktionsmaterial (behandlingscell)	15	km		162 kg	
Destruktion av aktivt kol - termisk behandling	11 440	kg		22 880 kg	
Transport - Aktivt kol till destruktion	50	km		60 kg	
Grävmaskin 30 ton	229	h		15 197 kg	
Avetablering - Grävmaskin 30 ton	15	km		47 kg	
Resa med arbetsbil 1 pers + 2 maskinförare, 2 resor - schakt	259	personkm		34 kg	
Dumper A25	57	h		2 111 kg	
Transport - Asfalt från asfaltsverk	50	km		596 kg	
Asfaltsutläggare	14	h		422 kg	
2-valsält	14	h		281 kg	
1-valsält	57	h		1 055 kg	
Bergkross 0/32	243	ton		972 kg	
Transport - Bergkross (från tillverkare)	30	km		760 kg	
Destruktion av aktivt kol - schakt	2 860	kg		5 720 kg	
Transport - Aktivt kol till destruktion	50	km		15 kg	
Transport bod (1,5 ton) och staket (0,84 ton)	15	km		4 kg	
Resa med arbetsbil 2 pers (1 + borrvagnsförare), 1 resa	83	personkm		11 kg	
Bentonit	103	kg		46 kg	
Transport - Bentonit (från tillverkare)	700	km		8 kg	
Filtersand	1 373	kg		21 kg	
Transport - Filtersand (från tillverkare)	300	km		45 kg	
Grundvattenrör	55	m		115 kg	
Transport - Grundvattenrör (från tillverkare)	500	km		3 kg	
Borrbandvagn 6 ton	27	h		135 kg	
Transport - Dumper	15	km		74 kg	



Projektering (1%)

Förundersökning: 0.8%

Genomförande (99%)

Etablering: 71.3%

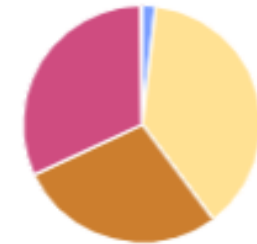
Sanering: 13.0%

Återställning och avetablering: 14.7%

Kontrollprogram: 0.1%

Total 345 540 kg CO₂ekv

Fiktiv beregning – afgravning uden beton



Projekttering (2%)

● Förundersökning: 1.8%

Genomförande (98%)

● Etablering: 38.0%

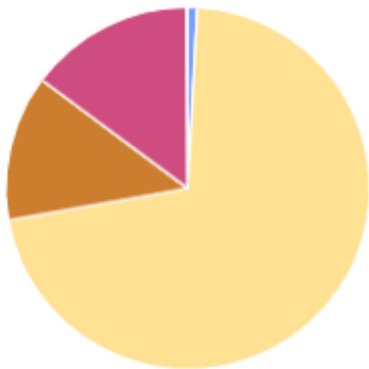
● Sanering: 28.2%

● Återställning och avetablering: 31.8%

● Kontrollprogram: 0.2%

Total 159 709 kg CO₂ekv

Som udført



Projektering (1%)

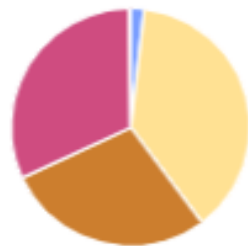
- Förundersökning: 0.8%

Genomförande (99%)

- Etablering: 71.3%
- Sanering: 13.0%
- Återställning och avetablering: 14.7%
- Kontrollprogram: 0.1%

Total 345 540 kg CO₂ekv

Afgravning uden sekantpæle



Projektering (2%)

- Förundersökning: 1.8%

Genomförande (98%)

- Etablering: 38.0%
- Sanering: 28.2%
- Återställning och avetablering: 31.8%
- Kontrollprogram: 0.2%

Total 159 709 kg CO₂ekv

Pump and Treat 1994-2024



Projektering (0%)

- Förundersökning: 0.3%

Genomförande (100%)

- Etablering: 66.2%
- Sanering: 16.3%
- Återställning och avetablering: 17.2%
- Kontrollprogram: 0.1%

Total 157 892 kg CO₂ekv

Skulle vi have gjort det anderledes?

Burde vi overhovedet have gjort det anderledes?

Kunne vi?



Spørsmål ?

2 min.



Diskussion

Har I kunne tage noget med fra i dag?

- Nedslag fra emner der blev lagt særlig vægt på fra workshoppen

Hvor mangler der afklaring, for at fremme bæredygtigheds dagsordenen for branchen?

Hvilke erfaringer har deltagerne? Har de konkrete ideer til, hvor betragtningerne om bæredygtighed kan bruges? Samarbejder?

Hvem har ansvaret, myndigheder, samfundet eller branchen i øvrigt? – Hønen eller ægget?

Formål: diskuter ved bordene

Skriv og tegn om indtryk fra dagens workshop, tag med som noter eller aflever efter workshop

Guld Korn?



Ambition?



Refleksioner:

Tegn og skitser også gerne



Afrunding

Alt vi gør med at optimere er allerede en del af at gå i en mere bæredygtig retning – rykklap til branchen!

Men! Der mangler gennemsigthed i, hvor og hvor meget det batter

Hvad så herfra..?

Udbudsprocessen? Operationel definition?
Tværgående samarbejde? Løsningskatalog?

Hvad er det der mangler for vores fagområde?

Læring fra workshoppen

- Et indblik i, hvor vi i Danmark står ifht. at få implementeret bæredygtighed i vores håndtering af jord- og grundvandsforurening.
- Et grundlag, til bedre fælles forståelse af hvad bæredygtighed mere konkret indebærer.
- Indsigt i handlemuligheder og tilgange, for at indtænke bæredygtighed mere i sine projekter



Links til værktøjer

SGF Carbon footprint från efterbehandling og andre markarbeten:

<https://co2.atgardsportalen.se/>

Region Hovedstaden og Region Midtjylland (2024): Miljømæssige påvirkninger ved gennemførelse af undersøgelser af jordforurening: **Kommer 2025**

Forsvarsministeriet. Ejendomsstyrelsen (2020). Forureningsoprydning. Den miljømæssige belastning illustreret ved livscyklusscreening af afværgeteknikker. Katalog og brugervejledning. *Kan rekvireres ved kontakt til Forsvarets Ejendomsstyrelse.*

InfraLCA. Dokumentation og download af værktøj tilgængelig på

<https://www.vejdirektoratet.dk/infralca>

CityLoops CO2 beregner, transport af jord: [CO2_calculator_soil_v1.3.1.xlsx](#)

SURE tool: <https://sure.ramboll.com>

Multikriterieværktøj til sammenligning af bæredygtigheden af afværgeteknikker. DTU Miljø.

November 2014 <https://www.sara.env.dtu.dk/samarbejdsprojekter/baeredygtige-afvaergeteknologier>



Links til værktøjer

RemS – Region Hovedstadens værktøj til bæredygtighedsvurdering på afværgen (2015):

Kan tilgås på region H's hjemmeside: <https://www.regionh.dk>

Novafos idekatalog:

Rekvireres ved at skrive til Baeredygtighed@novafos.dk

Miljøprojekt 2209 - Miljøstyrelsen, Metode til tilgang for bæredygtige afværgen (2022):

<https://mst.dk/publikationer/2022/august/sustainable-remediation>

Jordhåndtering.dk – Vidensopsamling om bæredygtig jordhåndtering.

<https://xn--jordhndtering-tfb.dk>

Bonus-værktøj !

LCA værktøjer generelt

Liste fra litteraturstudium om eksisterende viden for Region Hovedstaden.



Tabel 7. Oversigt over generiske og målrettede LCA værktøjer samt deres relevans ift. LCA af afværg og forureningsundersøgelser

Værktøj	Generisk LCA software	Målrettet LCA-screenings-værktøj (Anvendelses-område)	Geografisk repræsentation	Relevans ift. LCA af afværg og forureningsundersøgelser		Tilgængelighed
				Relevant	Kommentar	
SimaPro /72/	x		Alle	x		Kræver licensbetaling
Sphera /74/	x		Alle	x		Kræver licensbetaling
OpenLCA /73/	x		Alle	x		Frit tilgængeligt
EASETECH /75/	x		Alle	x		Kræver gennemført EASETECH kursus
RemS /16/		X (Afværg)	Danmark	(x)	Ikke opdateret siden 2010	Frit tilgængelig
SiteWise /54/		X (Afværg)	USA	(x)	Forbrugsdata for afværgeteknikker kan evt. anvendes.	Frit tilgængelig
Sustainable Remediation Tool /55/		X (Afværg)	USA		Ikke opdateret siden 2011	Frit tilgængelig
SEFA tool /53/		X (Afværg)	USA	(x)	Forbrugsdata for afværgeteknikker kan evt. anvendes.	Frit tilgængelig
Miljøvurdering af forureningsundersøgelser /28/		X (Forureningsundersøgelser)	Danmark	x	Endnu ikke udgivet	Forventes at være frit tilgængelig
InfraLCA /58/		X (Infrastruktur)	Danmark	x	Indeholder visse relevante data f.eks. transport af jord og brug af råstoffer	Frit tilgængelig