

Livscyklusbaseret klima- og miljøvurdering af Frederiksberg Forsyning 2021



Sweco Danmark A/S

Kunde

Dato

Version

Forfattere

Reg. No. 48233511

Frederiksberg Forsyning

27/07/2023

1.3

Morten Ryberg, Klara Lauridsen,
Helene Frederiksen

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Introduktion.....	12
1.1 Klima- og miljøkrise.....	12
1.2 Livscyklusvurdering (LCA).....	13
1.3 Formål.....	14
2. Metodebeskrivelse.....	16
2.1 Systemgrænser.....	16
2.2 Principper for modellering af Life-Cycle Inventory.....	18
2.2.1 Beslutningskontekst.....	18
2.2.2 Hybrid LCA.....	18
2.2.3 Multi-funktionelle processer.....	19
2.2.4 Modellering af faste assets.....	19
2.2.5 Undgået produktion.....	20
2.3 Inklusion af processer ift. Scope 1, Scope 2, og Scope 3.....	20
2.3.1 Scope 1 og Scope 2.....	20
2.3.2 Scope 3.....	20
2.4 Modellering af Livscyklus inventory (LCI).....	23
2.5 Life-cycle impact assessment (LCIA) udregning af miljøpåvirkninger.....	24
3. Resultater.....	28
3.1 Midpoint resultater.....	28
3.1.1 Midpoint resultater - Karakteriserede.....	29
3.1.2 Midpoint resultater - Normaliserede.....	30
3.2 Endpoint resultater.....	32
3.3 "Weak-spot"-analyse.....	34
3.3.1 Global opvarmning.....	34
3.3.2 Miljøforurenende stoffer.....	35
3.3.3 Biodiversitet.....	36
3.3.4 Menneskers helbred.....	39
3.3.5 Ressourcer.....	40
3.4 Fokuspunkter Forretningsområder.....	41
3.5 Ekstra scenarier.....	42
3.5.1 Brug af CTRs miljødeklaration for fjernvarme.....	43
3.5.2 Eksklusion af afbrænding af bygas ifm. brugsfasen.....	43
3.5.3 Medtagning af biogent CO ₂	44
3.5.4 Medtagning af produktion af strøm fra vindmøller.....	45
4. Konklusioner.....	46
5. Referencer.....	47

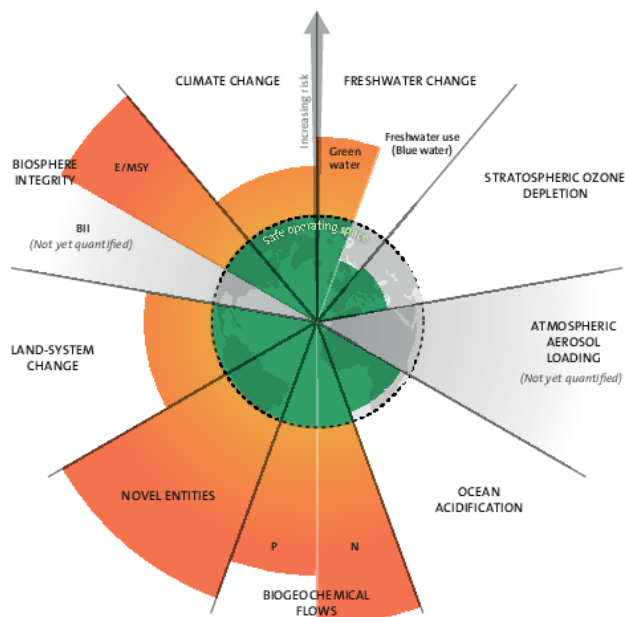
Appendiks	49
A1 Life-cycle inventory modellering af Anlæg af forsyning	50
A1.1 ANLÆG_FEJ_FF	50
A1.2 ANLÆG_FJV_FF	51
A1.3 ANLÆG_FKG_FF	51
A1.4 ANLÆG_FKK_FF	51
A1.5 ANLÆG_FKV_FF	52
A1.6 ANLÆG_FKØ_FF	52
A1.7 ANLÆG_FF_FF	53
A2 Life-cycle inventory modellering af Drift af administration	54
A2.1 Undgået elproduktion pga. salg af el fra sol til grid	54
A2.2 Indkøb ifm. drift af administration	54
A2.3 El fra solceller	56
A2.4 El- og varmekonsum	56
A2.5 Brugsvand ifm. drift af administration	56
A3 Life-cycle inventory modellering af Drift af bygning	57
A4 Life-cycle inventory modellering af Drift af forsyning	57
A4.1 Driftsaktiviteter ifm. bygning (Drift_forsyning_FKG_gas_FF)	58
A4.2 Driftsaktiviteter ifm. spildevand	60
A4.3 Driftsaktiviteter ifm. vandforsyning	64
A4.4 Driftsaktiviteter ifm. vindmøller	65
A4.5 Driftsaktiviteter ifm. køleproduktion	66
A4.6 Driftsaktiviteter ifm. fjernvarme-distribution	67
A4.7 Driftsaktiviteter ifm. diverse forsyning	69
A5 Life-cycle inventory modellering af Drift af kantine	70
A6 Life-cycle inventory modellering af Transport	70
A6.1 Aktiviteter ifm. befordring	70
A6.2 Aktiviteter ifm. biler	70
A6.3 Aktiviteter ifm. cykler	71
A6.4 Transport drift	71
A7 Dansk supplier el-mix	72
A8 End-Point indikatorbeskrivelse	74

Resumé

Ordet bæredygtig bliver ofte brugt, når man taler om at passe på jorden. Bæredygtighed handler om at give jorden videre til næste generation i lige så god stand, som vi overtog den. De valg, vi træffer i hverdagen, har betydning og konsekvenser for jorden. Konsekvenser, som man måske ikke kan se i dag, men som kan have betydning langt ind i fremtiden. Siden den industrielle revolution, har menneskers påvirkning på miljøet været stigende. Påvirkningen er især accelereret efter 2. verdenskrig, hvor store stigninger i befolkning og velstand har øget samfundets samlede produktion og forbrug med dertil afledte påvirkninger på miljøet.

Et stabilt miljø og klima er ikke bare vigtig for naturen i sig selv, men også for os mennesker fordi vi i høj grad er afhængige af et velfungerende miljø og de services, som det giver os. Vi har f.eks. behov for et stabilt klima, som tillader planlægning og dyrkning af jorden, hvor hyppighed af ekstreme hændelser som oversvømmelser og skybrud minimeres.

Påvirkninger i forbindelse med udvinding af ressourcer og udledning af stoffer til miljøet har nået et niveau, som overstiger, hvad planeten på sigt kan holde til. Dette er illustreret ved de 9 planetære grænser, som har til formål at kortlægge, hvor stor en påvirkning globale miljøprocesser kan holde til uden at risikere at forårsage dramatiske ændringer i den globale miljøtilstand. Menneskers påvirkning overstiger nu 6 ud af 9 planetære grænser (se Figur 1).



Figur 1 Illustration af de planetære grænser fra Stockholm Resilience Centre. Billedet viser de 9 planetære grænser, samt evt. underopdelte grænser. Området inden for den stiplede linje i midten viser det sikre råderum. De orange områder indikerer overskridelse af den planetære grænse.

Det store problem er, at vi overstiger mange af disse grænser og presset på miljø og klima forsat stiger. Derfor har FN bl.a. navngivet klimapåvirkninger, tab af biodiversitet og kemikaliefurening som den tredobbelte planetære krise (FN, 2020).

Denne vurdering har et særligt fokus på den tredobbelte planetære krise i forhold til Frederiksberg Forsyning aktiviteter. Det vil blive undersøgt ved brug af en Livscyklusvurdering ("Life-Cycle Assessment"; LCA). LCA er en standardiseret metode til kvantificering af de potentielle miljøpåvirkninger, som forårsages af menneskers aktiviteter. Aktiviteter kan spænde fra miljøpåvirkninger forbundet med produktion af et enkelt produkt til de samlede påvirkninger forbundet med produktion og forbrug for et helt land.

Styrken ved LCA ligger i, at der ses på tværs af hele livscyklussen fra vugge til grav. For et produkt er det lige fra udvinding af råstoffer og produktion af materialer, over produktion og brug af produktet, sluttende med affaldsbehandling og bortskaffelse af produktet. Ydermere ses der på tværs af alle relevante miljøpåvirkninger, som kan påvirke natur, mennesker eller ressourcer. Fordi der ses over hele livscyklussen samt for alle relevante miljøpåvirkninger, kan LCA bruges til holistiske analyser. Det betyder, at man kan identificere, hvor i livscyklussen de største miljøpåvirkninger ligger samt teste forskellige løsningsforslag, og om forslagene samlet set bidrager til bedre miljøperformance, eller om der sker ufordelagtige trade-offs. F.eks. hvor en forbedring i en del af livscyklus leder til større miljøpåvirkninger andre steder i livscyklus. Formålet med denne rapport er lave en organisations-LCA (O-LCA) for Frederiksberg Forsyning. O-LCA giver en indikation af de samlede miljøpåvirkninger som Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021 er ansvarlig for.

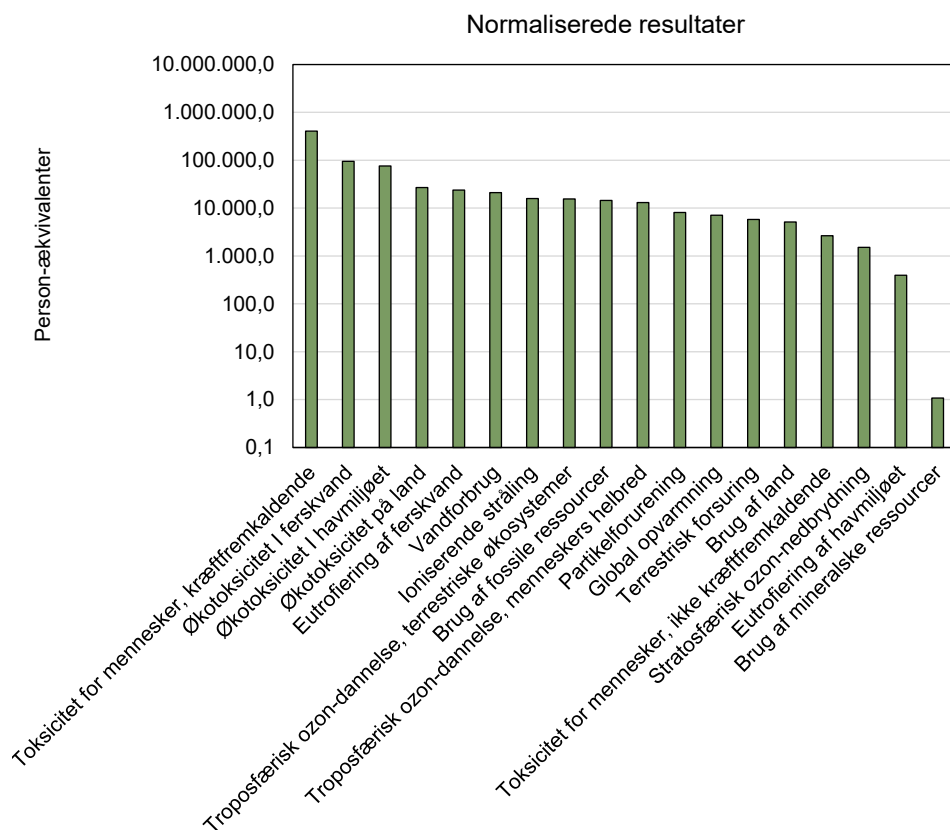
LCA'en sætter dermed en baseline for Frederiksberg Forsyning, som kan bruges fremadrettet til at monitorere effekten af miljøtiltag samt miljømæssig udvikling over tid.

Resultater

Resultaterne i vurderingen har særligt fokus på de fire planetære grænser, klimaændringer, miljøforurenende stoffer, vandforbrug, samt biodiversitet, da disse er udvalgt som særligt vigtige for Frederiksberg Forsyning.

Resultaterne er opdelt i hhv. midpoint og endpoint kategorier. Midpoint kategorierne er yderligere delt op i karakteriserede form og normaliserede form. Karakteriserede form betyder, at resultaterne vises med hver deres fysiske enheder, hvilket gør, at kategorierne ikke kan sammenlignes eller kombineres med hinanden. Derimod betyder den normaliserede form, at resultaterne er sat i forhold til en ekstern reference; her er brugt en global gennemsnitspersons årlige miljøpåvirkning, som betyder, at kategorierne kan sammenlignes, da de får fælles enhed; person-ækvivalenter. Ud fra de karakteriserede midpoint resultater for global opvarmning ses det, at Frederiksberg Forsyning stod for udledning af 56,4 tusind tons CO₂-eq i referenceåret 2021.

Nedenfor i Figur 2 ses de normaliserede resultater. Resultater, som omhandler toksicitet, er ofte overestimerede, da grundlaget for en gennemsnitspersons årlige påvirkning fra udledning af kemikalier er mangelfuldt og ikke godt monitoreret som f.eks. udledning af drivhusgasser. Det anbefales derfor at vurdere toksiske effekter separat. Udover de kategorier, som omhandler toksicitet, er det især brug af vand, luftforurening via ozondannelse og global opvarmning, som har relativt store påvirkninger sammenholdt med en global gennemsnitspersons miljøpåvirkning. Det vil derfor være relevant for Frederiksberg Forsyning at fokusere på reduktion af disse miljøpåvirkningskategorier.



Figur 2 Normaliserede resultater for Frederiksberg Forsyning. Resultater er sat ift. en global gennemsnitspersons påvirkninger i 2010. Resultater er sorteret efter normaliseret resultat. Figuren er vist med logaritmiske skala.

Ser man derimod på endpoint kategorierne, som har til formål at gøre midpoint kategorierne mere konkrete og relevante for beslutningstager, omtalt som de tre "Areas of Protection", hvilket omfatter følgende tre områder:

- Menneskers helbred (Human health), udtrykt ved enheden DALY (disability-adjusted life years). DALY indikerer hvor mange gode leveår der går tabt pga. de vurderede aktiviteter.
- Miljøets tilstand (Ecosystem quality), udtrykt i enheden species.year. Species.year indikerer det potentielt samlede antal af reversible artstab der sker pga. de vurderede aktiviteter.
- Øgede ressource omkostninger (Resources) udtrykt ved enheden US \$. Enheden indikerer de potentielt øgede omkostninger af fremtidig udvinding og brug af ressourcer pga. det ressourcetræk den vurderede aktivitet her.

Tabel 1 Samlede endpoint resultater for Frederiksberg Forsyning for de tre Areas of Protection.

Menneskers helbred (en. Human health) [DALY]	Miljøets tilstand (en. Ecosystem quality) [Species.year]	Øgede ressource omkostning (en. Resources) [Million US\$]
217,8	0,56	4,36

Tabel 1 viser den samlede mængde for hver endpoint kategori. Det anslås, at partikelforurening fra Frederiksberg Forsyning, har den største påvirkning på menneskers helbred med 60% af den samlede påvirkning, efterfulgt af påvirkning på global opvarmning med 24%. Dernæst kommer påvirkning fra kemikalier, som står for 9% og 6% for hhv. ikke-kræftfremkaldende stoffer og kræftfremkaldende stoffer.

For miljøets tilstand og tab af arter er brug af landarealer den største bidrager på 50% af den samlede påvirkning. Det er efterfulgt af påvirkning på klimaet med 28% fra udledning af drivhusgasser. For ressourcer er brugen af fossile ressourcer langt den vigtigste og står for 99% af den samlede påvirkning.

Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på de planetære grænser som omhandler global opvarmning, biodiversitet, vandforbrug, og miljøforurenende stoffer. Der er derfor foretaget en såkaldt "Weak-spot"-analyse med fokus på disse miljøaspekter for bedre at forstå hvilke aktiviteter og processer, der bidrager mest til påvirkningerne.

For klima er resultaterne undersøgt med og uden brug af biogen CO₂. Tabel 2 viser, at det er aktiviteter forbundet med fjernvarmedistribution, der påvirker klimaet ved udledning af CO₂-eq. Ligeledes ses det, at anlægs-aktiviteter, primært for vandforsyning, samt vandafledning og spildevandsbehandling, bidrager til den samlede klimapåvirkning.

Miljøforurenende stoffer dækker over udledning af toksiske kemikalier som har en negativ påvirkning på de økosystemer, som eksponeres for kemikalierne. De mest problematiske aktiviteter er fjernvarmeproduktion pga. udledning af giftige stoffer ifm. afbrænding. Påvirkning på biodiversitet repræsenteres ved enheden species.year. Her står fjernvarme klart for den største påvirkning. Det skyldes primært brug af land til biomasse-produktion.

Fjernvarme baseres i høj grad på biomasse som træpiller og træflis, som stammer fra afskær, bark og lignende i forbindelse med tømmerproduktion. Biomassen kan derfor karakteriseres som et bi-produkt af hovedproduktionen af tømmer. I denne vurdering fordeles den samlede miljøpåvirkning i forbindelse med produktion af træ derfor mellem hovedproduktet og bi-produkterne. Her

benyttes på baggrund af ecoinvent en økonomisk allokering, således at den største del af miljøpåvirkningen tilskrives træet til tømmer, mens en mindre del af påvirkningen tilskrives produktionen af råmaterialer til træflis- og træpilleproduktion.

For vandforbrug domineres påvirkning på økosystemer af vandindvinding til vandforsyning (ca. 50% af påvirkninger) og fjernvarmeproduktion står for ca. 44% af påvirkningerne. For fjernvarmeproduktion skyldes påvirkningen især energiforbrug og brug af vandkraft under produktionen af brændsler. Det skal her noteres at selvom påvirkningen på økosystemer fra vandindvinding er ca. 50%, så står vandindvinding for godt 88% af Frederiksberg Forsynings samlede vandforbrug i 2021 set over hele livscyklus. Årsagen til at vandindvinding til vandforsyning derfor "kun" står for ca. 50% af påvirkningen på økosystemer er at påvirkninger fra vandindvinding er relativt små set i forhold til de påvirkninger, der sker ved vandforbrug andre steder i forsyningskæden.

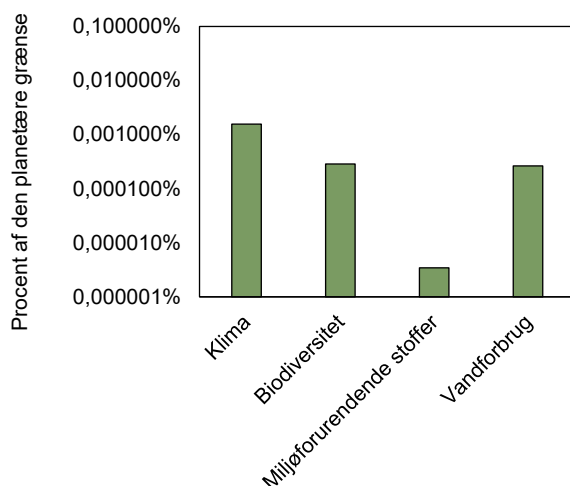
Tabel 2 viser Top 3 mest udledende aktiviteter og processer fordelt på de planetære grænser som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på

Impact kategori	Top 1	Top 2	Top 3
Klima ekskl. biogen CO ₂ [tusind tons CO ₂ -eq.]	FJV - Drift af fjernvarme; 40,0	FKV - Bygge- og anlægsarbejde vandforsyning; 4,1	FKK – Drift af vandaflledning og spildevandsbehandling; 3,2
Klima inkl. biogen CO ₂ [tusind tons CO ₂ -eq.]	FJV - Drift af fjernvarme; 137,1	FKV - Bygge- og anlægsarbejde vandforsyning; 4,1	FKK – Drift af vandaflledning og spildevandsbehandling; 3,3
Biodiversitet [species.yr]	FJV - Drift af fjernvarme; 0,49	FKV - Drift vandforsyning; 0,018	FKV - Bygge- og anlægsarbejde; 0,014
Miljøforurenende stoffer [species.yr]	FJV - Drift af fjernvarme; 0,006	FKK - Drift af vandaflledning og spildevandsbehandling; 0,0002	FKV - Drift vandforsyning; 0,00009
Vandforbrug [species.yr]	FKV - Drift vandforsyning ; 0,008	FJV - Drift af fjernvarme; 0,007	FKK - Drift af vandaflledning og spildevandsbehandling; 0,0006

Påvirkning set i forhold til de planetære grænser

Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på de fire planetære grænser, klimaændringer, miljøforurenende stoffer, biodiversitet og vandforbrug. Derfor er resultaterne blevet normaliseret ift. de planetære grænser, som indikerer den totale påvirkning som planeten kan modstå uden at det har potentielt katastrofale konsekvenser for planetens tilstand og stabilitet (Figur 1).

Set i forhold til de fire planetære grænser, så er Frederiksberg Forsynings påvirkning på klima mest problematisk (Figur 3). Det skyldes særligt CO₂-udledninger ifm. fjernvarmeproduktion og udledninger som sker opstrøms under produktion af brændsler til fjernvarme. Påvirkning på biodiversitet er mindre end klimapåvirkningen. De er dog fortsat relativt tæt og det anbefales derfor have fokus på begge grænser så det undgås at en grænse får mere fokus på bekostning af den anden. Vandforbrug er i samme størrelsesorden som biodiversitet og skyldes især indvinding og forsyning af vand til Frederiksbergs borgere. Påvirkninger på miljøforurenende stoffer har mindst påvirkning ift. den planetære grænse. I et planetært perspektiv bør den derfor have mindre fokus. Det er dog stadig vigtigt at indtænke evt. udledninger af kemikalier da de kan have store effekt på lokale økosystemer.



Figur 3 Resultater for Frederiksberg Forsyning for de fire planetære grænser som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på. Resultater er normaliseret ift. den globale grænse for hver grænse. Figuren er vist med logaritmiske skala.

Opsummering

Den udførte organisations-LCA har bidraget med at give et overblik over Frederiksberg Forsynings miljøpåvirkninger fra deres aktiviteter i 2021.

Vurderingen viser bl.a. at Frederiksberg Forsyning i 2021 havde et samlet CO₂-udslip på 56,4 tusind tons CO₂-eq. Set i forhold til de fire planetære grænser, er Frederiksberg Forsynings påvirkning på klima mest problematisk. Påvirkning på biodiversitet er mindre end klimapåvirkningen, men dog relativt tæt på klima. Det anbefales derfor at have ligeligt fokus på de to grænser.

LCA'en bidrager til at identificere hvilke aktiviteter og processer, som særligt bidrager til miljøpåvirkning, og dermed hvor Frederiksberg Forsyning kan fokusere på mest effektivt at forbedre deres miljøperformance.

Det anbefales især at have fokus på fjernvarmeproduktion, da dette er den ubetinget vigtigste bidrager til miljøpåvirkninger for både klima og biodiversitet. Det skyldes særligt drivhusgasudledninger fra fossile brændsler og brugen af

land til produktion af biobaserede brændsler. Det er derfor vigtigt, at evt. forbedringer tager hensyn til at både udledning af drivhusgasser og brugen af landareal. Desuden anbefales det at have fokus på anlægsarbejde og undersøge muligheder for mere miljøvenligt byggeri- og anlægsarbejde. Det er også relevant at undersøge muligheder for at reducere udslip af bygas under distribution, udledning af drivhusgasser ifm. spildevandsbehandling og reducerer biodiversitetspåvirkninger pga. vandindvinding, evt. gennem mere effektiv udvinding og distribution af vand.

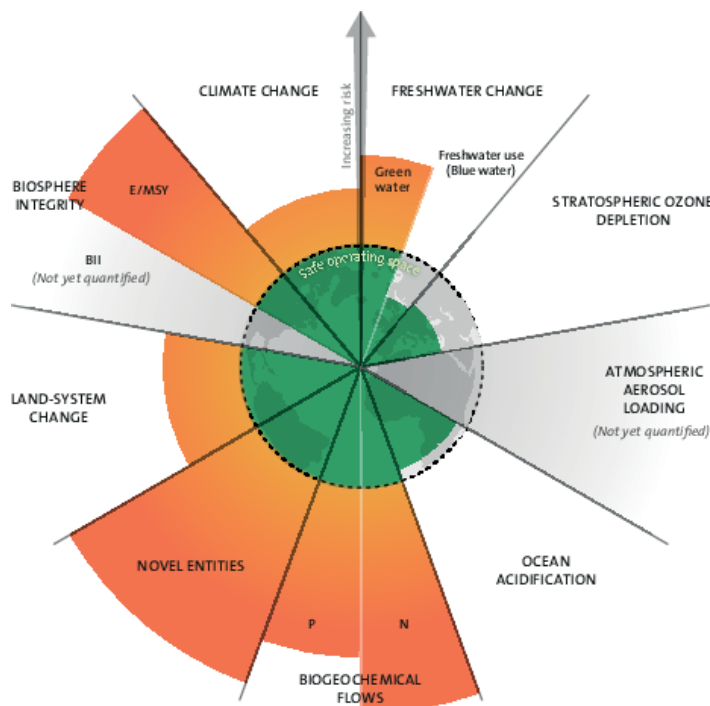
1. Introduktion

1.1 Klima- og miljøkrise

Siden den industrielle revolution har menneskers påvirkninger på miljøet været stigende og påvirkningen på miljøet har især accelereret siden slutningen af 2. verdenskrig hvor store stigninger i befolkning og velstand øgede samfundets samlede produktion og forbrug og dertil afledte påvirkninger på miljøet.

Påvirkninger ifm. udvinding af ressourcer og udledning af stoffer til miljøet har nået et niveau som overstiger hvad planeten på sigt kan holde til. Dette er f.eks. illustreret ved de planetære grænser (Figur 4). De viser at menneskers påvirkninger nu overstiger 6 ud af 9 planetære grænser, der er vurderet vigtige for opretholdelse af et stabilt miljø og klima. Et stabilt miljø og klima er ikke bare vigtig for naturen i sig selv, men også for os mennesker fordi vi i høj grad er afhængige af et velfungerende miljø og de services som det giver os.

Vi har behov for et stabilt klima som tillader planlægning og dyrkning af jorden hvor ekstreme hændelser som oversvømmelser og skybrud er sjældne. På samme måde har vi også behov for rent vand at drikke eller bier som bestøver planter.



Figur 4 Illustration af de planetære grænser fra Stockholm Resilience Centre. Billedet viser de 9 planetære grænser, samt evt. underopdelte grænser. Området inden for den stiplede linje i midten viser det sikre råderum. De orange områder indikerer overskridelse af den planetære grænse.

Det store problem er at vi overstiger mange af disse grænser og at presset på miljø og klima forsat stiger. Derfor har FN bl.a. navngivet klimapåvirkninger, tab af biodiversitet og kemikaliefurening som den tredobbelte planetære krise (FN, 2020).

Det er derfor nødvendigt at verden reducerer det samlede pres på miljøet og begynde at agere inden for de planetære grænser. Det er vigtigt ikke kun at se på f.eks. klima og CO₂, men at se på tværs af alle grænser. For at sikre at der laves løsninger, som skaber synergier og ikke trade-offs mellem miljøsystemer så vi f.eks. ikke sikrer klimaet på bekostning af livet på Jorden.

Miljøproblemer kan søges løst gennem flere strategier. Top-down løsninger, f.eks. oprettelse af internationale konventioner, kan sikre at verdens lande blive enige om en retning og sætter rammerne for at konventioner og mål opnås. Det kan f.eks. være Paris-aftalens mål om maksimalt 2°C global temperaturstigning eller om globale stop i produktion og udledning af ozonnedbrydende stoffer (UNFCCC, 2015).

En anden strategi er bottom-up tilgangen hvor individer, grupperinger, virksomheder, organisationer og/eller brancher, på eget initiativ, sætter mål for klima- og miljøforbedringer. Dermed gøres det frivilligt for den enkelte aktør at reducere deres miljøpåvirkninger. Den samlede effekt af de enkelte bottom-up tilgange kan dermed hjælpe til at overholde de planetære grænser.

For en virksomhed som Frederiksberg Forsyning er det muligt at bruge bottom-up tilgangen. Det første skridt mod en reduktion i miljøpåvirkninger er at få et overblik og en vurdering af de nuværende miljøpåvirkninger og hvor disse stammer fra. Det kan hjælpe til at fokusere tiltag på de områder hvor der er størst potentiale for reduktioner. Her er det vigtigt at lave en vurdering som ser på tværs af hele livscyklus og på tværs af flere miljøpåvirkninger for netop at sikre at de løsninger, som igangsættes, er med til at skabe reelle reduktioner i miljøpåvirkninger og at trade-offs på tværs af livscyklus og miljøpåvirkninger undgås.

1.2 Livscyklusvurdering (LCA)

Livscyklusvurdering ("Life-Cycle Assessment"; LCA) er en standardiseret metode til kvantificering af de potentielle miljøpåvirkninger, som forårsages af menneskers aktiviteter. Aktiviteter kan spænde fra miljøpåvirkninger forbundet med produktion af et enkelt produkt til de samlede påvirkninger forbundet med produktion og forbrug for et helt land.

Styrken ved LCA ligger i at der ses på tværs af hele livscyklus fra vugge til grav. For et produkt er det lige fra udvinding af råstoffer, produktion af materialer og det færdige produkt, brug af produktet og slutteligt endelig bortskaffelse af produktet. Og ses på tværs af alle relevante miljøpåvirkninger som kan påvirke natur, mennesker eller ressourcer.

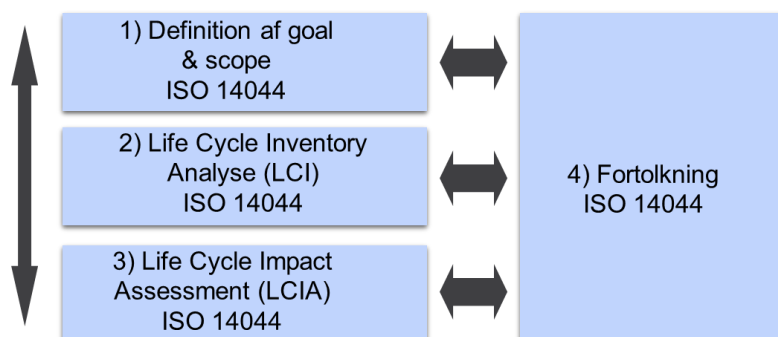
Da der ses over hele livscyklus og for alle relevante miljøpåvirkninger, kan LCA bruges til at identificere hvor i livscyklus de største miljøpåvirkninger ligger, de såkaldte "weak spots". Samt til at støtte beslutninger ved at kunne vise hvilken løsning der har den laveste påvirkning og vise evt. trade-offs eller synergier.

Et eksempel på trade-offs kan være at en bygherre vil reducere et byggeris klimapåvirkning ved at øge mængden af isolering i ydervæggen med 50 mm. Det vil reducere energiforbruget til opvarmning og CO₂-udledning ifm. varmereproduktion. For at vurdere om dette samlet set er en god beslutning er det nødvendigt også at medregne produktionen af de ekstra 50 mm isoleringsmateriale og den klimapåvirkning, som er forbundet med udvinding af

råstoffer og produktion af isoleringsmaterialet, samt dets bortskaffelse efter brug. Der findes flere standarder som relaterer sig til LCA. ISO-standarderne ISO14040 og ISO 14044 sætter de grundlæggende rammer for en LCA og hvad en LCA skal indeholde (ISO, 2006a, 2006b). Andre standarder og LCA-guides tager normalt udgangspunkt i ISO 14040/44.

En LCA består ifølge ISO 14040 af 4 faser som vist i Figur 5.

1. Goal og Scope er der hvor formålet med LCA'en præsenteres (Goal). I Scope opstilles de generelle metodiske valg og tilgange til LCA'en sådan at den laves iht. LCA'en formål. Det er bl.a. i Scope at der fastsættes grænser for det system som vurderes.
2. Life-cycle inventory (LCI)-fasen dækker selve modelleringen af produktsystemerne ud fra de principper, som defineres i Scope. LCI-modelleringen kan opdeles i et foreground og et background system. Foreground systemet er i høj grad baseret på primære data fra f.eks. virksomheden og består af processer, som udvikles specifikt til LCA'en. Background-systemet føder ind i foreground-systemet, og er baseret på LCA-databaser mere generiske processer som ikke specifikke for LCA'en.
3. Life-Cycle Impact Assessment (LCIA) dækker karakteriseringen af de potentielle påvirkninger på miljø, mennesker og ressourcer. Karakteriseringen er baseret på de ressourcebrug og emissioner af stoffer, som er modelleret via LCI-modellen.
4. Fortolkning er det sidste skridt i LCA'en. Her analyseres resultaterne ift. Goal og Scope. Som vist ved de dobbelte pile i Figur 5, er LCA en iterativ proces. Det betyder at der evalueres efter hver fase og iterationer af foregående faser udføres. Det kan f.eks. være at fortolkning viser at vise processer har stor betydning for den samlede miljøpåvirkning og der derfor er behov for mere detaljerede LCI-data for disse processer.



Figur 5 De fire overordnede faser i en LCA iht. ISO 14040/44

1.3 Formål

Formålet med denne LCA er at udarbejde en baseline organisations-LCA (O-LCA) for Frederiksberg Forsyning. O-LCA er en metode til at evaluere inputs og outputs forbundet med en organisations aktiviteter ved brug af et livscyklusperspektiv. O-LCA'en sætter dermed en baseline for Frederiksberg Forsyning, som kan bruges fremadrettet til at monitorere effekten af miljøtiltag samt miljømæssig udvikling over tid.

Resultater af O-LCA'en skal bruges til at give et overblik over miljøpåvirkninger som sker ifm. Frederiksberg Forsynings aktiviteter. Dermed er det muligt at vurdere miljøpåvirkninger fra de definerede aktiviteter i organisationen med henblik på forbedringer, som kan medføre en reduktion af miljøpåvirkningerne.

Her ses på tværs af alle relevante miljøpåvirkningskategorier. Dog med særligt fokus på klima, miljøforurenede stoffer, drikkevand, samt biodiversitet da de fire er udpeget som særligt vigtige af Frederiksberg Forsynings med afsæt i den tredobbelte miljøkrise.

Derudover skal resultater bruges til at identificerer såkaldte "weak spots" på tværs af Frederiksberg Forsynings aktiviteter og over den samlede livscyklus. Weak spots er områder eller aktiviteter i livscyklus som står for særligt store bidrag til den samlede miljøpåvirkning. Weak spots bør derfor prioriteres ifm. miljøforbedringer da det her er muligt at skabe den største effekt såfremt miljøpåvirkningen kan reduceres.

Til O-LCA'en bruges 2021 som referenceår og miljøpåvirkninger i forbindelse med aktiviteter i 2021 er medtaget. O-LCA'en er baseret på retningslinjerne givet i ISO 14072 "Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment". Den tiltænkte modtager af resultaterne er særligt Frederiksberg Forsynings medarbejdere, som arbejder med bæredygtighed. Rapporten og resultaterne er også tiltænkt at kunne bruges af andre medarbejdere og interessenter, som ikke nødvendigvis har en teknisk viden om LCA og bæredygtighed.

Resultaterne af denne O-LCA er tiltænkt at skulle bruges til intern beslutningsstøtte og til at identificerer hvilke processer, der står for den største miljøpåvirkning. Resultater kan også bruges til dokumentation af Frederiksberg Forsynings miljøpåvirkning samt kommunikation med relevante interessenter. For eksempel til at benchmarke eller sammenligne med lignende virksomheder.

Her skal det nævnes at rapporten ikke har gennemgået en kritisk gennemgang af uvildig 3.-part. Resultaterne er derfor ikke tiltænkt at skulle bruges i direkte sammenligningsstudier med andre konkurrerende virksomheder som frigives til offentligheden og bruges til f.eks. reklame.

2. Metodebeskrivelse

I følgende afsnit præsenteres det metodiske grundlag for LCA'en

2.1 Systemgrænser

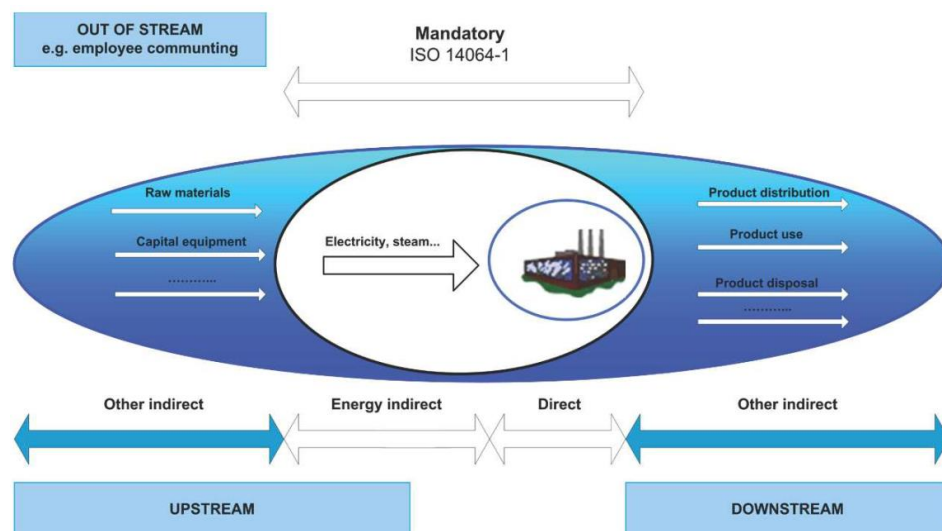
Formålet med O-LCA er at give et omfattende overblik over miljøpåvirkninger som sker ifm. Frederiksberg Forsynings aktiviteter.

Den benyttede ISO-standard ISO 14072 definerer hvordan en LCA skal laves for en organisation. ISO 14072 bygger ovenpå ISO14040/44, men gør LCA'en relevant for en organisation da ISO14040/44 primært relaterer til LCA'er på produkter og services. I tråd med ISO14040/44 inkluderer en O-LCA resultater for alle relevante miljøpåvirkninger så det er muligt at vise resultater for bl.a. de fire miljøaspekter som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på.

I forhold til scoping og opdeling af processer, så baserer ISO14072 sig på ISO 14069 – "Kvantificering og rapportering af drivhusgasemissioner for virksomheder". Således bliver en organisations aktiviteter opdelt i 3 scopes. Scope 1 relaterer til direkte emissioner fra organisationen, f.eks. CO₂, N₂O og partikler. Scope 2 dækker indirekte emissioner og ressourcebrug ifm. køb af el og varme. Scope 1 og Scope 2 er obligatoriske at medtage i en O-LCA.

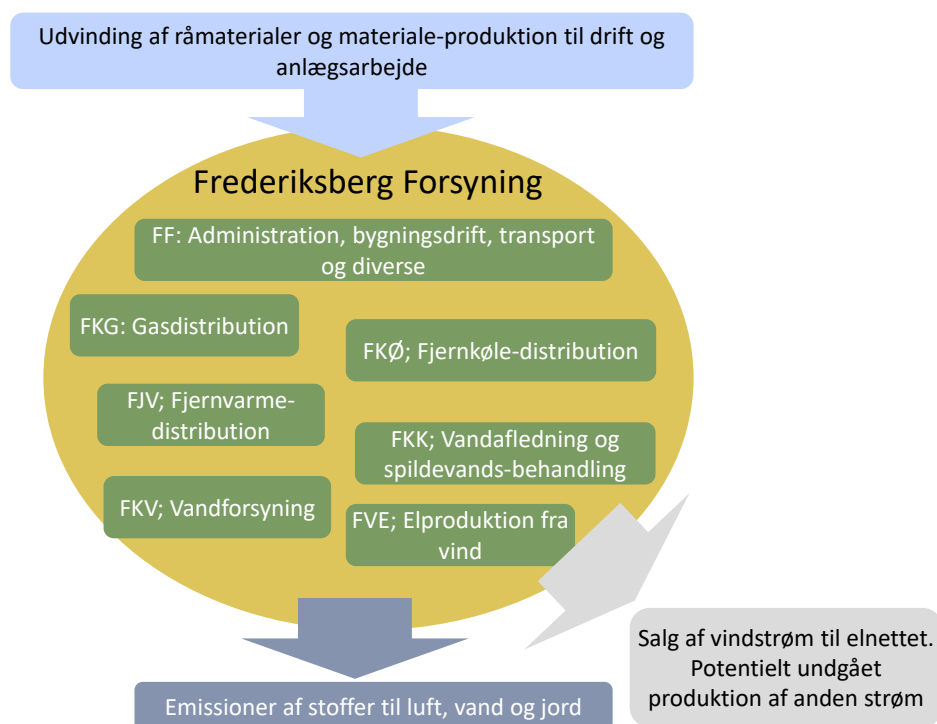
Scope 3 relaterer til andre indirekte emissioner og ressourcebrug fra aktiviteter som sker nedstrøms eller opstrøms af organisationen. Det kan f.eks. være udvinding af råmaterialer og produktion af varer til organisationen (i.e. opstrøms) eller behandling og bortskaffelse af affald (i.e. nedstrøms).

Scope 3-aktiviteter er ikke obligatoriske, men bør så vidt muligt medtages. Derfor inkluderer O-LCA'en miljøpåvirkninger fra både interne- og i videst muligt omfang eksterne aktiviteter der defineres ifm. organisationen. Dermed kvantificeres miljøpåvirkninger fra hele organisationens værdikæde (se Figur 6 for eksempel på emissioner fra Scope 1, Scope 2, og Scope 3).



Figur 6. Oversigt og definition af typer af emissioner og ressourcebrug fordelt på direkte (Scope 1), indirekte ifm. køb af energi (Scope 2), og andre indirekte emissioner og ressourcebrug fra opstrøms- og nedstrømsaktiviteter (Scope 3) i en organisations-LCA.

Figur 7 viser systemgrænserne for O-LCA'en samt de overordnede aktiviteter, der er medtaget i LCA'en. Systemgrænserne inkluderer alle direkte emissioner (Scope 1), samt emissioner og ressourcebrug ifm. køb af energi (Scope 2). Derudover inkluderes emissioner og ressourcebrug ifm. opstrøms- og nedstrøms-aktiviteter som f.eks. produktion af råmaterialer brugt af Frederiksberg Forsyning i forbindelse med deres drift og andre aktiviteter i 2021 (Scope 3). Miljøpåvirkninger ifm. produktion af materialer og maskiner er også medtaget. Påvirkninger fra byggeri og anlæg af eksisterende bygninger og rørledninger er ikke medtaget og kun bygge- og anlægsarbejde i 2021 er medtaget i O-LCA'en.



Figur 7. Flowchart med de overordnede processer som er inkluderet i O-LCA'en af Frederiksberg Forsyning for 2021. LCA'en er så vidt muligt opdelt på Frederiksberg Forsynings forretningsområder.

Som vist i Figur 7 er Frederiksberg Forsynings aktiviteter blevet opdelt på følgende hovedaktiviteter:

- Generel drift og administration af Frederiksberg Forsyning (FF) samt Frederiksberg Forsyning Ejendomsselskab (FEJ)
- Frederiksberg Bygas (FKG)
- Frederiksberg Fjernkøling (FKØ)
- Frederiksberg Fjernvarme (FJV)
- Frederiksberg Vandforsyning (FKV)
- Frederiksberg Spildevand og BIOFOS (FKK)
- Frederiksberg Vedvarende Energi (FVE)

Vurderingen vil generelt tage udgangspunkt i denne opdeling, men vil også gå i detaljer med underopdeling indenfor de forskellige hovedaktiviteter hvor dette findes relevant.

Da 2021 er valgt som referenceår for vurderingen er det muligt at visse af Frederiksberg Forsynings aktiviteter er påvirket af at 2021 være præget af Corona-pandemien og den delvise nedlukning af samfundet. Aktiviteter og forbrugsmønstre relateret til f.eks. elforbrug i administrationen og,

medarbejdertransport og lign. kan derfor være lavere pga. hjemmearbejde set ift. andre år som ikke har været påvirket af Corona. Overordnet set vurderes det dog at Corona-pandemien ikke har haft en substantiel effekt på Frederiksberg Forsynings samlede miljøpåvirkning eftersom aktiviteter, der vurderes at bidrage mest til miljøpåvirkninger, har kørt stort set uændret såsom fjernvarme-distribution og spildevandsbehandling.

2.2 Principper for modellering af Life-Cycle Inventory

Følgende afsnit beskriver de generelle principper, som er brugt til udvikling af Life-Cycle Inventory (LCI) for Frederiksberg Forsyning. LCI dækker over modelleringen af systemmodellen for Frederiksberg Forsyning og udtræk af emissioner og ressourcebrug for enkelte processer i systemmodellen samt for hele Frederiksberg Forsyning.

Generelt set er LCI udviklet som en iterativ proces hvor LCI-modellen kontinuerligt vurderes og forbedres for de LCI-processer som viser sig at have størst indflydelse på den samlede miljøpåvirkning for Frederiksberg Forsyning.

2.2.1 Beslutningskontekst

Formålet med O-LCA'en er at vise Frederiksberg Forsynings miljøaftryk og hvilke aktiviteter og/eller processer, som bidrager mest til den samlede miljøpåvirkning. Der er derfor tale om en miljø-"accounting" af organisationen iflg. EU kommissionens LCA anbefalinger (EC-JRC, 2010). Det betyder at LCI-modellen modelleres så den, så vidt muligt, repræsenterer de reelle processer og fysiske ressourceforbrug og emissioner, som er sket ifm. Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021. Aktiviteter som har afledte effekter på samfundet, som f.eks. potentielt undgået el-produktion pga. salg af vindstrøm til el-nettet, kan derfor potentielt medtages i vurderingen.

Vurderingen kan bruges til at identificere hvor de største påvirkninger sker og hvor der er størst potentiale for reduktion af miljøpåvirkninger. På baggrund af dette kan vurderingen støtte prioritering af fremtidige miljøforbedrende tiltag. Vurderingen kan også fungere som baseline for evaluering af fremtidige tiltag og deres miljøpåvirkninger ift. baseline.

2.2.2 Hybrid LCA

Data vedrørende Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021 er angivet i både fysiske og monetære enheder.

Data angivet for fysiske enheder er modelleret ud fra en bottom-up tilgang hvor proces-baserede LCA-datasæt er anvendt til at udvikle processer som er repræsentative for de aktiviteter, som foregår hos Frederiksberg Forsyning. Primær data fra Frederiksberg Forsyning er benyttet til at udvikle processerne og sekundær data fra ecoinvent 3.7 databasen (Wernet et al., 2016) er benyttet til at modellere processer som ligger opstrøms og nedstrøms i Frederiksberg Forsynings livscyklus hvor det ikke er muligt at udregne miljøpåvirkninger på baggrund af primær data.

Data i ecoinvent er modelleret ud fra et attributionelt perspektiv i tråd med LCA-anbefalinger fra EU kommissionen ift. udregning af miljø-accounting (C1) af organisationer. En attributionel LCA svarer på spørgsmål om hvad miljøpåvirkningen af aktiviteter har været, altså hvilke ressourcer der er blevet udvundet og hvilke emissioner som er udledt som resultat af en aktiviteter. Alternativ til attributionel LCA er konsekvens-LCA, som indikerer de

miljøpåvirkninger der sker som konsekvens af beslutninger. Kort sagt, kan man sige at attributionel LCA ser bagud i tid på hvad der er sket, mens konsekvens-LCA ser frem i tid på det som potentielt vil ske.

For allokering af miljøpåvirkninger mellem flere ansvarlige processer benyttes "cut-off"-metoden som sikrer at miljøpåvirkninger allokeres til den primære ansvarlige efter et "polluter pays"-princip. Ved at benytte dette princip, holdes de ansvarlige organisationer til regnskab for deres aftryk og skaber incitamentet til at nedbringe miljømæssige udledninger.

For monetære enheder, så som indkøb af materialer og services, er den multiregionale input-output (MRIO)-model EXIOBASE 3.8.2 for reference-år 2019 blevet brugt (Stadler, 2018). EXIOBASE dækker 49 regioner og hver region er inddelt i 169 industrier og 200 aktiviteter. EXIOBASE tager ligeledes et attributionelt perspektiv. Brug af MRIO-modeller tager derfor et top-down perspektiv hvor overordnede processer for industrier og aktiviteter, som udgangspunkt, bruges til at repræsentere Frederiksbergs forsynings aktiviteter som er udtrykt i monetære enheder. EXIOBASE bruger 2019 som referenceår. Der er derfor korrigeret for inflation mellem 2019 og 2021 øget inflation betyder at miljøpåvirkninger per krone brugt falder. Der er regnet med en inflationsændring på 2,3% baseret på inflationstal fra Danmarks Statistik (Danmarks Statistik, 2023).

2.2.3 Multi-funktionelle processer

Da der er tale om en miljø-"accounting" af Frederiksberg Forsynings bruges der som udgangspunkt et attributionelt perspektiv som har til formål at give et overblik over Frederiksberg Forsynings miljøaftryk for 2021.

For processer med flere funktioner benyttes derfor allokering af miljøpåvirkninger. "Cut-off"-metoden bruges som udgangspunkt til modellering af bortskaffelse via genanvendelse og nyttiggørelse. Det betyder f.eks. at brug af genanvendte produkter eller brug af f.eks. energi fra affaldsforbrænding regnes som miljømæssigt "gratis".

For andre multifunktionelle processer, som ikke modelleres direkte bruges ecoinvents prædefinerede metoder til allokering. F.eks. bliver fordelingen af miljøpåvirkning for kraftvarme-værker allokeret ud fra en vurdering af energiens kvalitet. Da el har en højere kvalitet (exergy) bliver en større andel af miljøpåvirkningen allokeret til el.

Denne fremgangsmåde benyttes som udgangspunkt i O-LCA'en da det sikrer en konsistent metodik, som er krævet ifølge ISO14040/44. En kombination af metoder til modellering af multifunktionelle processer er problematisk da der skabes en intern inkonsistens i LCA'en. Det kan resultere i at nogle processer medtages dobbelt eller overestimeres, men andre processer underestimeres eller slet ikke regnes med.

2.2.4 Modellering af faste assets

Påvirkning fra anlægsfasen for bygninger og ledningsnet, som er anlagt tidligere end 2021, er ikke medregnet i vurderingen. Derimod er påvirkninger ifm. vedligehold og anlæg af nye ledninger og bygninger i 2021 medtaget. Deres fulde miljøpåvirkning tilskrives 2021 for at kunne give en indikator af de samlede påvirkninger ifm. aktiviteter i 2021. Dette giver mulighed for at kunne monitorere udvikling over tid og følge, hvordan anlægsarbejde kan variere over tid. F.eks. blev der i 2021 konstrueret en ny vandværksbygning, som tydeligt kan ses af miljøregnskabet for 2021.

Andre assets er medtaget som del af LCI-processerne for at kunne give et fuldt billede af miljøpåvirkninger ifm. f.eks. transport eller spildevandsbehandling

hvor produktion af maskineri, materiel og anlæg har betydning for den samlede livscykluspåvirkning.

2.2.5 Undgået produktion

En del af den energi som genereres fra vind og sol bruges ikke af Frederiksberg Forsyning. I stedet sælges denne energi til det danske net. Den solgte vedvarende energi kan potentielt erstatte anden produktion af energi fra konventionelle kilder. Der er derfor udført et test-scenarie som viser den potentielle reduktion i miljøpåvirkninger hvis den vedvarende el erstatter el produceret som det danske el-mix (Afsnit 3.2.5). Det modellerede el-mix sammensætning kan findes i Appendiks A7.

2.3 Inklusion af processer ift. Scope 1, Scope 2, og Scope 3

ISO 14072 standarden for organisations-LCA opdeler aktiviteter i Scope 1, Scope 2, og Scope 3 (se Afsnit 2.1).

Scope 1 inkluderer alle direkte emissioner fra organisationen. Dette omfatter de aktiviteter som organisationen selv kontrollerer og kan fx være forbrug af fossile brændstoffer til egen produktion eller organisationens egne køretøjer.

Scope 2 inkluderer de indirekte emissioner og ressourcebrug fra elektricitet og varme der er brugt i forbindelse med organisationens aktiviteter. Emissionerne herfra sker under energiproduktionen med et givent 'grid mix' med procentdele af hhv. kul, gas, olie, biomasse og vedvarende energi.

Scope 3 inkluderer alle andre indirekte emissioner og ressourcebrug der kommer fra hele organisationens værdikæde, som de ikke kan kontrollere. Dette kunne fx være forarbejde produkter, som organisationen ikke selv foretager. På baggrund af emissioner og ressourcebrug fra Scope 1, Scope 2, og Scope 3 udregnes miljøpåvirkninger for forskellige miljøpåvirkningskategorier, her iblandt klima, biodiversitet, miljøforurenede stoffer, og vandforbrug.

2.3.1 Scope 1 og Scope 2

Emissioner og ressourcebrug relateret til Scope 1 og Scope 2 er medtaget i vurderingen. For Scope 1 er medtaget direkte emissioner fra aktiviteter og processer som er under Frederiksberg Forsynings ejerskab. Det gælder f.eks. direkte procesemissioner fra spildevandsbehandling hos BIOFOS, som Frederiksberg Forsyning er medejer af. Det gælder også emissioner ifm. lækage og udslip fra bygas distribution. For Scope 2 er emissioner ifm. indkøb af el og varme medtaget.

2.3.2 Scope 3

Miljøpåvirkninger relateret til Scope 3 (andre indirekte emissioner og ressourcebrug) aktiviteter er generelt søgt medtaget. Tabel 3 viser hvilke typer aktiviteter, som er medtaget, samt rationale for ikke-medtagne aktivitetstyper. Overordnet set har målet være at medtage så mange som muligt af Frederiksberg Forsynings aktiviteter relateret til Scope 3 for at skabe et omfattende billede af den samlede påvirkning. Samt for at kunne indikere hvor i livscyklus der er størst potentiale for reduktion af miljøpåvirkninger.

Tabel 3 Oversigt over dækning af Scope 3 emissioner. Beskrivelse af emissionstype samt eksempel baseret på Tabel C.1 i ISO 14069 og gengivet på engelsk som i standarden.

Type af emission/kategori	Eksempel	Medtaget eller rationale for eksklusion
Energy-related activities not included in direct emissions and energy indirect emissions	Extraction, production, and transport (leaks included) of fuels that are consumed by the organization (upstream emissions linked to categories 1 and 2)	Medtaget
Purchased products	Extraction and production of inputs (i.e. purchased or acquired goods, services, materials,) Outsourced activities, including contract manufacturing, data centres, outsourced services, etc. associated with direct (tier 1) suppliers. It includes upstream franchises (partial allocation of the franchisor's emissions to be reported by franchisee).	Medtaget
Capital equipment	Manufacturing/construction of capital equipment owned or controlled by the reporting organization	Medtaget for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter ifm. indkøbte produkter og services. Capital assets som f.eks. konstruktion af eksisterende bygninger og ledningsnet er ikke medtaget da fokus er på at vise påvirkninger ifm. aktiviteter i 2021
Waste generated from organizational activities	Disposal/treatment of waste generated in operations	Medtaget som del af drift via input-output database
Upstream transport and distribution	Transport and distribution of inputs (i.e. purchased or acquired goods, services, materials or fuels), including intermediate (inter-facility) transport and distribution, warehousing and storage, associated with direct suppliers	Medtaget som del af livscyklus inventory for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter
Business travel	Employee business travel	Medtaget
Upstream leased assets	Manufacturing/construction and operation of leased assets not included in lessees "direct emissions" (reported by lessee)	Medtaget som del af livscyklus inventory for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter
Investments	GHG emissions associated with investments, including fixed asset investments and equity investments not included in organizational boundaries	Ikke medtaget, medmindre investeringer har direkte relation til Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021
Client and visitor transport	Transport to and from the client/visitor location to the organization	Ikke medtaget da dette vurderes som uden for Frederiksberg Forsynings indflydelse
Downstream transport and distribution	Transport and distribution of sold products, including warehousing and retail	Ikke medtaget da Frederiksberg Forsyning ikke producerer varer som kræver transport.
Use stage of the product	Use of sold goods and services	Medtaget

Tabel 3 (fortsat) Oversigt over dækning af Scope 3 emissioner. Beskrivelse af emissionstype samt eksempel baseret på Tabel C.1 i ISO 14069 og gengivet på engelsk som i standarden.

Type af emission/kategori	Eksempel	Medtaget eller rationale for eksklusion
Energy-related activities not included in direct emissions and energy indirect emissions	Extraction, production, and transport (leaks included) of fuels that are consumed by the organization (upstream emissions linked to categories 1 and 2)	Medtaget
Purchased products	Extraction and production of inputs (i.e. purchased or acquired goods, services, materials,) Outsourced activities, including contract manufacturing, data centres, outsourced services, etc. associated with direct (tier 1) suppliers. It includes upstream franchises (partial allocation of the franchisor's emissions to be reported by franchisee).	Medtaget
Capital equipment	Manufacturing/construction of capital equipment owned or controlled by the reporting organization	Medtaget for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter ifm. indkøbte produkter og services. Capital assets som f.eks. konstruktion af eksisterende bygninger og ledningsnet er ikke medtaget da fokus er på at vise påvirkninger ifm. aktiviteter i 2021
Waste generated from organizational activities	Disposal/treatment of waste generated in operations	Medtaget som del af drift via input-output database
Upstream transport and distribution	Transport and distribution of inputs (i.e. purchased or acquired goods, services, materials or fuels), including intermediate (inter-facility) transport and distribution, warehousing and storage, associated with direct suppliers	Medtaget som del af livscyklus inventory for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter
Business travel	Employee business travel	Medtaget
Upstream leased assets	Manufacturing/construction and operation of leased assets not included in lessees "direct emissions" (reported by lessee)	Medtaget som del af livscyklus inventory for opstrøms- og nedstrømsaktiviteter
Investments	GHG emissions associated with investments, including fixed asset investments and equity investments not included in organizational boundaries	Ikke medtaget, medmindre investeringer har direkte relation til Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021
Client and visitor transport	Transport to and from the client/visitor location to the organization	Ikke medtaget da dette vurderes som uden for Frederiksberg Forsynings indflydelse
Downstream transport and distribution	Transport and distribution of sold products, including warehousing and retail	Ikke medtaget da Frederiksberg Forsyning ikke producerer varer som kræver transport.
Use stage of the product	Use of sold goods and services	Som udgangspunkt ikke medtaget. Scenarie med udledninger ifm. brug af bygas er medtaget.

Tabel 3 (fortsat) Oversigt over dækning af Scope 3 emissioner. Beskrivelse af emissionstype samt eksempel baseret på Tabel C.1 i ISO 14069 og gengivet på engelsk som i standarden.

Type af emission/kategori	Eksempel	Medtaget eller rationale for eksklusion
End of life of the product	Disposal of sold products at the end of their life	Ikke medtaget da der ikke sker bortskaffelse ifm. Frederiksberg Forsynings produkter og services
Downstream franchises	Emissions from all franchisees (to be reported by the franchisor).	Generelt ikke medtaget da endelig bortskaffelse af leasede varer ligger uden for Frederiksberg Forsynings indflydelse
Downstream leased assets	Downstream GHG Emissions of lessors assets	Generelt ikke medtaget da endelig bortskaffelse af leasede varer ligger uden for Frederiksberg Forsynings indflydelse
Employee commuting	Employees commuting to and from work	Ikke medtaget, da der ikke på nuværende tidspunkt ikke er lavet opgørelser for dette.
Other indirect emissions not included in the other 22 categories	If emissions are not covered by the 22 other categories, this extra category should be used. The organization should clearly describe what is taken into account in this category.	Der vurderes ikke at være yderligere vigtige emissioner eller ressourcebrug som skal medtages

2.4 Modellering af Livscyklus inventory (LCI)

Life-cycle inventory (LCI) er den overordnede systemmodel for Frederiksberg Forsyning. Systemmodellen består af en lang række enheds-processer, som samlet set er repræsentative for Frederiksberg Forsynings aktiviteter set over hele livscyklus. Hver enheds-proces indeholder en oversigt med inputs af ressourcer og outputs af emissioner til miljøet. Det samlede ressourceinput og emissionsoutput for alle enhedsprocesser viser det total brug af ressourcer og emissioner ifm. Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021. Det er denne liste over ressourcer og emissioner, som bruges til at beregne den samlede påvirkning på miljøet.

En fuld oversigt over LCI-modelleringen er angivet i Appendiks. Selve LCI-modellen er opbygget i OpenLCA 1.11. LCI-modellen er udviklet som en iterativ proces. En screening er lavet for at få en indikation af, hvilke områder i organisationen, som er ansvarlig for de største miljøpåvirkninger.

Ud fra screeningen er LCI-modellen blevet forbedret med mere repræsentativt og specifikt data for Frederiksberg Forsyning. Fokus har været på at forfine data for de mest betydningsfulde processer som bidrager mest til miljøpåvirkning. Da der er tale om en O-LCA, har det ikke været muligt at udvikle en LCI som er 100% repræsentativ for Frederiksberg Forsyning og det har været nødvendigt at anvende baggrundsdata fra ecoinvent og EXIOBASE for at dække "data gaps" og for at kunne give en rimelig repræsentation af komplekse tekniske processer, så som spildevandsbehandling og fjernkøling.

Detaljeret beskrivelse af LCI og modellerings- og datavalg er præsenteret i Appendiks, som giver en komplet beskrivelse af den udviklede LCI-model.

LCI-modellen er modulbaseret sådan at en fremtidig mere detaljeret proces-baseret LCA vil kunne kobles til den overordnede LCI-model for organisationen. Hvis der i fremtiden laves en komplet bottom-up proces-baseret LCA af f.eks. BIOFOS, så vil LCI-modellen kunne kobles til denne O-LCA for at give et endnu mere repræsentativt billede af Frederiksberg Forsynings samlede miljøpåvirkning.

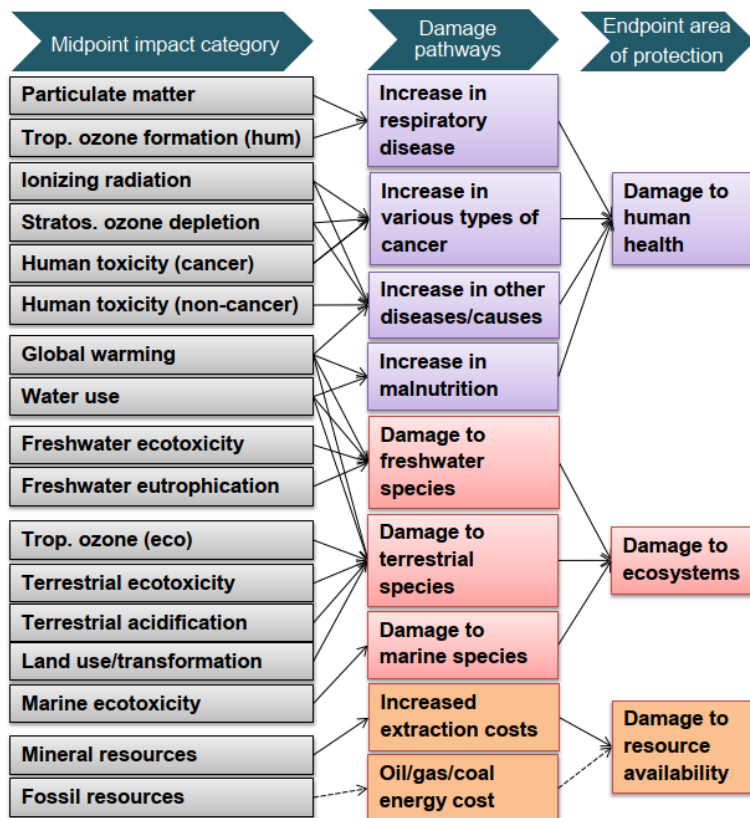
2.5 Life-cycle impact assessment (LCIA) udregning af miljøpåvirkninger

Efter alle aktiviteter og deres respektive inputs og outputs er kortlagt, benyttes en impact assessment-metode til at omsætte ressourcebrug og emissioner til miljøpåvirkninger.

Som metode til udregning af Life-cycle impact assessment (LCIA) benyttes ReCiPe 2016 (Huijbregts et al., 2017), som implementeret i OpenLCA 1.11.0. ReCiPe 2016 er en af de førende LCIA metoder ift. den videnskab og de modeller, som lægger til grund for omregningen af ressourcebrug og emissioner til miljøpåvirkninger. Emissioner og ressourcebrug som rapporteret i EXIOBASE er også inkluderet i ReCiPe 2016 LCIA-metoden.

I O-LCA'en regnes der både for såkaldte midpoint impact kategorier og endpoint impact kategorier. Et overblik over alle miljøpåvirkninger er vist i Figur 8. Midpoint impact kategorierne er fordelt på 17 forskellige kategorier, som påvirker mennesker, miljø og ressourcer. End-point kategorierne går skridtet videre og omregner alle midpoint kategorier til påvirkninger på mennesker, miljø og ressourcer, som er defineret som de 3 "Areas of Protection", som normalt søges beskyttet i en LCA. Endpoint resultater har til formål at gøre midpoint resultater mere konkrete og relevante for beslutningstager. Fordelen ved endpoint resultater er at vigtigheden af de enkelte emissioner og ressourcebrug kvantificeres og vigtighed af de enkelte impact kategorier imellem kan sammenlignes ift. deres påvirkning på mennesker, miljø, og ressourcer. Se Tabel 4 for mere beskrivelse af Endpoint-indikatorne og hvordan disse skal forstås og fortolkes.

Dermed kan Endpoint indikere vigtigheden af de forskellige midpoint kategorier. F.eks. vigtigheden af CO₂-emissioners påvirkning på miljøet ift. udledning af giftige kemikaliers påvirkning på miljøet. Det kan hjælpe ifm. beslutningstagning og til at rette fokus på de aktiviteter som samlet set påvirker mennesker, natur, og ressourcer mest.



Figur 8 oversigt over impact kategorier i ReCiPe 2016 og sammenhæng mellem midpoint impact kategorier og endpoint impact kategorier som dækker de 3 Areas of Protection.

ReCiPe 2016 medtager som udgangspunkt ikke biogen CO₂. Biogen CO₂ regnes derfor, som udgangspunkt, som CO₂-neutralt.

Der er dog tilføjet et alternativt scenarie hvor ReCiPe-metoden er blevet udvidet til også at inkludere biogent CO₂ fra f.eks. forbrænding af biomasse til varmeproduktion. Det er relevant at medtage CO₂ fra biogene kilder da denne også påvirker klimaet ligesom CO₂ fra fossile kilder gør. Forskellen mellem biogen og fossil CO₂ ligger i at den fossile CO₂ har været lagret i undergrunden i millioner af år. Derfor er den fossile CO₂ ikke del af det naturlige kulstofkredsløb. Når fossilt CO₂ udledes, så indgår det som en ekstra mængde CO₂ til det naturlige kulstofkredsløb og dermed f.eks. en stigning i atmosfærisk CO₂. Den biogene CO₂ lagres også i biomasse, men i meget kortere tid da dette afhænger af levetiden af det biogene materialer. Lagringen kan derfor variere fra under 1 år for nogle planter eller alger til et par tusind år for visse træsorter. Pga. den relativt korte lagringsperiode regnes biogent CO₂ oftest som værende CO₂-neutralt fordi det antages at den CO₂ der udledes ved forbrænding af f.eks. biomasse inden da er blevet optaget af biomassen ifm. med vækst. Man antager derfor at det samlede optag og udledning af biogent CO₂ går i nul. I praksis er det dog ikke så enkelt. Hvis vi fælder og brænder træer af som har stået flere hundrede år, så vil den udledte CO₂ først være helt optaget igen når nye træer har vokset sig lige så store som det fældede træ. Så hvis der på kort sigt fældes og afbrændes meget biomasse som udleder biogent CO₂, så vil det have en effekt på klimaet nu, som ikke kan opvejes af ny trævækst og optag i fremtiden. Med tanke på at de næste 10 år vurderes som særligt kritiske for klimaet ift. CO₂-udledning så er det vigtigt at indikerer udledninger og bidrag fra biogent CO₂ på den globale opvarmning så det ikke bliver overset eller glemt.

Tabel 4 Oversigt over End-point indikatorer og hvordan disse skal forstås og fortolkes

Indikator	Forståelse og fortolkning
<p>Menneskers helbred (en. Human health).</p> <p>Indikeret som tab af gode leveår. (en. Disability-adjusted life years (DALY)) [years]</p>	<p>For hver midpoint kategori som påvirker menneskers helbred udregnes der hvor meget dette svarer til i tab af gode leveår. Der bruges "gode" leveår ide mange påvirkninger ikke nødvendigvis fører til at personer dør for tidligt. Mange påvirkninger fører til forringelse af livskvalitet, som f.eks. vejtrækningsproblemer pga. partikelforurening eller kræft pga. eksponering overfor kræftfremkaldende kemikalier.</p>
<p>Økosystemers kvalitet (en. Ecosystem quality).</p> <p>Indikeret som tabet af arter [Species.year]</p>	<p>Indikatoren repræsenterer tabet af arter fra økosystemer eller områder som påvirkes negativt. Artstab kan skyldes at arter dør eller migrerer til andre områder. Der er derfor tale om reversible artstab. Indikatoren indikerer en aktivitets bidrag til artstab. Det kan være mindre end 1 da det ofte er kombinationen af pres fra flere aktiviteter som leder til artstab.</p> <p>Vurderingen af artstab er baseret på miljømodeller for de specifikke påvirkningskategorier. Artstabet beregnes for alle relevante miljøpåvirkning som resultat af ressourcebrug og emissioner over hele livscyklus. Mange miljøpåvirkninger sker først efter at udledningen eller emissionen finder sted. Indikatoren tager højde for dette ved at vise det samlede artstab der sker over tid som resultat af Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021.</p> <p>Indikatoren giver altså en indikation af det samlede artstab som Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021 står for set på tværs af livscyklus, miljøpåvirkninger og tid før effekten af påvirkninger mærkes. Fordi resultatet er så omfattende, er det også behæftet med stor usikkerhed. Det skal derfor ses som en indikation af påvirkningen på miljøet og egner sig bedst til sammenligning med andre aktiviteter, baselines, eller grænseværdier defineret ud fra indikatoren.</p>
<p>Ressourcer (en. Ressources).</p> <p>Indikeret som øget omkostninger til ressourceudvinding [US\$]</p>	<p>Når ressourcer udvindes, så stiger omkostninger ifm. yderligere udvinding af ressourcer. Det kan skyldes at nye ressourcer er svære at udvinde eller fordi den generelle lødighed af ressourcer falder. End-point indikatoren indikerer den forventede stigning i omkostninger til udvinding pga. det ressourceforbrug der forårsages af den vurderede aktivitet</p>

Der bruges ekstern normalisering til visning af resultater. Ved normalisering sættes resultater ift. et eksternt sæt af reference-værdier. I denne vurdering bruges en global gennemsnitspersons årlige miljøpåvirkning og de planetære grænser som referenceværdier, se mere om dette i hhv. Vi bruger de nyeste værdier for en global gennemsnitspersons årlige miljøpåvirkning med 2010 som referenceår (RIVM, 2017). Normaliseringsreferencerne er vist i Tabel 5.

Tabel 5 Normaliseringsreference brugt i LCA'en. Normaliseringsreference indikerer en global gennemsnitspersons årlige miljøpåvirkning for referenceåret 2010

Impact kategori	Enhed	Normaliseringsreference
Partikelforening	kg PM _{2.5} eq	25,6
Brug af fossile ressourcer	kg oil eq	983,3
Økotoksicitet i ferskvand	kg 1,4-DCB	25,2
Eutrofiering af ferskvand	kg P eq	0,65
Global opvarmning	kg CO ₂ -eq	7990,4
Global opvarmning inkl. Biogent CO ₂	kg CO ₂ -eq	7990,4
Toksicitet for mennesker, kræftfremkaldende	kg 1,4-DCB	10,3
Toksicitet for mennesker, ikke kræftfremkaldende	kg 1,4-DCB	31251,8
Ioniserende stråling	kBq Co-60 eq	479,9
Brug af land	m ² a crop eq	6167,5
Økotoksicitet i havmiljøet	kg 1,4-DCB	43,4
Eutrofiering af havmiljøet	kg N eq	4,6
Brug af mineralske ressourcer	tons Cu eq	120,1
Troposfærisk ozon-dannelse, menneskers helbred	kg NO _x eq	20,6
Troposfærisk ozon-dannelse, terrestriske økosystemer	kg NO _x eq	17,7
Stratosfærisk ozon-nedbrydning	kg CFC11 eq	0,06
Terrestrisk forurening	kg SO ₂ eq	41,0
Økotoksicitet på land	kg 1,4-DCB	15200,3
Vandforbrug	m ³	266,6

I rapporten og i resultaterne er der særligt fokus på de fire planetære grænser, klimaændringer, miljøforurenende stoffer, vandforbrug, samt biodiversitet da disse er udvalgt som særligt vigtige af Frederiksberg Forsyning. Der er derfor også lavet en normalisering af resultater ift. de fire planetære grænser. Normaliseringsreferencer baseret på de planetære grænser er vist i Tabel 6.

Tabel 6 Grænseværdier baseret på planetære grænser for de fire planetære grænser, klimaændringer, miljøforurenende stoffer, vandforbrug, biodiversitet som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på

Planetær grænse	Grænse og enhed	Beskrivelse
Klima-ændringer	3,61 Gt CO ₂ -eq per år	Baseret på planetære grænse for klima på 1 W/m ² . LCA-baseret grænseværdi er estimeret af Bjørn & Hauschild (2015).
Biodiversitet	195.000 species.yr per år	Baseret på grænse om maksimalt biodiversitets tab på 10%. Grænseværdi er estimeret af Doka (2016).
Miljøforurenende stoffer	195.000 species.yr per år	Problemet med miljøforurenende stoffer er primært påvirkning på biodiversitet. Vi bruger en grænse som defineret af Bjørn & Hauschild (2015) og brugt af EUs Joint Research Centre (Sala et al., 2020). Vi benytter grænsen da en mere målbar grænse for miljøforurenende stoffer mangler (Persson et al., 2022).
Vandforbrug	2119 km ³ per år	Baseret på planetære grænse for brug af vand. LCA-baseret grænseværdi er estimeret af Bjørn & Hauschild (2015).

3. Resultater

Resultaterne er opdelt i hhv. midpoint resultater (Afsnit 3.1) og endpoint-resultater (Afsnit 3.2). Derudover er der i resultaterne indikeret hvilket forretningsområde for Frederiksberg Forsyning, som disse relaterer til. På den måde kan der sættes yderligere fokus på særligt vigtige aktiviteter inden for disse forretningsområder.

3.1 Midpoint resultater

For midpoint-resultater vises resultater både i deres karakteriserede form samt i normaliseret form.

Karakteriserede resultater betyder at resultaterne vises med hver deres fysiske enhed som er relevant for den givne påvirkningstype. For eksempel, vises global opvarmning i kg CO₂-ækvivalenter, og påvirkninger fra eutrofiering af ferskvand vises som fosfor (P)-ækvivalenter fordi fosfor generelt er den største bidrager til eutrofiering af ferskvandssystemer.

De karakteriserede resultater af forskellige påvirkningskategorier kan ikke sammenlignes med hinanden eller kombineres. Det giver f.eks. ikke mening at sammenligne kg CO₂-eq og kg P-eq fordi det er vidt forskellige ting de to enheder viser.

Derfor laver man ofte en normalisering af resultater ved at relatere de karakteriserede resultater til et sæt fælles referenceværdier. Det gøres oftest ved at relatere dem til en gennemsnitspersons årlige miljøpåvirkning i et givent år. Ved at normalisere resultaterne bliver alle enheder omregnet til samme enhed kaldet en person-ækvivalent (person×år). De normaliserede resultater kan nu nemmere sammenlignes på tværs. Det er muligt at vurdere hvilke miljøpåvirkninger Frederiksberg Forsyning bidrager særligt meget til ift. hvad en gennemsnitsperson alligevel påvirker miljøet med. Så man kan se hvilke påvirkninger fra Frederiksberg Forsyning, som er relativt store og hvilke der er relativt små.

3.1.1 Midpoint resultater - Karakteriserede

Tabel 7 viser de karakteriserede resultater for Frederiksberg Forsynings miljøpåvirkninger i 2021.

Tabel 7 Karakteriserede resultater for Frederiksberg Forsyning vist for midpoint påvirkningskategorier

Påvirkningskategorier	Enhed	Karakteriseret resultat
Partikelforurening	tons PM _{2.5} eq	208,1
Brug af fossile ressourcer	1000 tons oil eq	14,2
Økotoksicitet i ferskvand	1000 tons 1,4-DCB	2,4
Eutrofiering af ferskvand	tons P eq	15,5
Global opvarmning	1000 tons CO ₂ eq	56,4
Toksicitet for mennesker, kræftfremkaldende	1000 tons 1,4-DCB	4,2
Toksicitet for mennesker, ikke kræftfremkaldende	1000 tons 1,4-DCB	82,7
Ioniserende stråling	GBq Co-60 eq	7,6
Brug af land	km ² a crop eq	31,5
Økotoksicitet i havmiljøet	1000 tons 1,4-DCB	3,3
Eutrofiering af havmiljøet	tons N eq	1,8
Brug af mineralske ressourcer	tons Cu eq	129,4
Troposfærisk ozon-dannelse, menneskers helbred	tons NO _x eq	269,8
Troposfærisk ozon-dannelse, terrestriske økosystemer	tons NO _x eq	274,7
Stratosfærisk ozon-nedbrydning	kg CFC11 eq	91,0
Terrestrisk forsurening	tons SO ₂ eq	238,1
Økotoksicitet på land	1000 tons 1,4-DCB	409,0
Vandforbrug	1000 m ³	5593,8

For global opvarmning er resultater desuden blevet opdelt på Scope 1, 2, og 3 (se Tabel 8). Her ses at Scope 3 emissioner udgør langt størstedelen af emissioner for Frederiksberg Forsyning. Det skyldes primært indkøb af fjernvarme som videresendes til borgerne. Emissioner relateret til direkte emissioner samt indkøb af energi, som Frederiksberg Forsyning i højere grad selv har indflydelse på udgør ca. 19,3% af de samlede udledninger. Det stammer fra elforbrug samt fra tab af bygas via lækage og læk og emissioner fra spildevandsrensning.

Tabel 8 Fordeling af udledning af CO₂-eq på Scope 1, Scope og Scope 3, samt potentielt undgået CO₂-eq udledninger

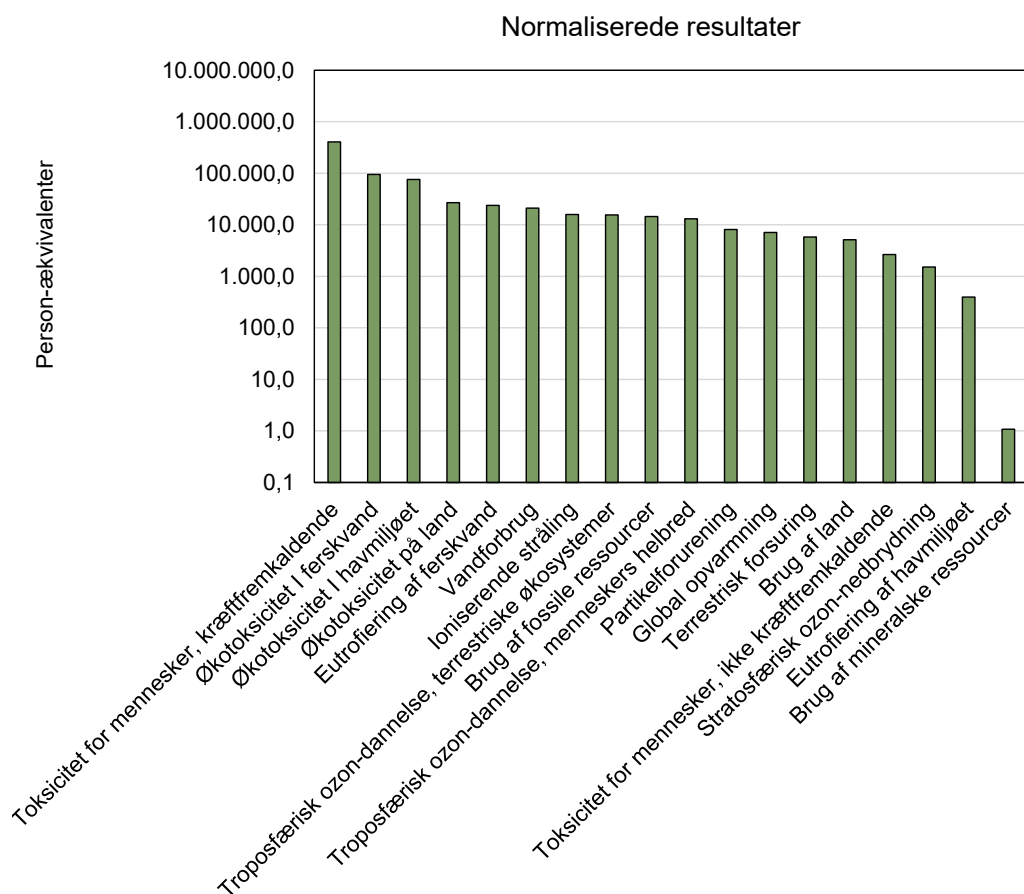
Scope	1000 tons CO ₂ -eq	% fordeling
Scope 1	4,0	7,2%
Scope 2	6,8	12,1%
Scope 3	45,6	80,7%

3.1.2 Midpoint resultater - Normaliserede

Figur 9 viser de normaliserede resultater som person-ækvivalenter. Der er en række forhold ved normaliserede resultater det er vigtigt at være opmærksom på ifm. fortolkning af resultater.

Resultater, som omhandler toksicitet er ofte overestimerede fordi grundlaget for en gennemsnitspersons årlig påvirkning fra udledning af kemikalier er mangelfuld og ikke godt monitoreret som f.eks. udledning af drivhusgasser. Derfor ses det også at de normaliserede påvirkningskategorier for "Økotoksicitet i havmiljøet", "Økotoksicitet i ferskvand" og "Toksicitet for mennesker, kræftfremkaldende" har den største normaliserede miljøpåvirkning (Figur 9).

Hvis vi ser udover de påvirkningskategorier, som handler om toksicitet via miljøforurenende stoffer så er det især ferskvandseutrofiering, vandforbrug, brug af fossile ressourcer, og luftforurening via troposfærisk ozondannelse, som alle har normaliserede resultater over 10.000 set ift. en global gennemsnitspersons miljøpåvirkning i 2010. Det vil derfor være relevant for Frederiksberg Forsyning at fokusere på reduktion af disse. Yderligere detaljer om hvor påvirkninger stammer fra er givet i Afsnit 3.4.

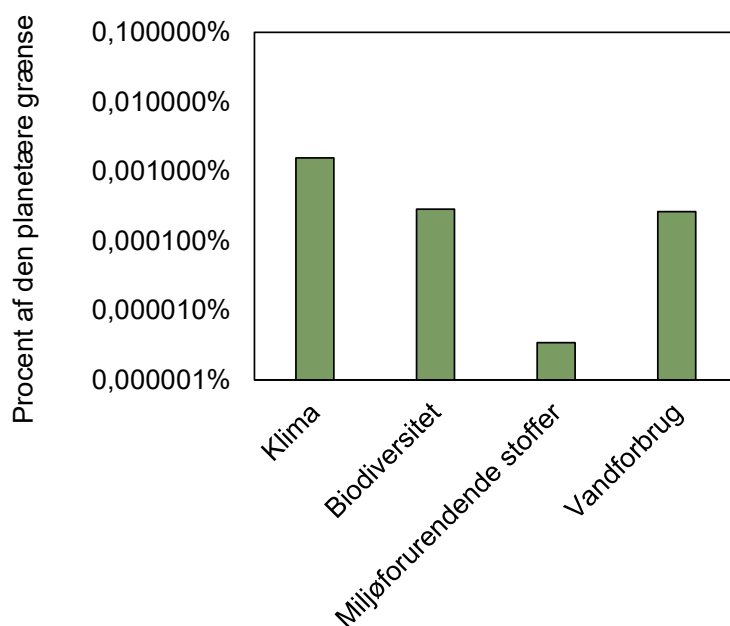


Figur 9 Normaliserede resultater for Frederiksberg Forsyning. Resultater er sat ift. en global gennemsnitspersons påvirkninger i 2010. Resultater er sorteret efter normaliseret resultat. Figuren er vist med logaritmiske skala.

Resultaterne for Frederiksberg Forsyning for de fire fokusområder klima, biodiversitet, miljøforurenende stoffer, og vand er desuden blevet normaliseret ift. planetære grænser, som indikerer den totale påvirkning som planeten kan modstå uden at det har potentielt katastrofale konsekvenser for planetens tilstand og stabilitet (Figur 10).

Set i forhold til de fire planetære grænser, så er Frederiksberg Forsynings påvirkning på klima den mest problematiske (Figur 10). Dette skyldes særligt CO₂-udledninger ifm. fjernvarmeproduktion og udledninger som sker opstrøms under produktion af brændsler til fjernvarme. Påvirkning på biodiversitet er mindre end klimapåvirkningen. De er dog fortsat relativt tæt og det anbefales derfor have fokus på begge grænser så det undgås at en grænse får mere fokus på bekostning af den anden. For biodiversitet ses det også at fjernvarmeproduktion er den klart største bidrager til påvirkning. Potentielle forbedringer i fjernvarmeproduktion bør derfor have fokus på at skabe både klima- og biodiversitetsforbedringer.

Vandforbrug er i samme størrelsesorden som biodiversitet og skyldes især indvinding og forsyning af vand til Frederiksbergs borgere. Påvirkninger på miljøforurenende stoffer har mindst påvirkning ift. den planetære grænse. I et planetært perspektiv bør den derfor have mindre fokus. Det er dog stadig vigtigt at indtænke evt. udledninger af kemikalier da de kan have store effekt på lokale økosystemer.



Figur 10 Resultater for Frederiksberg Forsyning for de fire planetære grænser som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på. Resultater er normaliseret ift. den globale grænse for hver grænse. Figuren er vist med logaritmiske skala.

3.2 Endpoint resultater

Endpoint resultater har til formål at gøre midpoint resultater mere konkrete og relevante for beslutningstager idet påvirkninger udtrykkes direkte med indikatorerne som repræsenterer de tre "areas of protection" som normalt søges beskyttet i en LCA.

- Menneskers helbred (Human health), udtrykt ved enheden DALY (disability-adjusted life years). DALY indikerer hvor mange gode leveår der går tabt pga. de vurderede aktiviteter. Gode tabte leveår kan være pga. for tidlig død. Men kan også være på grund af sygdom eller andre påvirkninger som reducerer livskvaliteten.
- Miljøets tilstand (Ecosystem quality), udtrykt i enheden species.year. Species.year indikerer det potentielt samlede antal af reversible artstab der sker pga. de vurderede aktiviteter. Indikatoren er et udtryk for den samlede påvirkning på naturen som Frederiksberg Forsyning står for set over hele livscyklus og på tværs af alle miljøpåvirkningskategorier
- Øgede ressourceomkostninger (Resources) udtrykt ved enheden US \$. Enheden indikerer potentielt øgede omkostninger af fremtidig udvinding og brug af ressourcer pga. den vurderede aktivitets ressourcetræk.

Fordelen ved Endpoint resultater er at vigtigheden af de enkelte emissioner og ressourcebrug kvantificeres og vigtighed af de enkelte påvirkningskategorier imellem kan sammenlignes ift. deres påvirkning på mennesker, miljø, og ressourcer. Fordi indikatorerne er så omfattende (på tværs af livscyklus, områder, og miljøpåvirkninger) skal de behandles og fortolkes som indikationer på hvor der kan være problemer i livscyklus og hvilke miljøpåvirkninger der især bidrager til problemer. Tab af f.eks. 217,4 gode leveår kan skyldes udledning af partikler, giftige kemikalier, klimapåvirkende drivhusgasser, osv. Hver påvirkning påvirker mennesker negativt og nogle miljøpåvirkninger som f.eks. klima påvirker alle mennesker på Jorden, mens påvirkninger fra kemikalieudledning kan have meget lokal effekt på mennesker. De 217,4 år er derfor et udtryk for det samlede antal leve-år som bliver forringet pga. af miljøpåvirkninger skabt som resultat af Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021. Yderligere forklaring og oversigt over endpoint indikatorer og hvordan de skal forstås og fortolkes, ses i Tabel 4. De samlede påvirkninger fra Frederiksberg Forsyning i 2021 på de tre Areas of Protection er vist i Tabel 9.

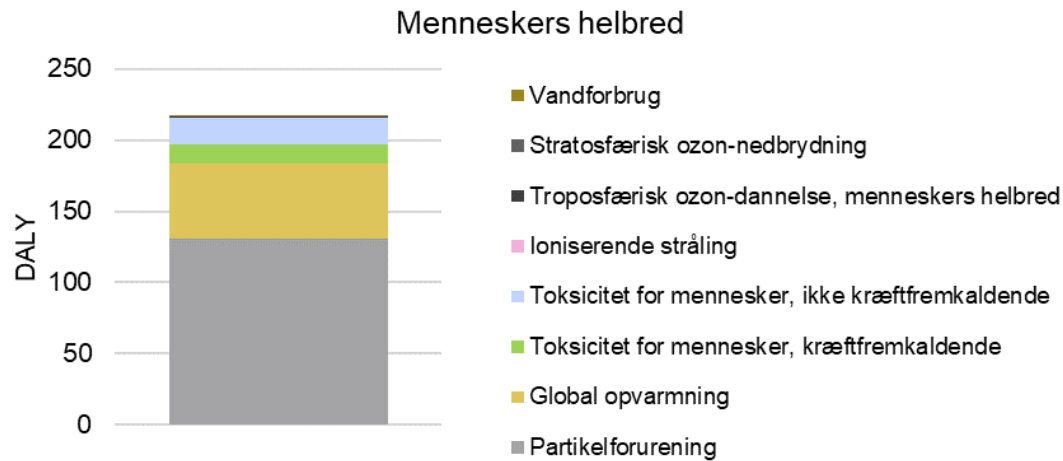
Tabel 9 Samlede endpoint resultater for Frederiksberg Forsyning for de 3 Areas of Protection.

Menneskers helbred [DALY]	Økosystemers kvalitet (biodiversitet) [Species.year]	Ressourcer [Millioner US\$]
217,8	0,56	4,36

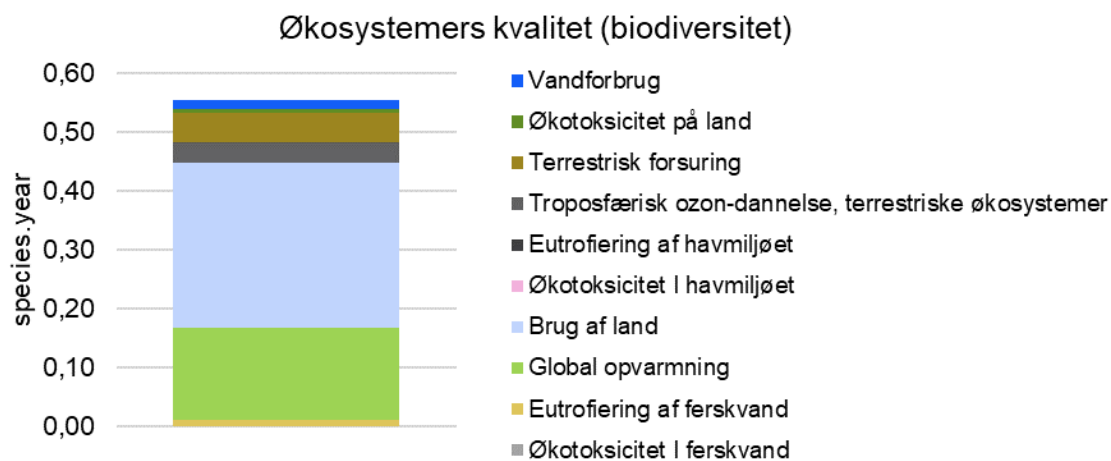
I nedenstående figurer er påvirkningen splittet op så det er muligt at se bidraget fra de enkelte Midpoint påvirkningskategorier. Figur 11 viser at partikelforurening står for den største påvirkning på menneskers helbred (60% af totale påvirkning) efterfulgt af påvirkning på klimaet (24%). Dernæst kommer påvirkning fra kemikalier, som står for 9% og 6% for hhv. ikke-kræftfremkaldende stoffer og kræftfremkaldende stoffer.

For miljøet tilstand og tab af arter er brug af landarealer den største bidrager med 50% af den samlede påvirkning (Figur 12). Det er efterfulgt af påvirkninger på klimaet (28%) og udledning af stoffer som skaber forurening af økosystemer på land (terrestrisk; 9%) og danner troposfærisk ozon (6%).

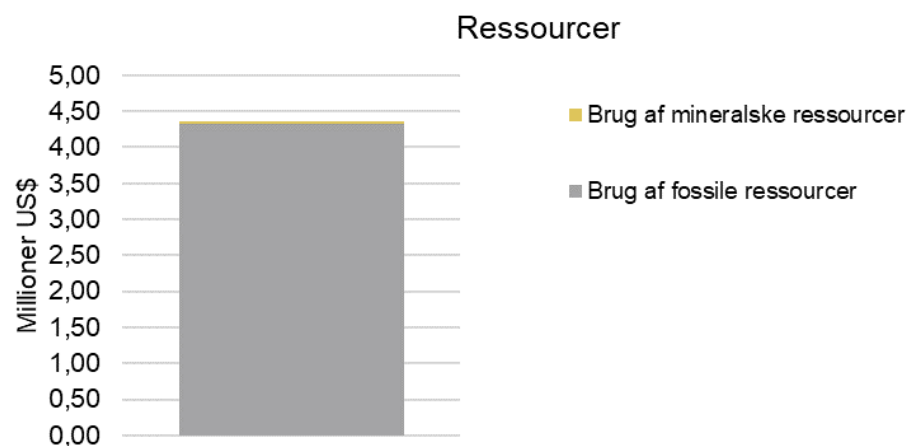
For ressourcer er brugen af fossile ressourcer langt den vigtigste og står for 99% af den samlede påvirkning (Figur 13).



Figur 11 Påvirkninger på menneskers helbred og bidrag fra midpoint påvirkningskategorierne



Figur 12 Påvirkninger på økosystemers kvalitet og bidrag fra midpoint påvirkningskategorierne



Figur 13 Påvirkninger på ressource-omkostninger og bidrag fra midpoint påvirkningskategorierne

3.3 "Weak-spot"-analyse

I dette afsnit dykkes der yderligere ned i resultaterne og hvilke aktiviteter og processer der bidrager mest til påvirkningerne.

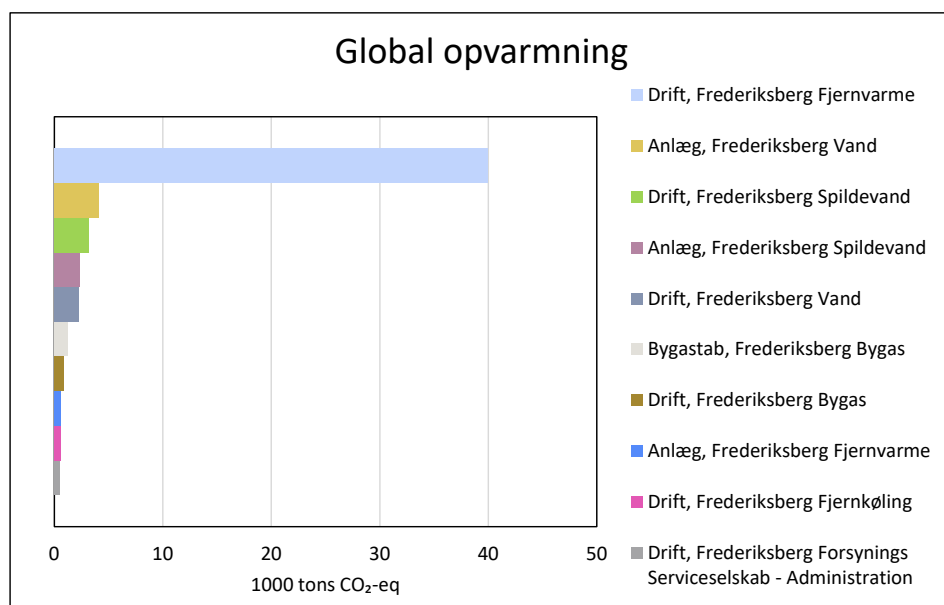
Der sættes her fokus på klima, miljøforurenede stoffer, vandforbrug, samt biodiversitet som Frederiksberg Forsyning har særligt fokus på. For klima viser vi resultater med og uden biogent CO₂. For miljøforurenede stoffer gruppere vi alle impact kategorier som relaterer til økotoksicitet og viser deres samlede påvirkning i enheden species.year.

For biodiversitet viser vi de processer der samlet set påvirker biodiversitet mest. Der laves også en underopdelt version hvor der fokuseres på brug af landarealer da denne midpoint påvirkningskategori står for 50% af den samlede påvirkning på biodiversitet. Resultaterne af weak-spot-analysen er opdelt sådan at de 10 mest påvirkende aktiviteter er vist. Ydermere vil forkortelserne fra Afsnit 2.1 blive anvendt i figurene.

3.3.1 Global opvarmning

Ud fra midpoint resultater for alle påvirkningskategorier, ses det at global opvarmning (klimapåvirkning) fra alle Frederiksberg Forsynings aktiviteter for året 2021 udleder 56,4 tusind tons CO₂-eq. Fordelingen af klimapåvirkningen og de aktiviteter, der bidrager mest til CO₂-udledningen, er vist i Figur 14.

Her viser resultaterne klart at det er aktiviteter forbundet med fjernvarme distribution (FJV) der påvirker klimaet ved udledning af CO₂-eq. Ligeledes ses det at anlægs-aktiviteter, primært for vandforsyning (FKV), samt vandaflødning og spildevandsbehandling (FKK), bidrager til den samlede klimapåvirkning. For vandforsyning drejer det sig primært om konstruktion af ny vandværksbygning i 2021. Udledninger fra spild og lækage af bygas ses også at have en stor betydning da denne kilde står for godt 2,2% af den samlede klimapåvirkning.

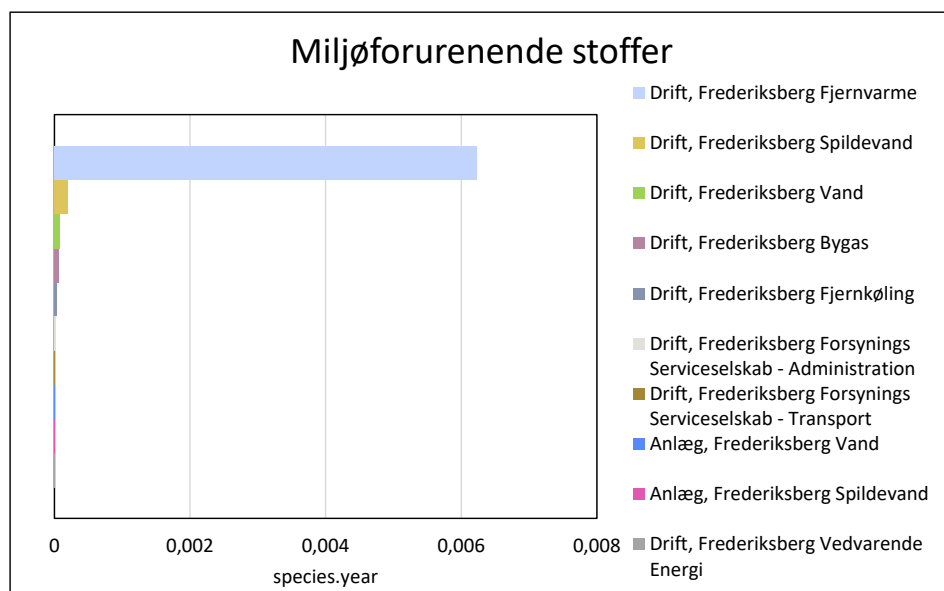


Figur 14 Frederiksberg Forsynings samlede klimapåvirkning for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.3.2 Miljøforurenende stoffer

Miljøforurenende stoffer dækker over udledning af kemikalier som er giftige for de økosystemer som eksponeres overfor kemikalierne. Kemikalier har forskellige levetider i miljøet og nogle kemikalier kan transporteres i miljøet gennem vand eller luft. Derfor kan kemikalieudledninger påvirke andre økosystemer end netop dem de udledes direkte til. Samlet set står miljøforurenende stoffer dog for en mindre del af Frederiksberg Forsynings påvirkning på miljøet. Det ses af Figur 12, hvor påvirkninger fra miljøforurenende stoffer står for ca. 1,2% af den samlede påvirkning på økosystemer (biodiversitet).

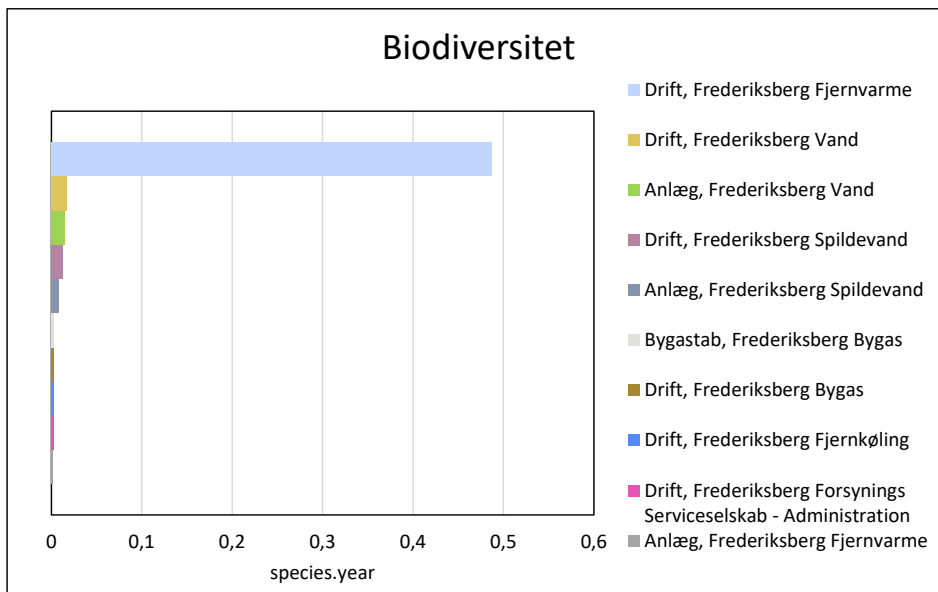
De mest problematiske aktiviteter er fjernvarmeproduktion pga. udledning af giftige stoffer ifm. afbrænding. Derudover ses det at potentielt erstattet el pga. elproduktion fra vind har en positiv effekt på miljøet. Det skal dog nævnes at den relative påvirkning fra udledning af miljøforurenende stoffer fra de enkelte aktiviteter og for Frederiksberg Forsyning generet, er relativt lav. Det er også afspejlet i den lave påvirkning ift. den planetære grænse hvor det er andre påvirkningskategorier, som brug af land, brug af vand, og udledning af drivhusgasser, som påvirker miljøet mest.



Figur 15 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning fra udledning af miljøforurenende stoffer for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.3.3 Biodiversitet

Fjernvarme produktion står for den klart største påvirkning på biodiversitet (Figur 16). Det skyldes primært brug af land til biomasse-produktion. Det fremgår også af Figur 12 at påvirkninger fra arealanvendelse bidrager mest til påvirkning af økosystemer og tab af biodiversitet. Dette er i tråd med globale tendenser hvor brug af land ses at være den største driver for tab af biodiversitet (Jaureguiberry et al., 2022). Derudover, ses det at udvinding af vand ifm. vandforsyning også har en betydning for miljøet. I følgende afsnit dykkes der mere ned i påvirkninger fra netop brug af land og brug af vand. Anlægsarbejdet ifm. vandforsyning har også en betydning. Det skyldes især byggeriet af ny vandværksbygning.

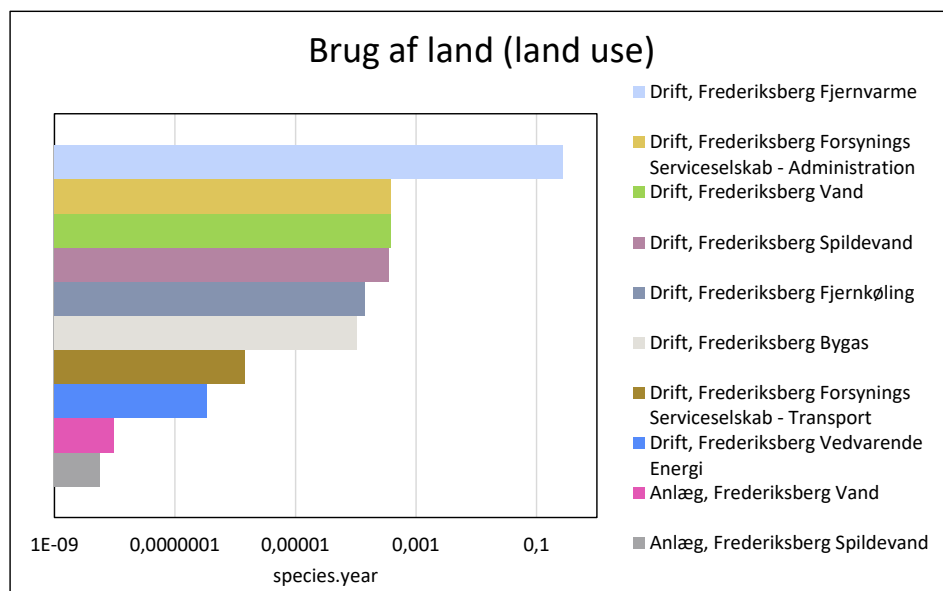


Figur 16 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning på biodiversitet for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.3.3.1 Arealanvendelse (Land use)

Fjernvarmeproduktion står for 99,5% af de totale påvirkninger fra brug af land (Figur 17)¹. Det skydes, som tidligere nævnt især brug af landareal, til varmeproduktion fra træflis og træpiller. Biomasse er en vigtig del af varmeforsyning og kan også på længere sigt være nødvendig pga. fremtidig opfangning og lagring af den biogene CO₂, som udledes. Det kan derfor være svært og uhensigtsmæssigt at reducere brugen af biomasse. Også fordi alternativet kan være fossile brændsler. Fokus bør dog være på at biomasse så vidt muligt stammer fra spildprodukter fra anden produktion, eller det sikres at den biomasse der bruges, kommer fra "bæredygtig skovbro", som har så lav en påvirkning på natur og biodiversitet som muligt.

Fjernvarme baseres i høj grad på biomasse som træpiller og træflis, som stammer fra afskær, bark og lignende i forbindelse med tømmerproduktion. Biomassen kan derfor karakteriseres som et bi-produkt af hovedproduktionen af tømmer. Ifølge nogle metoder regnes brug af affald som miljømæssigt gratis. Men bi-produktet, som ikke bruges til tømmer, efterspørges til bl.a. træpille- og træflisproduktion som brændsel til energiproduktion og har en klar økonomisk værdi. Derfor kan bi-produktet ikke opfattes som et affald, men i stedet som et produkt der produceres i forbindelse med produktionen af et andet produkt. I denne vurdering allokeres den samlede miljøpåvirkning i forbindelse med produktion af træ derfor mellem hovedproduktet samt dets bi-produkter. Her benyttes på baggrund af ecoinvent data en økonomisk allokering, således at den største del af miljøpåvirkningen tilskrives træet til tømmer, mens en mindre del af påvirkningen tilskrives produktionen af råmaterialer til træpilleproduktion. Det betyder derfor også at afbrænding af biomasse har en miljøpåvirkning på grund af opstrøms produktion af biomassen. Påvirkningen ved brug af biomasse produceret fra bi-produkter er dog stadig langt mindre end påvirkningen ville være hvis den benyttede biomasse udelukkende var produceret med det formål at blive brugt til energiproduktion.



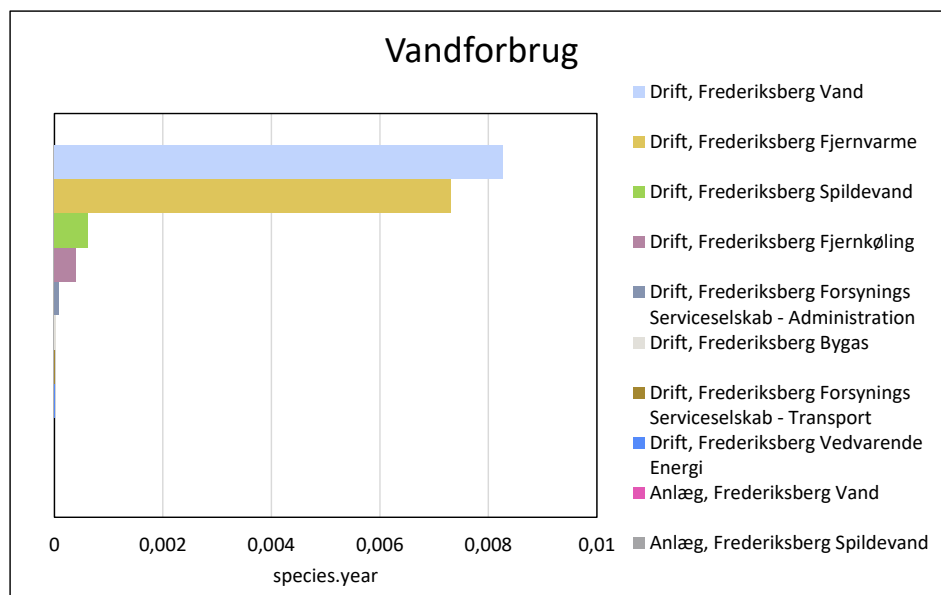
Figur 17 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning fra areal-anvendelse for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter. Figuren er vist med logaritmiske skala.

¹ Bemærk den logaritmiske skala. Den visuelle opfattelse afspejler ikke fordelingen mellem Frederiksberg Forsynings forretningsområder

3.3.3.2 Vandforbrug

For vandforbrug domineres påvirkning på økosystemer af vandindvinding til vandforsyning (ca. 50% af påvirkninger) og fjernvarmeproduktion står for ca. 44% af påvirkningerne (Figur 18). For fjernvarmeproduktion skyldes påvirkningen især energiforbrug og brug af vandkraft under produktionen af brændsler.

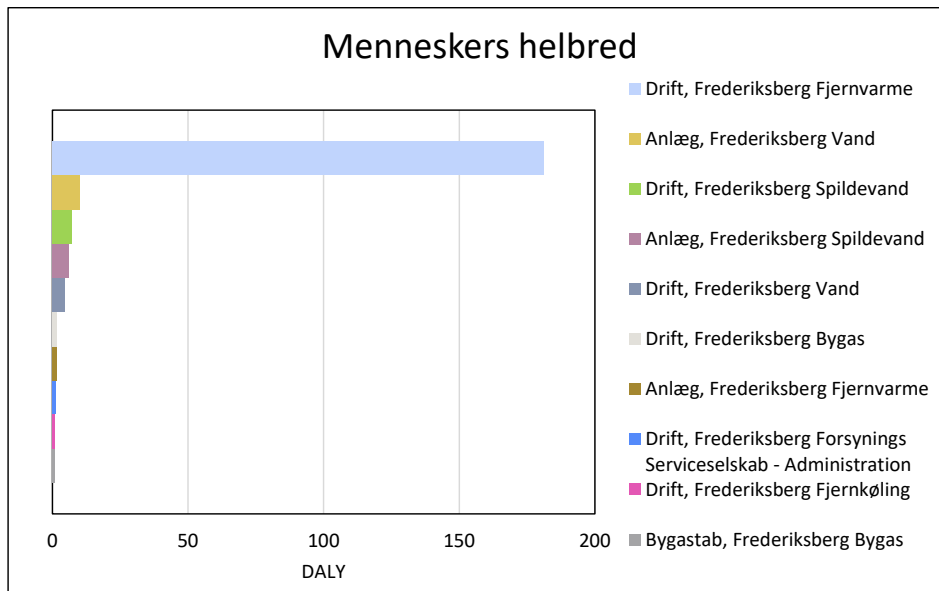
Det skal noteres at selvom Frederiksberg Forsyning indvinder betydeligt mere vand til vandforsyning end hvad der bruges opstrøms og nedstrøms i forsyningskæden. Årsagen til at vandindvinding til vandforsyning derfor "kun" står for ca. 50% skyldes at påvirkning fra vandindvinding er relativt lille per kubikmeter vand brugt set i forhold til de påvirkninger, der sker ved vandforbrug andre steder i forsyningskæden.



Figur 18 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning fra brug af vand for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.3.4 Menneskers helbred

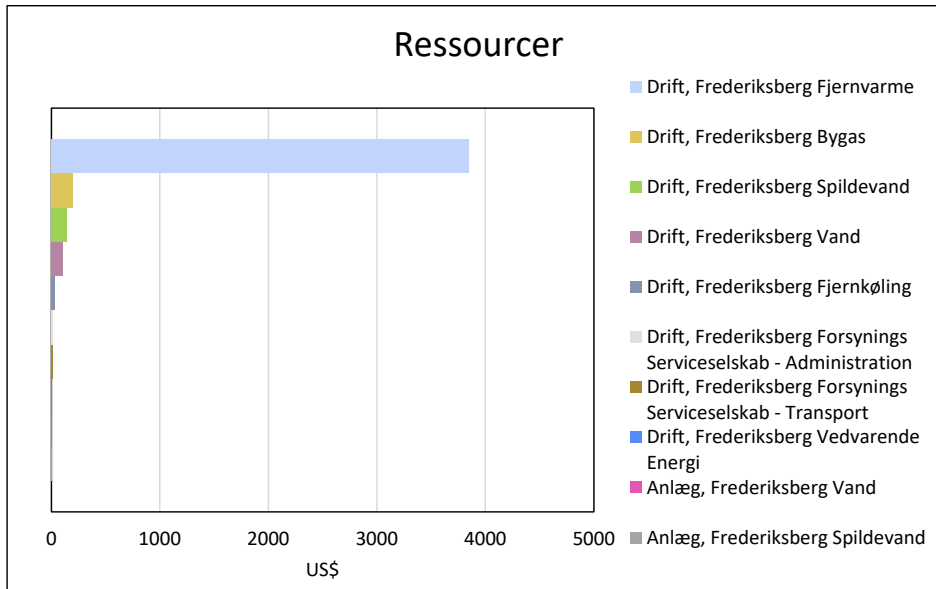
For menneskers helbred ses fjernvarmeproduktion igen at dominere (ca. 83% af samlede påvirkninger) (Figur 19). Det skyldes primært udledning af NO_x, SO_x, og fine partikler fra forbrænding af brændsler, som kan have f.eks. respiratoriske effekter på mennesker. En videre analyse af de specifikke emissioner og en vurdering af muligheder for reduktion af disse er relevant.



Figur 19 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning på menneskers helbred for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.3.5 Ressourcer

For ressourcer, så skyldes påvirkningen primært udvinding af fossile ressourcer. Fjernvarme produktion er den største bidrager (Figur 20), men en analyse af livscyklus viser at udvindingen af de fossile ressourcer sker langt opstrøms i værdikæden. Det vurderes derfor ikke at Frederiksberg Forsyning har særlig mulighed for at yde indflydelse på denne påvirkning.



Figur 20 Frederiksberg Forsynings samlede påvirkning på øgede ressourceomkostninger for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.4 Fokuspunkter Forretningsområder

Den foregående analyse har taget udgangspunkt i hele Frederiksberg Forsyning som organisation. I dette afsnit vil relevante fokuspunkter indenfor hvert forretningsområde blive vist. Det er vigtigt at understrege at fokuspunkterne er set som en hjælp til at beslutningstagere inden for et givent forretningsområde, som dermed har konkrete problemstillinger at arbejde med. I dette afsnit er fokus lagt på global opvarmning og biodiversitet. Der er dog lagt fokus på hvilke miljøaspekter, der særligt påvirker biodiversitet, som f.eks. brug af land, udledning af drivhusgasser eller udledning af giftige kemikalier.

- Generel drift og administration af Frederiksberg Forsyning (FF)
 - Klima: Særligt fokus på transport og minimering af brug af benzin og diesel til transport som har en relativ stor påvirkning på klimaet. Derudover fokus på indirekte emissioner fra indkøb af produkter og services ifm. drift. Desuden fokus på opvarmning af bygninger. Det kan enten være ved brug af alternative produktionsformer eller via reduktion af det samlede energiforbrug til opvarmning.
 - Biodiversitet: For påvirkning af biodiversitet er det især udledning af drivhusgasser som bidrager for dette forretningsområde. Det anbefales derfor at lægge fokus på samme punkter som nævnt under klima
- Frederiksberg Bygas (FKG)
 - Klima: Især fokus på reduktion af tab af bygas under distribution. En mulighed er øget brug af biogas frem for naturgas. Også fokus på produktion af gas og at denne produceres så klimavenligt som muligt.
 - Biodiversitet: For påvirkning af biodiversitet er det især udledning af drivhusgasser, som bidrager for dette forretningsområde. Det anbefales derfor at lægge fokus på samme punkter som nævnt under klima
- Frederiksberg Fjernkøling (FKØ)
 - Klima: Fokus på energiforbrug til drift og reduktion af forbruget. Frederiksberg Forsyning har aftale om indkøb af vindstrøm. Den CO₂-udledning som potential kan tilskrives Frederiksberg Forsyning er derfor relativt lav set i forhold til f.eks. det danske el-miks' CO₂-udledning. En reduktion af Frederiksberg Forsynings energiforbrug kan frigive mere vindstrømskapacitet til markedet, som kan bruges af andre og dermed bidrage til udfasning af fossil-baseret elproduktion.
 - Biodiversitet: For biodiversitet er de største påvirkninger ifm. anlæg af kølecentral. Da denne ikke skal anlægges igen, er største fremtidige bidrag til global opvarmning fra energiforbruget som bør søges reduceret.
- Frederiksberg Fjernvarme (FJV)
 - Klima: Fokus på fjernvarmeproduktion og at denne gøres så fossilfri som muligt. Også fokus på udledning af biogen CO₂ fra afbrænding af fossile brændsler.
 - Biodiversitet: Brug af land til produktion af især biobrændsler er det største problem. Efterfulgt af påvirkning fra udledning af drivhusgasser og forsurende stoffer fra forbrænding af brændsler, som bidrager til hhv. global opvarmning og forsurening af økosystemer.
- Frederiksberg Vandforsyning (FKV)
 - Klima: Byggeriet af ny vandværksbygning er den største bidrager til klimapåvirkning. Derudover betyder produktion af kulfiltre til vandforsyning også meget. Indkøb af mere klimavenlige aktiv kulfiltre eller brug af alternativ mere klimavenlig teknologi kan undersøges.
 - Biodiversitet: Her er den største bidrager i 2021 fra anlægget af ny vandværksbygning og de drivhusgasser som er udledt ifm. dette arbejde. Næststørste bidrager er fra indvinding af vand som betyder mindre vand tilgængeligt for økosystemer. Fokus bør lægges på øget effektivitet af vandindvinding for at reducere pres på lokale økosystemer.

- Frederiksberg Spildevand og BIOFOS (FKK)
 - Klima: Den største bidrager til global opvarmning er direkte drivhusgas-emissioner fra spildevandsbehandling. Dernæst er anlægsarbejde ifm. regnvandshåndtering. Her kan undersøges mulighed for mere klimavenlig regnvandshåndteringsløsninger.
 - Biodiversitet: For påvirkning af biodiversitet er det især udledning af drivhusgasser som bidrager for dette forretningsområde. Det anbefales derfor at lægge fokus på samme punkter som nævnt under klima
- Frederiksberg Vedvarende Energi (FVE)
 - Klima: Produktion af el fra vindmøller bidrager potentielt til reduktion af global opvarmning
 - Biodiversitet: På tværs af alle miljøaspekter ses det at produktion af vindstrøm har en positiv effekt på miljøet hvis det erstatter alternativ produktion af el som i højere grad er baseret på fossile brændsler. Af påvirkninger på miljøet så relaterer dette sig særligt til drift og vedligehold af møller. Her kan undersøges mulighed for at bruge f.eks. mere miljøvenlige smøringmidler og andre tiltag som kan reducere påvirkning ifm. vedligehold af vindmøller.

3.5 Ekstra scenarier

Fire ekstra scenarier er udarbejdet i denne LCA for at undersøge vigtigheden af metodiske valg om data og LCA-beregningerne.

I første scenarie er CTRs miljødeklaration for fjernvarme i 2021 blevet brugt i stedet for den udviklede fjernvarme-proces der, som standard, er brugt i LCA'en. CTR bruger en anden metode til allokering for multifunktionelle processer. Her bruger CTR den såkaldte 200%-metode til allokering af miljøpåvirkninger mellem varme og el ifm. med energiproduktion på kraftvarmeværker. Et notat udarbejdet af Rambøll beskriver de forskellige tilgange til allokering af miljøpåvirkninger til el og varme ifm. samproduktion (Rambøll, 2011). Pga. forskellig allokering af miljøpåvirkninger ses også forskelle mellem CTRs miljødeklaration for fjernvarme og resultater for denne vurdering. Scenarie 1 viser derfor hvordan resultatet potentielt ændres hvis CTRs miljødeklaration for klima bruges i stedet for den fjernvarme-proces, der som udgangspunkt bruges i vurderingen.

I andet scenarie, er udslip af CO₂ ifm. brug og afbrænding af bygas udeladt for at illustrere hvor meget udledningen fra brug af bygas betyder for den samlede miljøpåvirkning fra Frederiksberg Forsyning. Der regnes generelt med at metan i bygas bliver oxideret til CO₂ ifm. afbrænding. Størstedelen af den udledte CO₂ er biogen da den stammer fra biogas, mens ca. 29% stammer fra fossil naturgas og derfor bidrager til global opvarmning.

I tredje scenarie er beregningen lavet for klima hvor biogen CO₂-udledning også er medregnet.

I fjerde scenarie er LCA-modellen ændret så Frederiksberg Forsyning kun benytter vindstrøm og hvor der desuden sælges vindstrøm til el-nettet, som erstatter anden elproduktion. Anden elproduktion er her modelleret som det gennemsnitlige el-mix i Danmark.

Der vises kun resultater for global opvarmning, da CTRs miljødeklaration kun er for udledning af drivhusgasser og da udledningen af bygas ifm. brug primært påvirker klimaet via ekstra udledning af CO₂-eq.

3.5.1 Brug af CTRs miljødeklaration for fjernvarme

Resultater for brug af CTRs miljødeklaration er vist i nedenstående Tabel 10.

Tabel 10 Sammenligning af default resultater med resultater ved brug af CTRs miljødeklaration

	Default	Brug af CTR miljødeklaration
Global opvarmning (1000 tons CO ₂ -eq)	56,4	49,6
%-vis ændring ift. Default	0%	-12%

Det ses af resultaterne, at klimabelastningen falder ved brug af CTRs miljødeklaration. Der er flere grunde til, at der ses en større forskel mellem standardscenariet og dette scenarie. Den primære grund til at vi ser et lavere resultat, når vi bruger CTRs miljødeklaration, er at fjernvarmeproduktionsprocessen i standardscenariet medtager hele livscyklus og altså også påvirkninger, som sker ifm. indvinding af råstoffer og produktion af de færdige varmekilder. Så f.eks. biomasse regnes ikke som værende 100% CO₂-neutralt da der bruges fossil energi ifm. f.eks. skovbrug. En anden grund til forskel er at CTR bruger en anden regnemodel (200%-metoden) til allokering af drivhusgasudledninger mellem el og varme i forbindelse med samproduktion. Desuden medtages emissioner ifm. afbrænding af fossilt affald i CTRs tal. I O-LCA'en bruges "cut-off"-metoden til allokering af miljøpåvirkninger mellem forskellige livscyklusser. "Cut-off"-metoden bruges som standard i LCA og er også benyttet til f.eks. miljødeklarationer efter EN15804 standarden. Med "cut-off" allokeres 100% af miljøpåvirkningen ifm. med affaldsbrænding til affaldsbehandlingen (altså forbrændingen af affald), mens 0% allokeres til el- og varmeproduktion som dermed bliver miljømæssigt "gratis". CTR bruger en alternativ metode hvor en del af miljøpåvirkningen allokeres til el- og varmeproduktion. Dette gøres også ofte, men er ikke valgt i standardmetoden da det vil skabe intern inkonsekvens i LCI-modellen. Når vi medtager påvirkning fra biogen CO₂, så bliver forskellen endnu større idet CTRs miljødeklaration ikke medregner biogen CO₂.

3.5.2 Eksklusion af afbrænding af bygas ifm. brugsfasen

Vi ser et mindre fald i klimapåvirkning når afbrænding og brug af bygas udelades af beregningen. Det skyldes at det generelt er relativt lidt CO₂, som udledes ved brug af bygas set ift. de andre CO₂-udledninger som sker ifm. Frederiksberg Forsynings aktiviteter (Tabel 11).

Tabel 11 Sammenligning af default resultater med resultater ved eksklusion af afbrænding af bygas

	Default	Eksklusion af CO ₂ -udledning fra brug af bygas
Global opvarmning (1000 tons CO ₂ -eq)	56,4	55,9
%-vis ændring ift. Default	0%	-1%

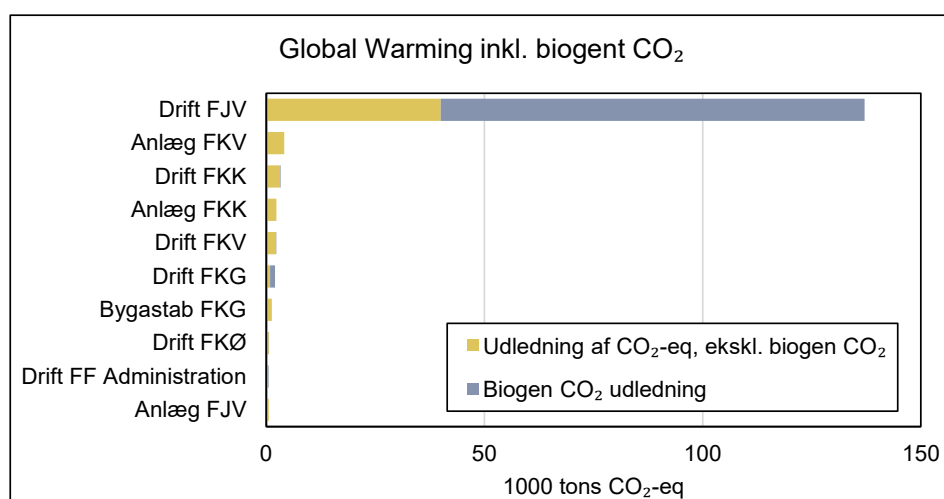
3.5.3 Medtagning af biogent CO₂

I default resultaterne er klimapåvirkningen for optag af CO₂ i biomasse og udledning af biogent CO₂ sat til 0 og er dermed ikke medregnet i vurderingen. Det er i overensstemmelse med bl.a. andet Danmarks opgørelse af CO₂ hvor udledninger fra biomasseafbrænding ikke medtaget i den samlede CO₂-opgørelse. Argumentet er ofte at den udledte biogene CO₂ tidligere er blevet optaget fra atmosfæren ifm. biomassevækst. I en geologisk tidsskala er der derfor tale om en "kort" kulstofcyklus hvor CO₂ optages i biomasse og dernæst frigives. Derfor har biogen CO₂ udledning været regnet som CO₂-neutral.

Det har skabt en øget fokus på brug af bioenergi til el-og varmeproduktion. Det har senere affødt debat om brug af biomasse da efterspørgslen på bioenergi potentielt kan betyde at der årligt udledes mere biogent CO₂ end der optages i biomasse. Ligesom brugen af areal til energi-biomasse også har andre miljøpåvirkninger, så som påvirkninger på biodiversitet. Netto-udledningen går altså fra at være ca. 0 til at give en positiv netto-udledning. På den korte bane betyder det at biomasseafbrænding bidrager aktivt til øgning af CO₂-koncentrationen i atmosfæren og klimaændringer. Derudover er import af biomasse fra f.eks. Sverige et problem idet CO₂-udledninger fra arealanvendelse til biomasse-produktion tilskrives Sverige, mens CO₂-udledningen ved afbrænding regnes som 100% neutral for Danmark. Det kan betyde at der er CO₂-udledninger som bidrager til klimapåvirkninger, men som af regnetekniske årsager ikke medtages i CO₂-opgørelser.

Det er derfor vigtigt at sætte fokus på brug af biomasse og biogen CO₂-udledning med henblik på også at reducere denne kilde til CO₂. Derfor er dette scenarie medtaget i rapporten.

I nedenstående Figur 21 er udledning af biogent CO₂ medtaget i resultaterne. Det viser fortsat at fjernvarmeproduktion er meget vigtig og står for ca. 88% af de samlede CO₂-eq udledninger (Figur 21). Dette skyldes i høj grad afbrænding af biomasse til fjernvarmeproduktion hvor træflis udgør 32% af det samlede brændsel. Det betyder også at den samlede CO₂-udledning stiger fra ca. 56,4 tusind tons CO₂-eq til 155,0 tusind tons CO₂-eq. Derudover ses en mindre udledning af biogent CO₂ fra lækage og brug af bygas hvor den biogene CO₂ stammer fra brugen af biogas.



Figur 21 Frederiksberg Forsynings samlede klimapåvirkning, inkl. emissioner af biogent CO₂ for 2021 fordelt ud på hovedaktiviteter

3.5.4 Medtagning af produktion af strøm fra vindmøller

Frederiksberg Forsyning producerede i 2021 51.833 MWh strøm fra vind. 2100 MWh går til eget strømforbrug. Desuden blev der indkøbt 1500 MWh grøn vindstrøm fra andre møller. I alt 3600 MWh el brugt i Frederiksberg Forsyning kommer altså fra grøn vindstrøm. Hele Frederiksberg Forsynings elforbrug er derfor dækket af vindstrøm. 49.734 MWh vindstrøm sælges retur til el-nettet og bruges af Frederiksberg kommune.

Indkøb af "grøn" strøm fra vind regnes i en traditionel opgørelse af CO₂-udledninger (f.eks. Greenhouse gas protocol) som værende CO₂-neutral med en klimapåvirkning på 0. I denne vurdering ville det betyde at Frederiksberg Forsynings energiforbrug ikke har en påvirkning på klimaet og derfor ikke ville ses som et weak spot.

Derudover regnes der i en opgørelse af CO₂-udledninger ofte med at energiproduktion potentielt kan erstatte anden energiproduktion. Et salg af grøn vindstrøm kan derfor potentielt erstatte anden og mere fossil-baseret energi.

I default resultaterne har vi regnet med at Frederiksberg Forsyning ikke producere vindstrøm og i stedet bruger el med CO₂-emissioner som svarer til det danske forsynings-miks (supply mix). Det sikrer at der kommer fokus på den potentielle miljøbelastning som Frederiksberg Forsynings el-forbrug skaber.

I dette scenarier er elforbrug dog modelleret som at stamme fra vindmøller. Det betyder at den samlede CO₂-udledning fra Frederiksberg Forsyning falder med ca. 21% i forhold til Default scenariet. Hvis den ekstra producerede vindstrøm som sælges til nettet medregnes som potentielt at erstattet anden strømproduktion så vil det give en samle reduktion på 58% så CO₂-eq udledningen ligger på 24,0 tusind tons CO₂-eq (Tabel 12).

Tabel 12 Sammenligning af default resultater med resultater ved brug af vindstrøm samt potentiel undgået el-produktion på grund af salg af vindstrøm

	Default	Brug af vindstrøm	Undgået produktion ved salg af vindstrøm
Global opvarmning (1000 tons CO ₂ -eq)	56,4	44,4	24,0
%-vis ændring ift. Default	0%	-21%	-58%

4. Konklusioner

Den udførte organisations-LCA bidrager til at give et overblik over Frederiksberg Forsynings miljøpåvirkninger fra deres aktiviteter i 2021.

Vurderingen viser bl.a. at Frederiksberg Forsyning i 2021 havde et samlet CO₂-udslip på 56,4 tusind tons CO₂-eq.

LCA'en viser for hvilke miljøpåvirkninger Frederiksberg Forsyning har en relativt stor påvirkning i forhold til en gennemsnitspersons årlige påvirkning samt ift. udvalgte planetære grænser.

I forhold til de fire planetære grænser, så er Frederiksberg Forsynings påvirkning på klima mest problematisk. Det skyldes særligt CO₂-udledninger ifm. fjernvarmeproduktion og udledninger som sker opstrøms under produktion af brændsler til fjernvarme. Påvirkning på biodiversitet er mindre end klimapåvirkningen. De er dog fortsat relativt tæt og det anbefales derfor have fokus på begge grænser så det undgås at en grænse får mere fokus på bekostning af den anden.

LCA'en bidrager til at identificere hvilke aktiviteter og processer, som særligt bidrager til miljøpåvirkning, og dermed hvor Frederiksberg Forsyning kan fokusere på mest effektivt at forbedre deres miljøperformance.

Ud fra vurderingen anbefales det især at have fokus på fjernvarmeproduktion, da dette er den ubetinget vigtigste bidrager til miljøpåvirkninger for både klima og biodiversitet. Det skyldes særligt drivhusgasudledninger fra især fossile brændsler og brugen af land til produktion af biobaserede brændsler. Det er derfor vigtigt at evt. forbedringer i fjernvarmeproduktion tager hensyn til, at både udledning af drivhusgasser og brugen af landareal bør reduceres. Desuden anbefales det at have fokus på anlægsarbejde og undersøge muligheder for mere miljøvenligt byggeri- og anlægsarbejde. Især valg af materialer og løsninger, som har en lavere miljøpåvirkning. Det er også relevant at undersøge muligheder for at reducere udslip af bygas under distribution, udledning af drivhusgasser ifm. spildevandsbehandling, og reducere biodiversitetspåvirkninger pga. vandindvinding, evt. gennem mere effektivt brug af vand og minimering af spild under distribution.

5. Referencer

- Bjørn, A., & Hauschild, M. Z. (2015). Introducing carrying capacity-based normalisation in LCA: framework and development of references at midpoint level. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(7), 1005–1018. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0899-2>
- Danmarks Statistik (2023) PRIS112: Forbrugerprisindeks (2015=100) efter hovedtal. www.statistikbanken.dk/PRIS112. (accessed 16/02/23).
- Doka, G. (2016). Combining life cycle inventory results with planetary boundaries: The Planetary Boundary Allowance impact assessment method Update PBA'06 (Issue April). Doka Life Cycle Assessments. <http://www.doka.ch/DokaPBA06Method.pdf>
- EC-JRC. (2010). General guide for life cycle assessment—detailed guidance. ILCD Handbook—International Reference Life Cycle Data System (European Commission - Joint Research Centre (ed.)).
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 2016 219 21, 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/S11367-016-1087-8>
- FN, 2020. United Nations. The triple planetary crisis: Forging a new relationship between people and the earth [WWW Document]. URL <https://www.unep.org/news-and-stories/speech/triple-planetary-crisis-forging-new-relationship-between-people-and-earth> (accessed 16/02/23).
- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Veronesi, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>
- ISO, 2006a. ISO 14040 - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization
- ISO, 2006b. ISO 14044 - Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.. International Organization for Standardization
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., Guerra, C. A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8(45). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Owsianiak, M., Laurent, A., Bjørn, A., & Hauschild, M. Z. (2014). IMPACT 2002+, ReCiPe 2008 and ILCD's recommended practice for characterization modelling in life cycle impact assessment: A case study-based comparison. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(5), 1007–1021. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0708-3>
- Persson, L., Carney Almroth, B. M., Collins, C. D., Cornell, S., de Wit, C. A., Diamond, M. L., Fantke, P., Hassellöv, M., MacLeod, M., Ryberg, M. W.,

Søgaard Jørgensen, P., Villarrubia-Gómez, P., Wang, Z., & Hauschild, M. Z. (2022). Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science and Technology*, 56(3), 1510–1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>

Rambøll, 2011. Notat om metoder til fordeling af miljøpåvirkningen ved samproduktion af el og varme. <https://silkeborgsektorplaner.viewer.dkplan.niras.dk/media/165742/allokeringsmetoder.pdf> (accessed 16/02/23).

RIVM, 2017. ReCiPe 2016 [WWW Document]. Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/downloads> (accessed 16/02/23).

Sala, S., Crenna, E., Secchi, M., & Sanyé-Mengual, E. (2020). Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries. *Journal of Environmental Management*, 269(April). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110686>

Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J.H., Theurl, M.C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.H., de Koning, A., Tukker, A., 2018. EXIOBASE 3: Developing a Time Series of Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *J. Ind. Ecol.* 00. <https://doi.org/10.1111/jiec.12715>

UNFCCC, 2015. Decision 1/CP.21 Adoption of the Paris Agreement. FCCC/CP/2015/10/Add.1. United Nations Framework Convention on Climate Change

Appendiks

Life-cycle inventory (LCI) modelleringen er opbygget som moduler (kaldet processer), som kan indeholde information om brug af ressourcer eller emissioner direkte fra processen. Processen kan desuden indeholde information om hvilke andre processer der kan være inputs til eller outputs fra processen. I LCI-modellen er den over overordnede proces for vurderingen navngivet 'FRB_forsyning_samlet_FF'. Som inputs til denne proces er:

- Anlæg af forsyning
- Drift af administration_mr
- Drift af bygning_hf
- Drift af forsyning_mr
- Drift af kantine_hf
- Transport_mr

Input/Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enhed
Output	FRB_forsyning_samlet	FRB_forsyning_samlet	1	stk
Input	Anlæg af forsyning_FF	Anlæg af forsyning_FF	1	stk
Input	Drift af administration_FF	Drift af administration_FF	1	stk
Input	Drift af bygning_FF	Drift af bygning_FF	1	stk
Input	Drift af forsyning_FF	Drift af forsyning_FF	1	stk
Input	Drift af kantine_FF	Drift af kantine_FF	1	stk
Input	Transport_FF	Transport_FF	1	stk

I følgende afsnit beskrives videre underopdeling af processer i LCI-modellen samt udregninger og antagelser brugt i LCI-modellen.

A1 Life-cycle inventory modellering af Anlæg af forsyning

Modulet 'Anlæg af forsyning' er underopdelt i anlægsarbejde som er relevant for de enkelte forretningsområder som vist i nedenstående tabel.

Input/Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enhed
Output	Anlæg af forsyning_FF	Anlæg af forsyning_FF		1 Item(s)
Input	ANLÆG_FF_FF	ANLÆG_FF_FF		1 Item(s)
Input	ANLÆG_FKV_FF	ANLÆG_FKV_FF	117,032,528.00	DKK
Input	ANLÆG_FEJ_FF	ANLÆG_FEJ_FF	1,350,472.09	DKK
Input	ANLÆG_FKK_FF	ANLÆG_FKK_FF	72,512,914.28	DKK
Input	ANLÆG_FKG_FF	ANLÆG_FKG_FF	583,399.52	DKK
Input	ANLÆG_FKØ_FF	ANLÆG_FKØ_FF	11,278,075.48	DKK
Input	ANLÆG_FJV_FF	ANLÆG_FJV_FF		1 Item(s)

Herunder ses inddelingerne af hver under-modul og de inkluderede processer der er brugt for hver aktivitet.

A1.1 ANLÆG_FEJ_FF

Anlægsaktiviteter ifm. FEJ (Anlæg FEJ) udgør en mindre procentdel af anlægs-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Construction work' fra databasen EXIOBASE med enheden DKK. Denne proces repræsenterer den gennemsnitlige miljøpåvirkning per krone brugt på bygge- og anlægsarbejde ("Construction work") i Danmark.

A1.2 ANLÆG_FJV_FF

Anlægsaktiviteter ifm. fjernvarme (Anlæg FJV) er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er tilsvarende en proces for 'Construction work' fra EXIOBASE databasen med den monetære enhed DKK. Der er lavet en underopdeling af anlægsarbejde for fjernvarme. Underopdelingen er for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra anlæg kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk. Aktiviteten "Resterende anlægsaktiviteter" er de resterende aktiviteter der ikke kan underopdeles eller udgør for lille en del og dermed er samlet under én aktivitet indenfor anlægsaktiviteter ift. fjernvarme.

Input/O utput	Beskrivelse	Procesnavn	Mængd e	Enh ed
Output	ANLÆG_FJV_FF	ANLÆG_FJV_FF	1	Item (s)
Input	Anlæg_FJV_Etablering af ringforbindelse_hf	Anlæg_FJV_Etabl ering af ringforbindelse_hf	3,273,6 77.24	DKK
Input	Anlæg_FJV_Forlængelse af hovedledning_hf	Anlæg_FJV_Forl ængelse af hovedledning_hf	2,451,2 91.65	DKK
Input	Anlæg_FJV_Omlægning af hoved- og stikledninger_hf	Anlæg_FJV_Oml ægning af hoved- og stikledninger_hf	2,289,2 48.11	DKK
Input	Anlæg_FJV_Projektering_hf	Anlæg_FJV_Proje ktering_hf	3,699,3 06.13	DKK
Input	Construction work (45)_system_mr - DK	Construction work (45)_system_mr - DK	2,301,3 40.93	DKK

A1.3 ANLÆG_FKG_FF

Anlægsaktiviteter ifm. bygas (Anlæg FKG) udgør en mindre procentdel af anlægs-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Construction work' fra databasen EXIOBASE med enheden DKK.

A1.4 ANLÆG_FKK_FF

Anlægsaktiviteter ifm. spildevand (Anlæg FKK) er listet herunder. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra anlæg kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk.

Aktiviteterne er underopdelt og der anvendes for nogle aktiviteter en kombination af to processer for at tilsvare disse. Processerne der er brugt hertil er 'Construction work' og 'Other business services' fra databasen EXIOBASE med den monetære enhed DKK. Grunden til at alle aktiviteter ikke tildeles processen 'Construction work' er at der fx i forbindelse med Valby Skybrudstunnel og Kalvebod Skybrudstunnel er aktiviteter som indebærer konsulentarbejde og analyse ifm. opførelsen og projektering – denne aktivitet føres som 'Other business services'.

Aktiviteten (se *Flow i tabel*) 'Resterende anlægsaktiviteter' er de resterende aktiviteter der ikke kan underopdeles eller udgør for lille en del og dermed er samlet under én aktivitet indenfor anlægsaktiviteter ift. spildevand.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces	Database
Anlæg_FKK_Regnvandshåndtering_Ildrætsanlæg_hf_NEW	21.487.606	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
	9.503.242		Other business services (74)	EXIOBASE
Anlæg_FKK_TV-inspektion_hf	6.729.186	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
Anlæg_FKK_Valby Skybrudstunnel_hf	13.836.824	DKK	Other business services (74)	EXIOBASE
Anlæg_FKK_Vandløb omlægning Bycampus_hf_NEW	14.898.029	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
Anlæg_FKK_Kalvebod Brygge Skybrudstunnel_mr	6.058.027	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
	21.487.606		Other business services (74)	EXIOBASE
Resterende anlægsaktiviteter	9.503.242	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE

A1.5 ANLÆG_FKV_FF

Anlægsaktiviteter ifm. vandforsyning (Anlæg FKV) er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er tilsvarende en proces for 'Construction work' fra databasen EXIOBASE med den monetære enhed DKK. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra anlæg kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk. Den største miljøpåvirkning kommer fra opførelsen af en ny vandværksbygning og dernæst tilhørende ledninger. Aktiviteten (se Flow i tabel) 'Resterende anlægsaktiviteter' er de resterende aktiviteter der ikke kan underopdeles eller udgør for lille en del og dermed er samlet under én aktivitet indenfor anlægsaktiviteter ift. vandforsyning.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces	Database
Anlæg_FKV_Vandværksbygning_mr	9,78E+7	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
Anlæg_FKV_Nyelandsvej_Transporter+Hovedledning_mr	5298624,44	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
Anlæg_FKV_Vandværksbygning_transformer_mr	3866204,56	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE
Resterende anlægsaktiviteter	1,01E+7	DKK	Construction work (45) - DK	EXIOBASE

A1.6 ANLÆG_FKØ_FF

Anlægsaktiviteter ifm. køling (Anlæg FKØ) er listet herunder. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra anlæg kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk. Aktiviteterne er underopdelt og der anvendes for aktiviteten 'Anlæg_FKØ_Etablering af

fjernkølecentral_hf' en kombination af to processer for at tilsvare disse. Processerne der er brugt hertil er 'Construction work' og 'Other business services' fra databasen EXIOBASE med den monetære enhed DKK.

Grunden til at alle aktiviteter ikke tildeles processen 'construction work' er at der i forbindelse med anlægsarbejdet til køling er aktiviteter som benævnes 'advokatbistand, kantineforbrug, miljøgebyr, projekteringshonorarer og entreprisaftale' – disse aktiviteter føres som 'Other business services' og udgør ca. halvdelen af aktiviteten 'Anlæg_FKØ_Etablering af fjernkølecentral_hf'.

Aktiviteten (se *Flow i tabel*) 'Resterende anlægsaktiviteter' er de resterende aktiviteter der ikke kan underopdeles eller udgør for lille en del og dermed er samlet under én aktivitet indenfor anlægsaktiviteter ifm. anlæg til køling.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces	Database
Anlæg_FKØ_Etablering af fjernkølecentral_hf	403967	DKK	Construction work	EXIOB
	3,71		(45) - DK	ASE
	483512		Other business	EXIOB
	8,3		services (74)	ASE
Resterende anlægsaktiviteter_FKØ	240327	DKK	Construction work	EXIOB
	3,47		(45) - DK	ASE

A1.7 ANLÆG_FF_FF

Anlægsaktiviteter ifm. generel drift og administration (Anlæg FF) af Frederiksberg Forsyning udgør en mindre procentdel af administrations-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Construction work' fra databasen EXIOBASE med enheden EUR.

Beskrivelse	Mængde	Enhede	Proces	Databas
Anlægsaktiviteter ifm. drift og administration	168534,72	EUR	Construction work (45)_system_mr - DK	EXIOBASE

A2 Life-cycle inventory modellering af Drift af administration

Modulet 'Drift af administration_mr' er underopdelt i, 'Avoided_electricity_DK_mr', 'Drift af administration_indkøb_mr', 'El_solceller_mr', 'El_Varme_Vandforbrug_mr' samt 'tap water' og angiver de respektive aktiviteter inddelt i grupper for driftsaktiviteter.

Beskrivelse	Mængde	Enh ed	Pro ces	Beskrivelse
Undgået elproduktion pga. salg af strøm fra solceller	-65934	kWh		Avoided_electricity_DK_mr
Indkøb af produkter og services ifm. drift af administration	1	Item (s)		Drift af administration_indkøb_mr
Elproduktion fra solceller	101285+60139	kWh		El_solceller_mr
El og varmekonsum	1	Item (s)		Varme_El_forbrug_Scope 2_FF
Brugsvand ifm. drift af administration	734*1000	kg		tap water production, underground water without treatment tap water Cutoff, U - CH

Herunder ses inddelingerne af hver under-modul og de inkluderede processer der er brugt for hver aktivitet.

A2.1 Undgået elproduktion pga. salg af el fra sol til grid

En del af den producerede el fra solceller sendes retur til grid. Her modelleres det til at erstatte et Dansk gennemsnits el-mix. Mere information om Dansk el-mix er givet i Appendix A7.

A2.2 Indkøb ifm. drift af administration

Indkøb fortaget til driftsaktiviteter ifm. administration af Frederiksberg Forsyning er listet herunder. Det ses hvordan aktiviteterne er underopdelt for de forskellige indkøb. Processerne for alle indkøb er fra databasen EXIOBASE med den monetære enhed EUR.

Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra indkøb til administration kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk.

Indkøbsaktiviteterne er bl.a. modelleret med processerne 'Computer and related services (72) - DK', 'Education services (80)', samt 'Post and telecommunication services (64)'.

Beskrivelse	Mængde	Enheden	Proces
IT - Forbrugsstoffer (fast)	6490	EUR	Computer and related services (72) - DK
IT Software	5710	EUR	Computer and related services (72) - DK
Vedlh/Service teknisk udstyr Licensaftaler, vedlh. software	599324,7	EUR	Computer and related services (72) - DK
Internet	10458,0	EUR	Computer and related services (72) - DK
IT	23324,75	EUR	Computer and related services (72) - DK
Uddannelse/seminarer	36736,77	EUR	Education services (80)
UDDANNELSE + UDVIKLING	133410,12	EUR	Education services (80)
Andre tekniske forbrugsvarer	386,58	EUR	Fabricated metal products, except machinery and equipment (28) – DK
Inventar/møbler	26200	EUR	Furniture; other manufactured goods n.e.c. (36) - DK
Energien - omkostninger	10463,15	EUR	Health and social work services (85)
Psykologhjælp, lægeerklæring mv.	71106,52	EUR	Health and social work services (85)
Sundhedsarr., massage, temaarr.	122,74	EUR	Hotel and restaurant services (55)
Fortæring bestyrelsesmøder 1:1	50500	EUR	Office machinery and computers (30) - DK
IT Hardware	542,46	EUR	Office machinery and computers (30) - DK
Forbrug kopimaskiner/printere	51567,51	EUR	Office machinery and computers (30) - DK
Vedlh/Service kontor-/ITudstyr	723,45	EUR	Other business services (74)
Andre adm. forbrugsvarer	55798,71	EUR	Other business services (74)
Fællesklub - omkostninger Jubilæer, Personalearrangem. Blomster/gaver til medarbejdere	320568,61	EUR	Other business services (74)
Rekruttering, Fogedomkostninger, Låsesmed, Revision, konsulenter, vikarer og honorarer	1273,72	EUR	Other business services (74)
Gaver, blomster, receptioner	138580,94	EUR	Other business services (74)
KAMPANGE + PROJEKT	35003,78	EUR	Other business services (74)
KONTOR + INTRANET	11543,51	EUR	Post and telecommunication services (64)
Fri telefon	119665,07	EUR	Post and telecommunication services (64)
Porto, fragt og PBS Telefonabonn./samtaler Mobiltelefon abon. og trafik	10482,98	EUR	Printed matter and recorded media (22)
Aviser, tidsskifter og bøger	2059,44	EUR	Printed matter and recorded media (22)
Radio- og TV licenser	52451,09	EUR	Wearing apparel; furs (18)
Beklædning			

A2.3 El fra solceller

El fra solceller ifm. drift af administration ved Frederiksberg Forsyning udgør en mindre del af administrations-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere.

Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten for elektricitet fra solceller er *'electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted, label-certified | electricity, low voltage, label-certified | Cutoff, U - CH'* fra databasen ecoinvent med enheden MJ.

A2.4 El- og varmemeforbrug

El- og varmemeforbrug til drift af administration er modelleret som beskrevet her:

Beskrivelse	Mængde	Enheden	Proces
Electricity, low voltage	450.253,0	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_FF - DK
FRB_fjernvarme_distribution_mr	945,0	MWh	FRB_fjernvarme_distribution_FJV_FF

Produktion af el modelleres som beskrevet i Afsnit A7.

For varmemeforbruget regnes der med at der bruges fjernvarme som indkøbt fra CTR. Se mere om fjernvarme-mixet i Afsnit A4.6.

A2.5 Brugs vand ifm. drift af administration

Brugs vand ifm. drift af administration (Tap water) ved Frederiksberg Forsyning udgør en mindre del af administrations-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere.

For denne aktivitet er der brugt processen *'tap water production, underground water without treatment | tap water | Cutoff, U'* til modelleringen af brugs vand.

Desuden kommer der et output fra denne aktivitet hvor brugs vandet fra administration skal håndteres. Dette output modelleres som *'treatment of wastewater, from residence, capacity 1.1E10l/year | wastewater, from residence | Cutoff, U'*. Det ses altså at for modelleringen af 'tap water' er der et input på 734.00000 m3 brugs vand og et tilsvarende output af 'waste water'.

A3 Life-cycle inventory modellering af Drift af bygning

Modulet 'Drift af bygning' er underopdelt indenfor grupperingen "Bygning 1", "Bygning 2" og "Bygning 3" og angiver de respektive aktiviteter for driften fordelt på de forskellige grupperinger.

For de tre underopdelinger i Bygning 1, Bygning 2 og Bygning 3 er der brugt processen 'Other business services' fra EXIOBASE databasen med enheden EUR.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces
Bygning 2	70847,0	EUR	Other business services (74)_system_mr - DK
Bygning 1	42630,0	EUR	Other business services (74)_system_mr - DK
Bygning 3	19601,0	EUR	Other business services (74)_system_mr - DK

A4 Life-cycle inventory modellering af Drift af forsyning

Modulet 'Drift af forsyning_FF' er underopdelt i OpenLCA som repræsenteret i nedenstående skema og angiver de respektive aktiviteter inddelt i grupper for driftsaktiviteter ifm. de forskellige former for forsyning.

Inpu t/ Out put	Beskrivelse	Procesnavn	Mæn gde	Enh ed
Out put	Drift af forsyning_FF	Drift af forsyning_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift af forsyning, fjernvarme_FJV_FF	Drift af forsyning, fjernvarme_FJV_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_forsyning_FKG_gas_FF	Drift_forsyning_FKG_gas_F F	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift af forsyning_Diverse_Foretningso mråder_FF	Drift af forsyning_Diverse_Foretnin gsområder_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_vandforsyning_FKV_FF	Drift_vandforsyning_FKV_F F	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_forsyning_FVE_vindmøller_FF	Drift_forsyning_FVE_vindm øller_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_FEJ_FF	Drift_FEJ_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_FF_FF	Drift_FF_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_FKK_FF	Drift_FKK_FF	1,0	Item (s)
Inpu t	Drift_Køleproduktion_FKØ_FF	Drift_Køleproduktion_FKØ_ FF	1,0	Item (s)

Herunder ses inddelingerne af hver under-modul og de inkluderede processer der er brugt for modelleringen af hver aktivitet. Hvert under-modul uddybes yderligere i de følgende afsnit.

A4.1 Driftsaktiviteter ifm. bygas (Drift_forsyning_FKG_gas_FF)

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings gas er listet herunder.

Aktiviteter er modelleret med processer fra databasen ecoinvent eller EXIOBASE. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra gas kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk. Udregninger af CO₂-eq udledning fra tab af bygas er vist i Afsnit A4.1.1.

Input/O utput	Beskrivelse	Procesnavn	Mæn gde	En hed
Input	FKG_Bygastab_Scope 1_FF	FKG_Bygastab_Scope 1_FF	87600	m3
Input	Økonomiske poster specificeret som "FORTLØBENDE" relevant for FKG	Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr - DK	15392,96	DK K
Input	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_FF - DK	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_FF - DK	11467	kW h
Input	FRB_FKG_Bygas_FF	FRB_FKG_Bygas_FF	1246089	m3
Input	Økonomiske poster specificeret som relevant for FKG	Other business services (74)_system_mr - DK	1048047	DK K
Input	Økonomiske poster specificeret som relevant for FKG	Other business services (74)_system_mr - DK	72270,37	DK K

Køb af bygas fra HOFOR 'FRB_Bygas_mr' er modelleret med processer fra databasen ecoinvent. Produktion af bygas er regnet som produktion af hhv. biogas, bionaturgas, naturgas og luft. Der regnes med en vol% fordeling for 41,9% naturgas (fossil og bionaturgas), 22,7% biogas og 35,4% luft.

Input/Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enhed
Input	Biogas	market for biogas biogas Cutoff, U - CH	0,227	m3
Input	luft	market for compressed air, 1200 kPa gauge compressed air, 1200 kPa gauge Cutoff, U - RoW	0,354	m3
Input	naturgas	market for natural gas, high pressure natural gas, high pressure Cutoff, U - DK	0,419	m3

A4.1.1 Tab af bygas

Tabet af bygas 'Bygastab_Scope 1_mr' er modelleret som et output der går ud af systemet og indeholder udledningen af kuldioxid og metan fra både fossile og ikke-fossile processer.

Der regnes med et 7% ledningstab (fra lækager og udslip) af bygas. Dvs. 87.600 m³ gas tabes.

Bygas anses som en idealgas og distribueres med tryk på 1023 mbar (102300 Pa). Dette indsættes i idealgas-ligningen $PV=nRT$, hvor T sættes til 273,15 K.

Dermed fås at 1 mol gas fylder 22,2 liter. Det kan omregnes til 45.04 mol / m³. CH₄ har en molvægt på ca. 16 g / mol og CO₂ har en molvægt på ca. 44 g / mol. Dette indsættes for at udregne massen af CH₄ og CO₂ per m³ bygas.

I 2021 bestod den fysiske blanding af bygas af naturgas (ca. 60% naturgas og 40% bionaturgas), biogas og 35,4% luft (Vol%). Fordelingen mellem normal m³ (Nm³) biogas og naturgas er 23,3% biogas og 41,3% naturgas.

Efter konsultation med HOFOR modelleres naturgas til at bestå af 100% metan som opdeles i biogen og fossil metan ud fra naturgassens sammensætning (ca. 60% naturgas og 40% bionaturgas). Biogas består af ca. 59,7% metan og 40,3% CO₂, som begge modelleres om biogene.

Ud fra denne opdeling bestemmes volume af hhv. biogen og fossil metan og CO₂. På baggrund af viden om antal mol per liter og molvægt af CO₂ og CH₄ beregner vi mængde af CO₂ og CH₄ i kg i bygassen. Ved at dele med den total bygasmængde kan vi bestemme indholdet af biogen og fossil metan og CO₂ per m³ bygas.

Kg / m ³ gas	CH ₄	CO ₂
biogen	0.255	0.288
fossil	0.149	0

I LCA bruges der emissionsfaktorer som indikerer emissioner per output. Vi regner derfor med emissioner per m³ bygas tabt, som vist i nedenstående tabel

Flow per m ³ bygas tabt	Mængde	Enhed
Carbon dioxide, fossil	0	Kg/ m ³ bygas tab
Carbon dioxide, non-fossil	0,288	Kg/ m ³ bygas tab
Methane, fossil	0,149	Kg/ m ³ bygas tab
Methane, non-fossil	0,255	Kg/ m ³ bygas tab

Disse ganges med deres respektive global warming potential for at give udledningen påvirkning i CO₂-eq. Drivhusgaspotentialet i CO₂-eq er baseret på ReCiPe 2016 LCIA metoden som baserer sig på IPCCs Assessment Report for 2013.

Naturgas	GWP100 CO ₂	1	kg CO ₂ -eq / kg CO ₂
Naturgas	GWP100 CH ₄	34	kg CO ₂ -eq / kg CH ₄
Biogas	GWP100 CO ₂	0	kg CO ₂ -eq / kg CO ₂
Biogas	GWP100 CH ₄	34	kg CO ₂ -eq / kg CH ₄

Kg CO2-eq / m ³ gas	CH ₄	CO ₂	Total
biogen	8.68	0	8.68
fossil	5.07	0	5.07
Total	13.75	0	13.75

Ved at gange med det totale tab på 87.600 m³ fås en samlet udledning på 1204 tons CO₂-eq

A4.2 Driftsaktiviteter ifm. spildevand

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings spildevand er listet herunder.

Input til denne aktivitet er elektricitet som ved Frederiksberg Forsyning er elforbrug ved skyllebassiner og overløbsbassiner. I modelleringen er også medtaget spildevandsrensningen og derfor modelleres 'treatment of wastewater'.

Input/O utput	Beskrivelse	Procesnavn	Mæng de	Enh ed
Output	Drift af vandaflledning og spildevandsbehandling	Drift_FKK_FF	1	Item (s)
Input	FORTLØBENDE - Kbh, drift, Pumpestationer	Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr - DK	1841478	DK K
Input	FORTLØBENDE - FKK - resterende	Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr - DK	910730,03	DK K
Input	Drift, spildevandsbehandling	Drift_forsyning_spildevand_FKK_Scope 1_mr	4818970	m ³
Input	Privat medfinansering + Lån 20 år + SJV-projektet	Financial intermediation services, except insurance and pension funding services (65)_system_mr - DK	622095	Euro
Input	DRIFT Diverse	Other business services (74)_system_mr - DK	1322160,2	DK K
Input	DRIFT Resterende	Other business services (74)_system_mr - DK	3776958	DK K

Spildevandsrensning for Frederiksberg Forsyning foregår på to lokationer og håndteres af BIOFOS. Ca. ¾ behandles af Lynetten og ¼ behandles af Damhusåen. Der håndteres ca. 4,8 millioner m³ i 2021.

Modellering af spildevandsrensning i LCA'en tager udgangspunkt i den generiske enhedsproces "treatment of wastewater, from residence, capacity 1.1E10l/year | wastewater, from residence | Cutoff, U {CH}". Denne proces er modificeret på baggrund af BIOFOS' miljøregnskab for 2021.

På baggrund af personlig korrespondance med Henrik Sønderup fra Frederiksberg Forsyning, regner vi med en metan-emission på 4,4 g CH₄ / m³ spildevand transporteret. Her antager vi at mængden af transporteret spildevand er lig mængden af behandlet spildevand.

Processen som bruges i vurderingen af Frederiksberg Forsyning medtager derfor alle aktiviteter som er relevante for spildevandsbehandling, men er så vidt muligt repræsentativ for den aktuelle behandling af spildevandet.

Input/O utput	Beskrivelse	Procesnavn	Mæn gde	Enh ed
Output	Drift, spildevandsbehandling	Drift_forsyning_spildevand_FKK_Scope 1_mr	1	m3
Output	Metan-udledning fra kloak		4,4	g
Input	Elforbrug på skyllebassiner/overløbsbassin er	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_FF - DK	0,001 98	kWh
Input	Drift, spildevandsbehandling	FKK_treatment of wastewater, BIOFOS_FF	1	m3

Input/Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enheden
Output	Drift, spildevandsbehandling	FKK_treatment of wastewater, BIOFOS_FF	1,0	m3
Input	HOK aktivt kul	market for activated carbon, granular activated carbon, granular Cutoff, U - GLO	0,098684211	t
Input	Ammoniakvand (24 %)	market for ammonia, anhydrous, liquid ammonia, anhydrous, liquid Cutoff, U - RER	0,054824561	t
Input	Fældningskemikalier	market for iron sulfate iron sulfate Cutoff, U - RER	23,125	t
Input	Energi forbrug Fyringsolie	market for light fuel oil light fuel oil Cutoff, U - Europe without Switzerland	0,065	kg
Input	Polymerer, aktivt stof	market for polyacrylamide polyacrylamide Cutoff, U - GLO	2,598	t
Input	residential sewer grid	residential sewer grid construction, 0.087 km residential sewer grid, 0.087 km Cutoff, U - CH	0,28713	km
Input	sewer grid construction,	sewer grid construction, 1.1E10l/year, 242 km sewer grid, 1.1E10l/year, 242 km Cutoff, U - CH	0,16832	km
Input	Lud/Natriumhydroxid (NaOH 50 %)	market for sodium hydroxide, without water, in 50% solution state sodium hydroxide, without water, in 50% solution state Cutoff, U - GLO	5,11	t
Input	Energi forbrug EI	market for electricity, low voltage electricity, low voltage Cutoff, U_mr - DK	420,077	MWh
Input	Energi forbrug varme	FRB_FJV_Fjernvarme_FF	5,77	MWh
Input	tap water production, direct filtration treatment tap water Cutoff, U - CH	tap water production, direct filtration treatment tap water Cutoff, U - CH	5,8	t
Input	wastewater treatment facility construction, capacity 4.7E10l/year wastewater treatment facility, capacity 4.7E10l/year Cutoff, U - CH	wastewater treatment facility construction, capacity 4.7E10l/year wastewater treatment facility, capacity 4.7E10l/year Cutoff, U - CH	0,37	Item(s)

Ifølge grønt regnskab for BIOFOS udledes følgende stoffer på million m3 spildevand som behandles.

Input/Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enheden
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Arsen		0,14254386	kg
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Cadmium		0,06118421	kg
Output	direct wastewater treatment plant emission plus direct digester gas emission plus emission from sludge incineration. Uncertainty calculated from wastewater composition and treatment model		8340,6	kg
Output	direct digester gas emission plus emission from sludge incineration. Uncertainty calculated from wastewater composition and treatment model		7,4	kg
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Krom		1	kg
Output	VANDBEHANDLING UDGÅENDE STRØMME Organisk stof i rensset spildevand : COD		31,8	t
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Kobber		5	kg
Output	direct wastewater treatment plant emission plus direct digester gas emission plus emission from sludge incineration plus emission from sludge spreading. Uncertainty calculated from wastewater composition and treatment model		8	kg
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Bly		0,625	kg
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Kviksølv		0,0614035	kg
Output	direct digester gas emission plus emission from sludge incineration. Uncertainty calculated from wastewater composition and treatment model		37	kg
Output	UDGÅENDE STRØMME Tungmetaller i spildevand Nikkel		3	kg
Output	VANDBEHANDLING UDGÅENDE STRØMME Næringssalte i rensset spildevand : Nitrogen		6,67	t
Output	VANDBEHANDLING UDGÅENDE STRØMME Næringssalte i rensset spildevand : Fosfor		0,44	t
Output	SLAMBEHANDLING		691	kg
Output	VANDBEHANDLING UDGÅENDE STRØMME Suspenderet stof		10,11	t
Output	UDGÅENDE STRØMME i spildevand zink		25	kg

A4.3 Driftsaktiviteter ifm. vandforsyning

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings vand er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er modelleret med processer fra databasen ecoinvent med processer tilsvarende for hver aktivitet og med enheden m³ eller kWh.

Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk.

Salg af vand fra Frederiksberg Forsyning er modelleret som processen 'tap water production, underground water without treatment | tap water | Cutoff, U – CH'

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces
Salg af vand	4925812	m ³	tap water production, underground water without treatment tap water Cutoff, U_DK_FRB_FF - CH
Elforbrug boringer / råvandspumper	493692	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Elforbrug trygregulator-stationer	129950	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Elforbrug på vandværk	731278	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Drift af WIFI ifm vand	60277	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
DRIFT Resterende	1348902	DKK	Other business services (74)_system_mr - DK
DRIFT Diverse	592044,97	DKK	Other business services (74)_system_mr - DK
FORTLØBENDE - FKV - resterende	800836,57	DKK	Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr - DK
Drift, Vandforurening	438379,72	Euro	Construction work (45)_system_mr - DK
Produktion af aktivt kul	177600	kg	market for activated carbon, granular activated carbon, granular Cutoff, U - GLO
Kul, vandanalyser, ressourcer	75600	DKK	Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr - DK
	177600	kg	market for spent activated carbon, granular spent activated carbon, granular Cutoff, U - GLO
Affaldsbehandling af brugt aktivt kul			

For kulfiltre har vi brugt processer relateret til "market for activated carbon, granular | activated carbon, granular | Cutoff, U". Frb forsyning har 40 m³ aktivt kul som udskiftes 3 gange per år.

Der regnes med produktion og behandling af aktivt kul som fraregnes andet forbrug på udskiftning af kulfiltre. Dvs. andet forbrug er 1,062,600 dkk – 987,000 dkk = 75,600 dkk. Til "Andet forbrug" bruges processen "Collected and purified water, distribution services of water (41)_system_mr – DK"

Driftsaktiviteter ifm. håndtering af vandforurening ved Frederiksberg Forsyning udgør en mindre procentdel af drift-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Construction work (45) - DK' fra databasen EXIOBASE med enheden EUR. Der er brugt 438379,72 EUR ved denne aktivitet.

A4.4 Driftsaktiviteter ifm. vindmøller

I de to scenarier som omhandler vindmøller og undgået elproduktion er følgende model blevet benyttet til at bestemme miljøpåvirkning fra elproduktion fra vindmøller. Samt påvirkning af den potentielt undgåede elproduktion.

Frederiksberg Forsyning producerede i 2021 51.833 MWh strøm fra vind. 2100 MWh går til eget strømforbrug. Desuden indkøbes 1500 MWh grøn vindstrøm fra andre møller. I alt 3600 MWh el brugt i Frederiksberg Forsyning kommer altså fra grøn vindstrøm. Frederiksberg Forsynings direkte elforbrug til "Drift af administration", intern transport, og "Drift af forsyning" har et samlet elforbrug på 2911 MWh i 2021. Det antages derfor at hele Frederiksberg Forsynings elforbrug er dækket af vindstrøm. 49.734 MWh vindstrøm sælges retur til el-nettet. Der regnes med at den returnerede el erstatter et Dansk supply el-mix.

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings vindmøller er modelleret som herunder. Den elektricitet som produceres fra vindmøller er modelleret som strøm der er undgået at bruge, 'Avoided_electricity' – dvs. en negativ værdi. Den undgåede el er modelleret som dansk supply el-mix (se Appendiks A7). Desuden modelleres det at producere strømmen med processen 'electricity production, wind, >3MW turbine, onshore | electricity, high voltage | Cutoff, U - DK'.

Flow	Amount	Unit	Proces
Avoided_electricity_DK_mr	-49734	MWh	Avoided_electricity_DK_mr
electricity, high voltage	51833	MWh	electricity production, wind, >3MW turbine, onshore electricity, high voltage Cutoff, U - DK

A4.5 Driftsaktiviteter ifm. køleproduktion

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings køleproduktion er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er modelleret med processer fra databasen ecoinvent med processer tilsvarende for hver aktivitet og med enheden MJ eller kWh. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk. Her ses køleproduktionen på forskellige lokationer.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces
Køleproduktion CBY - Pasteursvej	20299192,85	MJ	cooling energy, with absorption chiller 100kW cooling energy Cutoff, U_mr - CH
Køleproduktion FFK - Stæhr Johansens vej	387871	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Køleproduktion CBY - Malttorvet	7336	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Køleproduktion CBY - Pasteursvej	57105	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Køleproduktion Køge	118340	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Køleproduktion CBY - J.C. Jacobsens Gade	790365	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
DRIFT Resterende	401882	DKK	Other business services (74)_system_mr - DK
DRIFT Diverse	755335,95	DKK	Other business services (74)_system_mr - DK

A4.6 Driftsaktiviteter ifm. fjernvarme-distribution

Driftsaktiviteter ifm. Frederiksberg Forsynings fjernvarme distribution er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er modelleret med processer fra databasen ecoinvent med processer tilsvarende for hver aktivitet og med enheden MJ eller kWh.

Description	Amount	Unit	Proces
Elforbrug til transmission og distribution	10439	MWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK
Fjernvarmekøb	781602	MWh	FRB_Fjernvarme

Ifølge CTR bruges der ca. 3,23 kWh per GJ varme til transmission af fjernvarme og 0,48 kWh per GJ fjernvarme til distribution. Begge tal er for 2019, som er nyeste år med data fra CTR (https://www.ctr.dk/wp-content/uploads/2020/06/Udviklingen-i-milj%C3%B8deklaration-for-fjernvarme-1990-2019_110520_endelig.pdf)

Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten for FRB_fjernvarme" er et 'grid mix' med forskellige varmekilder. Andel af mixet er baseret på CTRs fjernvarmedeklaration til Frederiksberg Forsyning for 2021. Processerne for at modellere disse er listet i nedenstående tabel.

Brændselstype	%
Affald CO ₂ -neutral andel	14,3%
Affald fossil andel	7,1%
Biogas	0,2%
Bioolie	0,0%
Ei	0,2%
Flis	32,1%
Fuelolie	0,1%
Gasolie	1,2%
Halm	1,8%
Kul	0,2%
Naturgas	6,6%
Træpiller	36,2%
Total	100%

Description	Flow	Provider
Bioolie	heat, central or small-scale, biomethane	market for heat, central or small-scale, biomethane heat, central or small-scale, biomethane Cutoff, U - CH
Biogas	heat, central or small-scale, other than natural gas	heat and power co-generation, biogas, gas engine heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U - DK
Træpiller	heat, central or small-scale, other than natural gas	heat production, wood pellet, at furnace 300kW, state-of-the-art 2014 heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U - CH
Naturgas	heat, district or industrial, natural gas	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical heat, district or industrial, natural gas Cutoff, U - DK
Affald, CO₂-neutral andel	heat, district or industrial, other than natural gas	heat, from municipal waste incineration to generic market for heat district or industrial, other than natural gas heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - DK
Halm	heat, district or industrial, other than natural gas	heat production, straw, at furnace 300kW heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U_mr - RER
Flis	heat, district or industrial, other than natural gas	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - DK
Affald, fossil andel	heat, district or industrial, other than natural gas	heat, from municipal waste incineration to generic market for heat district or industrial, other than natural gas heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - DK
Fuelolie	heat, district or industrial, other than natural gas	heat production, heavy fuel oil, at industrial furnace 1MW heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - CH
Gasolie	heat, district or industrial, other than natural gas	heat production, light fuel oil, at industrial furnace 1MW heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - CH
EI	heat, district or industrial, other than natural gas	heat production, at heat pump 30kW, allocation exergy heat, central or small-scale, other than natural gas Cutoff, U_DK_mr - DK
Kul	heat, district or industrial, other than natural gas	heat and power co-generation, hard coal heat, district or industrial, other than natural gas Cutoff, U - DK

A4.7 Driftsaktiviteter ifm. diverse forsyning

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings er listet herunder. Det ses at alle aktiviteter er modelleret med processer fra databasen Exiobase med processer tilsvarende for hver aktivitet og med enheden EUR. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk.

Input/ Output	Beskrivelse	Procesnavn	Mængde	Enheden
Output	Drift af forsyning_Diverse_Foretningsområder_FF	Drift af forsyning_Diverse_Foretningsområder_FF	1	Item(s)
Input	Drift forbrug, specificerede under FP - FKG, FKV	Construction work (45)_system_mr - DK	132748,11	EUR
Input	Drift forbrug, konteret under Forretningsområder "Entrepreneur"	Construction work (45)_system_mr - DK	630236,93	Item(s)
Input	Værktøj - FF, FJV, FKK, FKV	Machinery and equipment n.e.c. (29)_system_mr - DK Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessories_system_mr - DK	98768,88	EUR
Input	BILER - FJV, FKV		6210,7	EUR

A5 Life-cycle inventory modellering af Drift af kantine

Modulet 'Drift af kantine' er underopdelt indenfor aktiviteterne 'Kantine, kaffe, the', 'Råvarer og frugt' samt 'Diverse' og angiver de respektive aktiviteter for driften af kantine ved Frederiksberg Forsyning.

For de tre underopdelinger er der brugt processer fra EXIOBASE databasen med enheden EUR. Processerne brugt for modellering af driften af kantine er lister herunder:

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces	Database
Kantine, kaffe, the	11925,41	EUR	Beverages	EXIOBASE
Råvarer og frugt	39590,22	EUR	Hotel and restaurant services (55)	EXIOBASE
Diverse	20144,58	EUR	Other business services (74)	EXIOBASE

A6 Life-cycle inventory modellering af Transport

Modulet 'Transport_mr' er underopdelt i 'Befordring_FF', 'Biler_FF', 'Cykler_FF', samt 'Transport_drift_FF' og angiver de respektive aktiviteter inddelt i grupper for transportaktiviteter. Herunder ses inddelingerne af hver under-modul og de inkluderede processer der er brugt for modelleringen af hver aktivitet. Hvert under-modul uddybes yderligere i de følgende afsnit og her forklares ligeledes hvad 1,0 Item(s) indeholder.

Beskrivelse	Mængde	Enhed	Proces
Befordring_FF	1755,16	EUR	Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires
Biler_FF	191067,06	EUR	Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires
Cykler_FF	142,68	EUR	Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires
Transport_drift_FF	1,0	Item(s)	Transport_drift_FF

A6.1 Aktiviteter ifm. befordring

Aktiviteter ifm. befordring dækker over rejseudgifter. Denne udgør en mindre del af transport-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires' fra databasen EXIOBASE med enheden EUR.

A6.2 Aktiviteter ifm. biler

Aktiviteter ifm. biler dækker over reparation af biler ved Frederiksberg Forsyning. Denne udgør en mindre del af transport-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Sale,

maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires' fra databasen EXIOBASE med enheden EUR.

A6.3 Aktiviteter ifm. cykler

Aktiviteter ifm. cykler dækker over reparation af cykler ved Frederiksberg Forsyning. Denne udgør en mindre del af transport-modulet og er derfor ikke underopdelt yderligere. Processen der er brugt for at tilsvare aktiviteten er 'Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires' fra databasen EXIOBASE med enheden EUR.

A6.4 Transport drift

Aktiviteter ifm. drift af Frederiksberg Forsynings køretøjer dækker over benzin-, diesel- samt el- forbrug og er listet herunder.

Diesel og elektricitet er aktiviteterne for at producere 'brændstoffet' og derfor tilføjes også en aktivitet for forbruget/afbrændingen af disse, hvorfra en direkte udledning forekommer. Modelleringen af denne ses i tabellen herunder.

Det ses at alle aktiviteter er modelleret med processer fra databasen ecoinvent. Underopdelingen er foretaget for at tydeliggøre hvorfra miljøpåvirkningen fra transport kommer og hvilke konkrete aktiviteter der ligger til baggrund for disse aftryk.

Beskrivelse	Mængde	Enheden	Proces	Databasen
Diesel, low-sulfur	66	kg	market group for diesel, low-sulfur diesel, low-sulfur Cutoff, U - RER	ecoinvent
Electricity, low voltage	53,574	kWh	market for electricity, low voltage _Scope 2 Cutoff, U_mr - DK	ecoinvent
Forbrug af benzin/diesel + direkte udledning	1,0	l(m(s))	Forbrug af benzin diesel + direkte udledning_mr	ecoinvent

Den direkte udledning er opdelt i følgende processer: Her er volumen af brændstof brugt angivet. Disse er ganget med massefylden for at kunne opgive massen af brændstof brugt.

Beskrivelse	Mængde	Enheden	Proces	Databaser
Forbrug af diesel til maskiner via lageret	5196	kg	market for diesel, low-sulfur diesel, low-sulfur Cutoff, U - CH	ecoinvent
Forbrug af "Aspen"-benzin til småmaskiner	164,25	kg	market for diesel, low-sulfur diesel, low-sulfur Cutoff, U - CH	ecoinvent
Forbrug af diesel til firmabiler	14875	kg	market for diesel, low-sulfur diesel, low-sulfur Cutoff, U - CH	ecoinvent
Forbrug af benzin til firmabiler	2990	kg	market for petrol, low-sulfur petrol, low-sulfur Cutoff, U - CH	ecoinvent
Transport, passagerbil, diesel	24386	m	transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5_excl petrol use, car purchase and maintenance transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5 Cutoff, U_mr - RER	ecoinvent
Transport, passagerbil, benzin	4053	m	transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5_excl petrol use, car purchase and maintenance transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5 Cutoff, U_mr - RER	ecoinvent

A7 Dansk supplier el-mix

Det danske supplier el-mix er modelleret ud fra data for 2021 fra Association of Issuing Bodies (AIB) og deres rapport om "European Residual Mixes 2021" (https://www.aib-net.org/sites/default/files/assets/facts/residual-mix/2021/AIB_2021_Residual_Mix_Results_1_1.pdf). Nedenstående tabel viser det modellerede supplier el-mix.

Supplier mix 2021 for Danmark

Energytype	DK (2021)	LCA process	% modelleret fordeling
RE Unspec	0.1	Ligelig fordelt mellem andre fornybare kilder (RE)	0
RE biomass	2.58	heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.02587
RE Solar	2.21	electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted electricity, low voltage Cutoff, U – DK	0.02216
RE Geo	0		0

RE wind	24.29	electricity production, wind, 1-3MW turbine, offshore electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.24356
RE Hydro	7.75	electricity production, hydro, run-of-river electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.07771
Nuclear	11.04	electricity production, nuclear, pressure water reactor electricity, high voltage Cutoff, U – FR	0.1104
FO unspeci	3.45	Ligelig fordelt mellem andre fossile kilder (FO)	0
FO Hard coal	27.03	heat and power co-generation, hard coal electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.2895
FO lignite	0.33	heat and power co-generation, lignite electricity, high voltage Cutoff, U – DE	0.003534
FO Oil	1.2	electricity production, oil electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.012852
FO Gas	20.01	heat and power co-generation, natural gas, combined cycle power plant, 400MW electrical electricity, high voltage Cutoff, U – DK	0.214313

A8 End-Point indikatorbeskrivelse

Økosystemers kvalitet (en. Ecosystem quality)	Arter tabt; species.year	<p>Indikatoren repræsenterer tabet af arter fra vise økosystemer eller områder som påvirkes negativt. Fjernelse af arter kan skyldes at arter dør eller migrere til andre områder. Der er tale om reversible artstab fordi der ses på tab af arter i et økosystem eller område og fordi et stop i påvirkning kan betyde at arterne vender tilbage igen.</p> <p>Arter tabes ofte ikke pga. en enkelt aktivitet eller virksomhed. I stedet skyldes arttabet påvirkninger fra mange aktiviteter og det er kombination af disse som fører til artstab. Derfor kan en organisation også være ansvarlig for tab af mindre end 1 art. Her skal resultatet tolkes sådan at de påvirkninger som en organisation skaber er ansvarlig for et hvis artstab.</p> <p>Vurderingen af artstab er baseret på miljømodeller for de specifikke påvirkningskategorier. Modellerne er brugt til at beregne hvor mange arter der tabes som funktion af hvor meget pres der er på miljøet.</p> <p>Modellerne beregner dette tab af arter, for alle typer miljøpåvirkninger som har påvirkning på miljøet for alle steder hvor disse miljøpåvirkninger sker som resultat af de ressourcebrug og de emissioner som udledes over hele livscyklus. Da det er en samlet indikator, som virker på tværs af livscyklus og påvirkninger er det heller ikke muligt for indikatoren at specificerer præcis hvilke arter der bliver tabt.</p> <p>Mange miljøpåvirkninger sker først efter at udledningen eller emissionen finder sted. Indikatoren tager højde for dette ved at vise det samlede artstab der sker over tid som resultat af Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021. Det kan f.eks. CO₂ udledninger hvor konsekvenserne først ses om flere år eller udledning af svært nedbrydelige giftige kemikalier som kan påvirke økosystemer langt ud i fremtiden.</p> <p>Indikatoren giver altså en indikation af det samlede artstab som Frederiksberg Forsynings aktiviteter i 2021 står for set på tværs af livscyklus, miljøpåvirkninger og tid før effekten af påvirkninger mærkes. Fordi resultatet er så omfattende er det også behæftet med stor usikkerhed. Det skal derfor ses som en indikation af påvirkningen på miljøet, men kan ikke bruges til at bestemme præcis hvor mange, hvilke og hvor arter påvirkes. Derfor egner indikatoren sig også bedre til sammenligning med andre systemer for at se om artstabet er større eller mindre eller f.eks. som baseline for at se om artstabet falder over tid.</p>
Ressourcer (en. Ressources)	Increased resource costs; US\$	<p>Når ressourcer udvindes så stiger omkostninger ifm. yderligere udvinding af ressourcer. Det kan skyldes at nye ressourcer er svære at udvinde eller fordi den generelle lødighed af ressourcer falder. End-point indikatoren indikerer den forventede stigning i omkostninger til udvinding pga. det ressourceforbrug der forårsages af den vurderede aktivitet</p>

Together with our clients
and the collective
knowledge of our 18,500
architects, engineers and
other specialists, we co-
create solutions that
address urbanisation,
capture the power of
digitalisation, and make our
societies more sustainable.

Sweco – Transforming
society together