



SAMMENLIGNENDE LCA

HYDROMX, PROPYLENGLYKOL OG HEMMES
VANN SOM VARMEOVERFØRENDE VÆSKER



FORBEREDT AV:

JACK GEIBIG | 2. DESEMBER 2019



Denne analysen og rapporten ble utarbeidet for Hydromx Inc. av Ecoform, et miljøkonsulentfirma som er forpliktet til å designe, evaluere og ta i bruk rene produkter og materialer gjennom teknisk og politisk forskning.

Resultatene og konklusjonene i denne rapporten er basert på data gitt til Ecoform av Hydromx, Inc. og dets leverandører. Denne analysen ville ikke vært mulig uten samarbeidet fra individuelle Hydromx, Inc-kunder som frivillig ga casestudiedata og konfidensiell forretningsinformasjon til støtte for dette arbeidet. Ecoform-ansatte vil gjerne takke Hydromx, Inc og dets partnere for deres samarbeid og hjelp i denne analysen. Vennligst rett eventuelle spørsmål eller forespørsler om denne rapporten til følgende:

Ecoform, LLC
11903 Black Road
Knoxville, TN 37932, USA
Jgeibig@ecoform.com

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 OVERSIKT OVER LCA-STUDIE OG MÅL	5
1.1 MÅL FOR LCA.....	5
1.2 TILTENKT BRUK.....	5
1.3 ISO 14040/44 OG PCR- OVERENSSTEMMELSE	5 1.4
KOMMISSJON AV LCA OG PRAKTISJON	5
1.5 RAPPORTERINGSDATO	5
1.6 TILTENKT PUBLIKUM.....	6
1.7 SAMMENLIGNENDE PÅSTAND.....	6
1.8 LCA- VERKTØY OG DATA.....	6
1.9 OBLIGATORISKE ERKLÆRINGER.....	6
2 PRODUKTBEKRIVELSE.....	6
2.1 VARMEOVERFØRENDE VÆSKER	6
2.2 MEKANISMER FOR VARMEOVERFØRING I VÆSKER.....	8
2.3 HTF -KOMPOSISJON.....	9
2.4 TEKNISKE DATA FOR HTFS	10
2.5 ANVENDELSE	11
3 LIVSSYKLUSVURDERING OMFANG.....	11
3.1 LIVSSYKLUS- TILNÆRING	11
3.2 FUNKSJONELL ENHET OG LEVETID FOR REFERANSESERVICE	11
3.3 SYSTEMGRENSER	11 3.3.1
<i>Produktstadium (A1-A3)</i>	<i>12 3.3.2 Levering og</i>
<i>installasjon (A4 -A5).....</i>	<i>13 3.3.3 Bruk Stage (B1-</i>
<i>B7).....</i>	<i>14 3.3.4 Slutt på livet (C1-</i>
<i>C4)</i>	<i>15 3.3.5 Fordeler utover grensen</i>
<i>(D).....</i>	<i>15 3.4</i>
AVSNITTSREGLER	15
3.5 TILDELINGSPROSEDYRER	16
3.6 DATAINNSAMLING OG BEHANDLING AV MANGLENDE DATA	16
3.6.1 <i>Nanomaterialer.....</i>	<i>16</i>
3.6.2 <i>Kaliumfosfat</i>	<i>17 3.6.3</i>
<i>Natriummolybdat</i>	<i>18 3.7</i>
DATAKVALITETSKRAV OG VURDERINGER.....	18
4 KONSEKVENSANALYSE VURDERING AV LIVSSYKLUS.....	20
4.1 LIVSSYKLUSINVENTER OG PÅVIRKNINGSPARAMETRE	20
4.2 LCA- RESULTATER.....	21 4.2.1
<i>Bolig-/ kontorbygg</i>	<i>21 4.2.2</i>
<i>Datasenter ..</i>	<i>22</i>
5 ANALYSE AV LCA-RESULTATER.....	23
5.1 DOMINANSANALYSE	23
5.1.1 <i>Hydromx</i>	<i>23 5.1.2</i>
<i>Tradisjonelle HTFer.....</i>	<i>24</i>
5.2 SAMMENLIGNENDE ANALYSE.....	26
5.3 SENSITIVITETSANALYSER	27
5.3.1 <i>Varmeoverføring % effektivitet</i>	<i>27</i>

5.3.2 HTF-levetid.....	29	5.3.3
Energikilde.....	30	5.4
FORUTSETNINGER		32
5.5 BEGRENSNINGER OG USIKKERHETER.....		33
6 YTTERLIGERE MILJØINFORMASJON	34	
7 REFERANSER	35	
APPENDIKS A – DATASETTE FOR LIVSSYKLUSINVENTER	36	
VEDLEGG B – KASSESTUDIER OG BRUKSCENARIER.....	37	
APPENDIKS C – LCA-RESULTATER.....	42	
APPENDIKS D – DOMINANSANALYSE SUPPLERENDE DATA.....	48	
APPENDIKS E – HYDROMX-SPEKIFIKASJONER	49	
APPENDIKS F – GABI-MODELLER	50	

1 OVERSIKT OVER LCA STUDIE OG MÅL

Hydromx, USA er en ledende produsent av en innovativ, nanoteknologibasert varmeoverføringsvæske (HTF) for lukket krets varme- og kjølesystemer. Ved å bruke en proprietær nanoteknologibasert formel, bruker HydromxPG® (Hydromx) proprietære nanopartikler for å øke det totale overflatearealet som er tilgjengelig for varmeoverføring, noe som resulterer i høyere varmeoverføring og en generell reduksjon i systemets energiforbruk. Hydromx er en liten erstatning for typiske vann- og glykolbaserte væskesystemer. Hydromx er produsert i henhold til internasjonale standarder som ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, ISO 22000:2005 og OHSAS 18001:2007.

For å vurdere den generelle miljøprestasjonen til deres nanoteknologibaserte væske, har Hydromx USA bestilt denne LCA-studien for å evaluere ytelsen til Hydromx sammen med andre tradisjonelle varmeoverføringsvæsker (HTF-er) under forskjellige scenarier. Denne rapporten dokumenterer detaljene i den studien sammen med analyse av resultatene.

1.1 Mål for LCA

Målet med denne studien er å evaluere de komparative livssykluspåvirkningene til Hydromx-varmeoverføringsvæsken, så vel som de av tradisjonelle hemmet vann- og propylenglykolbaserte blandinger under to vanlige bruksscenarier: bolig/kontor og datasentre. Ytterligere mål er å informere om fremtidig produktforbedring fra Hydromx, USA og å evaluere de relative bidragene fra bruksfasen til den totale livssykluspåvirkningen for varmeoverføringsvæsker som Hydromx. Denne LCA ble utført i samsvar med ISO 14040/14044, Environdec PCR for Efficient Heat Transfer Fluids for Heating and Cooling (2017-04), og det tilhørende NSF-tillegget til Environdec Heat Transfer Fluid PCR – Nord-Amerika.

1.2 Tiltenkt bruk

Resultatene av studien vil bli brukt internt for å støtte fremtidig produktforbedring, og for å informere om opprettelsen av en EPD for eksternt kommunikasjon. Selv om ingen er planlagt på dette tidspunktet, kan denne studien også brukes til å støtte fremtidige komparative miljøpåstander fra Hydromx, USA.

1.3 ISO 14040/44 og PCR-samsvar

Denne LCA er utført i samsvar med følgende veiledningsdokumenter:

- ISO 14040 og ISO 14044,
- ISO 21930 (2007), og
- Internasjonalt EPD-program PCR for Heat Transfer Fluids og NSF Addendum (2019)

Som kreves av ISO, har denne analysen blitt kritisk gjennomgått av en tredjepart og funnet å være i samsvar med veiledningen ovenfor.

1.4 Kommissær for LCA og Practitioner

Denne LCA-studien ble bestilt av Hydromx, USA. Ecoform, LLC fikk kontrakt for å utføre LCA-modellering av HTF-ene og for å dokumentere resultatene av studien i denne LCA-bakgrunnsrapporten og påfølgende EPD. Jack Geibig, president for Ecoform fungerte som prosjektleder for denne analysen.

1.5 Rapporteringsdato

Denne LCA ble gjennomført i 2019 og et utkast til rapport ble utarbeidet for gjennomgang i mai 2019. Den endelige rapporten ble ferdigstilt og publisert i desember 2019.

1.6 Tiltent målgruppe

Den tiltente målgruppen for denne LCA-rapporten er for intern produktutvikling av Hydromx, USA, og for bruk i ekstern business-to-business kommunikasjon gjennom publisering av en EPD.

1.7 Sammenlignende påstander

Denne studien er ment å evaluere den komparative miljøprestasjonen til de ulike HTF-ene under typiske scenarier. Som sådan kan denne LCA brukes til å legge grunnlaget for fremtidige komparative påstander mellom Hydromx-baserte væsker og tradisjonelle hemmet vann- og propylenglykolbaserte væsker. Som kreves av ISO 14044, har denne analysen gjennomgått en grundig gjennomgang av et eksternt ekspertpanel.

1.8 LCA-verktøy og data

Inventaret for LCA-studien er basert på produksjonstillene for 2018 for Hydromx, ved Hydromx, USAs produksjonsanlegg i New York, USA. Nøyaktigheten av dataene som er gitt for studiens formål er Hydromx, USAs ansvar. Denne LCA ble modellert med GaBi 9.2-pakken ved å bruke Service Pack 39, den nyeste versjonen av GaBi-databasen og påvirkningsfaktorer.

1.9 Nødvendige erklæringer

Denne LCA er utført i samsvar med ISO 14040/14044 og ISO 21930:2007. For å støtte komparative påstander, er denne LCA ment å støtte produksjonen av en EPD som oppfyller alle sammenlignbarhetskrav angitt i ISO 14025:2006. Sammenlignbarhet av EPD-er er begrenset til de som bruker en funksjonell enhet. Det kan imidlertid fortsatt eksistere forskjeller i visse forutsetninger, datakvalitet og variabilitet mellom LCA-datasett. Som sådan bør det utvises forsiktighet ved evaluering av EPD-er fra forskjellige produsenter eller programmer, siden EPD-resultatene kanskje ikke er helt sammenlignbare. Enhver EPD-sammenligning må utføres på byggeverksnivå i henhold til ISO 21930:2017 retningslinjer. Resultatene av en EPD relatert til denne rapporten gjenspeiler en gjennomsnittlig ytelse for produktet, og dets faktiske virkninger kan variere fra sak til sak

2 PRODUKTBESKRIVELSE

2.1 Varmeoverføringsvæsker

På grunn av den lave kostnaden og den brede tilgjengeligheten, er vann den mest brukte varmeoverføringsvæsken i verden i varme- og kjølesystemer. Det er også en relativt god væske for å lette varmeoverføring i klimakontrollsystemer. Bruken av vann som varmeoverføringsvæske har imidlertid begrensninger. For eksempel gjør den høye frysetemperaturen til vann det uegnet for bruk i kaldere klima der det kan fryses. Bruk av vann kan også lette korrosjon i noen systemer, noe som gjør bruk av et kjemisk hemmende tilsetningsstoff til en nødvendighet. Til tross for disse begrensningene, er vann fortsatt et populært valg for de fleste bruksområder på grunn av dets brede tilgjengelighet og lave kostnader.

Glykolbaserte væsker brukes i varmeoverføringsapplikasjoner i form av etylenglykol eller propylenglykol. Valget av det ene eller det andre kan være definert av lokale krav og/eller spesifikke bruksområder. I de fleste varmeoverføringsapplikasjoner er imidlertid propylenglykolbaserte væsker det beste valget blant glykolene på grunn av deres overlegne varmeoverføringseffektivitet, deres generelle lave viskositet og relativt godartede natur sammenlignet med deres etylenbaserte motstykker. Glykolbaserte varmeoverføringsløsninger foretrekkes fremfor vann i kaldt klima på grunn av dets evne til å fungere under frysetemperaturer. Propylenglykol varmeoverføringsvæsker selges vanligvis som produktkonsentrater som skal fortynnes til ønsket konsentrasjon i henhold til behovene til systemet og klimaforholdene på stedet. Imidlertid har propylenglykolbaserte HTF-er også begrensninger, hovedsakelig på grunn av dens høyere viskositet, noe som resulterer i tap av varmeoverføringseffektivitet sammenlignet med vann på opptil 10 %.

Vann- eller propylenglykolbaserte væsker blir rutinemessig supplert med kjemiske hemmere, en kategori av kjemiske tilsetningsstoffer designet for å hemme korrosjon og kalkoppbygging i et system. Mens inhibitorer kan bestå av en rekke kjemikalier, faller de vanligvis inn i noen få grunnleggende kategorier basert på den generelle bruken og forholdene til systemet. For denne analysen ble en fosfatinhibitor evaluert for både vann- og propylenglykol-HTF-ene på grunn av dens kompatibilitet med disse HTF-ene, og tilgjengeligheten av eksisterende livssyklusdata.^{1,2} Konsentrerte propylenglykolprodukter inneholder typisk 2-5 % inhibitorinnhold i konsentrat, mens for systemer som bruker vann, tilsettes en fosfatinhibitor typisk under installasjonen for å oppnå en systemkonsentrasjon på mellom 1-3 %.

I motsetning til typiske HTF-er, er Hydromx® en revolusjonerende varmeoverføringsnanofluid som bruker Nano-Thermo™-teknologi. Hydromx® bruker nanopartikler som er suspendert i en stabil tilstand for å øke hastigheten på varmeoverføringen, ved å varme opp (eller fjerne varme fra) væsken og overføre energi på kortere tid sammenlignet med tradisjonelle vannbaserte systemer, og krever dermed betydelig mindre energi. Uansett hvilken energikilde, eller hvor effektiv kjelen eller kjøleren er, forbedrer Hydromx® effektiviteten til hele systemet ved å overføre energi mer effektivt.

Videre er Hydromx® formulert med inhibitorer som hindre korrosjon, forkalkning og alger i systemene. Den er sertifisert under BuildCert Chemical Inhibitor Approval Scheme for å hindre korrosjon av metall- og plastdeler, og forhindre oppskalering av systemet, spesielt kjelen.

Denne studien evaluerer livssyklusytelsen til hver av disse HTF-ene, spesifikt hemmet vann, propylenglykol og Hydromx. Systemsammensetningen i bruk av hver HTF er presentert i avsnitt 2.4, tabell 1.



Figur 1 - Hydromx 250 Gal Tote (945 L)

1 Dowfrost MSDS, tilgjengelig online 9. september 2019. <http://www.chemworld.com/v/vspfiles/assets/images/sds-dowfrost.pdf>

2 Arctic Snow MSDS, tilgjengelig online 9. september 2019. <https://www.g2solutionsco.com/wp-content/uploads/Arctic-Snow-30-96-I-SDS-FINAL.pdf>

2.2 Mekanismer for varmeoverføring i væsker

Mekanismene for varmeoverføring i væsker er kompliserte og er gjenstand for hele bøker. Selv om det er utenfor rammen av denne studien å beskrive disse mekanismene i detalj, er diskusjonen som følger et forsøk på å gi en kort forklaring på hvordan tilsetning av nanopartikler til en HTF kan hjelpe til med den generelle ytelsen til systemet.

For å få en forståelse av fordelene til forskjellige HTF-er, hjelper det å først forstå hvordan væsker oppfører seg. Oppførselen til væsker ble en gang beskrevet av Sir Isaac Newton, som observerte at de fleste væsker har en konstant strømming, eller viskositet, som endres bare med endringer i trykk eller temperatur. En slik væske er vann, som når det varmes opp med økende temperatur til slutt vil bli til en gass (damp), eller når det avkjøles under 32 grader Fahrenheit vil bli et fast stoff. Men mellom disse to ytterpunktene oppfører vann seg i hovedsak det samme uavhengig av temperatur. Slike væsker omtales som newtonske væsker.³

Noen væsker oppfører seg imidlertid annerledes, og reagerer på stresstilstander ved å vise en endring i viskositet. Disse væskene blir ofte referert til som ikke-newtonske væsker. Et bemerkelsesverdig eksempel på en slik væske er en blanding av maisstivelse og vann, som til tross for at den flyter som vann når den helles, vil stivne betydelig under omrøring. Væsker som reagerer på fysisk skjæring ved å bli tykkere, for eksempel med maisstivelse, kalles reopetiske væsker.⁴

Varmeoverføring i væsker oppnås vanligvis primært gjennom konvektiv eller ledende varmeoverføring. Konvektiv varmeoverføring er definert som varmeoverføring på grunn av massebevegelsen av molekyler inn væsker.⁵ Væsker med lav viskositet maksimerer den konvekutive overføringen av varme ved å sirkulere raskere gjennom systemet. Den raske sirkulasjonen gjør at molekyler kan sykle gjennom varme/kjølesyklusen med en større hastighet, noe som øker effektiviteten til varmeoverføringen.

Imidlertid benytter ikke-newtonske væsker seg av en andre form for varmeoverføring, ledning. Konduktiv varmeoverføring er overføring av varme gjennom kollisjon av partikler. Når det utsettes for stress forårsaket av turbulensen som oppleves under ikke-laminære strømningsforhold, vil rommet mellom molekylene stramme seg, og øke viskositeten til væsken, og dermed øke varmeoverføringen som skjer gjennom ledning.⁶ Sammenlignet med de andre tradisjonelle HTF-ene, det mye høyere spesifikke overflatearealet til nanopartikler har effekten av å forbedre den kumulative varmeoverføringen av de konvekutive og ledende mekanismene.

En studie av egenskapene til Hydromx bestilt fra et uavhengig laboratorium⁷, forsøkte å evaluere ytelsen til Hydromx sammenlignet med vann og etylenglykol, en annen type HTF

³ RheoSense. Åpnet 9. september 2019. <https://www.rheosense.com/applications/viscosity/newtonian-non-newtonian>

⁴ Naturvitenskapelig læringscenter. Åpnet 9. september 2019. <https://www.sciencelearn.org.nz/resources/1502-non-newtonian-fluids>

⁵ Wikipedia, åpnet 9. september 2019. <https://en.wikipedia.org/wiki/Convection>

⁶ Wikipedia, åpnet 9. september 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conduction

⁷ Assael, M. Hydromx Properties Investigation. November 2013 http://www.galaxyens.com/reports/certificates/HYDROMX_PROPERTIES_INVESTIGATION_REPORT.pdf

ligner på propylenglykol. Studien utførte tester for å bestemme viktige fysiske egenskaper til nanovæsken, og for å vurdere ytelsen til Hydromx i forhold til andre HTF-er for både konveksjon og ledningsvarmeoverføring under kontrollerte laboratorieforhold. Blant konklusjonene fremhevet forfatteren følgende:

1. Sammenlignet med vann over null grader Celsius, viste Hydromx konvektiv varme overføre nesten det dobbelte av vann til tross for en mye lavere varmeledningsevne. Dette til tross for at testingen ble gjort i et statisk kar. Forfatteren konkluderer med at dette sannsynligvis skyldes "forbedringen av varmeoverføringen som tilskrives nanopartikler" og at "nanofluiden sannsynligvis vil være mye bedre i virkelige applikasjoner" under turbulent strømning.
2. Sammenlignet med en 50 % blanding av etylenglykol og vann, (en annen glykolbasert HTF), Hydromx viste en nesten identisk varmeledningsevne til det etylenbaserte alternativet i laboratorietester. Imidlertid konkluderer forfatteren med at nanopartikkelvæsken forventes å bære varme bedre i virkelige applikasjoner på grunn av dens mye lavere viskositet.

Studien ovenfor karakteriserte ytelsen til HTF-ene i en enkel laboratorietesting. Det kan imidlertid være vanskelig å karakterisere de termiske og fysiske mekanismene til en HTF i et operativsystem på grunn av kompleksiteten i væskens bevegelse i et begrenset miljø. I virkelige applikasjoner skjer oppvarming eller avkjøling i et system under tvungne turbulente strømningsforhold, preget av strømninger med et Reynolds-tall på over 4000. Under turbulent strømning dannes mikronnivåvirvler (dvs. virvler). Virvler oppstår for det meste vertikalt i forhold til strømmen og bremser den konvektive termiske overføringen i newtonske væsker. Men med nanofluider virker slike virvler for å forbedre interaksjonen mellom nanopartikler, som til gjengjeld forbedrer den ledende overføringen av varme, og de generelle termiske egenskapene til væsken.

For ytterligere informasjon om dette emnet, vennligst se de oppførte sitatene eller en mer omfattende tekst om fluidmekanikk som oppleves under turbulent strømning.

2.3 HTF-sammensetning

HTF-er selges ofte som konsentrater designet for å fortynnes med vann ved installasjon for å oppfylle de spesifikke kravene til det konstruerte systemet. Mengden fortynning som kreves for å danne den ønskede HTF-blanding kan variere avhengig av forholdene som oppleves på stedet (f.eks. minusgrader), formålet med varmeoverføringssystemet og de forventede driftsparametrene. Fortynning utføres vanligvis med kran, avionisert eller destillert vann, avhengig av parametrene til den spesifikke HTF konsentrere.

Sammensetningene til hver av HTF-ene evaluert i denne studien er presentert i tabell 1. Disse sammensetningene gjenspeiler blandingene som ble dannet etter fortynning under installasjonen av HTF-en (noen ganger referert til "som brukt"), og inkluderer tilstedeværelsen av inhibitorer som beskrevet i Avsnitt 2.1.

Tabell 1. Sammensetning av HTF-blandinger etter fortynning (vekt%)

Komponenter	Hydromx	Hemmet	
		Vann	Propylenglykol
Vann	65 %	97 %	58,3 %
Propylenglykol	26 %	-	40 %
Glyserin	3 %	-	-
Natriummolybdatdihydrat	< 1 %	-	-
Triazol	< 0,5 %	-	-
Kaliumfosfat	-	3 %	1,7 %
Nanotilsetningsstoffer (proprietær)	< 5 %	-	-

For å oppnå de ovennevnte blandingene krever Hydromx og propylenglykol HTFer begge fortynning ved installasjon. For Hydromx spesifiserer produsenten en 50 % fortynning av konsentratet under alle omstendigheter. På samme måte ble det propylenglykolbaserte konsentratet fortynnet med vann for å skape et 40 % glykolinnhold i den resulterende HTF-blandingen, en konsentrasjon som er i stand til å møte kravene til steder over det meste av det kontinentale USA.8

Enhetsprosesserstrømmer for hver av de evaluerte HTF-ene er presentert i vedlegg B. En fullstendig materialliste er gitt per 1 kvadratmeter temperaturkontrollert plass for hvert av scenariene som er evaluert, sammen med det kumulative energiforbruket over den evaluerte bruksperioden .

2.4 Tekniske data for HTF-er

Tekniske data for HTF-ene som er evaluert i denne studien er presentert i tabell 2. Ytterligere tekniske data for Hydromx er presentert i vedlegg E.

Tabell 2 Tekniske data for HTF-blanding (som brukt)

Tekniske spesifikasjoner	Hydromx (50 %)a	Hemmet Vann	Propylen Glykol (40 %) b
Farge	Blå	Klar	Grønn
pH	8.20-8.80	7	6,0-8,0
Frysepunktet	- 47 °C	0°C	-35 °C
Kokepunkt	120°C	100°C	105°C
Tetthet (kg/L)	1,065	0,998	1.055
Viskositet (cP) (ved 20°C)	7.2	1	18.5

^a Hydromx datablad. Tilgang på nettet 22. juni 2019. www.Hydromx.com B Dowfrost Engineering and Operating Guide. s.9. www.dow.com

8 Dowfrost ingeniør- og driftsveiledning. s.9. Åpnet 9. september 2019 på https://www.dow.com/en-us/document_viewer.html?randomVar=6633862461868932376&docPath=/content/dam/dcc/documents/en-us/app-tech-guide/180/180-01286-01-engineering-og-driftsguide-for-dowfrost-and-dowfrost-hd.pdf

2.5 Anvendelse

HTF-er brukes ofte i lukkede varme- og kjølesystemer designet for å kontrollere den indre temperaturen i bygninger. Alle HTF-ene er drop-in-erstattere for hverandre innenfor et gitt system eller sted.

3 LIVSSYKLUSVURDERING OMFANG

3.1 Livssyklustilnærming

Livssykluspåvirkninger i en rekke menneskers helse- og miljøkategorier ble evaluert for bygninger som bruker HTF-baserte systemer. For å lette sammenligninger ble tre separate HTF-er evaluert under lignende bruksforhold ved å bruke to typiske bygningsscenarier: bolig/kontor og datasentre. Hvert av disse scenariene var basert på casestudiedata samlet inn under virkelige forhold. En beskrivelse av hvert av disse scenariene er presentert i avsnitt 3.3.3 og i vedlegg B. For hvert scenario ble virkningene knyttet til produksjon, transport, bruk og endelig deponering av Hydromx og andre alternative HTF-er beregnet for å evaluere deres miljø- og innvirkning på menneskers helse. Resultatene ble deretter brukt til å evaluere deres komparative ytelse.

Livssyklusanalysen ble utført ved bruk av versjon 9.2 av GaBi Life-Cycle Software. Primærdata ble samlet inn og brukt for alle prosesser kontrollert av Hydromx, USA. Data for de gjenværende livssyklusprosessene for Hydromx og for de andre HTF-alternativene ble hentet fra offentlig tilgjengelig sekundærdata fra GaBi og Ecoinvent. Spesifikke livssyklusberegninger og konsekvenskategorier som er evaluert er presentert i avsnitt 4.1. En liste over alle dataregistreringer er presentert i vedlegg A. Forutsetninger og usikkerheter knyttet til denne studien er presentert i avsnitt 5.4 og 5.5.

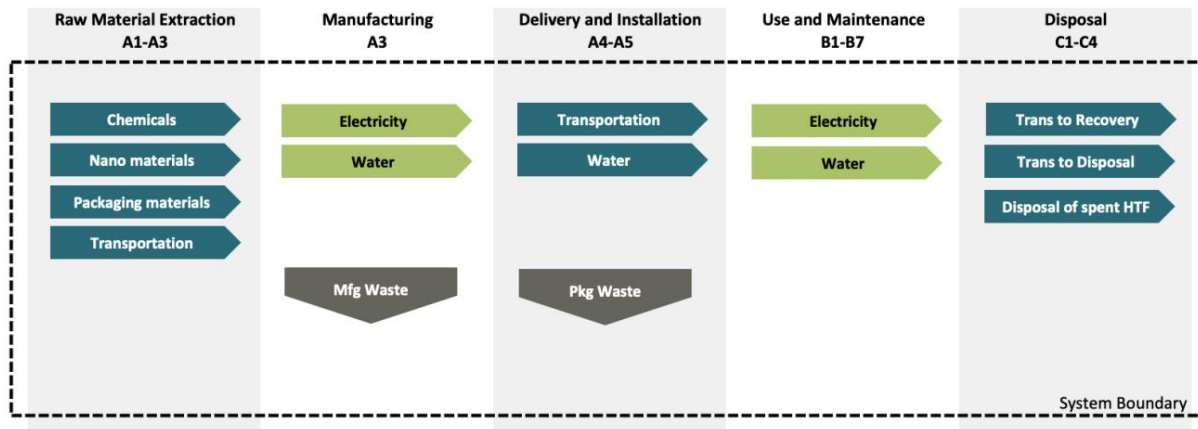
3.2 Funksjonell enhet og referanselevetid

En funksjonell enhet er definert av ISO 21930:2007 som den kvantifiserte ytelsen til et produktsystem for et byggeprodukt som brukes som referanseenheter i en EPD basert på LCA. For HTF-er skal den funksjonelle enheten være 1 kvadratmeter temperaturkontrollert gulvareal, som kreves av NSF-tillegget til det internasjonale EPD-systemet PCR for Heat Transfer Fluids.

Varmeoverføringssystemer i bygninger er ensartet lukket sløyfe, og bevarer den inneholdte HTF-en i lang tid. HTF-er byttes sjelden ut bortsett fra i tilfelle systemfeil, reparasjon som resulterer i tap av væske eller lekkasje. Imidlertid blir de periodisk rebalansert kjemisk for å opprettholde ytelsen. Som et resultat anses alle HTF-ene å ha en referanselevetid på 20 år.

3.3 Systemgrenser

Systemgrensen for denne Cradle-to-Grave-studien er avbildet i diagrammet nedenfor. Individuelle livssyklusmoduler diskuteres mer detaljert senere i denne delen. Alle vesentlige miljøaspekter i livssyklusen var i omfang og evaluert. Totalt sett deler dette omfanget ned livssyklusen i følgende stadier: produktproduksjon, design og installasjon, produktbruk og utløp. Stadier er ytterligere brutt ned og rapportert etter moduler.



Figur 2. Systemgrense for analyse.

3.3.1 Produktstadium (A1-A3)

Dette stadiet tar for seg oppstrøms utvinning og prosessering av råvarer, transport av materialene til produksjonsstedet og produksjonen av selve produktet. Dette inkluderte spesifikt:

- Utvinning og prosessering av råvarer
 - Generering av vann og energiinnsatser
 - Produksjon av emballasjemateriale som kreves for transport
 - Transport av materialer til produsentens gate
 - Avfall som genereres under materialbehandling •
- Produksjon av produktet
- Avfall som genereres under produksjon, inkludert emballasjeavfall.

Råvarer brukt i produksjonen av hver HTF ble identifisert gjennom opprettelsen av en materialliste for hvert alternativ. Alle elementære strømmer ved ressursuttak er inkludert i denne studien. Etablerte sekundære datasett ble deretter identifisert og brukt til å modellere hver av HTF-ene. Sekundærdata for dette prosjektet ble alle hentet fra de nyeste versjonene av enten GaBi Professional- eller Ecoinvent-databasene, etter behov. Spesifikke datasett brukt i denne studien er oppført individuelt i vedlegg A, og vurderes uavhengig for kvalitet i avsnitt 3.7.

Råvarer til Hydromx ble hentet fra en rekke kilder regionalt. Alle kilder er innenfor en radius på 100 mil fra produksjonsanlegget i New York, og ble fraktet med lastebil til produksjonsstedet. Transport ble modellert ved å bruke sekundære transportdata fra GaBi i en avstand beregnet for hver ingrediensleverandør. Siden propylenglykol også er en komponent i Hydromx-væsken, ble det antatt at propylenglykolen for propylenglykol HTF også ble hentet fra samme leverandør under det samme transportscenarioet. Vann som brukes til fortykning eller som grunnlag for hemmet vann HTF er vanligvis hentet fra lokalt vann fra springen, og derfor ble det ikke transportert

regnet ut. Både produksjon av vann og behandling av brukte HTF-utslipp ble ansett som mellomstrømmer og ble dermed modellert.

Hydromx er produsert ved hjelp av en enkel blande-prosedyre. Råvarer blir først dispensert i de nødvendige mengder i en tank, blandet sammen og til slutt pakket for salg og forsendelse. Det dannes ikke noe avfallsprodukt under produksjonen av produktet. Den konsentrerte Hydromx-løsningen fortynnes deretter 50/50 på stedet med vann under installasjonen for å danne Hydromx HTF-blanding som gitt i tabell 1. Produktproduksjonsdata ble hentet direkte fra Hydromx for 2018-produksjonen.

Propylenglykol HTF'er produseres også ved å bruke en lignende blandings- og pakkeprosess som Hydromx. Primære data for produksjon av propylenglykol HTF-er var imidlertid ikke direkte tilgjengelige for evaluering. Gitt at prosessene som benyttes av Hydromx, USA er typiske for produksjon og pakking av enkle kjemiske blandinger, ble dataene innhentet fra Hydromx ansett som representative og dermed brukt til å evaluere propylenglykol HTF. Ingen produksjon var nødvendig eller modellert for vann-HTF, da blanding av inhibitoren med vannet gjøres under installasjon i varmeoverføringssystemet.

Hydromx sendes primært i Intermediate bulk container (IBC), omgitt av et forsterket galvanisert stålbur. Et bilde av emballasjen vises i figur 1. Selv om denne emballasjen rutinemessig returneres og gjenbrukes for fremtidige bestillinger, ble emballasjen evaluert i denne analysen som kreves av PCR. Det ble i denne analysen antatt at tilsvarende emballasje ble brukt for propylenglykol HTF.

Tabell 3. Materialsammensetning av gjenbrukbare IBC-vesker - 945 L (250 Gal)

Komponenter	Masse
HDPE	37,1 kg
Galvanisert stål	18,5 kg

Energiinngangen til Hydromx var basert på produksjon av energi i New York-regionen i landet. Produksjonen av propylenglykol HTF ble modellert ved å bruke det amerikanske energinettet siden produksjonsstedet kan være en hvilken som helst region i USA.

3.3.2 Levering og installasjon (A4-A5)

Levering av Hydromx-konsentrat til stedet skjer vanligvis med lastebil, men kan også sendes internasjonalt. En transportavstand på 620 miles ble brukt som grunnlag for transportmodelleringen til stedet, som foreslått i PCR.

Installasjon innebærer å tømme systemet for tidligere væske som ble brukt til varmeoverføring, hvis noen, og deretter spyle og etterfylle systemet med den valgte HTF. Under installasjonen fortynnes Hydromx-konsentratet til en blanding av 50 % Hydromx og 50 % vann fra springen. Likeledes blir den propylenglykolbaserte HTF også fortynnet med vann fra springen for å oppnå en 40 % konsentrasjon av propylenglykol, mens den inhiberte vannet HTF lages ved å tilsette en kjemisk inhibitor til vann for å oppnå en 3 % systeminhibitorkonsentrasjon.

Vanligvis eksisterer varme- eller kjølesystemet allerede, og som sådan er systemet og dets konstruksjon utenfor rammen av denne studien.

3.3.3 Bruksstadium (B1-B7)

Bruksfasemoduler inkluderer bruk, vedlikehold, reparasjon og utskifting av produktet hvis det blir nødvendig. For bruk av HTFer inkluderer dette spesifikt:

- Energi som forbrukes under driften av varme- eller kjølesystemet
- Vedlikehold av HTF-sammensetning og volum.

For å vurdere energien som forbrukes under driften av systemet som kan tilskrives HTF-er, ble to forskjellige scenarier evaluert:

- Bolig/kontor
- Datakontrollsenter.

Scenariene ble valgt for å representere spesifikke brukssektorer for HTF-er. Disse scenariene er forskjellige i brukerbruk, timer med forventet drift av varme- eller kjølesystemet og andre viktige faktorer. Nøkkelparametere for hvert av scenariene er presentert i tabell 4.

Tabell 4. Livssyklusscenarier – bygningstyper

Parameter	Scenarier for livssyklusevaluering	
	Bolig/kontor	Datasenterb
Total anleggsstørrelse (m2)	200	350
Energibruk (kWh/år)		
- Hydromx	10 300	122 200
- Glykol/vann	14.920	176 900
- Vann	13.500	160 000
Driftsperiode (år)	20	20
Systemvolum (liter)	140	2400
Systemdrift (timer/dag)	8	24

a Scenario basert på profil av typisk amerikansk hjemmeforbruk¹ US Energy Information Administration, 2016.

b Datasenterscenario basert på HBO-kasusstudie i vedlegg B.

Boligscenariet var basert på US Energy Information Administration-profilen for typisk amerikansk energiforbruk i hjemmet i 2016, mens en casestudie av et Home Box Office-anlegg (HBO) fungerte som grunnlag for datasenterscenarioet. Bruk fase energiforbruk verdier for tradisjonelle HTFer var beregnet ved bruk av veletablerte ingeniørfaktorer, mens en rekke casestudier i felt ble brukt for å etablere energibruksverdier for Hydromx. Ytterligere detaljer om utviklingen av disse scenariene, inkludert en liste over individuelle casestudier som er utført, en komplett stykkliste (BOM) for hver HTF etter scenario, og eksempelberegninger for prosessinnndata er presentert i vedlegg B. Energi forbrukt i bruksfasen av livssyklusen ble modellert ved hjelp av det nasjonale energinettet i USA.

Vedlikehold av HTF innebærer periodisk å kontrollere nivået og kvaliteten på HTFen og foreta justeringer når det er nødvendig. Justeringer involverer vanligvis enten tilsetning av væske for å gjenopprette lavere nivåer på grunn av utilsiktet systemlekkasje, eller rebalansering av væskesammensetningen dersom den skulle ha blitt noe forringet. Nedbrytning kan oppstå fra volumtap, eller fra reaksjoner som involverer dannelse av belegg eller små mengder slam over tid. Slik rebalansering forekommer sjelden og volumet av kjemikalie som brukes under slik balansering er minimalt og anses som ubetydelig for denne studien. Som plassholder ble imidlertid 0,1 % volumbruk per år tatt med i analysen for å ta hensyn til slike potensielle aktiviteter.

Varmeoverføringsvæsker krever vanligvis ikke utskifting eller reparasjon i løpet av systemets levetid, med mindre det oppstår en systemfeil. Som sådan blir disse modulene ikke evaluert i denne analysen. På grunn av den lukkede karakteren til typiske varme- og kjølesystemer, og sammensetningen av HTF-er, forekommer ingen vesentlige utslipp som kan tilskrives bruk av HTF-er i bruksfasen.

3.3.4 Slutt på livet (C1-C4)

HTF-er blir vanligvis ikke kastet med mindre det er en lekkasje, forurensning eller en endring i væsketypen. I stedet for, under drift av systemet, kontrolleres væsknivået og kvaliteten med jevne mellomrom, og justeringer gjøres når det er nødvendig, som beskrevet i avsnitt 3.3.2.

Skulle et system tømmes (f.eks. under ettermontering eller utskifting), fanges væske vanligvis opp og beholdes for senere bruk. Hvis væsken anses å være utgått, kan den kastes i henhold til produsentens veiledning. I denne analysen ble både den propylenglykolbaserte HTFen og Hydromx vurdert til å gjennomgå behandling ved EOLF som farlig avfall, mens det inhiberte vannet HTF ble kastet trygt til avløp. Transport til behandling ble modellert, der det var hensiktsmessig, men var ikke nødvendig for det inhiberte vannet.

3.3.5 Fordeler utover grensen (D)

Ingen fordeler utover grensen kreves eller modelleres i denne LCA.

3.4 Avskjæringsregler

Avskjæringskriteriene for alle strømmer i aktivitetstrinn som vurderes innenfor systemgrensen, er i samsvar med avsnitt 4.2.3 i referanse-PCR. Spesifikt ble avskjæringskriteriene brukt som følger:

- Alle innganger og utganger som data er tilgjengelige for er inkludert i de beregnede effektene, og ingen innsamlede kjerneprosessdata er ekskludert for noen av de evaluerte HTFene.
- Alle energi- og materialtilførsler, inkludert emballasje, har blitt vurdert i denne analysen, som påkrevd i PCR.
- Hydromx og de alternative HTF-ene inneholder ikke noe med vilje tilføyde innhold som er pålagt å rapportere i henhold til forskrift.

Kategoriske ekskluderinger inkluderer følgende utelatte prosesser:

- Menneskelig aktivitet og personalrelatert aktivitet (f.eks. reiser, kontordrift)
- Kapitalvarer og infrastruktur

- Utstyr for varme/kjølesystem som inneholder HTF-ene.
- Energi- og vannbruk knyttet til bedriftsledelse eller salgsaktiviteter

3.5 Tildelingsprosedyrer

Det er ingen biprodukter i produksjonen av Hydromx, derfor ble ikke tildeling av samprodukt utført. Transport av råvarer kjøpt av Hydromx fordeles etter kilde i henhold til innkjøpt masse. For produksjonen av Hydromx ble det ikke gitt noen allokering for energi- eller vannforbruk da produsenten ga produktspesifikke data. For sammenligningsformål, tildeling for propylenglykol brukt i glykol/vann-blandinger utføres på en måte i samsvar med tildelingsprosedyrene for Hydromx. Tildeling av resirkulert eller resirkulerbart materiale skjer etter prinsippet om at forurenser betaler. Alle andre tildelingsprosedyrer som ble brukt i studien var i samsvar med de som kreves for ISO 14040/14044.

3.6 Datainnsamling og behandling av manglende data

Data var nødvendig for å informere om denne vurderingen av HTF-er. For Hydromx ble primærdata brukt for alle prosesser under direkte kontroll av selskapet, som representerer 2018-data. Der det var tilgjengelig, ble leverandørdata brukt for råvarer brukt i produksjonen av produktet. Hvis ikke tilgjengelig, ble sekundærdata fra 2019-utgivelsen av GaBi-databasen, eller fra Ecoinvent versjon 3.5 brukt. Sekundærdata ble brukt for alle ikke-produksjonsstadier.

Både de propylenglykolbaserte og hemme vann-HTF-ene ble vurdert ved å bruke produktformuleringer utledet direkte fra offentlig tilgjengelige data for faktiske produkter. Begge formuleringene, som nevnt, er typiske for formuleringer som for tiden brukes i varmeoverføringsapplikasjoner på markedet, og anses som sådan som representative produkter innenfor klassen. Gitt at innsamling av primærdata for disse representative produktene ikke var mulig, ble bransjegjennomsnittsdata brukt for å karakterisere produktproduksjon. Se avsnitt 3.3.1 for ytterligere detaljer.

Hydromx bruksfasedata ble hentet fra et samlet sett med casestudier fra faktiske installasjoner, vist i vedlegg B. Disse dataene ble brukt til å konstruere og informere scenarier for å modellere bruksfasen, og opprettelsen av disse er beskrevet i detalj i avsnitt 3.3.3 og vedlegg B.

Noen av de evaluerte HTFene inneholdt kjemikalier som det ikke finnes livssyklusdata for. I slike tilfeller ble kjemikalier modellert ved å bruke surrogatkjemikalier (eller proxy) valgt for deres strukturelle likhet, lignende funksjon, og der det er mulig ved bruk av kjemikalier som etterligner prosessen der de syntetiseres. Hvis det ikke er identifisert noe passende surrogat, ble det som en siste utvei bestemt en gjennomsnittlig lagerprofil fra andre kjemikalier som har en identisk funksjon (f.eks. ikke-ioniske overflateaktive stoffer). Spesifikke kjemikalier som proxy-data ble brukt for er identifisert og diskutert videre i denne delen.

3.6.1 Nanomaterialer

Det er ingen offentlig tilgjengelige data for karbon nanomaterialer som ligner de som brukes i Hydromx. Et søk i eksisterende offentlig tilgjengelige databaser og henvendelser til ThinkStep etter data tilgjengelig for kjøp klarte ikke å identifisere slike materialbeholdninger. Et søk i publisert LCA-forskning klarte heller ikke å identifisere en studie som utnyttet inventar av karbonbaserte nanopartikler som ligner på de som ble brukt i væskene.

I stedet for slike data ble carbon black valgt som en proxy basert på følgende:

- Den er laget av samme materiale (karbon) som brukes i nanomaterialene. ligner
- Størrelse på carbon black (8-100 ⁹ på karbonnano-partikler (1-100 nm)¹⁰
- Begge er laget ved hjelp av energikrevende prosesser.

Ingen annen potensiell proxy ble identifisert som passende, gitt den relative mangelen på inventardata for slike materialer. Massen av materialene ble antatt å være lik.

3.6.2 Kaliumfosfat

Det er ingen tilgjengelige data spesifikke for produksjon av kaliumfosfat, så det ble modellert. Produksjonen av kaliumfosfat er beskrevet fra følgende ligning:



Molekylvektene til forbindelsene er 149,09 g/mol for ammoniumfosfat, 74,55 g/mol for kaliumkloridet og 212,27 g/mol for kaliumfosfat.

Produksjonen av kaliumklorid kan finnes i Fertilizers Europe-databasen (i GaBi):

- Kaliumklorid (KCl/MOP, 60 % K₂O), agg

Produksjonen av ammoniumfosfat kan finnes i Gabi-databasen som:

- Diammoniumfosfat (DAP, 18 %N, 46 % p₂O₅), agg

Enhetsprosessene kan representeres som:

Tabell 5. Modellering av kaliumfosfat

	Prosess/Materiale	Mengde	Enheter
Utganger	kaliumfosfat (modellert)	212,27	kg
Innganger	Diammoniumfosfat (DAP, 18 %N, 46 % p ₂ O ₅), agg	149,09	kg
	Kaliumklorid (KCl/MOP, 60 % K ₂ O), agg	223,65	kg

⁹ AdityAberla, Carbon Black 101. Tilgang på nett 9. september 2019 på <https://birlacarbon.com/whats-trending/carbon-black/>

¹⁰ Avansert mikroanalytisk, nano- og nanopartikkeltestlaboratorium. Tilgang 9. september 2019 kl

<https://www.advancedmicroanalytical.com/AMAServices.aspx?mode=serv&ID=23&bcl=2&qclid=Cj0KCQjwuNbsBRCARIsAAzITufYXCb0oV6IAE9kntpP9nbtIjcvw48J8x4UzBwN>

3.6.3 Natriummolybdat

Det er ingen tilgjengelige data spesifikke for produksjon av natriummolybdat. Det var heller ikke mulig å modellere natriummolybdat direkte fra eksisterende datasett da det ikke finnes tilgjengelige livssyklusinventarer for kjemikalier som inneholder molybden. Som sådan ble en fullmektig søkt.

Natriummolybdat fungerer som en inhibitor for korrosjon. Potensielle proxyer inkluderer de som er egnet for bruk i varmeoverføringssystemer. Etter et søk i tilgjengelige livssyklusdatasett ble ingen eksisterende data spesifikke for forbindelser brukt for korrosjonshemmende forbindelser identifisert. Som sådan ble det bestemt at kaliumfosfat ville være den mest passende proxy for natriummolybdat i Hydromx HTF, av følgende grunner:

- Kaliumfosfat er en vanlig brukt korrosjonsinhibitor for glykolbaserte HTFer, inkludert Hydromx.
- Molekylvekten er lik den for natriummolybdat.
- Ingen annen potensiell proxy ble identifisert som passende, gitt den relative mangelen på inventar.

Modelleringen av kaliumfosfat er beskrevet i avsnitt 3.7.2. Molekylvekten til kaliumfosfat er 212,27 g/mol mens molekylvekten til natriummolybdat er 205,92 g/mol. Inventarinngangen ble justert for å ta hensyn til forskjellen i masse før input i modellen.

3.7 Datakvalitetskrav og -vurderinger

Individuelle data brukt i denne analysen er vurdert i henhold til kravene i ISO 14040/14044 [4],[5] og ISO 21930:2017 [6] som kreves av det internasjonale EPD-programmet PCR [2], som krever at inventardataene er så representativt (teknologisk, geografisk og tidsspesifikk), fullstendig, konsistent, reproducerbar og transparent som mulig med hensyn til målet og omfanget av studien.

Datakrav for denne LCA er listet opp og vurdert basert på representativitet (teknologidekning, geografisk dekning, tidsdekning), fullstendighet, konsistens, reproducerbarhet, transparens og usikkerhet i tabell 6. Individuelle datasett er detaljert og datakvaliteten vurdert i tabellene i vedlegg A. Den samlede datakvaliteten i denne analysen anses som god.

Tabell 6. Datakvalitetskrav og vurdering.

Datakvalitet Krav	Datakvalitetsvurdering
Tid Dekning	Primære produksjonsdata for prosesser kontrollert direkte av Hydromx, USA, ble rapportert for 2018. Disse dataene ble også brukt som bransjegjennomsnittsdatabaser for produksjon av propylenglykolbasert HTF, som beskrevet i detalj i avsnitt 3.3.1 og 3.6. Sekundærdata for alle HTF-er ble hentet fra de siste utgivelsene av GaBi Professional og Ecoinvent-databasene, alle utgitt i løpet av de siste 3 årene. Samlet sett er dataene svært representative for den aktuelle tidsperioden.
Geografisk Dekning	Det geografiske omfanget av produksjonsdataene for produksjonen av Hydromx er New York. Produksjonen av alle andre alternative HTF-er antas å være i New York for å lette sammenligningen. Produksjonsenergi er hentet fra New Yorks regionale nett, mens bruksfaseenergi hentes fra nasjonalt nett. Se avsnitt 5.3.3 for resultatene av en analyse av følsomheten til denne LCA for kilden til bruksfaseenergi. Andre materialer med få unntak er basert på amerikansk produksjon, det samme er transport. Samlet sett anses den geografiske dekingen som meget god.
Teknologi Dekning	Hydromx og den propylenglykolbaserte HTFen er begge produsert ved hjelp av en enkel blandings- og pakkeprosess. Data brukt i modelleringen ble alle hentet fra prosesser som ble ansett som representative for dagens teknologi. Sekundærdata som representerer produksjonen av lokalt distribuert vann som kreves under installasjonen av HTF-ene, er nyere og representerer for tiden brukte teknologier. Samlet sett er dataene representative for teknologien som brukes.
Presisjon	Primærdata brukt for denne studien ble målt direkte fra produksjonsprosesser. Sekundærdata ble hentet fra GaBi LCI-databaser hentet fra Thinkstep. Presisjonen til individuelle LCI-datasett er vurdert og rapportert i vedlegg A. Den generelle presisjonen til dataene som brukes i denne LCI-en er høy.
Fullstendighet	Alle relevante materialinngangs- og utgangsstrømmer er modellert for hver av HTFene som er evaluert i denne studien. Ingen inngående eller utgående strømmer er ekskludert. Bransjeaksepterte verdier for relativt energiforbruk under bruk er godt etablert og ble brukt for propylenglykol og hemmet vann. Disse verdiene ble bekreftet ved å bruke publiserte data fra eksisterende merkevarenavn. Mens en lignende verdi for nanobaserte HTF-er ennå ikke er etablert, ble casestudier brukt for å karakterisere den relative effektiviteten til Hydromx HTF. Samlet sett er alle nødvendige data og verdier modellert og dermed anses helheten i studien som god.
Representant ness	Representativiteten til data reflekterer i hvilken grad individuelle datasett reflekterer den sanne populasjonen av interesse. LCI-datasett for hver HTF vurderes individuelt for representativitet i vedlegg A. Mens surrogat- eller proxy-kjemikalier ble brukt for tre HTF-bestanddelene som mangler tilgjengelige LCI-data, ble den totale påvirkningen av bruken av disse surrogatkjemikalierne på studien vist å være svært lav. Samlet sett anses representativiteten til data brukt for denne studien som høy.
Konsistens	For å sikre konsistens ble forutsetninger om modellering og datavalg brukt enhetlig på tvers av alternativer, der det var aktuelt. For eksempel ble kjemikalier som er felles for flere alternativer (f.eks. propylenglykol) modellert som levert av samme kilde. Produksjonsenhetsprosesser som ligner på produksjon av kjemikaliebaserte HTF-er ble modellert ved å bruke primærdataene samlet inn fra Hydromx, som ble ansett som representative for alle blandingprosesser, og så videre. Strømmer som er felles for forskjellige HTF-er, ble modellert jevnt og konsekvent for å begrense variasjonen i funnene.
Reproduserbarhet	Intern reproduserbarhet er mulig siden dataene og modellene er lagret og tilgjengelig i Gabi verktøysett for modelleringsprogramvare brukt av Ecoform. Ekstern reproduserbarhet er også mulig, basert på det høye nivået av åpenhet som tilbys gjennom hele rapporten. Enhetsprosesser rapporteres for hver HTF i vedlegg B sammen med eksempelberegninger for utviklingen av strømmene. Viktige primære (produsentspesifikke) og sekundære (generiske) LCI-datakilder er oppsummert i vedlegg A. En omfattende diskusjon om antagelser som er gjort er også gitt i avsnitt 5.4. Modelleringsdiagrammer er gitt i vedlegg F.
Åpenhet/ Kilde	Modelleringsaktivitet og LCI-datasett avsløres transparent i prosjektrapporten, inkludert datakilder (se vedlegg A og B).
Usikkerhet	Majoriteten av dataene som brukes i denne prosessen er veldefinerte datasett i veletablerte offentlige databaser. Imidlertid ble surrogatdata for et lite antall kjemikalier brukt for å representere kjemikalier/materialer som det ikke fantes data for. I alle tilfeller er bidraget fra kjemikaliet til den totale sammensetningen lite, og derfor er virkningen av slike surrogater nødvendigvis liten. I tillegg introduserer bruken av casestudier for å kvantifisere den forventede energieffektiviteten til Hydromx et element av usikkerhet knyttet til bruken av empiriske data og et lite antall prøver. Selv om tilnærmingen til casestudier har fordeler og observerte resultater er rimelig gruppert, er påvirkningen av disse dataene på de samlede resultatene av denne studien betydelig, og dermed er den samlede vurderingen for usikkerhet middels til høy.

4 KONSEKVENSANALYSE AV LIVSSYKLUS

Virkninger for en rekke nøkkelmiljø- og ressurskategorier for HTF-ene presenteres for hvert av de evaluerte bruksscenariene. Resultatene gjenspeiler påvirkninger knyttet til livssyklusproduktkjeden i samsvar med omfanget av lagerdataene, beskrevet i del 3.

4.1 Livssyklusinventar og påvirkningsparametere

Resultatene av LCA er rapportert ved å bruke påvirkningskategorier spesifisert i PCR, presentert i tabell 7. Effekterresultater er beregnet ved å bruke TRACI 2.1 karakteriseringsfaktorer, med mindre annet er angitt.

Tabell 7. Livssykluspåvirkningskategorier – TRACI 2.1

Forkortelse	Parameter	Enheter
AP	Forsuringspotensial	kg SO2 ekv
EP	Eutrofieringspotensial	kg N ekv
GWP	Potensial for global oppvarming	kg CO2 ekv
ODP	Nedbryting av stratosfærisk ozonlag	kg CFC-11 ekv
POCP	Fotokjemisk ozonskapingpotensial	kg O3 ekv
ADP- Fossil	Abiotisk uttømming av ressurser – Fossilt brensel	MJ overskudd

Viktig merknad: Resultatene som presenteres i denne rapporten er relative uttrykk og forutsier ikke innvirkning på kategoriendepunkter, overskridelse av terskler, sikkerhetsmarginer eller risiko.

Livssyklusindikatorer spesifisert i PCR er oppført i tabell 8 for kategorier knyttet til ressursbruk og avfall. Disse verdiene, beregnet og rapportert etter scenario for hver HTF, presenteres etter modul i vedlegg C.

Tabell 8 – Livssyklusindikatorer

Forkortelse	Parameter	Enhet
Materielle ressurser		
RPRM	Fornybare ressurser brukt som råstoff	kg
RPRE	Fornybare ressurser brukt som energi	MJ
NRPRM	Ikke-fornybare ressurser brukt som materialer	kg
NRPRE	Ikke-fornybare ressurser brukt som energi	kg
FE	Fossil energi	MJ
VERE	Bioenergi 1	MJ
OE	Annen energi	MJ
FW	Netto bruk av ferskvann	m ³
DW	Direkte vann brukt av kjerneprosesser	m ³
SM	Sekundære ressurser brukt som materialer	kg
RSF	Fornybare sekundære drivstoff	MJ, netto brennverdi
RE	Gjenvunnet energi	MJ, netto brennverdi
LU	Landbruk	Acre
Utstrømnings- og avfallsparametere		
HW	Farlig avfall	kg
NHW	Ikke-farlig avfall	kg
RW	Radioaktivt avfall	kg
RGSW	Slipper ut til grunn- og overflatevann	m ³
RIA	Slipper ut til inneluft	kg
MR	Materialer for gjenvinning 1	kg

Energiinnholdet i biomasse inkluderer ikke det som brukes til fôr eller mat.

4.2 LCA-resultater

Virkninger for en rekke sentrale miljø- og ressurskategorier for HTF-ene presenteres for hvert av de to bruksscenariene. I hvert scenario gjenspeiler resultatene virkningene knyttet til temperaturkontroll av 1 kvadratmeter plass. Hvert av scenariene ble konstruert fra data ved bruk av casestudier fra den virkelige verden. Ytterligere beskrivelser av hvert scenario og casestudiedataene som er brukt er presentert i vedlegg B. Komplette livssyklus- og inventarresultater er brutt ut og rapportert av livssyklusmodul i vedlegg C.

Kritiske analyser av de komparative resultatene for hvert scenario er presentert i kapittel 5, inkludert en dominansanalyse i kapittel 5.1, og analyser av modellens sensitivitet for viktige faktorer i kapittel 5.3. Det er viktig å merke seg at LCIA-resultater som vises i denne delen er relative uttrykk og forutsier ikke innvirkning på kategoriendepunkter, overskridelse av terskler, sikkerhetsmarginer eller risiko.

4.2.1 Bolig-/kontorbygg

Varmeoverføringsvæsker brukes ofte i systemer for å kontrollere innetemperaturen i bebodde bygninger. Belastningen på slike systemer er avhengig av ulike faktorer, hvorav mange er like i bolig- og næringsbygg. Delte faktorer inkluderer okkupasjon av bygningen i lange perioder, den

kontinuerlig behov for å opprettholde et komfortabelt klima for beboerne, og potensielt tap av oppvarming og kjøling under inn- og utstigning av bygningsbeboere og bruk av vinduer. På grunn av disse likhetene er begge disse bygningstypene representert i et kombinert scenario basert på et typisk 200 kvadratmeter stort bolighus med et energibruk på 13 500 kWh. Ytterligere detaljer om dette scenariet er presentert i avsnitt 3.3.3 og i vedlegg B.

Livssyklus-effekter ble evaluert for hver av HTF-ene under dette scenariet og er presentert i tabell 9 nedenfor. Livssyklusresultater er delt opp etter livssyklustrinn og etter modul i vedlegg C.

Tabell 9. Livsløpseffekter – Bolig/kontor

LCA-kategorier		Hydromx	Hemmet	
			Vann	Propylenglykol
Forsuring	(kg SO ₂)	1,69	2,21	2,45
Eutrofiering	(kg N ekv.)	0,0713	0,093	0,103
Global oppvarming	(kg CO ₂)	600	784	869
Nedbryting av ozon	(kg CFC)	2.01E-10	-4.20E-11	1.46E-10
Photochem Ozon Creation	(kg O ₃ ekv.)	14.1	18.4	20.4
Abiotisk uttømming - Fossil	(MJ Surplus)	589	766	851

4.2.2 Datasenter

Datasentre er bygningsrom dedikert til boligbanker av elektroniske servere. Varme generert av kontinuerlig serverdrift krever kjølesystemer som er i stand til å opprettholde strenge klimaforhold over lengre perioder med serverdrift. I dette scenariet ble HTF-er evaluert for et datasenter på 350 kvadratmeter som utnytter 160 000 kWh energi for et HTF-system med vannhemmet grunnlinje. Dette scenariet ble konstruert ved å bruke parametere som ligner de i HBO-casestudien presentert i vedleggene til denne rapporten. Ytterligere detaljer om dette scenariet er presentert i avsnitt 3.3.3 og i vedlegg B i denne rapporten

Livssyklus-effekter ble evaluert for hver av HTF-ene under dette scenariet og er presentert i tabell 10 nedenfor. Livssyklusresultater er delt opp etter livssyklustrinn og etter modul i vedlegg C.

Tabell 10. Livssyklus-effekter – Datasenter

LCA-kategorier		Hydromx	Hemmet	
			Vann	Propylenglykol
Forsuring	(kg SO ₂)	11.5	15	16.6
Eutrofiering	(kg N ekv.)	0,484	0,63	0,699
Global oppvarming	(kg CO ₂)	4.070	5.310	5.890
Nedbryting av ozon	(kg CFC)	2.07E-09	-2.84E-10	1.57E-09
Photochem Ozon Creation	(kg O ₃ ekv.)	95,4	124	138
Abiotisk uttømming - Fossil	(MJ Surplus)	4000	5.190	5.770

5 ANALYSE AV LCA-RESULTATER

Resultatene av livssyklussekvensvurderingen viser tydelig miljøpåvirkningene knyttet til hver av HTFene under spesifikke forhold. I hvert av scenariene ser det ut til at bruken av Hydromx gir betydelige miljøfordeler i forhold til de andre tradisjonelle HTF-ene. For å forstå hvorfor den relative ytelsen til Hydromx er bedre, kreves det en dypere analyse av ytelsen til systemet og driverne for den ytelsen.

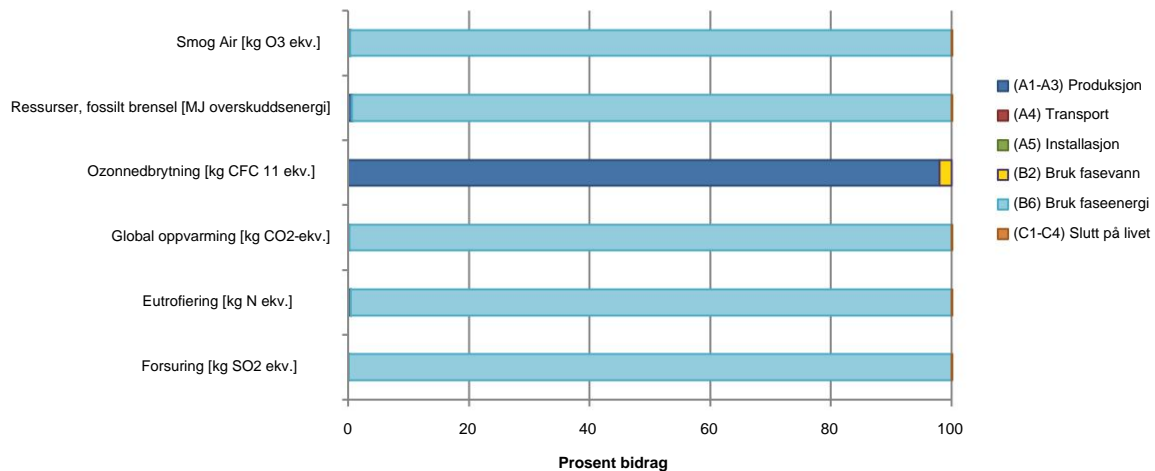
5.1 Dominansanalyse

For å få innsikt i miljøpåvirkningene rapportert i kapittel 4.2, ble det utført en dominansanalyse for de evaluerte HTFene for å fastslå hvilke livssyklusstadier og strømmer som bidrar til flertallet av påvirkningene. Selv om denne delen kun fokuserer på bolig-/kontorscenarioet, gir analyse av datasenterscenarioet lignende konklusjoner. Diagrammer for datasenterscenarioet er presentert i vedlegg E.

5.1.1 Hydromx

Ved å bruke Hydromx som en grunnlinje, presenterer figur 3 bidraget fra individuelle livssyklusstadier til hver av de seks evaluerte miljøpåvirkningskategoriene.

Noen få konklusjoner kan trekkes direkte fra figuren. For fem av de seks kategoriene er det klart at påvirkningene nesten utelukkende skyldes den totale energien som forbrukes av klimakontrollsystemet (HVAC) i bruksfasen av livssyklusen. For disse kategoriene utgjorde energien i bruksstadiet minimum 93 prosent av påvirkningene for hver kategori, og bidro med mer enn 99 % prosent av påvirkningene i alle kategoriene for ikke-ozonnedbryting. Dette funnet er ikke uventet gitt systemets energiintensive natur under bruk, og produktets relative levetid over tid.

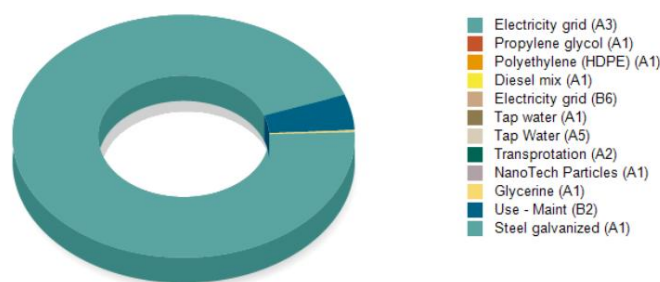


Figur 3. Hydromx-påvirkninger etter LC-trinn (% bidrag) – Bolig/Kontor

Mens varmeoverføringsvæsken tjener en viktig funksjon i den effektive driften av systemet, oppnår den sin funksjon passivt, uten å utløse direkte forbruk av materialer eller drivstoff, og dermed begrense deres potensielle innflytelse. Snarere er verdien av en overlegen ytelse HTF at den letter

mer effektiv overføring av varme, noe som i realiteten reduserer driftstiden til et system og dets tilhørende drivstofforbruk. Betydningen av denne dynamikken for den generelle livssyklusen kan ikke overvurderes. Som vist i avsnitt 5.3, blir energiforbruket i bruksfasen dominerende etter bare noen få måneders drift, og etter to års drift står det for godt over 90 % av påvirkningene i nesten alle kategorier. Det er derfor ikke overraskende å se mer enn 99 % av påvirkningene som følge av bruksfasen for HTFer med en levetid som rutinemessig strekker seg over et tiår.

Konsekvenskategorien for ozonnedbrytning er det eneste unntaket. I motsetning til de andre kategoriene er den ikke avhengig av energiforbruket i bruksfasen. Faktisk bidrar ikke energiforbruket i bruksfasen på noen målbar måte til ozonnedbrytning, som måles i klorfluorkarbon-11-ekvivalenter. Snarere, som vist i figuren, er ozonnedbrytningen primært drevet av bidragene fra oppstrøms produksjonsstadiet (A1-A3), og i mindre grad de fra bruk-vedlikeholdsstadiet (B2). Bidragene fra individuelle strømmer og prosesser i disse stadiene er presentert i figur 4 nedenfor.



Figur 4. Hydromx-prosesser som bidrar til ozonnedbrytning – bolig/kontor

Det viktigste bidraget til kategorien ozonnedbrytning er fra galvanisert stål, som brukes til å lage beskyttelsesburet for de store veskene som brukes til å transportere produktet. Galvanisert stål fra transportemballasjen står også for bidraget til ozonnedbrytningen fra bruk-vedlikeholdsfasen, som står for de periodiske tilleggene som gjøres til HTF for å holde den i drift effektivt.

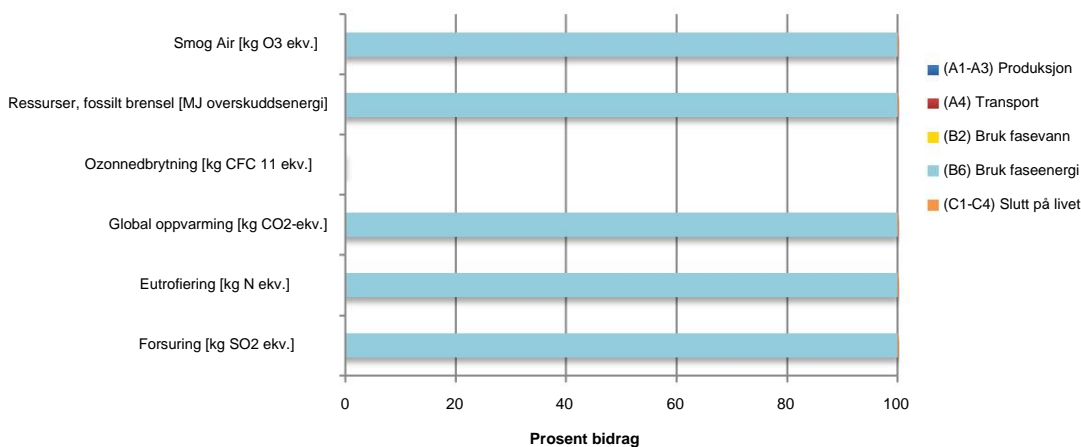
I hvilken grad stål driver denne kategorien er først overraskende gitt at veskene kun brukes i transport, og blir jevnt gjenbrukt når de er tømte. Et enkelt bur bruker omtrent 18 kg stål for en 945 L (250 gal) tote, som vist i tabellen i avsnitt 3.3.1. Det er imidlertid slik at ingen andre produktstrømmer bidrar til og med minimalt til ozonnedbrytningskategorien, noe som gjør de relativt små bidragene fra stålet dominerende. Til dette punktet er det ingen andre strømmer i analysen som bidrar med mer enn 0,1 prosent til denne kategorien.

5.1.2 Tradisjonelle HTFer

Resultater for de tradisjonelle HTF-ene, propylenglykolbasert og hemmet vann ble beregnet og kartlagt for analyse. Bidragene fra hemmet vann til utvalgte miljøpåvirkningskategorier, rapportert etter livssyklusmodul, er presentert i figur 5. Et andre diagram for propylenglykolbasert HTF er presentert i figur 6.

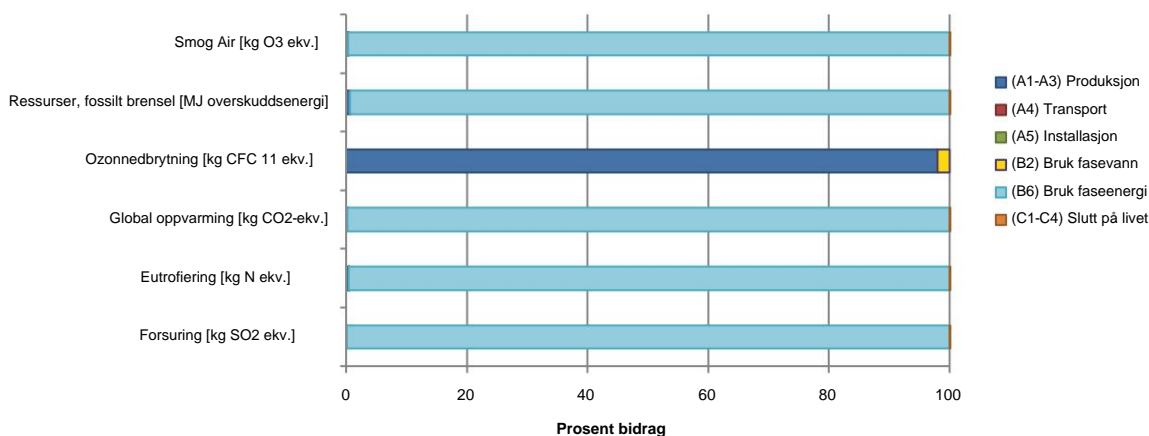
På samme måte som analysen for Hydromx, domineres alle ikke-ozonnedbrytningskategoriene av produksjonen av energi som forbrukes i bruksfasen. Bidrag til alle kategorier varierte over 99

prosent. Fraværet av oppstrømspåvirkninger knyttet til produksjon av kjemikalier, produksjon av produkt eller transport til installasjonsstedet, som ikke er nødvendig for at et hemmet vann kollektivt skal virke for å øke påvirkningen av eventuelle bruksfasepåvirkninger. Selv om dette blir litt oppveid av produksjon av hemmende middel og økt produksjon av vann, gjør det liten forskjell i noen av analysene gitt den relativt lille mengden inhibitor, godartet vannproduksjon og den generelle dominansen av energiforbruk over bruksfasen.



Figur 5. Vannpåvirkning etter LC-trinn (% bidrag) – Bolig/Kontor

Den mest slående forskjellen til Hydromx-profilen er igjen i kategorien ozonnedbrytning. Mens bidrag til ozonnedbrytning for Hydromx nesten utelukkende ble drevet av produksjon av galvanisert stål, er det ingen slike krav til bulkemballasje i et hemmet vannsystem, og produksjon av springvann innebærer ingen muligheter for utslipp av klorfluorkarbon. Faktisk viste modellen ikke noe vesentlig bidrag til ozonnedbrytning, og registrerte en samlet nettokreditt til kategorien.



Figur 6. Glykol/vannpåvirkning etter LC-trinn (% bidrag) – bolig/kontor

En oversikt over bidrag til ulike livssykluspåvirkningskategorier for et propylenglykolsystem er presentert i figur 6. Diagrammet er nesten identisk med det for Hydromx-alternativet. Dette er i del a

resultat av parameterne som ble brukt i denne modelleringsøvelsen. Gitt den komparative karakteren til denne studien, likhetene mellom de to kjemisk-baserte HTF-ene (f.eks. begge inneholder propylenglykol og er konsentrater som krever betydelig fortynning), og tilgjengeligheten av primærdata for Hydromx, ble det antatt at mye av produksjonen av propylen glykolbasert HTF ble gjort på en måte som er identisk med den til Hydromx. Disse forutsetningene ble gjennomgått av industriprodusenter og vurdert som troverdige (f.eks. lignende produksjonsprosesser, forsendelsescontainere osv.). Gitt ovenstående forventes det at eventuelle forskjeller i prosentandel mellom systemene vil komme fra påvirkningen av unike kjemiske bestanddeler i formuleringene. Imidlertid, som det ble sett i avsnitt 5.1.1, hadde formuleringkjemikalier liten merkbar innflytelse på eventuelle påvirkninger. Som sådan forventes likhetene i de to systemene når det gjelder dominans. Ytterligere analyse av figur 6 vil gi funn som ligner på de som er rapportert i avsnitt 5.1.1 for Hydromx, og identifiserer lignende drivere med bare subtile forskjeller i prosentandel.

5.2 Sammenlignende analyse

Forståelsen av livssyklusresultatene presentert i avsnitt 4.2.1-4.2.2 forbedres ved å sammenligne resultatene til Hydromx for hvert scenario direkte med resultatene til de andre HTF-alternativene. En slik sammenligning er presentert i tabell 11 nedenfor.

Tabell 11. Sammenlignende resultater av Hydromx vs. andre HTF-er – bolig/kontor

LCA-kategorier	Bolig/kontor		Datasenter	
	Vann	Propylen Glykol	Vann	Propylen Glykol
Forsuring (kg SO ₂)	26,7 %	36,7 %	26,4 %	36,3 %
Eutrofiering (kg N eq)	26,4 %	36,4 %	26,2 %	36,3 %
Global oppvarming (kg CO ₂)	26,6 %	36,6 %	26,4 %	36,5 %
Nedbryting av ozon (kg CFC)	-306 %	-31,7 %	-263 %	-27,5 %
Photochem Ozon Creation (kg O ₃ eq)	26,5 %	36,5 %	26,1 %	36,5 %
Abiotisk uttømming - Fossil (MJ Surplus)	26,1 %	36,4 %	25,9 %	36,2 %

Den miljømessige ytelsen til Hydromx er gunstig sammenlignet med den til propylenglykol eller hemmet vann. Sammenlignet med hemmet vann, er nettofordelene med Hydromx større enn 26 prosent for alle påvirkningskategorier, mens fordelene nærmer seg 36 prosent sammenlignet med en propylenglykol-basert HTF. Dette skyldes påvirkningen av energiforbruket i bruksfasen på de samlede påvirkningene i en kategori. Denne påvirkningen fortsetter å vokse med driften av systemet over tid, og utgjør til slutt mer enn 96 % av påvirkningene av en hvilken som helst kategori (se avsnitt 5.1) ettersom den relative påvirkningen fra andre stadier blir minimert i løpet av den 20-årige produktets levetid.

Over tid konvergerer nettofordelene med energispareverdiene i bruksfasen fastsatt i vedlegg B, ettersom disse verdiene definerte den relative effektiviteten av energiforbruket i bruksfasen til de evaluerte HTF-ene. Graden av konvergens for en bestemt påvirkningskategori avhenger av den relative størrelsen på bidragene fra de andre livssyklusstadiene, mens omfanget av konvergens er avhengig av lengden på produktets bruksfase. Denne dynamikken er uavhengig av scenariet som er evaluert. Nettoeffekten av HTFs effektivitet av varmeoverføring på totale livssykluspåvirkninger er vurdert i en sensitivitetsanalyse i

Avsnitt 5.3.2. Konvergenshastigheten for dette produktsystemet ble vurdert i en sensitivetsanalyse av HTFs levetid, detaljert i avsnitt 5.3.2.

Det er også verdt å merke seg at de forventede resultatene var funksjonelt identiske uavhengig av scenario. Det er viktig å merke seg at verdiene presentert i tabell 9 er prosentforskjeller mellom HTF-resultater, og ikke absolutte verdier. Faktiske påvirkningsresultater for hver HTF, etter scenario, er rapportert i tabell 7 og 8 i seksjoner 4. Selv om de faktiske påvirkningsverdiene i disse tabellene varierte betydelig etter scenario, konvergente prosentforskjellene mellom verdiene rapportert for HTF-er til verdiene diskutert i forrige avsnitt. Dette viser at nøkkelparametrene for å evaluere de relative miljøfordelene til enhver HTF i et bestemt system, nøkkelparametrene er effektiviteten til varmeoverføringsvæsken og systemets totale energibruk. Det er usannsynlig at de relative resultatene av denne studien vil variere vesentlig med andre faktorer representert i scenariet (f.eks. systemvolum, områdetemperaturkontrollert rom).

Det eneste unntaket fra denne trenden er i kategorien ozonnedbrytning. Sammenlignet med propylenglykol-baserte HTF-er, er bruken av Hydromx praktisk talt identisk når det gjelder påvirkninger, med en liten forskjell på mindre enn 0,5 prosent. Imidlertid presterer både propylenglykol og Hydromx vesentlig dårligere enn vann, med en forskjell som nærmer seg 99 prosent. Som vist i figur 5, viste modellen ingen vesentlige bidrag til ozonnedbrytning, noe som sikrer at eventuelle ozonnedbrytende utslipp fra andre systemer ville resultere i høyere enn normale komparative forskjeller. Faktisk skyldes de eneste utslippene av CFC 11 i noen av de andre HTF-ene en komponent i emballasjen som er nesten jevnt gjenbrukt. Som et resultat, mens det vannbaserte systemet klart er å foretrekke med hensyn til ozonnedbrytning, er 200+ prosent økning i ozonnedbrytningspotensialet vist i tabell 9 er mye mer å gjøre med nesten mangel på utslipp fra vannsystemet, enn noe betydelig utslipp som er et resultat av produksjonen av en av de kjemisk-baserte HTF-ene.

Totalt sett resulterer bruken av den nanoteknologibaserte Hydromx i en betydelig miljøfordel i forhold til andre varmeoverføringsalternativer, uansett scenario. Størrelsen på nettofordelene vil sannsynligvis være direkte påvirket av den samlede størrelsen på energiforbruket i bruksfasen.

5.3 Sensitivetsanalyser

På grunn av dominansen av bruksfasen i vurderingen av livssyklus-effekter av disse HTF-ene, ble det utført en rekke sensitivetsanalyser for å bedre forstå påvirkningen av nøkkelparametere. Spesifikt ble analyser utført på virkningene av de viktigste HTF-parametrene for levetid, kilde til energiproduksjon og prosent effektivitet av varmeoverføring av HTF. Disse analysene er rapportert og diskutert mer detaljert i denne delen.

5.3.1 Varmeoverføring % effektivitet

Den relative effektiviteten til Hydromx sammenlignet med andre tradisjonelle HTF-er ble etablert gjennom en serie casestudier presentert i vedlegg B. Disse casestudiene innebar typisk måling av ytelsen til Hydromx i virkelige applikasjoner der ytelsen (dvs. energiforbruk) til systemet ved hjelp av en tradisjonell HTF er etablert og kan fungere som en baseline. Etter at Hydromx er erstattet med systemet, måles ytelsen over tid direkte, og den relative effektiviteten til Hydromx i forhold til grunnlinjen kan beregnes. Dette skaper et øyeblikksbilde av ytelsen til Hydromx, under de spesifikke betingelsene for prøveperioden.

Mens bruk av casestudier kanskje er den beste måten å direkte vurdere ytelsen til Hydromx, under en rekke virkelige forhold, når de kombineres med andre casestudier, skaper de samlede resultatene en rekke forventet ytelse. Som vist i vedlegg B, varierte energispareverdiene rapportert av casestudiene fra 21,1 % - 33,5 %. For denne studien ble gjennomsnittet av verdiområdet beregnet for å beregne en gjennomsnittlig forventet effektivitet for Hydromx i forhold til hemmet vann på 26,8 %, som deretter fungerte som grunnlaget for livssyklusberegningene rapportert i seksjon 4.

Gitt dominansen av energiforbruket i bruksfasen i de totale livssykluspåvirkningene (se avsnitt 5.2 og 5.3.2), er det imidlertid hensiktsmessig å undersøke effekten på systemets livssykluspåvirkninger som ville følge av bruken av en effektivitetsverdi (uttrykt som % energisparing) ved hver av grensene for det rapporterte verdiområdet. Som sådan ble livssyklusanalysen beregnet på nytt for bolig-/kontorscenarioet ved å bruke Hydromx-effektiviteter (i forhold til vann) på 20 % og 34 %, verdier som reflekterer hele spekteret av observert ytelse i casestudiene. Valg av disse verdiene reflekterte de mest liberale og konservative resultatene av rapporterte casestudier. Beregnede livssykluspåvirkningsresultater ved bruk av hver av disse verdiene er rapportert i tabell 12 nedenfor.

Tabell 12. Effekt av energieffektivitet på livssykluspåvirkninger – Hydromx Residential/Office

LCA-kategorier		Prosent effektivitet		
		20 %	26,8 %*	34 %
Forsuring	(kg SO ₂)	1,77	1,69	1,57
Eutrofiering	(kg N eq)	0,0749	0,0712	0,662
Global oppvarming	(kg CO ₂)	631	600	558
Nedbryting av ozon	(kg CFC)	1.98E-10	2.00-10	2.02E-10
Photochem Ozon Creation	(kg O ₃ eq)	14.8	14.1	13.1
Abiotisk uttømming - Fossil	(MJ Surplus)	619	589	547

* Baseline Hydromx-effektivitet uttrykt i % spart energi. Se avsnitt 4 for resultater som bruker denne verdien.

Livssyklusresultater rapportert i tabell 12 ble brukt til å vurdere de komparative livssykluseffektene av Hydromx versus de andre tradisjonelle HTF-ene. Resultatene av vurderingen er presentert i tabell 13.

Tabell 13. Sammenlignende livssykluspåvirkninger etter energieffektivitet – Hydromx

LCA-kategorier		Hydromx – 20 %		Hydromx- 34 %	
		Hemmet Vann	Propylen Glykol	Hemmet Vann	Propylen Glykol
Forsuring	(kg SO ₂)	19,6 %	29,8 %	33,9 %	43,8 %
Eutrofiering	(kg N ekv.)	19,4 %	29,5 %	33,8 %	43,5 %
Global oppvarming	(kg CO ₂)	19,5 %	29,7 %	33,8 %	43,6 %
Nedbryting av ozon	(kg CFC)	-306 %	-31,7 %	-306 %	-31,7 %
Photochem Ozon Creation	(kg O ₃ eq)	19,4 %	29,7 %	33,7 %	43,7 %
Abiotisk uttømming - Fossil	(MJ Surplus)	19,1 %	29,6 %	33,6 %	43,6 %

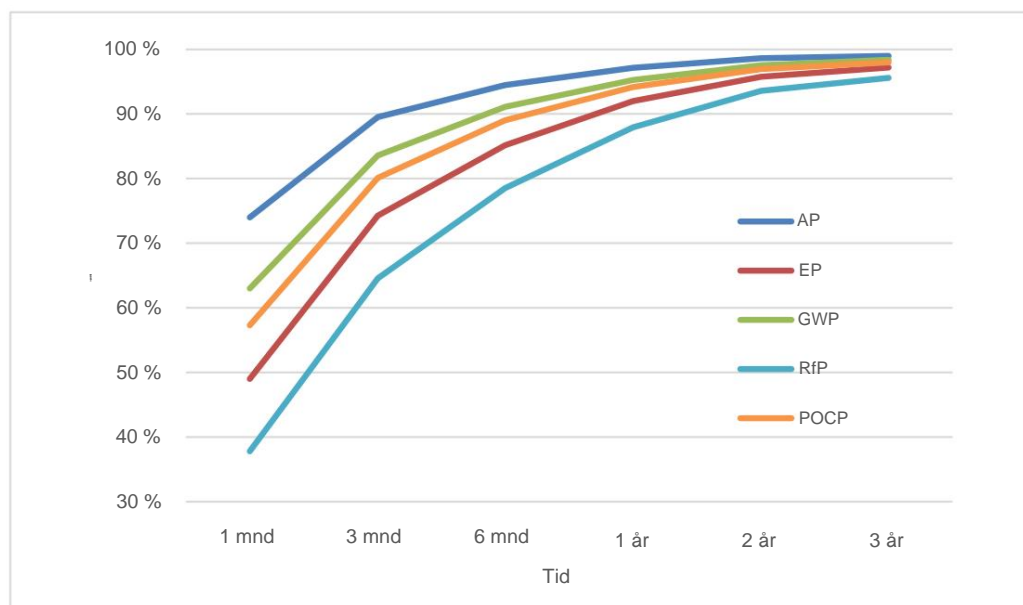
Som vist i tabellen oppførte resultatene seg som forventet. Energiforbruket i bruksfasen fortsatte å være like dominerende ved den lavere effektivitetsverdien på 20 % som ved den opprinnelige grunnverdien, og nærmet seg den relative energioverføringseffektiviteten til HTF-ene. Denne effekten ble også observert ved den høyere verdien på 34 %. Gitt analysen i avsnitt 5.2.2 om virkninger av levetid, kan det konkluderes med at dette vil være den dominerende dynamikken for HTF-er med en produktlevetid på over 3 år. Oppsummert, ved å bruke den mest konservative verdien observert i casestudiene for bolig-/kontorscenerier på 20 %, vil bruken av Hydromx resultere i en minimumsgevinst for miljøet på 19 % eller mer i alle påvirkningskategorier (ozonnedbryting ekskludert).

5.3.2 HTF-levetid

Den forventede levetiden til HTF-en er 20 år for alle HTF-ene i denne evalueringen. Denne utvidede levetiden skyldes delvis den lukkede naturen til systemene som HTF-er opererer i, og evnen til å utføre periodisk rebalansering av væskesammensetninger som forhindrer behovet for å erstatte en væske som har falt ut av balanse. Imidlertid fremhever den lange levetiden HTF-ene også påvirkningene knyttet til bruksstadiet, noe som resulterer i bruksstadietbidrag på mer enn 95 % av de totale systempåvirkningene i nesten alle påvirkningskategorier for hver HTF som er evaluert.

Gitt den direkte korrelasjonen mellom levetid og bruk av energiforbruk i trinn, ble det utført en evaluering av effekten av levetid på den totale livssykluspåvirkningen. Ved å bruke bolig-/kontorscenarioet for Hydromx som eksempel, presenteres et plott av prosentandelen av bruksfasen over tid i figur 7, nedenfor.

Figur 7: Bruk scenebidrag til Impacts over tid - Hydromx



Mens tidsaksen ikke er i lineær skala, viser figuren tydelig den økende innflytelsen fra bruksstadiet i løpet av de tre første driftsårene. Det er tydelig av figuren at det ikke tar lang tid

energiforbruket begynner å dominere, noe som reduserer innflytelsen fra de andre produktlivssyklusstadiene i løpet av de første månedene av drift. Ved seks måneders drift utgjorde påvirkninger på bruksstadiet minimum 78 % av alle påvirkningskategorier, og varierte så høyt som 94 % av de totale forsurningspåvirkningene for hele livssyklusen. Etter ett år har bruksstadiet stått for minimum 88 % av alle påvirkninger i alle kategorier, og etter tre år står bruksstadiet for hele 95 % eller mer av de totale systempåvirkningene i alle viste kategorier. Disse verdiene overstiger 99 % av påvirkningene i en kategori ved 20-års levetid for HTF. Dette forklarer resultatene i tabell 13 fra avsnitt 5.2. Etter hvert som bidragene fra bruksstadiet blir dominerende, nærmer de samlede komparative livssykluspåvirkningene seg energieffektivitetsverdiene beregnet fra casestudiene, ettersom påvirkningen fra andre prosesser og materialer i produktets livssyklus avtar i den samlede analysen.

Et par viktige konklusjoner kan trekkes i forhold til produktets levetid fra denne analysen.

For det første er valget av en levetid for en HTF den mest innflytelsesrike faktoren i de samlede påvirkningene for produktets livssyklus. Figuren ovenfor viser at etter 3 måneders drift, utgjør driftsperioden 65-90 % av påvirkningene for en bestemt kategori, og at enhver brukstid på 2 år eller mer nesten utelukkende vil bli drevet av påvirkningene forbundet med produksjon av energien som forbrukes i bruksfasen. Dette understreker og understreker viktigheten av energioverføringseffektiviteten til HTF for resultatene av denne studien.

Imidlertid viser denne analysen også at den totale levetiden for levetiden ikke er kritisk for de komparative resultatene av studien vist i avsnitt 5.2. Etter bare 2 års drift, utgjør eventuelle forskjeller i innhold, produksjon, transport eller avhending av HTF-ene mindre enn 5 % av de totale påvirkningene, en verdi som ikke er signifikant sammenlignet med energieffektivitetsforskjellene mellom HTF-ene. Som sådan, selv om den samlede størrelsen av påvirkningene helt sikkert vil variere i henhold til levetiden, vil ikke de relative forskjellene mellom HTF-ene det. Den samme konklusjonen vil gjelde for de fleste andre faktorer i livssyklusen, for eksempel produksjon av energi eller proxyer for materialer som kan variere med rimelige mengder (f.eks. opptil 50 %).

Det er også verdt å merke seg at denne dynamikken sannsynligvis ikke påvirkes av forholdene i det valgte scenariet. Mens endringer i faktorer som systemvolum og gulvareal har en direkte innvirkning på balansen mellom bidrag til livssyklusen (dvs. et mindre område med et større systemvolum vil understreke materialinnholdet i systemet i forhold til grunnlinjen), gitt dominansen av bruksfasen i scenariene som er evaluert, vil endringene måtte være dramatiske og urealistiske for å ha en meningsfull innvirkning på konklusjonene av studien. For å bekrefte dette ble en rekke scenarioforhold evaluert ved bruk av casestudiedata (dvs. Gulvplass/systemvolumprofiler) med resultater som endret kurven vist i figur 7 med bare et år eller to for de mest ekstreme valgene. Gitt forventet levetid på 20 år, er det ikke sannsynlig at variasjonen i scenarioforhold vil være meningsfull for å studere konklusjoner

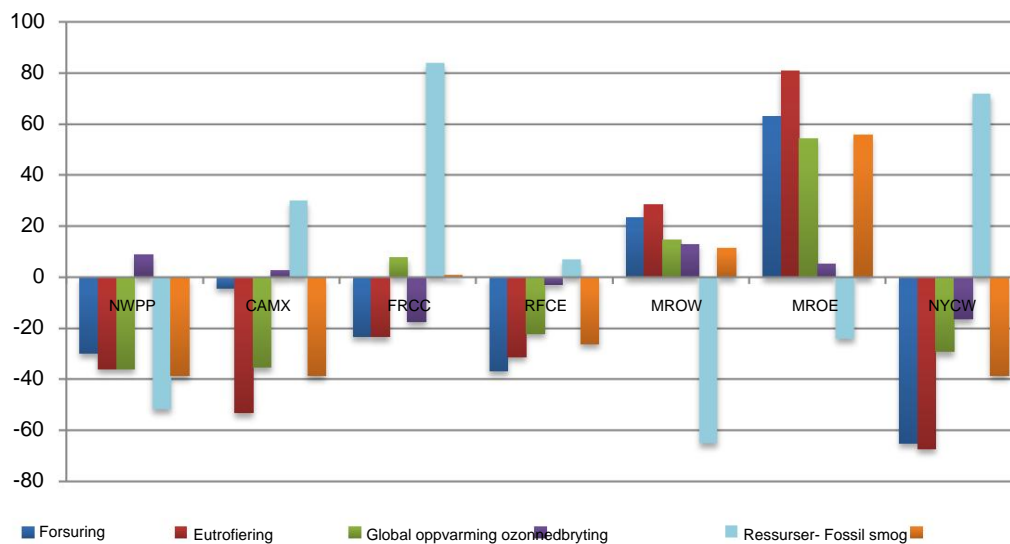
5.3.3 Energikilde

Genereringen av energien som forbrukes resulterer i miljøpåvirkninger, hvis art og mengde avhenger direkte av måten energiproduksjonen på. Resultatene presentert i denne LCA ble utviklet ved bruk av energi hentet fra det nasjonale nettet, et kraftnett utviklet fra gjennomsnittet av de amerikanske regionale energinettene. Kraftproduksjonsprofilene for regionale nett kan imidlertid variere betydelig fra region til region både når det gjelder produksjonsmåte og den totale andelen energi hentet. For eksempel, mens det regionale nettet for Florida (FRCC) i stor grad er avhengig av energi generert fra naturgass (67 %), henter Pacific Northwest-regionen (NWPP) mye av sin energi fra vannkraftkilder (47 %), mens energinettet fra deler av Wisconsin (MROE) er hovedsakelig avhengig av

kull-avlede energikilder (65%). Hver av disse produksjonsmetodene genererer miljøpåvirkninger som er spesifikke for energiens natur og kilde, og dermed kan virkningene per kraftenhet generert fra hvert nett variere betydelig fra hverandre.

For bedre å forstå betydningen av valget av det nasjonale nettet som energikilde, ble det utført en sensitivitetsanalyse ved bruk av hydromx. Analysene beregnet på nytt livssyklusresultatene fra denne studien og erstattet et annet regionalt strømnett for hver kjøring. Alt i alt ble syv regionale kraftnett vurdert, primært valgt på grunn av deres variasjon i kraftprofiler. Resultatene av denne analysen for Hydromx ved bruk av bolig-/kontorscenarioet er presentert i figur 8.

Figur 8. Påvirkning av valg av energinett for bruksfaseforbruk på livssykluspåvirkninger - Hydromx Residential/Office Scenario



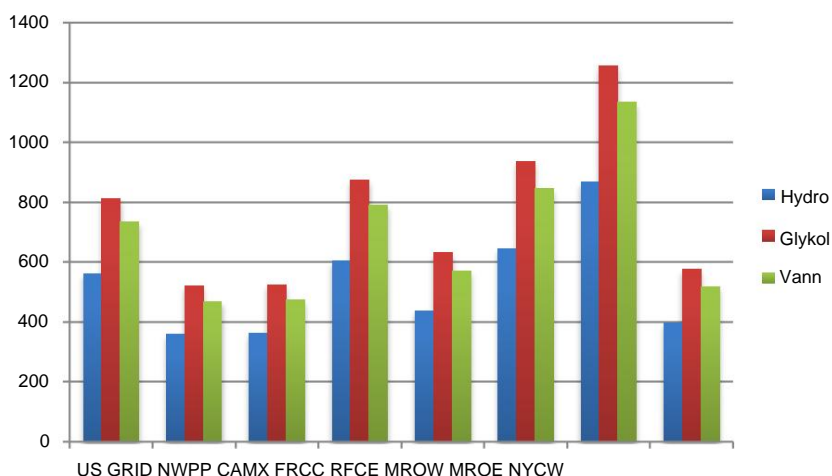
Livssyklus effekter beregnet ved å bruke hvert av de syv regionale rutenettene er plottet i figuren ovenfor som en prosentvis endring fra LCA-resultatene for baseline rapportert i seksjon 4. De påvirkningene som strekker seg under basislinjen reflekterer en reduksjon i den påvirkningskategorien fra basislinjen, mens de som strekker seg oppover reflekterer en økning i påvirkninger. Jo lengre stangen er, jo større er forskjellen. Baseline-påvirkningene ble utviklet ved å bruke den nasjonale nettenergiprofilen. Energinettkraftprofiler utviklet for US EPA e-Grid Program for 2016 ble brukt for denne analysen. (<https://www.epa.gov/energy/power-profiler/>)

Som det fremgår av figuren, kan konsekvensresultatene variere betydelig innenfor en hvilken som helst konsekvenskategori basert på plasseringen av installasjonen og det resulterende strømmettet. Ved å bruke kategorien global oppvarming som et eksempel, kan endringen i påvirkning variere fra så mye som 35 % mindre til så mye som 55 % større enn de som er knyttet til energi produsert fra det nasjonale nettet, avhengig av beliggenhet. Dette er en betydelig variasjon i virkninger på tvers av de ulike regionene. Påvirkningen av plassering på de forventede LCA-resultatene for andre påvirkningskategorier er lik i skala for de fleste av alle andre kategorier, bortsett fra ozonnedbryting, som har en mye lavere varians (på grunn av den minimale korrelasjonen mellom energigenerering og ozonnedbryting). Ytterligere analyse av driverne til denne variasjonen gir oss lite innsikt i ytelsen til HTF-er, ettersom nesten alle påvirkningene (+95 %) skyldes produksjon av energi, med de kumulative bidragene fra den gjenværende produktlivssyklusen av liten betydning. Til

videre analyse av sammenligning av energigenereringsnett ved bruk av LCA, se en av de mange tilgjengelige studiene. En slik studie ble utført av World Energy Council. (https://www.worldenergy.org/assets/downloads/PUB_Comparison_of_Energy_Systems_using_lifecycle_2004_WEC.pdf)

Selv om figur 8 kvantifiserer påvirkningen den geografiske plasseringen kan ha på de samlede resultatene, viser den lite for å demonstrere noen vesentlige forskjeller i miljøpåvirkninger mellom HTF-ene som oppstår fra det regionale nettet. I figur 9 ble den globale oppvarmingseffekten uttrykt i kg CO₂-ekvivalenter for HTF-ene beregnet ved å bruke hvert av de syv regionale rutenettene, og plottet side ved side for å lette sammenligning. Igjen reflekterer verdiene de for bolig-/kontorscenarioet.

Figur 9. Potensielle effekter av global oppvarming etter regionalt nett – bolig/kontor



Som forventet varierte omfanget av den globale oppvarmingseffekten for en HTF betydelig på tvers av de ulike energinettene, og økte eller avtok i forhold til det nasjonale nettet med området definert i figur 8. Imidlertid er den relative %forskjellen mellom HTF-ene for et gitt nett holdt seg ganske konstant, og varierte med mindre enn et prosentpoeng på tvers av rutenett. Dette forventes, først og fremst på grunn av den relativt lille påvirkningen av andre faktorer enn energiforbruket i bruksfasen på de samlede virkningene av studien (mindre enn 2%). Gitt dominansen av energiforbruk over 20 års levetid, nærmer de relative forskjellene mellom HTF-ene seg matematisk forskjellen i den beregnede energioverføringseffektiviteten til systemet. For ytterligere informasjon om denne dynamikken, se analysen presentert i avsnitt 5.2, Levetid.

5.4 Forutsetninger

En rekke antagelser ble gjort i denne studien. Viktige forutsetninger inkluderer:

- Formulering for propylenglykol-basert HTF antas å være 40/60 propylenglykol og vann, blandet på stedet, som er typisk praksis i feltet. En fosfatbasert inhibitor ble også vurdert. Proprietære blandinger av propylenglykol-baserte HTF-er (f.eks. RTU-versjoner) kan

inneholder ekstra tilsetningsstoffer, som ikke tas med i denne sammenligningen. Utelukkelsen av slike tilsetningsstoffer fra denne studien er en konservativ antakelse som potensielt undervurderer de samlede virkningene av den propylenglykol-baserte HTF.

- Formuleringene for de propylenglykolbaserte og inhiberte vann-HTF-ene er typiske for disse brukt mye i bransjen. De ble utledet fra offentlig tilgjengelig informasjon om beskrivelse av sammensetningen av faktiske produkter og bruk av faglig skjønn. De er levedyktige formuleringer, og som sådan anses som representative for deres HTF-typer. • Produksjonsdata for det propylenglykolbaserte alternativet ble antatt å være identisk med Hydromx, da begge HTF-ene er produsert i batchform ved bruk av lignende enhetsprosesser.
- Propylenglykol ble ansett for å være levert av samme kilde som Hydromx. Siden denne studien ikke evaluerte et bestemt propylenglykolprodukt, og fordi propylenglykol er en ingrediens i Hydromx, ble denne antagelsen ansett som passende for å begrense variabiliteten.
- Vann til grunnvannsalternativet ble trukket direkte fra denne kranen, som er typisk for vannbaserte HTF-applikasjoner. Som sådan ble ingen transport av vannet vurdert. Vann ble også antatt å ha en fosfatinhibitor for å forhindre korrosjon, som er en vanlig brukt hemmer. Selv om det er flere typer inhibitorer tilgjengelig, ble hemmeren antatt å være kaliumfosfat på grunn av dens anvendelighet på HTF og tilgjengeligheten av livssyklusdata.
- Kompensasjonsrater for alle HTF-er ble antatt å være 0,1 % av sammensetningen per år. I felten, etterfyllingshastigheter kan variere på flere faktorer, hovedsakelig relatert til systemtap gjennom vedlikehold (f.eks. lekkasjer, etc.), eller kjemisk rebalansering. Verdien som brukes er typisk. Gitt dominansen til bruksfasen, er denne antakelsen sannsynligvis ikke avgjørende.

Ytterligere forutsetninger som de gjelder for studien kan finnes i enkelte deler av denne rapporten.

5.5 Begrensninger og usikkerheter

Med enhver LCA er det en rekke begrensninger og usikkerheter som bør betraktes som passende kontekst for studien. En slik begrensning var måten glykol/vann alternativ ble karakterisert. Formulering av glykoldelen av HTF ble antatt å være ren propylenglykol, basert på etablert kunnskap. Selv om dette ofte er typisk, tilsettes tilsetningsstoffer noen ganger i små mengder for å forbedre den totale ytelsen til den endelige blandingen etter fortykning. Disse tilsetningsstoffene kan variere fra produkt til produkt og er ikke offentliggjort. Den samlede effekten av tilstedeværelsen av disse tilsetningsstoffene på resultatene av denne analysen er ukjent, men på grunn av de små prosentene som er involvert, forventes den ikke å være signifikant.

Som en fremvoksende teknologi er det ennå ikke en klar og utbredt forståelse av mekanismene og de generelle ytelsesfaktorene for Hydromx eller andre nanoteknologibaserte HTF-er. Den kompliserte karakteren til varmeoverføringssystemet og de ulike eksterne faktorene som påvirker den generelle ytelsen til systemet, gjør det vanskelig å isolere og evaluere ytelsen til HTF. Som sådan ble en serie casestudier med en rekke faktorer brukt for å vurdere en rekke mulige utfall.

Disse casestudiene involverte faktiske installasjoner der ytelsen til den eksisterende HTF-er ble kvantifisert og brukt som en baseline før HTF-er ble erstattet med Hydromx og den påfølgende ytelsen ble målt. Hydromx-dataene ble deretter sammenlignet med ytelsen til baseline HTF og effektiviteten (målt som % spart energi) beregnet. Kumulative resultater fra casestudiene ble deretter brukt til å informere livssyklusanalysene. Selv om tilnærmingen til casestudier har fordeler ved å kontrollere variasjonen til andre faktorer mens den samler inn data fra den virkelige verden, er det et begrenset, men økende antall

studier å trekke konklusjoner fra og et fravær av allment aksepterte testdata. Gitt påvirkningen av energiforbruket i bruksfasen i den totale livssykluspåvirkningen, er denne tilnærmingen en begrensning.

Fraværet av primære produksjonsdata for det propylenglykolbaserte alternativet er en potensiell usikkerhet. Propylenglykol-baserte HTF-er er produsert ved hjelp av en prosess som ligner på blandings- og pakkeprosessen som brukes til å produsere Hydromx. For å begrense variasjonen ble det antatt at produksjonsprosessen for en propylenglykol-basert HTF var identisk med den til Hydromx. Basert på faglig kunnskap om HTF-produksjon, er denne antagelsen sannsynligvis representativ for den faktiske produksjonsprosessen, og vil derfor neppe introdusere vesentlig feil i studien.

Noen av formuleringene inneholdt kjemikalier som det ikke finnes livssyklusdata for. I slike tilfeller ble kjemikalier enten modellert ved å bruke kombinasjoner av datasett som sammen etterligner synteseprosessen for det manglende kjemikaliene, ved å bruke tilgjengelige data for et kjemisk eller strukturelt lignende kjemikalie, eller som en siste utvei ved å bestemme en gjennomsnittlig lagerprofil fra andre kjemikalier som har samme funksjon (f.eks. ikke-ioniske overflateaktive stoffer). Gitt at en slik tilnærming innebærer en tilnærming i stedet for faktiske lagerdata for det spesifikke kjemikaliene, kan ikke denne usikkerhetens innvirkning på de samlede resultatene av denne analysen bestemmes spesifikt, men det er usannsynlig at den vil være signifikant gitt de relative virkningene av noen av kjemikaliene involvert.

Til slutt ble sekundære datakilder brukt i denne analysen i stedet for data som ikke kunne samles inn direkte. Sekundære datakilder kan variere betydelig i kvalitet og fullstendighet, og det er ikke ofte lett å fastslå kvaliteten på et datasett. Alle anstrengelser ble gjort av forfatterne for å undersøke eventuelle sekundære datakilder for kvalitet og fullstendighet, men forfatterne kan til slutt ikke garantere nøyaktigheten til disse dataene. For datasett som hadde en dyp innvirkning på de generelle resultatene av denne studien, for eksempel for energi- og vannproduksjon, ble alternative analyser utført ved å bruke erstatningsdatasett for å bekrefte integriteten til resultatene.

6 YTTERLIGERE MILJØINFORMASJON

Ingen ytterligere miljøinformasjon er hevdet eller rapportert i denne studien

7 REFERANSER

[1] Bare, J., TRACI 2.0: verktøyet for reduksjon og vurdering av kjemiske og andre miljøpåvirkninger 2.0. Clean Technologies and Environmental Policy, 2011, Vol 13/5, s. 687.

[2] Internasjonalt EPD-program, *PCR for Heat Transfer Fluids for Heating and Cooling, 2017*. Tilgjengelig på <https://www.environdec.com/PCR/Detail/?Pcr=11291>

[3] ISO 14025:2006 Miljømerker og miljødeklarasjoner – Type III miljødeklarasjoner – Prinsipper og prosedyrer.

[4] ISO 14040:2006 Miljøledelse – Livssyklusvurdering – Prinsipper og rammeverk.

[5] ISO 14044:2006 Miljøledelse – Livssyklusvurdering – Krav og retningslinjer.

[6] ISO 21930:2007 Bærekraft i byggkonstruksjon – Miljødeklarasjon for byggevarer.

[7] NSF International, tillegg til Environdec Heat Transfer Fluid PCR – Nord-Amerika, versjon 1.2. 2019

APPENDIKS A – DATASETT FOR LIVSSYKLUSINVENTOR

Livssyklusbehandlingsdatasett som brukes i modellene av HTFer er presentert i tabell A1, sammen med nøkkelkarakteristikker for hvert sett. HTFer som benytter hvert sett identifiseres, og data vurderes for presisjon, representativitet og usikkerhet i henhold til ISO 14044. Se avsnitt 3.7 for en samlet vurdering av datakvalitet.

Tabell A1. Livssyklusbehandlingsdatasett – Alle HTFer

Datasekk	HTF	Kilde/ Tid	Geografi	Presisjon	Representativitet/ Usikkerhet
Propylenglykol (via PO Hydrogenering)	H, P	GaBi DB, (2018)	oss	Utmerket	Utmerket
Springvann	H, P, W	GaBi DB, (2018)	EU	Utmerket	Bra, feil geografi
Elektrisitetsnettblending	H, P, W	GaBi DB, (2018)	oss	Flink	Utmerket
Elektrisitetsnettblending, NYUP	H	GaBi DB, (2018)	New York	Flink	Utmerket
HTF-miksing	H, P	Hydromx (2018)	oss	Utmerket	Utmerket
Glyserin, på planten	H	GaBi DB, (2018)	RNA	Utmerket	God, feil geografi
Dieselblending ved bensinstasjon	H, P, W	GaBi DB, (2018)	oss	Utmerket	Utmerket
Carbon Black (proxy for nanoteknologi)	H	GaBi DB, (2018)	Ger	Lav	Greit (høy usikkerhet)
Kaliumfosfat (modellert proxy for inhibitor)	P, W modellert		oss	Flink	Greit (høy usikkerhet)
Kaliumfosfat (Proxy for natriummolybdat)	H	Modellert	oss	Flink	Greit (høy usikkerhet)
Lastebil – TL/Dry Van (EPA SmartWay)	H, P, W	GaBi DB, (2018)	oss	Utmerket	Utmerket
Varmedip i stål, galvanisert	H, P	ILCD (2017)	Glo	Utmerket	God, feil geografi
Polyetylen høy tetthet Granulat (HDPE/PE)	H, P	GaBi DB, (2018)	EU	Utmerket	God, feil geografi
Vann avionisert (omvendt osmose/elektro-deionisering)	H, P, W	GaBi DB, (2018)	oss	Flink	Utmerket
Farlig avfall i avfallsforbrenningsanlegg	H, P	GaBi DB, (2018)	oss	Flink	Flink
Plastavfall i avfallsforbrenningsanlegg	W	GaBi DB, (2018)	oss	Flink	Utmerket
Kommunalt avløpsvann behandling	W	GaBi DB, (2018)	oss	Flink	Utmerket

APPENDIKS B – KASSESTUDIER OG BRUKSSCENARIER

For å evaluere de relative livssyklusfordelene til Hydromx sammenlignet med tradisjonelle HTF-er, ble to scenarier utviklet og vurdert:

- Datasenter
- Bolig/Kontor

Hvert scenario representerer unike forhold som HTF-baserte systemer brukes under.

Bolig-/kontorscenarier representerer klimakontroll av et rom som i stor grad er befolket av mennesker, preget av menneskelig aktivitet som å gå inn og forlate et rom, opprettholde en behagelig temperatur for beboerne og operere i lengre perioder i forhold til bruk. Datasenterscenariet er unikt annerledes, preget av behovet for tett, klimakontroll over en kontinuerlig, kontinuerlig tidsperiode, og er preget av generering av varme fra banker av elektroniske servere. Datasentre er heller ikke påvirket av belastninger på inn klimaet forårsaket av slike ting som åpne vinduer eller dører.

Effektiviteten som en HTF er i stand til å overføre varme med er en kritisk faktor for ytelsen til væsken. For tradisjonelle HTF-er som vann- og propylenglykolbaserte væsker, er den relative ytelsen til disse væskene godt forstått i industrien. For eksempel er et system som bruker propylenglykol mindre effektivt enn det samme systemet som bruker vann, med omfanget av reduksjonen avhengig av konsentrasjonen av propylenglykolblandingen og temperaturekstremitetene som forventes i det omgivende miljøet. For denne studien forventes bruken av en 40 % propylenglykol-basert HTF å forbruke 10 % mer energi sammenlignet med vann, under identiske forhold.

For innovative væsker som er nye på markedet – som Hydromx – er det imidlertid ennå ikke etablert konsensusverdier. Det er vanskelig å bare måle disse verdiene. Det er en rekke faktorer som kan påvirke effektiviteten til et system. Driftstimer, systemdesign og forskjellen i temperatur mellom systemet og omgivelsene er bare noen av de mange faktorene som kan gjøre det vanskelig å isolere den generelle effektiviteten. For å kontrollere for disse variablene i ethvert tilfelle vil det kreve at et enkelt system drives under de samme forholdene ved bruk av forskjellige væsker, og målinger tas. En slik casestudie vil isolere variablene og gi mulighet for informert vurdering av effekten av væsken på den totale energieffektiviteten til systemet. En rekke slike sammenligninger over en kategori av bruksforhold vil ytterligere styrke kunnskapen som er oppnådd.

For å vurdere varmeoverføringseffektiviteten til Hydromx, ble det utført en serie casestudier og energibesparelsene i forhold til grunnlinjevæsken rapportert. Disse casestudiene ble utviklet i samarbeid med tidlige brukere og er basert på de faktiske dataene målt både under driften ved bruk av tradisjonelle HTF-er, og deretter etter installasjon av Hydromx. Når de tas sammen, gjenspeiler resultatene samlet de forventede energibesparelsene knyttet til bruken av Hydromx, i forhold til vann, over en rekke forhold. Casestudier ble gruppert relevante for de to scenariene og presentert i tabell B1 og B2. Rapporter knyttet til hver casestudie har blitt sitert og er offentlig tilgjengelig enten online eller på forespørsel. Beregninger for verdiene i tabellen er innebygd nederst i hver tabell.

Tabell B1. Hydromx casestudier - bolig/kontor

Case Studya,b	Bygning Bruk	Bygningsbruk Areal (m2)	Volum av systemet (L)	Grunnlinje	Energi m	Energispart %
				Energi (kWh)	Hydromx (kWh)	
		[A]	[B]	[C]	[D]	[E]
Forest Green Rovers, Storbritannia	Fritid	2 900 (31 200 fot2)	1200 (317 gal)	226.064	165.541	26.8
Nottingham Trent Universitetet, Storbritannia	Bolig	1800 (32 300 fot2)	880 (232 gal)	305 kwh/HDDc	224 kWh/HDD	26.6
SL Green, New York	Kontor	8 450 (91 000 fot2)	13 250 (3 500 gal)	1 758 000	1 371 000	22
Hamworthy Heating, Storbritannia	Kontor	975 (10 500 fot2)	900 (237 gal)	66,94 kWh/HDDc	46,29 kWh/HDD	30.9
Hotel Lalit, India	Bolig	NA	40 000	67,5 (L H2O/L HSD)	100,8 (L H2O/L HSD)	33.2
Sawai Man Singh, India	Helseomsorg	--	470 (125 gal)	14,28 Kwh/t	10,42 Kwh/t	27
BUPA Global, Storbritannia	Bolig	1550 (16700 fot2)	800 (211 Gal)	470 700	371 400	21.1
(f.eks. beregninger)	(--)	(--)	(--)	(målt)	(målt)	(C D/C)*100

a Hydromx Case Studies. Tilgang på nettet 9. september 2019. <https://www.hydromx.com/hydromx-case-studies/>

bAlle casestudier kan fås direkte ved forespørsel til info@hydromx.com

c Heating Degree Days (HDD), en metode anbefalt av Carbon Trust and Building Institute for å vurdere energiforbruket til varmeoverføringssystemer. <https://www.carbontrust.com/media/137002/ctg075-degree-days-for-energy-management.pdf>

d Hotel lalit casestudie involverte energi knyttet til produksjon av varmtvann. Energieffektivitet ble uttrykt i liter varmtvannsproduksjon per liter forbrukt høyhastighetsdiesel, med det mer effektive systemet som produserer mer vann per drivstoffenheter. Selv om casestudie ikke fokuserte spesifikt på oppvarming av rom, er det fortsatt relevant å etablere effektiviteten til varmeoverføringen i forhold til vann i et varmeoverføringssystem.

Tabell B2. Hydromx/Water Case Studies – Datasenter

Kasusstudie	Bygning Bruk	Bygningsbruk Areal (m2)	Volum av systemet (L)	Base glykol	Energi m	Energispart %
				Energi (kWh)	Hydromx (kWh)	
		[EN]	[B]	[C]	[D]	[E]
Home Box Office (HBO)a , NY	Datasenter	300 (3200 fot2)	2544 (670 gal)	185 700 b	120 700	27.8
Cass County Electric Co Op, Fargo ND	Datasenter	(--)	(--)	[målt på 5 min trinn]	[målt på 5 min trinn]	22c
(f.eks. beregninger)	(--)	(--)	(--)	(tilpasse vann) (målt)		(Cadj D/Cadj)*100

en HBO-casestudie. Tilgang på nettet 9. september 2019. <https://www.hydromx.com/hydromx-case-studies/>

bBaseline energiforbruk var basert på glykolbasert blanding, som ble justert til en vannekvivalent ved bruk av effektivitetsverdien for glykol (gitt som 0,9 i tabell B3) før beregningen av energispart. ($185.700 * 0,9 = 167.100$ kWh). Dette var nødvendig for å etablere en effektivitetsverdi for hydromx som beregnes i forhold til vann (dvs. vann er 1)

c Energiforbruket ble målt i forhold til en propylenglykol-basislinje i en kontinuerlig side-ved-side-prøve og besparelser rapportert direkte i casestudie på månedsbasis. Evnen til Hydromx til å tillate frikjøling ved ekstreme temperaturer resulterte i økte energibesparelser i de høyeste 3 månedene (nov – jan), og derfor ble disse månedene ekskludert fra denne beregningen (dvs. kun august-okt er inkludert). Gjennomsnittlig % energisparing ble deretter justert til en vannbaselinje og % besparelser til den vannbaselinjen ble deretter bestemt.

I tabell B1 er den prosentvise energibesparelsen rapportert for hver case-studie som gjenspeiler de forventede besparelsene i forhold til grunnlinjevæsken på grunn av bruken av Hydromx. Den rapporterte prosentvise energibesparelsen varierer fra 21 % til det høyeste på 31 %, med en gjennomsnittlig energibesparelse på 26,8 % for Hydromx, sammenlignet med vann. Denne verdien gjenspeiler de typiske energibesparelsene som kan forventes ved bruk av Hydromx som HTF på tvers av det store utvalget av forhold som er evaluert.

Ved å bruke casestudiene rapportert i tabell B2 og metoden beskrevet ovenfor, ble en forventet energibesparelse for Hydromx på 24,9 % bestemt for datasentre. De forventede energiforbruksverdiene til HTF'er i forhold til vann er presentert i tabell B3 for hvert scenario. Verdiene gjenspeiler energibesparelsene/-tapet som typisk er forbundet med bruken av den HTF-en, i forhold til et identisk vannbasert system. Rapporter relatert til hver av casestudiene som er rapportert i dette dokumentet, samt casestudier for annen bruk av Hydromx er tilgjengelig på Hydromx USAs nettsted.

Tabell B3. Forventet energiforbruk for HTF-er (i forhold til vann)

Parameter	Scenarier for livssyklusvaluering	
	Bolig/kontor	Datasenter
Varmeoverføringseffektivitetsforhold		
- Hydromx a	-26,8 %	-24,9 %
- Propylenglykol	+10 %	+10 %
- Vann	-	-

en verdi basert på gjennomsnittlig spart energi (%) av relevante kasusstudier. Se tabell B1-B2 for casestudier. Kasusstudieverdier ble beregnet i gjennomsnitt for å gjenspeile den typiske ytelsen til HTF i forhold til vann over en rekke system- og bruksforhold. Det forventede energiforbruket beregnes i forhold til vann ved å bruke matematisk ligning for prosentforskjell for å oppnå gjennomsnittlig energisparing (%) bestemt fra casestudier. $|V1-V2| / [(V1+V2)/2] * 100 = \% \text{ diff.}$

b De-rate (dvs. kapasitetsfaktor) for propylenglykol skyldes den høyere egenvekten til propylen i forhold til vann og den reduserte strømningshastigheten. Sammen reduserer disse mengden varme en liter glykol/vann kan bære i forhold til en liter vann. Derate er basert på konsentrasjonen av propylenglykol og temperatur. For en 40 % blanding av glykol er denne verdien 0,91 ved 45 F, noe som resulterer i 10 % mer energiforbruk.

Kilde: <https://www.google.com/url?sa=t&rc=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKewjmtWXnZziAhWRFzQIHeSFBEAQFjABegQICBAC&url=https%3A%2F%2Faeroventic.com%2Fattachment%2Fdownload%2F1421&usq=AOvVaw3UEeXXYLxamADiOiqrmwi>

Scenario for bolig/kontor

Enhetsprosesserstrømmene for bolig-/kontorscenariet er presentert i tabell B4, og rapporterer strømmene per 1 m² temperaturkontrollert plass som kreves av PCR. Materialinnholdet gjenspeiler hele HTF-en slik den brukes, noe som betyr at ingen materialer ble ekskludert. Energiforbruksverdier for energien i bruksstadiet reflekterer den akkumulerte energien som forbrukes per funksjonell enhet over 20 års RSL.

Tabell B4. Enhet Prosesstrømmer per 1 m2 Temperaturkontrollert plass (kg) – Bolig/kontor

	Hydromx	Propylenglykol	Vann
Materialsa			
Vann			
- Konsentrat/produktb	0,135	-	0,678
- Fortynning	0,349	0,424	-
Propylenglykol	0,194	0,291	-
Glyserin	0,022	-	-
Natriummolybdat	0,004	-	-
Triazol	0,004	-	-
Kaliumfosfat	-	0,012	0,021
Nano-tilsetningsstoffer	0,037	-	-
Emballasje			
- HDPE	0,0138	0,0106	0,00034
- Galvanisert stål	0,0069	0,0070	-
Total masse (brutto)	0,766	0,746	0,699
Energi			
- Produksjon (kWh) 0,000338 - Bruksfase (kWh)		0,00033	NAc
- 20 år 1031 a Inkluderer sminkematerialer til		1,493	1350

0,1 prosent per år over RSL. b Fordi vann er HTF for Inhibited water, modelleres produksjonen av vannet i modul A3 og rapporteres dermed som i produkt og ikke som fortynning. c Det brukes vann fra lokalt system. Mfg energi for vannproduksjon er innebygd i sekundært datasett.

Datasenterscenario

Enhetsprosesstrømmene for datasenterscenarioet er presentert i tabell B5, og rapporterer strømmene per 1 m2 temperaturkontrollert rom som kreves av PCR. Materialinnholdet gjenspeiler hele HTF-en slik den brukes, noe som betyr at ingen materialer ble ekskludert. Energiforbruksverdier for energi i bruksstadiet reflekterer den akkumulerte energien som forbrukes per funksjonell enhet over 20 års RSL.

Tabell B5. Enhet prosesstrømmer per 1 m2 temperaturkontrollert rom (kg) – Datasenter

	Hydromx	Propylenglykol	Vann
Materialsa			
Vann			
- Konsentrat/produktb	1,34	-	6,64
- Fortynning	3,4	4,16	-
Propylenglykol	1,9	2,85	-
Glyserin	0,219	-	-
Natriummolybdat	0,037	-	-
Triazol	0,037	-	-
Kaliumfosfat	-	0,121	0,202
Nano-tilsetningsstoffer	0,365	-	-
Emballasje			
- HDPE	0,135	0,103	0,0034
- Galvanisert stål	0,067	0,069	-
Total masse (brutto)	7,51	7,30	6,84

Energi

- Produksjon (kWh)	0,000338	0,000323	NAc
- Bruksfase (kWh) – 20 år 6 980 a Inkluderer		10 100	9.140

sminketilskudd på 0,1 prosent per år over RSL. b Fordi vann er HTF for Inhibited water, modelleres produksjonen av vannet i modul A3 og rapporteres dermed som i produkt og ikke som fortynning. c Det brukes vann fra lokalt system. Mfg energi for vannproduksjon er innebygd i sekundært datasett.

Beregninger for innganger

Prosesstrømmer ble beregnet per funksjonell enhet på 1 m² temperaturkontrollert plass for hver HTF ved å bruke fremgangsmåten vist nedenfor. I tabell B6 og B7. Eksempler basert på boligscenariet og ingrediensen polyetylen glykol i Hydromx-formuleringen er gitt i grått i tabellene.

Tabell B6. Boligscenariet – gitte verdier

Temp Kontrollert Areal (m ²)	Volum System (l)	Fortynning Vurdere (%)	Tetthet - Vann (kg/l)	Tetthet – Hydrokons. (kg/l)	Tetthet – Hydro Fortynn (kg/l)
[EN]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
200	140	50 %	0,998	1,129	1.066
(Tabell 4)	(Tabell 4)	(App E)		(App E)	(App E)

Tabell B7. Eksempel på boligscenariet – beregnede verdier

Massekons System (kg)	Masse H ₂ O System (kg)	HTF masse inn System (kg)	Masse HTF Fcn-enhet (kg/m ²)	PG inn Kons (%)	Masse PG (kons.) Fcn Enhet (kg/m ²)
[G]	[H]	[I+G]	[J]	[K]	[L]
79,0	69,9	148,9	0,746	26 %	0,194
(B*C*E)	(B*C*D)	(G+H)	(B*F/A)	(Tabell 1)	(J*K/A)

APPENDIKS C – LCA-RESULTATER

Tabell C1. Propylenglykolresultater etter modul – bolig/kontor

innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	3,59E+00	4,31E-02	1,08E-04	0,00E+00	7,17E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,48E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,80E-04 MND	
AP [kg SO2 eq]	1,98E-03	1,26E-04	2,10E-07	0,00E+00	3,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,05E-06 MND	
EP [kg N eq]	2,51E-04	1,01E-05	8,86E-08	0,00E+00	5,02E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,03E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,23E-05 MND	
GWP [kg CO2- ekv.]	1,36E+00	2,18E-02	1,81E-04	0,00E+00	2,73E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,67E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,89E-04 MND	
ODP [kg CFC 11 eq]	1,89E-10	-1,23E-16	-2,56E-18	0,00E+00	3,78E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4,64E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3,71E-17 MND	
POCP [kg O3 eq]	4,12E-02	2,96E-03	4,05E-06	0,00E+00	8,24E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,03E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,84E-05 MND	
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2,79E+01	3,24E-01	1,01E-03	0,00E+00	5,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,22E-03 MND	
RPRE (MJ)	2,79E+01	3,24E-01	1,01E-03	0,00E+00	5,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,22E-03 MND	
NRPRM (kg)	2,19E+00	1,00E-02	5,50E-05	0,00E+00	4,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,76E-04 MND	
NRPRE (kg)	2,19E+00	1,00E-02	5,50E-05	0,00E+00	4,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,76E-04 MND	
FE (MJ)	2,19E+00	1,00E-02	5,50E-05	0,00E+00	4,39E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,91E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,76E-04 MND	
BE (MJ)	5,49E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,38E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,24E-24 0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,01E-23 MND	
OE (MJ)	2,79E+01	3,24E-01	1,01E-03	0,00E+00	5,58E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,40E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,22E-03 MND	
FW (m3)	5,34E-03	3,88E-05	4,25E-04	0,00E+00	1,07E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,89E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-7,31E-04 MND	
DW (m3)	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-04	0,00E+00	8,48E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
HW (kg)	2,45E-08	2,63E-09	1,71E-12	0,00E+00	4,90E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,34E-12 MND	
NHW (kg)	2,18E-02	1,22E-05	5,60E-05	0,00E+00	4,36E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,39E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,26E-04 MND	
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RGSW (m3)	2,32E-01	1,20E-02	1,62E-05	0,00E+00	4,64E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,12E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,47E-04 MND	
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	1,58E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	2,07E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	

Tabell C2. Hydromx-resultater etter modul – bolig/kontor

innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	3.95E+00	5.62E-02	8.90E-05	0,00E+00	7.91E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.85E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.97E-04	MND
AP [kg SO2 eq]	2.30E-03	1.64E-04	1.73E-07	0,00E+00	4.61E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.69E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.18E-06	MND
EP [kg N eq]	2.82E-04	1.31E-05	7.29E-08	0,00E+00	5.64E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.10E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.26E-05	MND
GWP [kg CO2- ekv.]	1.44E+00	2.83E-02	1.49E-04	0,00E+00	2.87E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.98E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.01E-03	MND
ODP [kg CFC 11 eq]	2.28E-10	-1.60E-16	-2.11E-18	0,00E+00	4.57E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.20E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.81E-17	MND
POCP [kg O3 eq]	3.97E-02	3.86E-03	3.34E-06	0,00E+00	7.94E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.40E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.89E-05	MND
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2.14E+00	1.31E-02	4.53E-05	0,00E+00	4.29E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.32E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.94E-04	MND
RPRE (MJ)	2.14E+00	1.31E-02	4.53E-05	0,00E+00	4.29E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.32E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.94E-04	MND
NRPRM (kg)	3.07E+01	4.22E-01	8.30E-04	0,00E+00	6.13E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.63E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.41E-03	MND
NRPRE (kg)	3.07E+01	4.22E-01	8.30E-04	0,00E+00	6.13E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.63E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.41E-03	MND
FE (MJ)	3.07E+01	4.22E-01	8.30E-04	0,00E+00	6.13E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.63E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.41E-03	MND
BE (MJ)	6.89E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.38E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.24E-24	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.01E-23	MND
OE (MJ)	2.14E+00	1.31E-02	4.53E-05	0,00E+00	4.29E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.32E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.94E-04	MND
FW (m#)	5.79E-03	5.06E-05	3.50E-04	0,00E+00	1.16E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.37E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-7.50E-04	MND
DW (m3)	1.35E-04	0,00E+00	3.49E-04	0,00E+00	6.98E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
HW (kg)	2.33E-08	3.42E-09	1.41E-12	0,00E+00	4.67E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.23E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.56E-12	MND
NHW (kg)	2.02E-02	1.59E-05	4.61E-05	0,00E+00	4.04E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.03E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.48E-04	MND
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
RGSW (m3)	2.47E-01	1.57E-02	1.33E-05	0,00E+00	4.95E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.46E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.71E-04	MND
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	2.07E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	2.07E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	MND

Tabell C3. Vannresultater etter modul – Bolig/kontor

Innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	2.65E-02	2.98E-03	0,00E+00	0,00E+00	1.59E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.66E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.47E-04 MND	
AP [kg SO2 eq]	1.52E-05	8.70E-06	0,00E+00	0,00E+00	9.10E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.21E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.81E-06 MND	
EP [kg N eq]	1.29E-06	6.97E-07	0,00E+00	0,00E+00	7.75E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.30E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.17E-05 MND	
GWP [kg CO2- ekv.]	1.43E-02	1.50E-03	0,00E+00	0,00E+00	8.54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.84E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.42E-04 MND	
ODP [kg CFC 11 eq]	-2.02E-15	-8.48E-18	0,00E+00	0,00E+00	-1.21E-18	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-4.20E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.53E-17 MND	
POCP [kg O3 eq]	2.87E-04	2.04E-04	0,00E+00	0,00E+00	1.72E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.84E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.75E-05 MND	
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2.09E-02	6.92E-04	0,00E+00	0,00E+00	1.25E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.73E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.44E-04 MND	
RPRE (MJ)	2.09E-02	6.92E-04	0,00E+00	0,00E+00	1.25E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.73E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.44E-04 MND	
NRPRM (kg)	2.23E-01	2.24E-02	0,00E+00	0,00E+00	1.33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.26E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.87E-03 MND	
NRPRE (kg)	2.23E-01	2.24E-02	0,00E+00	0,00E+00	1.33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.26E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.87E-03 MND	
FE (MJ)	2.23E-01	2.24E-02	0,00E+00	0,00E+00	1.33E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.26E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.87E-03 MND	
BE (MJ)	2.05E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.32E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.28E-24 0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.71E-23 MND	
OE (MJ)	2.09E-02	6.92E-04	0,00E+00	0,00E+00	1.25E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.73E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.44E-04 MND	
FW (m#)	7.06E-04	2.68E-06	0,00E+00	0,00E+00	4.23E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6.96E-04 MND	
DW (m3)	6.78E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.35E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
HW (kg)	1.80E-10	1.81E-10	0,00E+00	0,00E+00	1.08E-13	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.94E-12 MND	
NHW (kg)	1.49E-04	8.43E-07	0,00E+00	0,00E+00	8.91E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.97E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.87E-04 MND	
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSW (m3)	1.05E-03	8.30E-04	0,00E+00	0,00E+00	6.28E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.91E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.02E-04 MND	
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	3.40E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	3.40E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	

Tabell C4. Propylenglykolresultater etter modul – Datasenter

innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	3.50E+01	4.21E-01	1.06E-03	0,00E+00	6.96E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.74E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.66E-03 MND	
AP [kg SO2 eq]	1.93E-02	1.23E-03	2.06E-06	0,00E+00	3.84E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.66E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.95E-05 MND	
EP [kg N eq]	2.45E-03	9.86E-05	8.69E-07	0,00E+00	4.87E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.96E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.20E-04 MND	
GWP [kg CO2- ekv.]	1.33E+01	2.13E-01	1.78E-03	0,00E+00	2.64E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.87E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.69E-03 MND	
ODP [kg CFC 11 eq]	1.85E-09	-1.20E-15	-2.51E-17	0,00E+00	3.67E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.14E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.63E-16 MND	
POCP [kg O3 eq]	4.03E-01	2.89E-02	3.98E-05	0,00E+00	8.00E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.38E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.80E-04 MND	
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2.14E+01	9.79E-02	5.40E-04	0,00E+00	4.26E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.29E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.62E-03 MND	
RPRE (MJ)	2.14E+01	9.79E-02	5.40E-04	0,00E+00	4.26E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.29E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.62E-03 MND	
NRPRM (kg)	2.73E+02	3.16E+00	9.90E-03	0,00E+00	5.42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.45E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.07E-02 MND	
NRPRE (kg)	2.73E+02	3.16E+00	9.90E-03	0,00E+00	5.42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.45E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.07E-02 MND	
FE (MJ)	2.73E+02	3.16E+00	9.90E-03	0,00E+00	5.42E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.45E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.07E-02 MND	
BE (MJ)	2.05E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.32E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.28E-24 0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.71E-23 MND	
OE (MJ)	2.14E+01	9.79E-02	5.40E-04	0,00E+00	4.26E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.29E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.62E-03 MND	
FW (m#)	5.21E-02	3.80E-04	4.17E-03	0,00E+00	1.04E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.31E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-7.16E-03 MND	
DW (m3)	0,00E+00	0,00E+00	4.16E-03	0,00E+00	8.32E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
HW (kg)	2.39E-07	2.57E-08	1.68E-11	0,00E+00	4.76E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.15E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.17E-11 MND	
NHW (kg)	2.13E-01	1.19E-04	5.49E-04	0,00E+00	4.23E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.97E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.09E-03 MND	
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RGSW (m3)	2.27E+00	1.17E-01	1.59E-04	0,00E+00	4.50E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.43E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.27E-03 MND	
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	1.55E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	1.55E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	

Tabell C5. Hydromx-resultater etter modul – Datasenter

innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	3.87E+01	5.50E-01	8.72E-04	0,00E+00	7.75E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.96E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.83E-03 MND	
AP [kg SO2 eq]	2.26E-02	1.61E-03	1.70E-06	0,00E+00	4.51E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.14E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.08E-05 MND	
EP [kg N eq]	2.76E-03	1.29E-04	7.15E-07	0,00E+00	5.53E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.81E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.24E-04 MND	
GWP [kg CO2- ekv.]	1.41E+01	2.78E-01	1.46E-03	0,00E+00	2.81E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.06E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.94E-03 MND	
ODP [kg CFC 11 eq]	2.23E-09	-1.57E-15	-2.07E-17	0,00E+00	4.47E-11	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2.17E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.73E-16 MND	
POCP [kg O3 eq]	3.89E-01	3.78E-02	3.27E-05	0,00E+00	7.78E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.50E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.85E-04 MND	
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2.10E+01	1.28E-01	4.44E-04	0,00E+00	4.20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.93E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.80E-03 MND	
RPRE (MJ)	2.10E+01	1.28E-01	4.44E-04	0,00E+00	4.20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.93E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.80E-03 MND	
NRPRM (kg)	3.01E+02	4.13E+00	8.14E-03	0,00E+00	6.01E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.53E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.26E-02 MND	
NRPRE (kg)	3.01E+02	4.13E+00	8.14E-03	0,00E+00	6.01E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.53E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.26E-02 MND	
FE (MJ)	3.01E+02	4.13E+00	8.14E-03	0,00E+00	6.01E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.53E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.26E-02 MND	
BE (MJ)	6.75E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.35E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.21E-23	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.93E-22 MND	
OE (MJ)	2.10E+01	1.28E-01	4.44E-04	0,00E+00	4.20E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.93E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.80E-03 MND	
FW (m3)	5.68E-02	4.96E-04	3.43E-03	0,00E+00	1.14E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.29E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-7.35E-03 MND	
DW (m3)	1.35E-04	0,00E+00	3.49E-04	0,00E+00	6.98E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
HW (kg)	2.29E-07	3.35E-08	1.38E-11	0,00E+00	4.57E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.86E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.39E-11 MND	
NHW (kg)	1.98E-01	1.56E-04	4.52E-04	0,00E+00	3.96E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.05E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.31E-03 MND	
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RGSW (m3)	2.42E+00	1.53E-01	1.30E-04	0,00E+00	4.85E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.90E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.52E-03 MND	
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	2.02E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	2.02E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	

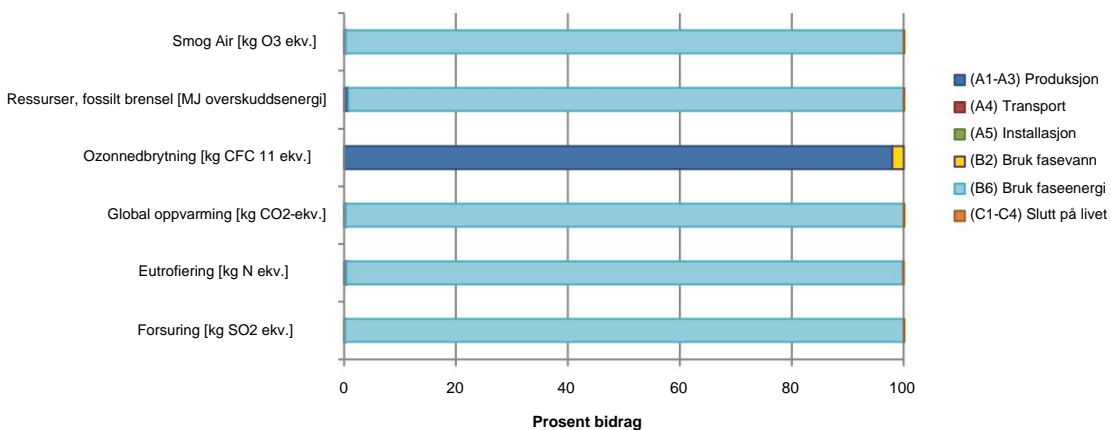
Tabell C6. Vannresultater etter modul – Datasenter

innvirkning Kategori	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
LCIA-indikatorer															
ADP-fossil [MJ]	2.59E-01	2.91E-02	0,00E+00	0,00E+00	1.55E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.19E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.34E-03 MND	
AP [kg SO2 eq]	1.48E-04	8.49E-05	0,00E+00	0,00E+00	8.90E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.50E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4.71E-05 MND	
EP [kg N eq]	1.27E-05	6.80E-06	0,00E+00	0,00E+00	7.58E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.30E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.15E-04 MND	
GWP [kg CO2- ekv.]	1.39E-01	1.47E-02	0,00E+00	0,00E+00	8.35E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.31E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9.23E-03 MND	
ODP [kg CFC 11 eq]	-1.98E-14	-8.28E-17	0,00E+00	0,00E+00	-1.19E-17	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-2.84E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-3.46E-16 MND	
POCP [kg O3 eq]	2.80E-03	2.00E-03	0,00E+00	0,00E+00	1.68E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.24E+02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.72E-04 MND	
LCI-målinger															
RPRM (kg)	2.04E-01	6.76E-03	0,00E+00	0,00E+00	1.22E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.17E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.31E-03 MND	
RPRE (MJ)	2.04E-01	6.76E-03	0,00E+00	0,00E+00	1.22E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.17E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.31E-03 MND	
NRPRM (kg)	2.18E+00	2.18E-01	0,00E+00	0,00E+00	1.31E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.55E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.74E-02 MND	
NRPRE (kg)	2.18E+00	2.18E-01	0,00E+00	0,00E+00	1.31E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.55E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.74E-02 MND	
FE (MJ)	2.18E+00	2.18E-01	0,00E+00	0,00E+00	1.31E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.55E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.74E-02 MND	
BE (MJ)	7.82E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.83E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5.20E-24 0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.22E-23 MND	
OE (MJ)	2.04E-01	6.76E-03	0,00E+00	0,00E+00	1.22E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.17E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6.31E-03 MND	
FW (m3)	6.91E-03	2.62E-05	0,00E+00	0,00E+00	4.14E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.99E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-6.83E-03 MND	
DW (m3)	6.67E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.33E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
SM (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RSF (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RE (MJ)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
LU (acre)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
HW (kg)	1.76E-09	1.77E-09	0,00E+00	0,00E+00	1.05E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3.75E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.78E-11 MND	
NHW (kg)	1.46E-03	8.23E-06	0,00E+00	0,00E+00	8.72E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2.69E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7.71E-03 MND	
RW (kg)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
RGSW (m3)	1.02E-02	8.10E-03	0,00E+00	0,00E+00	6.15E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1.30E+03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8.83E-03 MND	
RIA (kg)	0,00E+00	0,00E+00	3.40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	
MR (kg)	0,00E+00	0,00E+00	3.40E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00 MND	

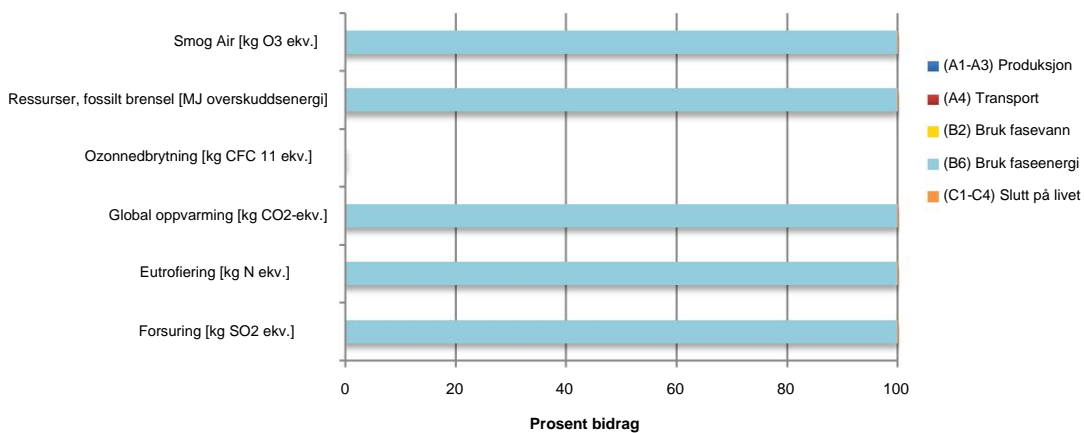
APPENDIKS D – DOMINANSANALYSE SUPPLERENDE DATA

Informasjon om dominansanalyse som er spesifikk for datasenterscenariet, er presentert her i vedlegg D. Denne informasjonen er et supplement til informasjonen og analysen gitt i avsnitt 5.2. I likhet med resultatene vist for bolig-/kontorscenarioet, er energiforbruket i bruksfasen den dominerende påvirkningsfaktoren på tvers av HTF-alternativer. Figur D1 viser resultatene for Hydromx, mens figur D2 viser resultatene for hemmet vann.

Vær oppmerksom på at resultatene for propylenglykol praktisk talt ikke kan skilles i disse tallene fra resultatene til Hydromx, og som sådan har de ikke blitt replikert for å spare plass. Forskjeller i % bidrag i enhver påvirkningskategori mellom Hydromx og propylenglykol er i området 0-0,3 %, og kan derfor ikke skilles fra hverandre i diagrammene nedenfor.



Figur D1. Hydromx Impacts etter LC-trinn (% bidrag) – Datasenter



Figur D2. Hemmet vannpåvirkning av LC-trinn (% bidrag) – Datasenter

APPENDIKS E – HYDROMX-SPEKIFIKASJONER

Hydromx er en nanoteknologibasert væske egnet for varmeoverføringsapplikasjoner. En utvidet liste over tekniske spesifikasjoner for Hydromx er presentert i tabell D1 nedenfor. For mer informasjon besøk www.hydromx.com.

Tabell D1. Hydromx tekniske data

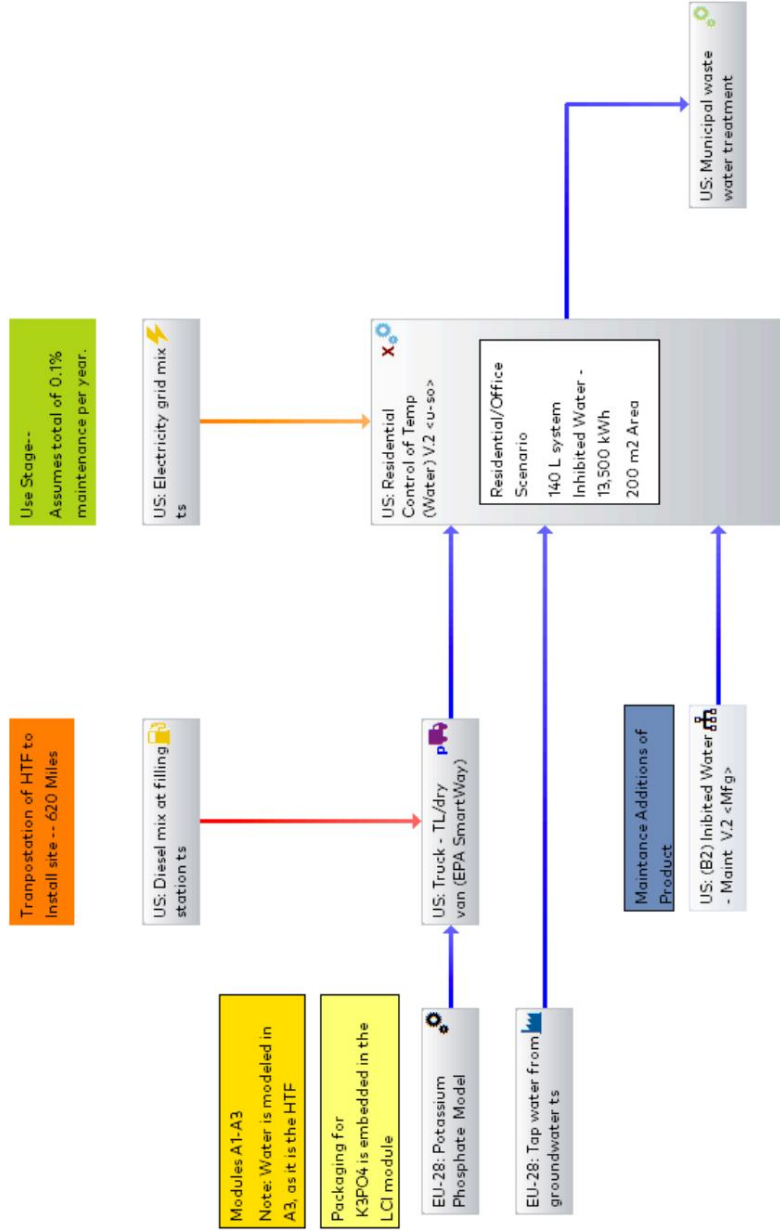
TEKNISKE SPESIFIKASJONER	Målemetode	Hydromx	Hydromx (som brukt)
Farge (ved 20°C)	ASTM D 1500	Blå	Blå
Lukt (ved 20°C)	-	Iboende	Iboende
pH (ved 20°C)	ASTM D 1287	8.20 – 8.80	8.20 – 8.80
Konsentrasjon (ved 20°C)	Refraktometrisk måling	-	1,36
Total Suspended Solid (TSS)	TS 9546 EN 12880	< 0,1	
Oppløst oksygen (mg/l)	SM-4500 OG		8,46
Fuktighet Vekt	TS 9546 EN 12880		100 %
Frysepunktet	Potensielle forskjeller avlesning av multimeter, under anvendelse av flytende nitrogen	- 73 °C	-47°C
Kokepunkt	Oppvarming under atmosfæriske forhold og temperatur måling med termoelement	200 °C	120°C
Damptrykk (ved 25°C)	ASTM D6378 (ved 25°C)		DVPE: 2,9 kPa ASVP: 3,8 kPa
Damptrykk (ved 50°C)	ASTM D6378 (ved 50°C)		DVPE: 8,3 kPa ASVP: 9,6 kPa
Damptrykk (ved 80°C)	ASTM D6378 (ved 80°C)	RVPE: 6,7 kPa ASVP: 10,1 kPa	RVPE: 36,4 kPa ASVP: 39,0 kPa
Tetthet (g/cm ³)	Pyknometer (ved 25°C)	1,122	1,065
Elektrisk Strømføringssevne (City Water 401 (YS))	Konduktometer (Hanna Branded) (ved 25°C)	90	570
Totalt Fe (ppm) (Byvann: 0,069)	Atomabsorpsjonsspektrometer	0,169	0,0565
Dynamisk viskositet (cP) (ved 20°C)	Malvern Bohlin Gemini II Rotasjonsreometer	25	7.2
Kinematisk viskositet (cP) (ved 20°C)	Dynamisk viskositet delt på tetthet	22.3	6,76

APPENDIKS F – GABI-MODELLER

Selection: Overall Schematic [...]

Overall Schematic - Inhibited Water (residential)

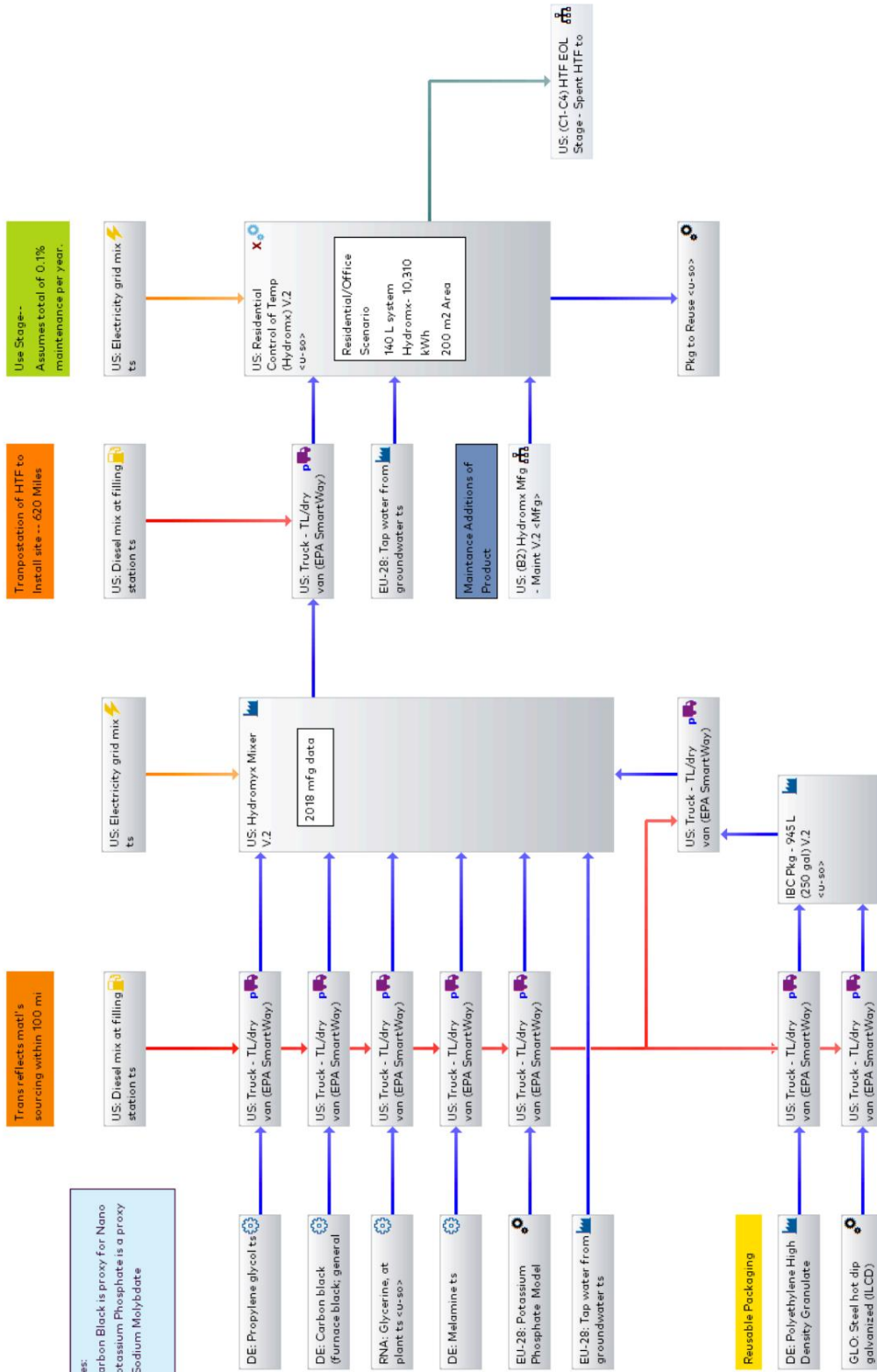
Process plant reference quantities
The names of the basic processes are shown.



Overall Schematic - Hydromx (residential)

Process plant reference quantities
The names of the basic processes are shown.

Notes:
-- Carbon Black is proxy for Nano
-- Potassium Phosphate is a proxy
for Sodium Molybdate



Selection: Overall Schematic [...]

Overall Schematic - Propylene Glycol (residential)

Process plant reference quantities
The names of the box, processes are shown.

Selection: Overall Schem

