



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Komparativ Livscyklusvurdering (LCA)

Sammenligning mellem udvalgte drikkevareemballager med pant på det danske marked

Komparativ Livscyklusvurdering (LCA)

Sammenligning mellem udvalgte drikkevareemballager
med pant på det danske marked

Rekvirent

Dansk Retursystem A/S
Erik Husfeldts Vej 1
2630 Taastrup
Hanne Svenningsen

Udarbejdet af

Teknologisk Institut - Gregersensvej 1 2630 Taastrup
Byggeri og Anlæg
Ulf Smith Minke & Line Granheim

Sagsansvarlig

Ulf Smith Minke
Byggeri og Anlæg

Versionsnr.: 1.0
10. marts 2026

Indhold

1 INTRODUKTION	9
1.1 PROJEKTBEKRIVELSE	9
1.2 BAGGRUND	9
1.3 FORMÅL	10
2 AFGRÆNSNING OG MODELLERINGSPRINCIPPER	12
2.1 AFGRÆNSNING OG SYSTEMBESKRIVELSE	12
2.2 FUNKTIONEL ENHED	16
2.3 REFERENCEFLOWET	16
2.4 AFSKÆRINGSKRITERIER (CUT-OFF)	16
2.5 KRITERIER FOR DATAKVALITET	17
2.6 METODEBESKRIVELSE	17
2.6.1 Implementering af C-LCA i dette projekt.....	18
3 MODELLERING AF GENANVENDELSE OG GENBRUG	20
3.1 GENANVENDELSE	20
3.2 GENBRUG	22
3.3 TRIPTAL OG MATERIALETAB I HVER BRUGSCYKLUS	23
3.4 LCIA-METODER OG PÅVIRKNINGSKATEGORIER.....	24
3.5 ANTAGELSER	25
4 BESKRIVELSER AF DE OMFATTEDE SYSTEMER OG DRIKKEVAREEMBALLAGER	27
4.1 GENANVENDELIGE DRIKKEVAREEMBALLAGER (SINGLE-USE).....	27
4.1.1 Fremstilling og distribution	28
4.1.2 Indsamling og håndtering af engangsdrikkevareemballager	30
4.2 GENBRUGSEMBALLAGER.....	34
5 LIVSCYKLUSKORTLÆGNING (LCI)	38
5.1 VÆGT AF EMBALLAGER	40
5.2 SPECIFIKKE DATA, GENANVENDELIGE EMBALLAGER.....	41
5.2.1 Håndtering af ikke-indsamlede emballager	41
5.2.2 Processer for indsamling, sortering og klargøring af genanvendelige drikkevare-emballager med pant.....	42

5.3 SPECIFIKKE DATA, GENBRUGSEMBALLAGER.....	44
5.3.1 Vask og klargøring af genpåfyldelige flasker.....	44
5.3.2 Affaldsbehandling af drikkevareemballager til genbrug.....	45
5.4 TRANSPORT AF DRIKKEVAREEMBALLAGER.....	45
5.5 TRANSPORTEMBALLAGE.....	48
6 VURDERING AF POTENTIELLE MILJØPÅVIRKNINGER (LCIA).....	49
6.1 SAMLEDE RESULTATER, ENGANGS- OG GENBRUGSEMBALLAGER.....	49
6.2 RESULTATER FOR KLIMAPÅVIRKNINGER, ENGANGS- OG GENBRUGSEMBALLAGER.....	51
6.3 KLIMAPÅVIRKNINGER PER EMBALLAGETYPE.....	55
6.3.1 Bidragsanalyse for klimapåvirkning.....	56
6.4 ØVRIGE MILJØPÅVIRKNINGSKATEGORIER.....	58
7 VURDERING AF DATAKVALITET.....	62
7.1 VURDERING AF USIKKERHED.....	63
8 SENSITIVITETSANALYSE.....	66
8.1 ÆNDRING AF VÆGTEN PÅ DRIKKEVAREEMBALLAGERNE.....	66
8.2 ÆNDRING AF INDSAMLINGSRATER.....	67
8.3 ÆNDRING AF TRANSPORTAFSTANDE.....	69
8.4 TEST AF LCIA METODE.....	70
9 RESULTATFORTOLKNING OG KONKLUSIONER.....	72
10 REFERENCER.....	75
11 BILAG 1 - VARIATION AF UDNYTTelsesGRAD I LASTBILER (FORTROLIGT).....	77
12 BILAG 2 - INVENTORY (LCI) FOR MODELLERING (FORTROLIGT).....	79
12.1 FREMSTILLING AF ALUMINIUMSDÅSER.....	79
12.2 FREMSTILLING AF GLASFLASKE.....	80
12.3 FREMSTILLING AF PET-FLASKE.....	81
12.4 KOMMUNAL AFFALDSBEHANDLING.....	82
12.5 INDSAMLING OG SORTERING AF EMBALLAGER.....	83
12.6 VASK AF EMBALLAGER.....	85
12.7 GENANVENDELSE AF EMBALLAGER.....	86
12.8 ELEKTRICITET, DK.....	87
12.9 TRANSPORT.....	87
13 BILAG 3 - SUPPLERENDE RESULTATER, GENBRUGSEMBALLAGER.....	88



14 BILAG 4 - PEDEGREE MATRIX	89
15 BILAG 5 - FORTROLIGE DATA, DANSK RETURSYSTEM	91
16 BILAG 6 - FORTROLIGE DATA, BRYGGERIER OG TAPPERIER	93
17 BILAG 7 - KRITISK REVIEW	95

Sammenfatning

Nærværende rapport omfatter en livscyklusvurdering af udvalgte pantbelagte drikkevareemballager på det danske marked. Analysen er gennemført som en konsekvensbaseret LCA (C-LCA) og har til formål at sammenligne engangsemballager i glas, PET og aluminium med genbrugsemballager i glas (samt et scenarie for genbrugelig PET) under nuværende danske forhold anno 2025. De omfattede emballagetyper er valgt ud fra, at de er de primære returgrupper i pant- og retursystemet, og dermed de mest repræsentative størrelser for henholdsvis genbrug og engangsbrug i Danmark. Ligeledes er de udvalgte drikkevareemballagers vægt baseret på de hyppigst forekomne flasker og dåser inden for hver volumenstørrelse.

Analysen dækker hele drikkevareemballagernes livscyklus fra råvareudvinding til affaldsbehandling (vugge til grav), herunder produktion, transport, indsamling, sortering, genanvendelse/genbrug og bortskaffelse. Emballagernes indhold samt brugsfasen (fx køling i butik og forbrugertransport) er dog udeladt. Den funktionelle enhed er defineret som *den mængde emballage, der kræves for at rumme og distribuere 1 000 liter drikkevare i Danmark i 2025*. Forgrundsdata er indsamlet direkte fra Dansk Retursystem samt flere danske bryggerier og producenter, mens baggrundssystemet er modelleret med datasæt fra ecoinvent 3.11. Resultaterne vurderes gyldige i 3–5 år. Miljøpåvirkningerne er beregnet med LCIA-metoden ReCiPe 2016 (midpoint, H) på tværs af 18 påvirkningskategorier, med særligt fokus på klimapåvirkning.

For engangsemballagerne viser resultaterne, at blandt de omfattede emballagetyper, har PET-flaskerne generelt den laveste klimapåvirkning pr. funktionel enhed, hvilket primært skyldes lav emballagevægt og høj genanvendelsesgrad. Klimapåvirkningen fra aluminiumsdåserne ligger et sted mellem PET- og glasemballagerne. Engangsemballager i glas har gennemgående den højeste klimapåvirkning pr. funktionel enhed blandt de undersøgte engangsemballager, især i de små volumenstørrelser, hvor vægten pr. funktionel enhed er høj.

For genbrugsemballager i glas viser analysen, at de først opnår et lavere klimaaftryk end engangsløsninger efter et vist antal brugscyklusser (triptal): Efter ca. 3–4 brugscyklusser er genbrugsglas på niveau med engangsglas, mens der skal omkring 8–9 brugscyklusser til, før genbrugsglas opnår et klimaaftryk på niveau med aluminiumsdåser til engangsbrug. Break-even i forhold til de omfattede engangsglas i PET nås først ved meget høje triptal over 50. Scenariet med genbrugelige PET-flasker peger på et potentielt lavt klimaaftryk selv ved relativt lave triptal (5–8), men resultaterne er usikre, da de bygger på antagelser, idet denne emballagetype endnu ikke findes på det danske marked.

Sensitivitetsanalyserne viser, at resultaterne især er følsomme over for flaskevægt, returprocenter og transportforudsætninger. Variation i vægt inden for samme volumenstørrelse kan ændre klimaaftrykket markant: eksempelvis indikerer resultaterne at de letteste engangsemballager i glas kan opnå et klimaaftryk der er på niveau med de tungeste engangsglas i PET, og at klimaaftrykket fra de tungeste engangsglas i PET kan overstige aftrykket fra aluminiumsdåser. Høj returprocent og høj kvalitetsgenanvendelse er afgørende for klimaaftrykket af emballagerne i PET og aluminium, mens transportafstande og lastbilernes udnyttelsesgrad i højere grad påvirker tunge glasemballager og dermed også break-even-punktet mellem genbrugsglas og de øvrige emballagetyper.

Resultaterne for klimapåvirkning er overordnet robuste på tværs af forskellige LCIA-metoder, men bør tolkes som gennemsnit for danske markedsforhold – ikke som præcise værdier for enkelte produkter eller virksomheder. Derudover er resultaterne kun gyldige for de analyserede emballagetyper og størrelser og kan ikke uden videre overføres til andre emballagevarianter, selv inden for de undersøgte volumenstørrelser.



Forkortelser

Følgende forkortelser er anvendt i dette studie:

DRS	Dansk Retursystem
EoL	Endt levetid (fra engelsk "End-of-Life")
FU	Funktionel enhed
LCA	Livscyklusvurdering (fra engelsk "Life Cycle Assessment")
LCI	Livscykluskortlægning (fra engelsk "Life Cycle Inventory")
LCIA	Vurdering af livscykluspåvirkninger (fra engelsk "Life Cycle Impact Assessment")
PET	Polyetylentereftalat (plastiktype der anvendes til plastikflaskerne)
Triptal	Antal gange en given drikkevareemballage kan genbruges. I praksis et andet ord for antallet af brugsgange eller brugscykler

1 Introduktion

1.1 Projektbeskrivelse

Teknologisk Institut har i perioden april 2025 til marts 2026 gennemført en komparativ livscyklusvurdering (LCA) af udvalgte drikkevareemballager med pant, som indsamles i Danmark til hhv. genbrug og genanvendelse. Analysen er udført for og finansieret af Dansk Retursystem A/S. Projektets omfang, formål og de undersøgte emballagetyper er fastlagt i samarbejde mellem Dansk Retursystem og Teknologisk Institut. Bryggeriforeningen (brancheorganisationen for bryggerier og tapperier i Danmark), har løbende været inddraget i forbindelse med indsamling af data og kontakt til bryggerier og tapperier, samt i forhold til afklaring af udvalgte spørgsmål om afgrænsning. En række aktører i branchen, herunder emballageproducenter, bryggerier og tapperier har leveret primære data til projektet, men disse har ikke haft indflydelse på projektets formål, afgrænsning, metodiske tilgang eller udførelse.

Selve livscyklusvurderingen, herunder dataindsamling, systemafgrænsning, beregninger og afrapportering, er udarbejdet af Ulf Smith Minke og Line Granheim fra Byggeri og Anlæg på Teknologisk Institut.

Analysen er udarbejdet i henhold til de krav og retningslinjer, der findes i de internationale standarder ISO 14044 og ISO 14040, som beskriver rammerne og de metodiske principper for udførelse af LCA. Resultaterne påtænkes potentielt at skulle offentliggøres, og da der er tale om sammenlignende påstande, foretages et kritisk review (fagfællebedømmelse) i henhold til retningslinjerne i ISO 14071:2024. Det kritiske review er foretaget af følgende ekspertpanel:

Anders Damgaard (*panelformand*) *Lektor, DTU SUSTAIN*

Alessio Boldrin *Footprinting QCH Lead & Principal Sustainability Consultant, Quantis*

David Althoff Palm *LCA-ekspert & konsulent, Dalemarken AB*

Reviewprocessen, herunder kommentarer og svar kan findes i Bilag 7 - Kritisk review.

1.2 Baggrund

Drikkevareemballage anvendes til opbevaring af drikkevarer såsom øl, juice, vand og sodavand, og har typisk form af flasker, kartoner (kartoner indgår ikke i pantsystemet) eller dåser. I Danmark indgår en række drikkevareemballager i et landsdækkende pant- og retursystem, som i praksis sikrer høj og effektiv materialegenanvendelse eller -genbrug. Pantsystemet i Danmark fungerer ved, at forbrugeren betaler pant, når de køber en drikkevareemballage (flasker og dåser), og de får panten retur, når den tomme drikkevareemballage afleveres. Dansk Retursystem har monopol på administrationen af pantsystemet og står for indsamling og sortering af pantbelagte, genanvendelige drikkevareemballager i Danmark. Pant- og retursystemet i Danmark kan generelt opdeles i to hovedgrupper: Genanvendelig drikkevareemballage til engangsbrug og drikkevareemballage til genbrug. Genanvendelige drikkevareemballager indsamles med henblik på høj kvalitets materialegenanvendelse (closed-loop recycling), mens drikkevareemballager til genbrug indsamles med henblik på rengøring og genpåfyldning. De mest udbredte materialer anvendt til pantbelagte drikkevareemballager i Danmark, er PET (polyetylentereftalat), aluminium og glas. I gruppen til genbrug er det i praksis kun glasflasker med pant, der findes på markedet i Danmark anno 2025.

Alt efter om der er tale om drikkevareemballage til engangs- eller flergangsbrug, stiller brugsforholdene krav til emballagernes holdbarhed og egenskaber – eksempelvis gælder det særligt for genopfyldelige flasker, at de typisk er tykkere og mere robuste sammenlignet med engangsemballage, da de skal holde i længere tid og tåle en vaskeproces. Disse forskelle afspejles i de enkelte emballagers livscyklus, hvor der eksempelvis er forskel på typen og mængden af materialer, der bruges til fremstilling, transportdistancer for de enkelte drikkevareemballager og hvor effektivt materialerne kan genanvendes ved endt levetid. Dette betyder, at der givetvis også er forskel på de enkelte emballagers miljøpåvirkning.

Med implementering af Emballageforordningen, som sætter mål for andelen af genpåfyldelige drikkevareemballager i salgsleddet, er det relevant at få indsigt i miljø- og klimaprofilen for drikkevarer med pant i henholdsvis genanvendelige og genpåfyldelige emballager. Der er tidligere lavet undersøgelser i vores nabolande, eksempelvis i Norge, som belyser dette område. I praksis adskiller forholdene i Norge og andre lande sig dog markant fra de danske på en række områder, såsom transportafstande, indsamlingsprocenter og genanvendelse, hvilket betyder at resultaterne ikke uden videre kan anvendes i en dansk kontekst. Det er derfor relevant at udføre en lignende undersøgelse, specifikt under danske forhold, for at belyse netop dette. Resultaterne fra en dansk undersøgelse, kan eksempelvis bruges som grundlag for beslutninger om hvilke emballagetyper der skal indgå i fremtidens pantsystemer, eller til at kvalificere debatten om genanvendelse kontra genbrug af drikkevareemballager med pant i Danmark.

1.3 Formål

Formålet med denne analyse er at kortlægge og sammenligne de potentielle miljøpåvirkninger, der er forbundet med fremstilling, brug og bortskaffelse af udvalgte drikkevareemballager med pant, der indsamles til hhv. genbrug og genanvendelse via pant- og retursystemet i Danmark. Analysen har et særligt fokus på klimapåvirkninger, men omfatter beregninger på tværs af 18 miljøpåvirkningskategorier, for at skabe et bredere overblik over emballagernes miljøpåvirkning.

Engangsemballager bruges i sagens natur kun én gang, hvorved miljøpåvirkningen per brugscyklus er den samme på tværs af flere brugscykler. For genbrugsemballagerne, vil miljøpåvirkningen derimod afhænge af antallet af brugscykler (også kaldet triptal), altså hvor mange gange den enkelte flaske kan genbruges. Resultaterne har derfor til formål at belyse miljøpåvirkningen på tværs af flere brugscykler - særligt med fokus på at afdække, hvornår (efter hvor mange brugscykler) hhv. genbrug og engangsbrug bedst kan betale sig, set fra et miljø- og klimamæssigt perspektiv. Resultaterne har ikke til formål at afspejle specifikke forhold hos enkelte bryggerier eller producenter, men derimod at repræsentere en gennemsnitsbetragtning for drikkevareemballager med pant i Danmark, under danske forhold. Specifikt omfatter nærværende projekt en vurdering og sammenligning af følgende emballagetyper, som alle indgår i det danske pantsystem, med undtagelse af den genbrugelige PET-flaske, som pt. ikke findes på det danske marked (denne er medtaget som et scenarie til perspektivering, og beror på en række antagelser - se afsnit 4.2 for uddybende beskrivelser af dette):

Drikkevareemballager til engangsbrug:

- PET-flasker i 0,5L og 1,5L
- Glasflasker i 0,275L og 0,5L
- Aluminiumsdåser i 0,33L og 0,5L

Drikkevareemballager til genbrug:

- Glasflasker i 0,25L og 0,33L
- PET flasker i 0,5L og 1L (bemærk at disse pt. ikke indgår i det danske retursystem)

Disse emballagetyper er valgt ud fra, at de er de primære returgrupper i pant- og retursystemet, og dermed de mest repræsentative størrelser for henholdsvis genbrug og engangsbrug i Danmark. Ligeledes er de udvalgte drikkevareemballagers vægt baseret på de hyppigst forekomne flasker og dåser. Det bør i denne sammenhæng nævnes, at der i praksis kan være stor variation i de enkelte emballagers vægt, indenfor en given volumenstørrelse, hvilket kan påvirke miljøpåvirkningen væsentligt. Resultaterne i denne rapport er dermed kun gældende for de udvalgte størrelser & emballagevægte, og kan ikke uden videre overføres til andre emballagevarianter. For genbrugsemballagerne, er glasflaskerne såkaldte "standardflasker", hvilket betyder at flaskerne er ens på tværs af samtlige danske bryggerier. I praksis kan flaskerne dermed cirkulere på tværs af bryggerierne/tapperierne, hvilket øger effektiviteten ift. f.eks. transport og emballagetab.

Målgruppen for LCA'ens resultater er primært Dansk Retursystem A/S. Herudover forventes resultaterne at have interesse for emballage- og drikkevareproducenter, interesseorganisationer (eksempelvis Bryggeriforeningen), politikere og myndigheder mv., som derved også potentielt er en del af målgruppen. Desuden bliver resultaterne fra denne undersøgelse potentielt offentliggjort, hvorved offentligheden og de danske forbrugere også kan blive en del af målgruppen for projektets resultater.

Det bør bemærkes, at denne analyse udelukkende omfatter en vurdering af de potentielle miljøpåvirkninger, hvorfor resultaterne ikke kan bruges til at understøtte påstande om emballagernes eller systemernes generelle bæredygtighed (herunder økonomiske og sociale forhold). Der er et særligt fokus på klimapåvirkninger, samt på en række andre udvalgte miljøpåvirkningskategorier: ressourceforbrug (minerale og metaller), energiresourcer, forsuring og partikelforurening. For disse påvirkningskategorier, er der foretaget analyser hvor triptallet varieres. De samlede konklusioner ift. hvor mange gange genbrugsemballagerne skal bruges for at nå på niveau med de genanvendelige emballager, beror dermed primært på vurderingen af disse miljøpåvirkningskategorier.

Projektets leverancer omfatter nærværende LCA-rapport, samt dertilhørende bilag. Desuden udarbejdes en selvstændig sammenfatning af rapporten, som opsummerer de mest centrale forudsætninger og hovedkonklusioner fra projektet, og som er tiltænkt kommunikation og offentliggørelse. Det bør bemærkes at det udelukkende er nærværende LCA-rapport og dertilhørende bilag, der indgår i det kritiske review. Den efterfølgende sammenfatning er således ikke blevet forlagt reviewpanelet til gennemgang. Grundet fortrolighed og konkurrenceforhold mellem bryggerierne/tapperierne, er en række af de anvendte data fortrolige og kan derfor ikke offentliggøres eller videredeles.

2 Afgrænsning og modelleringsprincipper

Denne sektion beskriver de systemafgrænsninger og modelleringsprincipper, der danner grundlag for nærværende livscyklusvurdering. Afsnittet beskriver de valgte emballagesystemer, den funktionelle enhed (FU), referenceflow, samt centrale antagelser og afgrænsninger. En mere detaljeret gennemgang af datagrundlaget og specifikke forudsætninger præsenteres i sektion 5.

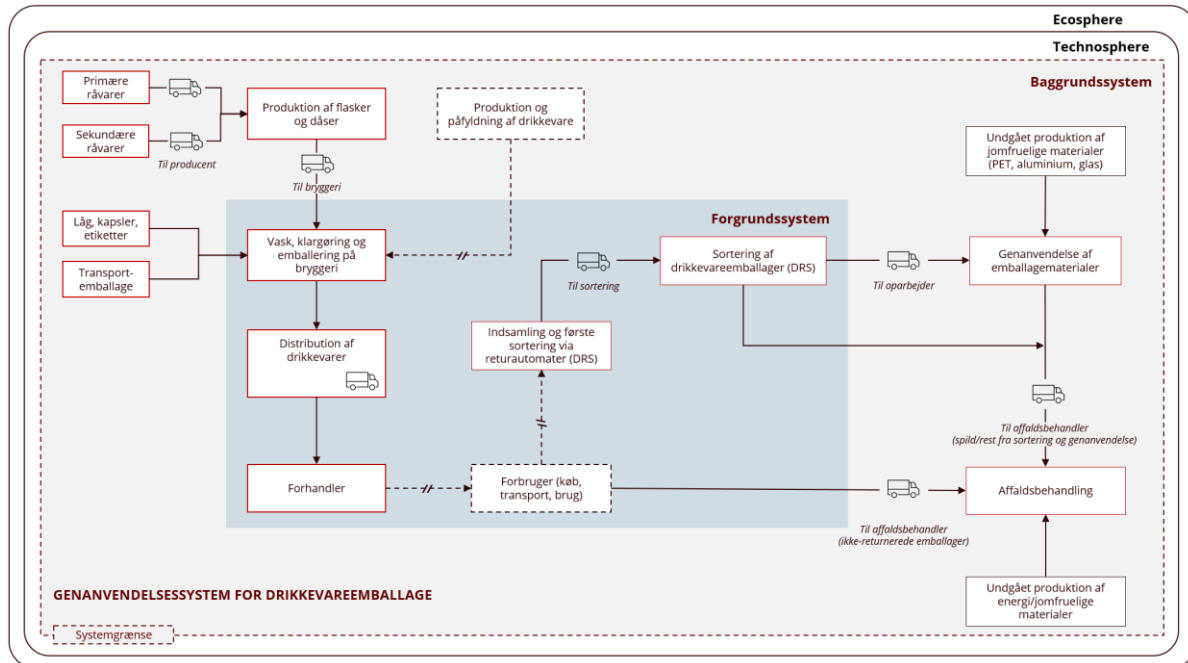
2.1 Afgrænsning og systembeskrivelse

Denne livscyklusvurdering omfatter alle livscyklusstadier for de omfattede drikkevareemballager med pant, fra udvinding af råmaterialer til bortskaffelse (vugge-grav), med undtagelse af de aktiviteter der forekommer under salg og brug af emballagerne, såsom nedkøling i butikker og kørsel til/fra forbruger. Disse aktiviteter er udeladt, da de ikke relaterer sig specifikt til emballagerne, men i højere grad til indholdet og forbrugernes indkøbsvaner. Desuden antages det at miljøpåvirkningen fra disse aktiviteter er negligibel, f.eks. fordi mange forbrugere indkøber deres dagligvarer relativt tæt på deres bopæl. Herudover medregnes udelukkende emballagernes afledte miljøpåvirkning, hvilket betyder at deres indhold af drikkevare, såsom øl, sodavand eller vand ikke medregnes.

Analysen fokuserer på en række forskellige emballagetyper med pant, der håndteres i hhv. genanvendelsessystemet (DRS) og genbrugssystemet (bryggerier og tapperier) i Danmark. I begge systemer medregnes processer såsom produktion, distribution, indsamling, behandling samt den efterfølgende håndtering og genanvendelse af materialer. Projektets geografiske afgrænsning er Danmark, og de danske bryggerier og tapperier. Der tages derfor ikke hensyn til producenter eller drikkevareemballager der fremstilles af udenlandske virksomheder, og som ikke har produktion i Danmark. Analysen repræsenterer de nuværende tekniske og praktiske forhold i Danmark anno 2025, og resultaterne vurderes at være gyldige, så længe de nuværende forhold er repræsentative. Baseret på forventningerne til udviklingen inden for de anvendte teknologier og systemer (elnettet, sortering, transport mm.), forventes resultaterne at være gyldige i 3-5 år. Nedenfor gives en nærmere beskrivelse af de to overordnede systemer, der er omfattet af undersøgelsen.

Analysen tager ikke højde for andre markedseffekter, f.eks. de effekter der kan ske som konsekvens af ændringer i forbrugeradfærd ift. valg af emballagetype, ved introduktionen af nye emballagetyper, såsom genbrugsemballager i PET.

Emballager i genanvendelsessystemet



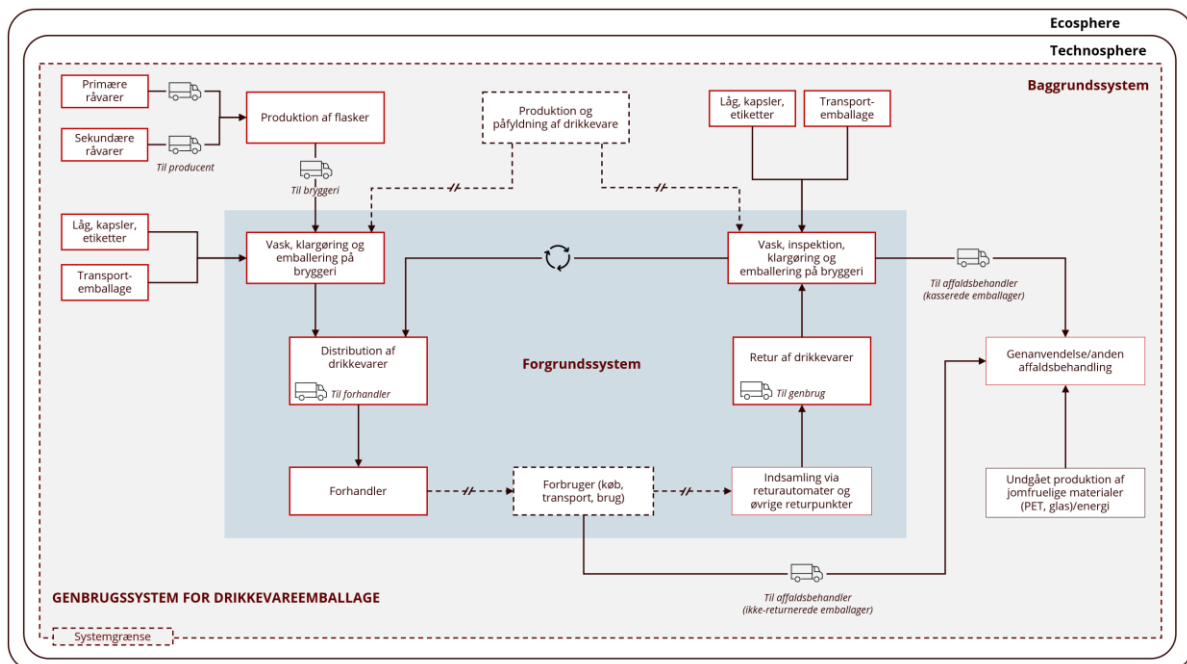
Figur 1, Forsimpleret flowdiagram over systemet for genanvendelige emballager. Processer markeret med stiplede linjer er udenfor systemgrænsen.

Systemet for genanvendelige emballager, som illustreret i Figur 1, er kort beskrevet i nedenstående.

- Alle drikkevareremballager fremstilles ved emballageproducenter, enten i Danmark eller nabolandene. Der anvendes både jomfruelige og genanvendte materialer i produktionen. Efter produktion fragtes de færdige drikkevareremballager til bryggerierne og tapperier i Danmark. PET-flaskerne fremstilles dog som såkaldte *preforme*, der efterfølgende opblæses ved bryggerierne og tapperierne.
- På bryggerierne og tapperierne skylles alle de tomme drikkevareremballager, hvorefter de fyldes med indhold, påsættes kapsler/låg og etiketter. Fremstilling af etiketter og låg/kapsler medregnes, mens emballagerens indhold ikke er omfattet af denne analyse.
- Glasflaskerne pakkes i kasser, mens aluminiumsdåserne og PET-flaskerne emballeres med blandt andet plastfilm og placeres i papbakker.
- Fra bryggerierne og tapperierne transporteres de færdige drikkevareremballager ud til handlen med lastbil og tog, typisk gennem optimerede transportruter via omlastestationer.
- De aktiviteter der finder sted fra det øjeblik drikkevareremballagerne leveres til handlen, og frem til de leveres retur, medregnes ikke. Den eneste undtagelse er affaldshåndtering af de drikkevareremballager der ikke leveres retur via retursystemet, samt affaldsbehandling af genanvendelige drikkevareremballager og metalkapsler fra glasflaskerne.
- Efter brug leveres de tomme drikkevareremballager retur, primært via returautomater. Her sorteres drikkevareremballagerne og klargøres til afhentning (nedknusning af glas og komprimering af PET- og aluminiumsemballagerne).
- De sorterede drikkevareremballager indsamles i lastbiler af Dansk Retursystem, og fragtes herefter til deres sorteringsanlæg i enten Fredericia eller Taastrup.

- På sorteringsanlæggene bliver alle drikkevareemballager yderligere sorteret, klargjort og bundtet med henblik på høj kvalitetsgenanvendelse.
- Fra Dansk Retursystem sendes drikkevareemballagerne til genanvendelsesanlæg, hvor materialerne oparbejdes med henblik på anvendelse i nye emballager/emballager.

Genbrugssystem (nuværende og potentiel fremtidig praksis):



Figur 2, Forsimpleret flowdiagram over systemet for genbrugsemballager. Processer markeret med stiplede linje er udenfor systemgrænsen.

Systemet for genbrugsemballager, som illustreret i Figur 2, er kort beskrevet i nedenstående.

- Systemet starter med fremstilling af råmaterialer og derefter fremstillingen af nye flasker i første brugscyklus, hvorefter flaskerne cirkulerer et antal gange i systemet (vask og genpåfyldning) og til sidst bortskaffes. Alle drikkevareemballagerne fremstilles ved emballageproducenter, enten i Danmark eller nabolandene. Der anvendes både jomfruelige og genanvendte materialer i produktionen. Efter produktion fragtes de færdige drikkevareemballager til bryggerierne og tapperierne i Danmark. PET-flaskerne¹ fremstilles dog som såkaldte *preforme*, der efterfølgende opblæses ved bryggerierne.
- På bryggerierne og tapperierne vaskes alle de tomme drikkevareemballager, hvorefter de fyldes med indhold, påsættes kapsler/låg og etiketter. Fremstilling af etiketter og låg/kapsler medregnes, mens emballagernes indhold ikke er omfattet af denne analyse.
- Glasflaskerne pakkes i kasser, mens PET-flaskerne emballeres med plastfilm (antagelse baseret på engangsflasker, se afsnit 3.5 for yderligere detaljer).

¹ Bemærk at genbrugelige PET-flasker pt. ikke findes i det danske retursystem, hvorfor det er en antagelse at de opblæses ved bryggerierne/tapperierne.

- Fra bryggerierne og tapperierne transporteres de færdige drikkevareemballager ud til handlen med lastbil og tog, typisk gennem optimerede transportruter via omlastestationer.
- De aktiviteter der finder sted fra det øjeblik drikkevareemballagerne leveres til handlen, og frem til de leveres retur, medregnes ikke. Den eneste undtagelse er affaldshåndtering af de drikkevareemballager, der ikke leveres retur, og metalkapsler fra glasflaskerne.
- Efter brug, leveres de tomme drikkevareemballager med pant retur via enten returautomater eller i mindre kiosker og restauranter m.v. og klargøres til afhentning.
- De indsamlede drikkevareemballager afhentes af bryggerierne/tapperierne, og fragtes via samme transportrute tilbage til bryggerierne.
- På bryggerierne og tapperierne vaskes flaskerne, hvorefter de inspiceres. Flasker, der lever op til kvalitetskravene, klargøres til genbrug, mens frasorterede flasker sendes til affaldsbehandling.
- Efter vask, fyldes indhold i flaskerne, og der påsættes kapsler/låg og etiketter. Fremstilling af etiketter og låg/kapsler medregnes, mens emballagernes indhold ikke er omfattet.
- Glasflaskerne pakkes igen i kasser, mens PET-flaskerne antages at blive emballeret med plastfilm.
- Fra bryggerierne og tapperierne transporteres de færdige drikkevareemballager igen ud til handlen med lastbil og tog.
- Flaskerne gennemgår "genbrugsloopet" et antal gange – dvs. transport til/fra bryggerierne og tapperierne, vask mm. inden de til sidst bortskaffes og affaldsbehandles (forbrænding og genanvendelse) i Danmark.

Tabel 1 giver et overblik over de emballagetyper og -størrelser, der er omfattet af denne analyse. De udvalgte volumenstørrelser repræsenterer de mest udbredte emballagestørrelser på det danske marked. Det skal bemærkes, at der i praksis findes en række andre volumenstørrelser, som ikke er inkluderet i dette projekt. Udvælgelsen af emballagestørrelser, er foretaget på baggrund af dialog med Dansk Retursystem og repræsentanter fra danske bryggerier, hvor de valgte størrelser omfatter de emballagetyper- og størrelser, der er de mest udbredte på det danske marked anno 2025.

Det er vigtigt at understrege, at illustrationerne i Tabel 1 viser forenklede eksempler på emballagetyper og størrelser. Den reelle variation i udformning og design, især blandt genanvendelige emballager, er væsentligt større. Analysen tager højde for variationen gennem repræsentative gennemsnit og fordelinger, beskrevet i afsnit 4.1.

Tabel 1, Oversigt over emballagetyper og størrelser der er omfattet af nærværende analyse

Emballagetyper og størrelser, genanvendelses- og genbrugssystem						
Eksempelillustration af flasketyper¹						
Genanvendelige emballager						
Emballagetype	Glasflaske		PET-flaske		Aluminiumsdåse	
Volumen [L]	0,275	0,5	0,5	1,5	0,33	0,5
Genbrugsemballager						
Emballagetype	Glasflaske		PET-flaske			
Volumen [L]	0,25	0,33	0,5	1,0		

¹ Illustrationer er genereret ved brug af AI.

En detaljeret beskrivelse af systemgrænser er præsenteret i sektion 4.

2.2 Funktionel enhed

En LCA udføres med afsæt i en konkret funktionel enhed (FU). Den funktionelle enhed er en både kvantitativ og kvalitativ beskrivelse af den service/ydelse, som et givent produkt eller system leverer. Den funktionelle enhed fungerer som referenceenhed i analysen, og skaber grundlaget for at kunne sammenligne forskellige alternativer på et ensartet grundlag. Forskellige alternativer kan på denne måde sammenlignes ud fra hvordan de leverer den samme funktion, hvilket sikrer en retfærdig sammenligning.

I denne livscyklusvurdering er den funktionelle enhed defineret som:

Produktion, distribution, indsamling og affaldsbehandling af den mængde drikkevareemballage, der er nødvendig for at rumme og distribuere 1 000 liter drikkevare til det danske marked i 2025.

Denne definition indebærer, at resultaterne udregnes baseret på den emballagemængde, der kræves for at emballere og distribuere 1 000 liter drikkevare, uanset materialetype eller system. Dermed sikres sammenlignelighed og konsistens på tværs af de analyserede produktsценарier. For genbrugsemballager forudsættes det desuden, at emballagen opfylder gældende krav for drikkevareemballage, så den kan indgå i et nyt brugsloop og samtidig sikre drikkevarens kvalitet og fødevarer sikkerhed.

2.3 Referenceflowet

I praksis kan den samme funktion leveres på mange forskellige måder. I LCA-sammenhæng defineres derfor et såkaldt referenceflow for de omfattede emballager. Referenceflowet i denne analyse beskriver hvor mange eller hvor meget af den enkelte emballagetype, der er nødvendig for at opfylde den funktionelle enhed – i dette tilfælde at rumme og distribuere 1 000 liter drikkevare til det danske marked. Referenceflowet anvendes dermed som referencepunkt, til at kvantificere alle relevante input og output af energi og materialer. I denne analyse, afhænger emballagernes referenceflow i høj grad af deres størrelse samt af, om emballagen genbruges eller ej. I Tabel 10, sektion 5, ses en oversigt over referenceflowet for de omfattede emballager. En detaljeret beskrivelse af materialemængden og de dertilhørende referenceflows, kan findes i afsnit 5.1 og 4.2.

2.4 Afskæringskriterier (Cut-off)

Afskæringskriterier, eller på engelsk "Cut-off criteria", bruges til at angive kriterier for at udelade processer og input, der vurderes at have meget begrænset betydning for de samlede miljøpåvirkninger. I nærværende analyse, er materialer, energi- og hjælpeprocesser kun udeladt, hvis de vurderes at udgøre under 1% af de samlede energi- eller materialeflows, og desuden ikke forventes at ændre konklusionerne af studiet. De samlede udeladelser er bestemt til ikke at måtte overstige 5% af de samlede materiale- eller energiflows. De samlede udeladelser i denne analyse er afskæringskriterier anvendt i meget begrænset omfang, da alle kendte aktiviteter og processer indenfor systemgrænserne er forsøgt inkluderet.

I henhold til disse afskæringskriterier er følgende processer og aktiviteter udeladt af analysen, da de vurderes at have begrænset betydning for de samlede resultater og/eller at være ens på tværs af de undersøgte emballagetyper:

- Fremstilling, vedligehold og bortskaffelse af produktionsfaciliteter og øvrige anlæg (capital goods) i forgrundssystemet (sorteringsanlæg ved Dansk Retursystem, bryggeriernes produktionsanlæg, omlastestationer og returautomater).
- Vask og håndtering af opbevaringskar og øvrigt materiel anvendt ved indsamling og midlertidig lagring af brugte drikkevareemballager.
- Fremstilling og bortskaffelse af sekundære transportemballager, der genbruges mange gange (fx plastikkasser til flasker, paller mv.); kun deres vægt indgår i transportmodelleringen.

En række processer er desuden udeladt som en del af systemafgrænsningen (jf. afsnit 2.1). Disse omfatter bl.a.:

- Aktiviteter i salgs- og brugsleddet, herunder nedkøling i butik, forbrugernes transport til og fra indkøbsstedet samt øvrig håndtering hos forbrugeren.
- Miljøpåvirkninger fra selve drikkevarens indhold (øl, sodavand, vand mv.), idet analysen udelukkende omfatter emballagerne.

Øvrige afgrænsninger og antagelser er beskrevet i afsnit 2.1 og 3.5.

2.5 Kriterier for datakvalitet

Denne analyse har til formål at afspejle aktuelle danske forhold anno 2025. Det har derfor været en forudsætning for projektets gennemførelse, at der anvendes primære branchedata i forgrundssystemet, som er repræsentative for de nuværende danske forhold. Baggrundssystemet modelleres med baggrundsdatasæt, men det er ligeledes en forudsætning at de datasæt der anvendes til fremstilling af materialer har middel/høj datakvalitet, da de forventes at have stor betydning for resultaterne.

2.6 Metodebeskrivelse

En **livscyklusvurdering (LCA)** kan udføres baseret på forskellige modelleringsmetoder afhængig af analysens formål og beslutningskontekst. Som udgangspunkt skelnes der mellem to overordnede tilgange: attributional (A-LCA) og konsekvensbaseret (C-LCA) modellering (Hauschild et al, 2018). De to tilgange adskiller sig blandt andet i systemafgrænsning, valg af inputdata, grundlæggende forudsætninger samt hvilke spørgsmål de kan besvare.

En **Attributional LCA (A-LCA)** har til formål at kvantificere de miljøpåvirkninger, der kan tilskrives et produktsystem inden for en veldefineret systemgrænse. A-LCA besvarer grundlæggende spørgsmålet: *"Hvilken miljøpåvirkning kan tildeles et givent produkt inden for et præcist afgrænset system?"*. En A-LCA kan anses som en "opgørelse", der tager udgangspunkt i historiske miljøpåvirkninger. Resultatet fra en A-LCA vil derfor være påvirket af normative valg ift. hvordan miljøpåvirkningen skal tildeles eller allokeres i systemet. A-LCA indebærer en normativ afgrænsning mellem det analyserede system og det omgivende system, og medtager dermed ikke afledte effekter uden for systemgrænsen. I en A-LCA anvendes gennemsnitsdata i baggrundssystemet, og miljøpåvirkninger fra multifunktionelle processer fordeles normalt ved allokering – typisk efter masse, energi eller økonomi – i henhold til retningslinjerne i ISO 14044 (ISO 14040/44). I en A-LCA medregnes afledte markedseffekter uden for systemgrænsen normalt ikke.

En **Konsekvens-LCA (C-LCA)** har til formål at kvantificere den forventede miljøpåvirkning af en beslutning eller ændring i efterspørgsel, og besvarer dermed spørgsmålet *“Hvilken miljøpåvirkningen forårsager et givent produkt/system?”*. En konsekvens-LCA (C-LCA) tager dermed højde for de afledte miljøeffekter, dvs. de ændringer, der opstår i hele systemet (globalt) som konsekvens af ændret udbud eller efterspørgsel. Til dette formål identificeres og anvendes såkaldte *“marginale processer”* i baggrundssystemet – dvs. de processer, der faktisk (på kort eller langt sigt) bliver påvirket af den ændring et givent system forårsager i markedet. I en konsekvensbaseret-LCA håndteres multifunktionelle processer via systemudvidelse eller substitution, hvor systemet udvides til at omfatte de afledte miljøpåvirkninger.

Forskellen mellem A-LCA og C-LCA kan eksemplificeres ved at beskrive hvordan brugen af genanvendt PET modelleres i et givent produktsystem. I en A-LCA inddrages udelukkende de processer der er relateret til indsamling, forarbejdning og brug af den mængde genanvendt PET, der optræder indenfor systemet – uden hensyn til markedets tilstand eller konsekvenser for andre aktører.

I en konsekvens-LCA ligger fokus derimod på den marginale effekt ved øget efterspørgsel på genanvendt PET: Hvis der opstår øget efterspørgsel efter genanvendt PET, og udbuddet er begrænset, medfører dette, at andre aktører i markedet forskydes til at bruge jomfrueligt PET. Den faktiske konsekvens af at bruge genanvendt PET er derfor (delvist) øget brug af jomfrueligt PET andetsteds. Dette vil i en C-LCA reflekteres således, at brug af genanvendt PET bliver modelleret som brug af jomfrueligt PET.

Formålet med nærværende analyse er at sammenligne miljøpåvirkningen af forskellige emballagetyper og dermed belyse de miljømæssige konsekvenser ved at vælge én emballageløsning frem for en anden. Af denne grund, og i overensstemmelse med anbefalingerne i ISO 14044/40 (ISO 14040/44) samt ILCD-håndbogen (ILCD, 2018), foretages denne analyse som konsekvens-LCA, for at resultaterne reelt afspejler de samlede afledte miljøeffekter af de omfattede alternativer. Overordnet anvendes C-LCA til at vurdere den samlede miljøeffekt af et givent valg (i dette tilfælde valget mellem de omfattede drikkevareemballager), og anbefales derfor generelt til beslutningsstøtte og ved sammenligning af produkter.

2.6.1 Implementering af C-LCA i dette projekt

De marginale processer/materialer i baggrundssystemet er identificeret og kvantificeret med udgangspunkt i datasæt fra ecoinvent v. 3.11 (*Substitution, consequential, long-term (consequential)*). Der er dermed ikke foretaget en markedsanalyse for de anvendte materialer, men i stedet er antagelserne vedr. de marginale processer for hhv. glas, aluminium og PET valideret gennem litteratur og eksterne kilder.

På nuværende tidspunkt overstiger efterspørgslen udbuddet af genanvendte materialer for hhv. PET, aluminium & glas på det danske og europæiske marked. Dette betyder i udgangspunktet, at øget forbrug af genanvendte materialer ét sted nødvendigvis medfører øget brug af jomfruelige materialer andetsteds. Da der samtidig ikke er begrænsninger i produktionen for jomfruelige materialer, vurderes det sandsynligt, at en øget efterspørgsel på genanvendt PET, glas eller aluminium vil blive mødt af øget produktion af jomfruelige materialer. Derfor anses ecoinvents antagelser om at anvende jomfruelige materialer som marginaler for hhv. genanvendt PET, aluminium og glas for at være repræsentative i denne analyse.

Nedenfor i Tabel 2 ses en oversigt over de materialer, der anvendes i de omfattede drikkevareemballager, samt hvilke antagelser der anvendes i ecoinvents datasæt ift. de marginale materialer for hver type. En

oversigt over alle øvrige LCI data og dertilhørende baggrundsdatasæt anvendt i modelleringen, kan findes i Bilag 2 - Inventory (LCI) for modellering. Det bør bemærkes, at når det beskrives, at genanvendte materialer modelleres som jomfruelige materialer, skyldes det, at dette i praksis er indbygget i de datasæt fra ecoinvent, der anvendes: Der anvendes således datasæt for genanvendte materialer, men deres indhold er identisk med datasæt for jomfruelige materialer, da jomfrueligt materiale netop er defineret som marginalen i disse datasæt.

Tabel 2, Oversigt over marginalerne anvendt til modellering af materialefremstilling

Materialer anvendt i emballagerne, og deres marginale processer		
	Bruges i	Marginal proces i det anvendte datasæt fra ecoinvent v. 3.11.
PET, jomfrueligt	Fremstilling af PET-flasker	Bottle-grade, jomfrueligt PET
PET, genanvendt	Fremstilling af PET-flasker	Bottle-grade, jomfrueligt PET
Glas, jomfrueligt, farvet	Fremstilling af glasflasker, farvet	Glas til drikkevareemballage, farvet, jomfrueligt
Glas, genanvendt, farvet	Fremstilling af glasflasker, farvet	Glas til drikkevareemballage, farvet, jomfrueligt
Glas, jomfrueligt, klart	Fremstilling af glasflasker, klare	Glas til drikkevareemballage, klar, jomfrueligt
Glas, genanvendt, klart	Fremstilling af glasflasker, klare	Glas til drikkevareemballage, klar, jomfrueligt
Aluminium, jomfrueligt	Fremstilling af aluminiumsdåser	Aluminium, ingots, jomfrueligt
Aluminium, genanvendt	Fremstilling af aluminiumsdåser	Aluminium, ingots, jomfrueligt

I denne analyse anvendes systemudvidelse ved multifunktionelle processer, da fokus er på at modellere de miljømæssige konsekvenser af en given proces. Dette betyder, at når en proces leverer mere end ét output (altså udover det referenceflow der er i fokus), udvides systemet til at omfatte de afledte effekter og co-produkter. I nærværende analyse, betyder dette f.eks., at når affaldsbehandlingen modelleres, udvides systemet til også at omfatte den efterfølgende ressourcebesparelse ved råmateriale substitution på markedet. Denne tilgang er i overensstemmelse med anbefalingerne i ISO 14044/40 og ILCD-håndbogen, ift. projekts beslutningskontekst, som i ILCD-terminologi, kategoriseres som situation A eller B (Micro-level decision support eller Meso/macro-level decision support) (ILCD, 2010).



3 Modellering af genanvendelse og genbrug

I de følgende afsnit beskrives hvordan hhv. genanvendelse og genbrug er modelleret i denne LCA. Data vedr. indsamling- og sorteringsprocesser via Dansk Retursystem, samt vask og genbrug af flasker ved bryggerier/tapperierne, er baseret på primære data. Genanvendelsesprocesser der foregår ved oparbejdere (inkl. sortering af de fraktioner der ikke håndteres ved Dansk Retursystem), er modelleret med baggrundsdatasæt fraecoinvent databasen (Se afsnit 5).

3.1 Genanvendelse

Når materialer genanvendes, kan de i udgangspunktet erstatte andre materialer på markedet. I LCA-sammenhæng, medregnes dette således, at de erstattede materialer giver anledning til en "miljøbesparelse" i det system der "leverer" de genanvendte materialer til markedet. Miljøbesparelsen modsvarer grundlæggende den miljøpåvirkning der undgås ved, at de genanvendte materialer kan erstatte/fortrænge produktionen af et andet materiale på markedet. Når drikkevareemballager indsamles og sorteres gennem Dansk Retursystem, sikres en høj materialekvalitet, og dermed kan de sorterede drikkevareemballager erstatte materialer af høj kvalitet i markedet. I praksis er der 3 overordnede faktorer der bestemmer hvor stor en miljøbesparelse, de genanvendte materialer giver anledning til;

(A) Indsamlingsraten, (B) Hvor effektiv er oparbejdnings- og genanvendelsesprocessen, (C) I hvor høj grad de genanvendte materialer erstatter jomfruelige materialer på markedet – med andre ord – hvilken kvalitet har de genanvendte materialer i forhold til jomfruelige materialer.

I denne analyse medregnes både indsamlingsraten (A), den teknologiske effektivitet (B) af de oparbejdnings, sorterings- og genanvendelsesprocesser der indgår i systemet, samt markedsresponsen (C) for de genanvendte materialer der sendes tilbage på markedet. Indsamlingsraten er baseret på data fra Dansk Retursystem, mens B og C faktorerne medregnes på følgende måde i modellen:

$$B = \frac{\text{Materiale der genanvendes (kg)}}{\text{Materiale til oparbejdning (kg)}}$$

$$C = \frac{\text{Materiale undgået på markedet (kg)}}{\text{Materiale der genanvendes (kg)}}$$

Den samlede mængde materiale der erstattes på markedet, er dermed udregnet på følgende måde:

$$\text{Erstattet materiale (kg)} = \text{Referenceflow (kg)} * A * B * C$$

En markedsrespons på 1 betyder i teorien, at det genanvendte materiale erstatter materialet på markedet i forholdet 1:1, og at der dermed ikke er kvalitetsforskel. En teknologieffektivitet på 1 betyder i teorien, at der ikke er materiale- eller kvalitetstab i oparbejdningsprocessen. I praksis er ovenstående formler integreret i ind beregningsmodellen i OpenLCA.

I Tabel 3 og Tabel 4 ses en oversigt over de materialer der genanvendes, hvilke materialer de erstatter i markedet, og hvordan markedsresponsen (C) og teknologieffektiviteten (B) i selve genanvendelsen er modelleret. Indsamlingsrater og sorteringseffektivitet hos Dansk Retursystem fremgår ikke af nedenstående tabel, men er beskrevet i afsnit 4.1, og er implementeret direkte i beregningsmodellen i OpenLCA.

Tabel 3, Oversigt over genanvendte og erstattede materialer i markedet, samt den teknologiske effektivitet af selve genanvendelsen og den efterfølgende markedsrespons. Tabellen omfatter de materialer, der indsamles via Dansk Retur system.

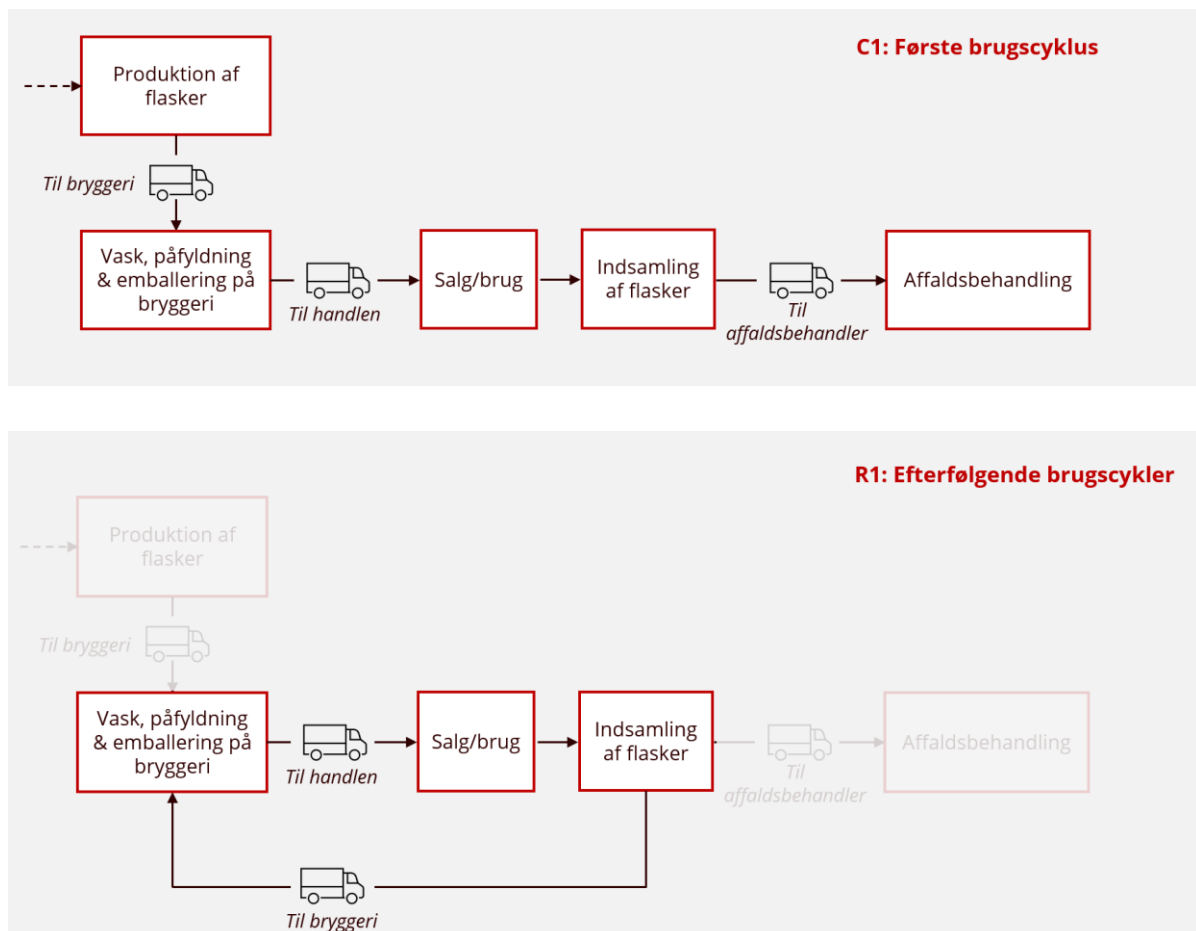
Genanvendte materialer og erstattede materialer i markedet, høj kvalitetsgenanvendelse				
	Kommer hvorfra	Erstatter	Teknologisk effektivitet (B)	Markedsrespons (C)
PET flasker	Dansk Retursystem	Polyethylenterephthalat, bottle-grade	0,94 ¹	1 ¹
Låg, PP	Dansk Retursystem	Polypropylen, granulat	0,94 ¹	1 ¹
Glas, farvet	Dansk Retursystem	Glas til drikkevareemballage, farvet	0,98	1
Glas, klart	Dansk Retursystem	Glas til drikkevareemballage, klart	0,98	1
Aluminiumsdåser	Dansk Retursystem	Aluminium, ingots	0,98	1
¹ Data fra dansk Retursystem				

Tabel 4, Oversigt over genanvendte og erstattede materialer i markedet, samt den teknologiske effektivitet af selve genanvendelsen og den efterfølgende markedsrespons. Tabellen omfatter de materialer der sendes til genanvendelse via det kommunale affaldssystem i Danmark.

Genanvendte materialer og erstattede materialer i markedet, anden genanvendelse				
	Kommer hvorfra	Erstatter	Teknologisk effektivitet (B)	Markedsrespons (C)
PET flasker	Kommunal affaldshåndtering	Polyethylenterephthalat, granulat	0,67 ¹	1
Låg, PP	Kommunal affaldshåndtering	Polypropylen, granulat	0,67 ¹	1
Glas, farvet	Kommunal affaldshåndtering	Glas, farvet	0,96 ²	1
Glas, klart	Kommunal affaldshåndtering	Glas, klart	0,96 ²	1
Aluminiumsdåser	Kommunal affaldshåndtering	Aluminium, wrought alloy	0,80 ³	1
¹ Data fra anvendte ecoinvent process				
² Data fra Reilling Danmark				
³ Data fra anvendte ecoinvent process				

3.2 Genbrug

Miljøpåvirkningen for drikkevareemballager til genbrug afhænger i høj grad af, hvor mange gange de kan bruges. Formålet med denne undersøgelse er at vurdere hvilken miljøpåvirkning, der er forbundet med at bruge emballagerne et antal gange, hvorfor resultaterne derfor udregnes med udgangspunkt i varierende antal brugscyklus. I alle tilfælde, skal emballagen fremstilles, distribueres og bortskaffes ved endt levetid. Hvis genbrugsemballagen kun bruges én gang, vil alle miljøpåvirkningerne dermed skulle medregnes i én og samme brugscyklus. Ved flere brugscyklus, vil miljøpåvirkningen fra emballagefremstilling og bortskaffelse blive fordelt på antallet af gange, emballagen bliver brugt. Herudover vil miljøpåvirkningen fra vask og distribution ifm. genbrug, skulle lægges til. Resultaterne udregnes dermed som den gennemsnitlige miljøbelastning ved 1 brugscyklus, beregnet ud fra varierende antagelser om det totale antal gennemførte brugscyklus. I Figur 3 skitseres det, hvordan systemerne for genbrug er modelleret i hhv. første brugscyklus, samt de efterfølgende brugscyklus med vask og genbrug.



Figur 3. Figuren illustrerer hvordan genbrug af flasker er modelleret. Første brugscyklus omfatter fremstilling, distribution, indsamling og bortskaffelse af emballagen. De efterfølgende brugscyklus omfatter indsamling, distribution og vask af flasker.

Nedenfor præsenteres formler, som illustrerer, hvordan miljøpåvirkningen er beregnet i henholdsvis den første livscyklus og i de efterfølgende brugscykler.

$$1 \text{ brugscyklus} = \frac{C1+x \cdot R1}{1+x} = \frac{C1+0 \cdot R1}{1+0} = \frac{C1}{1} = C1 \quad (1)$$

$$2 \text{ brugscykler} = \frac{C1+x \cdot R1}{1+x} = \frac{C1+1 \cdot R1}{1+1} = \frac{C1+R1}{2} \quad (2)$$

$$3 \text{ brugscykler} = \frac{C1+x \cdot R1}{1+x} = \frac{C1+2 \cdot R1}{1+2} = \frac{C1+2 \cdot R1}{3} \quad (3)$$

..

C1 = miljøpåvirkningen ved 1. livscyklus – dvs. et triptal på 1 afgrænsning (herunder fremstilling og bortskaffelse af emballagen)

X = antallet af genbrugscykler.

R1 = miljøpåvirkningen ved 1 genbrugscyklus (herunder distribution og vask af emballage)

3.3 Triptal og materialetab i hver brugscyklus

I praksis er indsamlingsraten for genbrugsflasker ikke 100 %, hvilket betyder, at der opstår et vist tab af drikkevareemballage hos forbrugerne. Desuden har flaskerne ikke uendelig levetid, men derimod en begrænset teknisk holdbarhed. Disse forhold har betydning for, hvor mange gange en flaske reelt kan genbruges, og udgør grundlaget for det såkaldte triptal. Triptallet angiver, hvor mange brugscyklusser en given flaske gennemgår, før den udgår af kredsløbet. Flaskerne kan i praksis udgå af kredsløbet på flere måder; enten fordi de ikke leveres retur (og derved ender i kommunal affaldsbehandling), fordi de går i stykker under håndtering/transport, eller fordi bryggerierne/tapperierne vurderer at de ikke længere er egnede til genpåfyldning.

Det emballagetab, der sker mellem hver brugscyklus, er således indregnet i triptallet i de respektive scenarier. Derfor korrigeres eller kompenseres der ikke direkte for dette materialetab i modelleringen, fra cyklus til cyklus (se ovenstående ligning 1-3). Skulle man vælge at kompensere direkte for materialetabet, f.eks. ved at modellere et tab på 10 % mellem hver brug, ville det betyde, at antallet af flasker nødvendigt for at levere den funktionelle enhed ville stige, hvorved triptallet ville falde tilsvarende. Dermed er materialetabet allerede indirekte indregnet i det triptal der anvendes i de enkelte scenarier.

Ifølge oplysninger fra Dansk Retursystem og Bryggeriforeningen ligger triptallet for genbrugsflasker i glas på nuværende tidspunkt anno 2025 i Danmark på omkring 8. I forbindelse med bestemmelse af dette triptal, er der indsamlet data for en periode på to år for at sikre en stabil periode, som ikke er påvirket af COVID-19-pandemien. Data dækker således tal for 2023 og 2024. Alle bryggerier med genpåfyldelige emballager på det danske marked har været inviteret til at deltage i dataindsamlingen, som er håndteret under fortrolighed af Dansk Retursystem. De indsamlede data dækker 92% af markedet for de genpåfyldelige flasker. Datagrundlaget vurderes derfor som dækkende og validt.

Udgangspunktet for beregningen er, at den samlede udvikling for den enkelte flasketype skal benyttes, idet fællesflasker bevæger sig kontinuert mellem de producenter, der benytter dem i markedet. Beregningsmetoden tager udgangspunkt i data om producenternes beholdning, indkøb og kassation af flasker. Endvidere ses der på udviklingen i beholdning på markedet og hos forbrugere. Den anvendte metode følger 1:1 Product Environmental Footprint Category Rules Guidance ([EUR-Lex - 32021H2279 - EN - EUR-Lex](#)).

Med afsæt i ovenstående dataforudsætninger og beregningsmetode er resultatet, at triptallet for 33 cl standardflasken er 8 i perioden 2023-2024, hvilket betyder, at en flaske fyldes og genpåfyldes 8 gange, inden den går tabt eller må kasseres til genanvendelse. Levetiden er en del af den anvendte formel til beregning af triptallet, og vi har med afsæt i de fremsendte data beregnet den til 1,53 år.

Beregningen og metodeanvendelse er verificeret af Revisions Institutet, som i det daglige varetager data flow for pantsystemet i henhold til Pantbekendtgørelsen.

I denne analyse præsenteres resultater for forskellige triptal, afhængigt af de scenarier der undersøges, dog tages der udgangspunktet i et triptal på 8, for de overordnede resultater. Det bør bemærkes at dette triptal ikke er gældende for genbrugsflaskerne i PET.

3.4 LCIA-metoder og påvirkningskategorier

Beregningerne er udført i LCA-værktøjet Open LCA ved anvendelse af karakteringsmodellen ReCiPe 2016 v1.03, midpoint (H).

Beregningerne er foretaget på tværs af i alt 18 miljøpåvirkningskategorier, som er præsenteret i Tabel 5. I henhold til analysens formål, er der særlig vægt på klimapåvirkningen, da analysen sigter mod at belyse den potentielle klimateffekt afhængigt af valg af emballagemateriale og anvendelse. Resultaterne for varierende trip tal, bidragsanalysen og de resultater der findes for sensitivitet, er dermed kun udregnet for den potentielle klimapåvirkning.

Tabel 5, Beskrivelse af omfattede miljøpåvirkningskategorier, i henhold til ReCiPe 2016 midpoint (H).

Påvirkningskategorier, ReCiPe 2016 midpoint (H) ¹		
Påvirkningskategori		
Engelsk	Dansk	Enhed
Acidification: terrestrial	Forsuring: terrestrisk	kg SO ₂ -Eq
Climate change	Klimaændringer	kg CO ₂ -Eq
Ecotoxicity: freshwater	Økotoksicitet: ferskvand	kg 1,4-DCB-Eq
Ecotoxicity: marine	Økotoksicitet: marin	kg 1,4-DCB-Eq
Ecotoxicity: terrestrial	Økotoksicitet: terrestrisk	kg 1,4-DCB-Eq
Energy resources: non-renewable, fossil	Energiressourcer: ikke-fornybare, fossile	kg oil-Eq
Eutrophication: freshwater	Eutrofiering: ferskvand	kg P-Eq
Eutrophication: marine	Eutrofiering: marin	kg N-Eq
Human toxicity: carcinogenic	Human toksicitet: kræfteffekter	kg 1,4-DCB-Eq
Human toxicity: non-carcinogenic	Human toksicitet: ikke-kræfteffekter	kg 1,4-DCB-Eq
Ionising radiation	Ioniserende stråling	kBq Co-60-Eq
Land use	Arealanvendelse	m ² *a crop-Eq

Material resources: metals/minerals	Materialeressourcer: metaller/mineraler	kg Cu-Eq
Ozone depletion	Nedbrydning af ozonlaget	kg CFC-11-Eq
Particulate matter formation	Partikelforurening	kg PM2.5-Eq
Photochemical oxidant formation: human health	Fotokemisk ozondannelse: menneskers sundhed	kg NOx-Eq
Photochemical oxidant formation: terrestrial ecosystems	Fotokemisk ozondannelse: terrestriske økosystemer	kg NOx-Eq
Water use	Vandforbrug	m ³
¹ LCIA-metode: ReCiPe 2016 v1.03, midpoint (H)		

3.5 Antagelser

Nedenstående liste viser en oversigt over de vigtigste antagelser foretaget i dette projekt. En række mindre antagelser vedr. mindre dele af emballagernes livscyklus, er beskrevet i de respektive afsnit i den øvrige rapport.

- A) Produktionsanlæg (capital goods) i forgrundssystemet medregnes ikke. Dette omfatter opførelse og vedligeholdelse af: (1) sorteringsanlæg ved Dansk Retursystem, (2) byggeriernes produktionsanlæg, (3) omlastestationer, (4) returautomater. Disse anlæg er hovedsageligt udeladt fordi, der ikke findes primære data, samt fordi de vurderes at være ens for alle omfattede emballagetyper. Derudover håndterer disse anlæg så store emballagemængder i løbet af deres levetid, at miljøpåvirkningen per enhed vurderes at være neglignibel, relativt til de øvrige miljøpåvirkninger i emballagernes livscyklus. Returautomaterne antages ligeledes at være opstillet, uanset hvilken emballagetype der undersøges.
- B) Vask af plastikflasker foregår på samme måde, som vask af glasflasker. Eftersom der ikke findes genbrugelige PET-flasker i dag, har det ikke været muligt at indsamle primære data på vask af disse i Danmark. Eftersom flaskevask i udgangspunktet er en relativ simpel proces, antages det at materiale- og energiforbruget ved vask af PET-flasker, er det samme som for glasflasker. Denne antagelse er vurderet plausibel af bryggerierne/tapperierne.
- C) Der er indsamlet primære data fra et antal bryggerier, der tilsammen vurderes at udgøre ca. 80% af det danske marked. Det antages at de omfattede bryggerier er repræsentative for det danske marked ift. transportafstande, emballagetyper og behandling. I udgangspunktet er emballagerne meget sammenlignelige på tværs af alle danske bryggerier, hvorfor denne antagelse vurderes at være repræsentativ. De omfattede bryggerier dækker desuden over både store og mindre producenter, hvilket understreger datagrundlagets repræsentativitet.
- D) Vask af brugte opbevaringskar i forbindelse med indsamling af brugte drikkevareemballager til genanvendelse medregnes ikke. Dette vurderes ikke at medføre væsentlig usikkerhed til resultaterne.
- E) Fremstillingen og bortskaffelsen af primære og sekundære emballager der genbruges, såsom plastikkasser til flaskerne, paller mm. medregnes ikke, da miljøpåvirkningen per emballageenhed vurderes at være neglignibel. Dog medregnes vægten af disse emballager, ifm. transport af emballagerne.



- F) I praksis kan PET ikke genanvendes i en uendelighed – dog kan PET genanvendes mange gange før det mister sin materialekvalitet. Dette kvalitetstab er medregnet i genanvendelsesprocessen, hvor der er en markedsrespons på 0,94 – dvs. der er 6% af det genanvendte materiale, der genanvendes til en lavere kvalitet, ved hver genanvendelsescyklus.
- G) PET-flaskerne til genbrug, fremstilles og distribueres på samme vis, og under samme forhold som PET-flaskerne til engangsbrug. Det antages desuden, at genbrugelige PET-flasker efterfølgende følger de samme transportmønstre og behandlingsformer som genbrugsglasflasker.
- H) Eftersom der ikke forelægger data for DRS' nye sorteringsanlæg i Fredericia, er der i denne analyse udelukkende anvendt data fra indsamlingsanlægget i Taastrup som grundlag for modelleringen af sorteringsprocessen. Dette anses som repræsentativt for fremtidige forhold, eftersom det nye anlæg forventes at være mindst lige så effektivt som det i Taastrup, og fordi anlægget i Hedensted tages ud af drift i 2026.
- I) Analysen tager ikke højde for effekter og forskydninger i markedet, som konsekvens af, at genbrugs PET-flasker introduceres på det danske marked. I praksis forventes dette dog heller ikke at påvirke miljøpåvirkningen fra de øvrige drikkevareemballager.
- J) Glas kan i teorien ikke genanvendes 100% i lukkede kredsløb (closed loop), uden tilføjelse af nye råvareinput. I praksis kan alle de indsamlede flasker i Danmark imidlertid anvendes i produktionen af nyt glas, da der er kapacitet hertil (dvs. forholdet mellem produktion af nyt glas og mængden, der sendes til genanvendelse, tillader dette). I denne analyse er der derfor ikke taget højde for eventuelle begrænsninger i, hvor store mængder glas (både klart og farvet) der kan genanvendes i Danmark.
- K) Det antages at de genbrugelige PET flasker pakkes i plastfilm. Denne antagelse er behæftet med stor usikkerhed, men forventes ikke at have væsentlig indflydelse på de samlede resultater.

4 Beskrivelser af de omfattede systemer og drikkevareemballager

De omfattede emballagetyper, samt systemerne for håndtering af hhv. genanvendelses- og genbrugsemballager beskrives nærmere i de følgende afsnit. De specifikke data, metodevalg og forudsætninger, som ligger til grund for den efterfølgende livscykluskortlægning (LCI), er nærmere beskrevet i sektion 5.

4.1 Genanvendelige drikkevareemballager (single-use)

Genanvendelige drikkevareemballager indsamles af Dansk Retursystem med henblik på materialegenanvendelse. Når emballagerne returneres via pantsystemet, bliver de sorteret ved ét af Dansk Retursystems sorteringsanlæg, hvorefter de sendes videre til materialegenanvendelse. Her oparbejdes materialerne, så de kan genanvendes i produktionen af nye flasker og dåser.

Som beskrevet i afsnit 2.1 inkluderer pant- og retursystemet i Danmark et bredt spektrum af genanvendelige emballager, hvor der optræder stor variation i både volumen, materialer, form og farve. Denne variation skyldes blandt andet, at genanvendelige drikkevareemballager ikke er designet til genbrug, men til omsmeltnings. Emballagerne behøver derfor ikke at følge et standardformat, og mulighederne for udformning er fleksible, da den enkelte drikkevareemballage omsmeltes til nye drikkevareemballager uden betydelige hensyn til designet i dens tidligere brugscyklus.

Blandt de genanvendelige drikkevareemballager dominerer tre materialetyper: Glas, PET og aluminium. Hver af disse materialer findes i flere emballagetyper og størrelser. I denne analyse er en række af de mest udbredte emballagestørrelser på det danske marked, inkluderet. For glasflasker anses 0,275L og 0,50L som de mest udbredte størrelser. PET-flasker forekommer mest i 0,50L og 1,50L, mens aluminiumsdåser primært forekommer i størrelserne i 0,33L og 0,50L. Se Tabel 6 for yderligere specifikationer af de omfattede genanvendelige emballager.

Vægten af den enkelte flaske eller dåse afhænger dels af volumenstørrelse, men til dels også af produktets design. Særligt for glas- og PET-flasker findes mange forskellige former og udformninger. De i rapporten anvendte standardværdier repræsenterer gennemsnittet for de mest udbredte emballagetyper i hver volumenstørrelse, baseret på data fra Dansk Retursystem. For at omfavne de produktvariationer der findes i markedet, er spændet mellem den laveste og højeste registrerede vægt for hver emballagetype og -størrelse angivet. Det bør dog bemærkes, at langt størstedelen af emballagerne har en vægt nær standardværdien, mens kun en mindre andel ligger omkring yderpunkterne. Denne vægtfordeling er dog vigtig at tage i betragtning, når resultaterne af livscyklusvurderingen fortolkes (se mere i sektion 8 om sensitivitetsanalyser). En oversigt over de omfattede emballagestørrelser, samt deres vægt, kan ses nedenfor i Tabel 6.

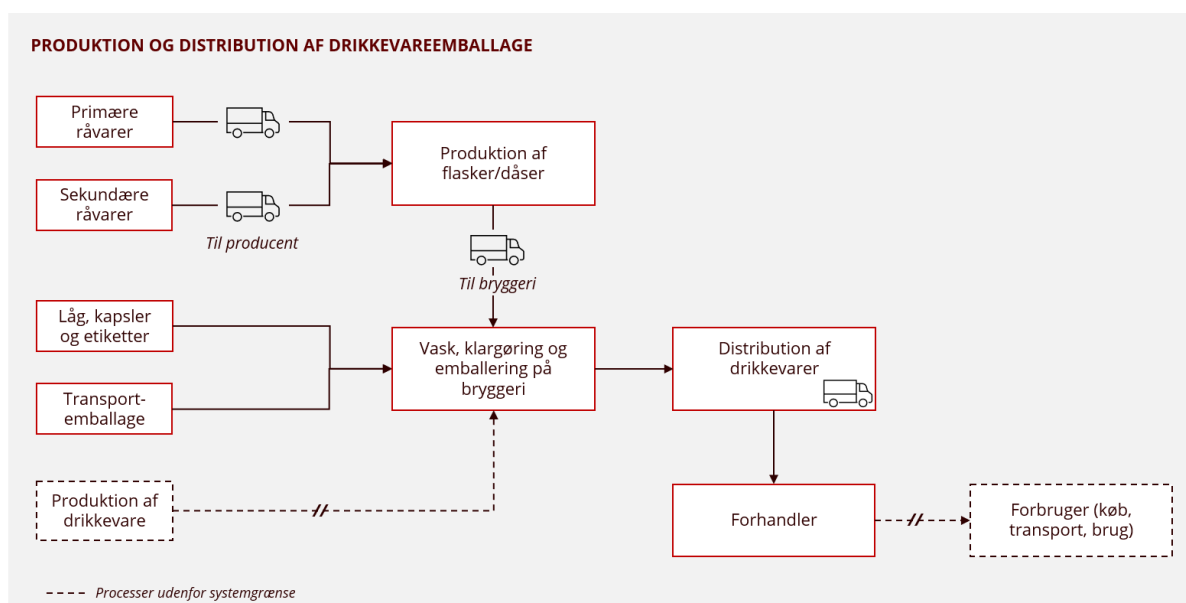
Tabel 6, Specifikationer for de genanvendelige drikkevareemballager omfattet af denne undersøgelse

Specifikationer, genanvendelige emballager						
	Glasflaske		PET-flaske		Aluminiumdåse	
Volumen ¹ [L]	0,275	0,50	0,50	1,50	0,33	0,50
Vægt, standard ² [g]	193	390	22,3	30,6	12,3	17,0
Min ³ [g]	163	175	13,8	27,3	-	-
Maks ³ [g]	380	598	40,1	42,7	-	-
Genanvendt materiale ⁴ [%]	72%	85-90% ⁵	36%	36%	87%	87%
Låg/kapsel ² [g]	0,21	0,21	2,7	2,7	-	-
Etiket ² [g]	0,1	0,1	0,7	1,5	-	-

1. Angivne volumen er valgt på baggrund af de markeds mest repræsentative emballage størrelser i Danmark.
2. Standardværdier for vægt er beregnet af Dansk Retursystem, som et vægtet gennemsnit af de tilmeldte genanvendelige drikkevareemballager indenfor det enkelte volumen indsamlet via pant- og returordningen.
3. Min./maks.-værdier afspejler den laveste og højeste registrerede vægt for hver emballagetype og -størrelse. Der er betydelig variation i emballagens vægt inden for den enkelte volumen størrelse, og der kan derfor forekomme drikkevareemballager på det danske marked, der afviger fra de oplyste værdier.
4. Andelen af genanvendt materiale er baseret på producentoplysninger samt danske branchedata for genanvendelige drikkevareemballager.
5. I modelleringen er anvendt 88% genanvendt materiale.

4.1.1 Fremstilling og distribution

Figur 4 illustrerer de væsentligste processtrin i forbindelse med fremstilling og distribution af genanvendelige emballager, der indgår i denne undersøgelse. I det følgende afsnit beskrives produktionskæden for hver af de tre materialetyper: aluminium, PET og glas, med fokus på de centrale processer fra udvinding af råmaterialer til færdig producerede drikkevareemballager.



Figur 4, Forsimpleret flowdiagram over produktion og distribution af drikkevarer. Processer markeret med stiplede linje er udenfor systemgrænsen.

Produktionen af genanvendelige drikkevareemballager foretages hos emballageproducenter og distribueres derfra til bryggerierne og tapperierne. Baseret på oplysninger fra de danske bryggerier og tapperier antages glas- og aluminiumsemballager produceret hos danske producenter, mens PET-emballager antages produceret hos europæiske leverandører. Det er oplyst, at geografisk placering og afstand til de danske bryggerier er et centralt aspekt ved valg af leverandører.

De væsentligste materialer, der indgår i de omfattede emballager, er aluminium, PET og glas (klart & farvet), hvor både jomfrueligt og genanvendt materiale indgår i materialestrømmen. Herudover anvendes metal til kapsler, samt HDPE/LDPE til låg og etiketter. Transporten mellem bryggerierne/tapperierne og handlen er baseret på et gennemsnitsscenarie, hvor varerne fragtes fra bryggeri til distributionscenter og derfra videre til forhandler (fx butik, kiosk eller restaurant) – se afsnit 5.4 for flere detaljer om modellering af transport.

Som vist i Figur 4 indgår hverken selve produktionen af drikkevaren eller driften af distributionscentre i denne analyse. Endvidere er aktiviteter hos forbrugeren, såsom køb, transport og brug af drikkevaren, ikke medtaget i analysen.

Fremstilling af PET-flasker:

Fremstillingen af PET-flasker starter med udvinding og forarbejdning af både jomfruelige og genanvendte materialer, som anvendes i produktion af såkaldte preforme. De færdigstøbte preforme transporteres herefter til bryggerierne og tapperierne, hvor de opblæses til deres endelige flaskeform i forbindelse med påfyldning af drikkevaren. Efter påfyldning emballeres flaskerne i plastikfilm og pakkes på paller, hvorefter de transporteres til handlen. Produktionskæden omfatter dermed materialefremstilling, præformsproduktion, transport mellem de enkelte led samt klargøring hos bryggeriet.

PET-flaskerne lukkes med skruelåg af HDPE, og påføres etiketter af LDPE. Fremstillingen af både låg og etiketter er inkluderet i nærværende analyse.

Fremstilling af aluminiumsdåser:

Fremstilling af aluminiumsdåser begynder med udvinding og forarbejdning af både jomfruelige og sekundære materialer, der vales til aluminiumplader (aluminium sheets). De valsede aluminiumsplader sendes videre til dåseproducenten, hvor dåsernes krop og låg udstanses, og sammensættes. Aluminiumsdåser påføres herefter en tynd indvendig lakbelægning primært bestående af epoxy resin, polyester resin og akryl varnish (ca. 2,5% af dåsens vægt), som danner et beskyttende lag mellem drikkevaren og metallet. De færdigproducerede dåser transporteres herefter til bryggeriet, hvor påfyldning sker, og låg/klips monteres. Efter påfyldning emballeres aluminiumsdåserne i plastikfilm og papbakker, og pakkes på paller, hvorefter de transporteres til handlen. Produktionskæden inkluderer således materialefremstilling, udstansning af krop og låg, transport mellem de enkelte led samt samling og klargøring hos bryggeriet.

Glasflasker:

Fremstillingen af glasflasker indledes med udvinding og forarbejdning af både primære og sekundære råmaterialer, som smeltes og formes til flasker på glasværket. De færdige flasker distribueres til bryggeriet, hvor de fyldes med drikkevarer. Alle glasflasker lukkes med metalkapsler eller i få tilfælde af plastpropper, og påføres etiketter af papir eller plast. Efter påfyldning pakkes glasflaskerne i plastikkasser, og på transportpaller, hvorefter de transporteres til handlen. Produktionskæden omfatter dermed

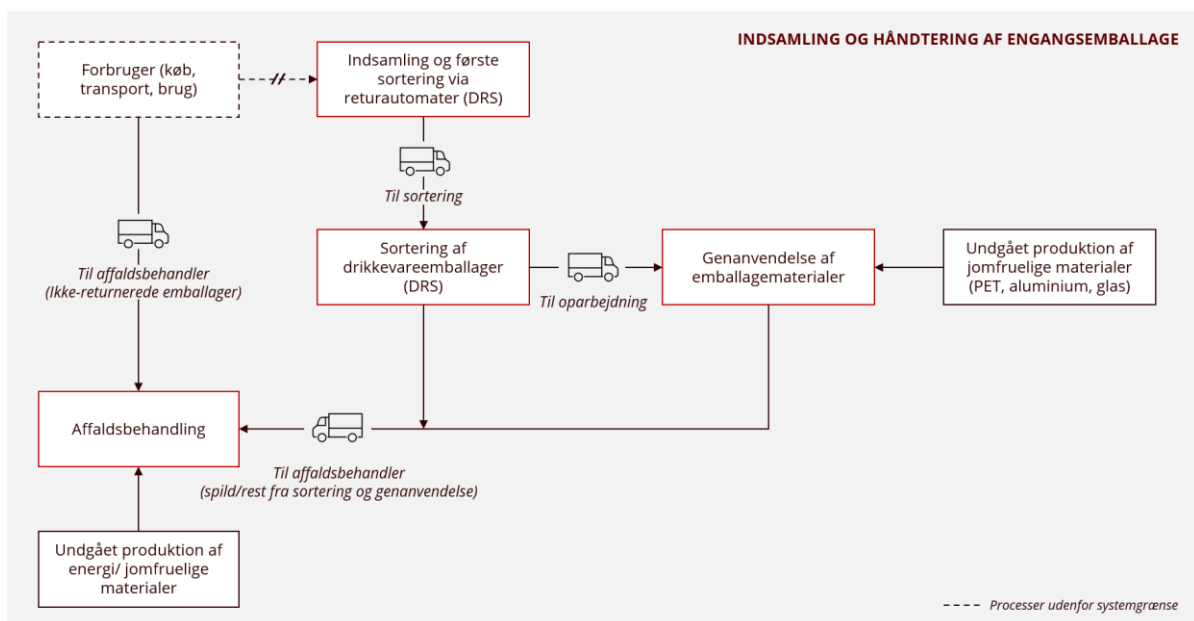
materialefremstilling, glassmeltning og -støbning, transport mellem de enkelte led samt klargøring hos bryggeriet. På bryggeriet vaskes alle nye drikkevareemballager desuden inden de fyldes med indhold.

I denne analyse er eventuel efterfølgende overfladebehandling på glasværket, fx påføring af et tyndt polymerlag for at beskytte flaskernes overflade, ikke eksplicit modelleret og er dermed udeladt som en afgrænsning.

4.1.2 Indsamling og håndtering af engangsdrikkevareemballager

I Danmark returneres og indsamles langt størstedelen af alle solgte flasker og dåser via pantsystemet, som til dagligt drives af Dansk Retursystem. Ved indsamlingsstedet sorteres og klargøres emballagerne til transport. Plast og metal blandes til én samlet fraktion, som komprimeres, mens glasemballagerne håndteres som en separat fraktion og transporteres løst, hvor glasset er skåret/brudt som følge af håndteringen. Efter indsamling, sendes emballagerne til videre sortering ved Dansk Retursystems sorteringsanlæg i enten Taastrup eller Fredericia. På sorteringsanlæggene sorteres emballagerne i rene materialefraktioner og klargøres til genanvendelse. I 2024 udgjorde den gennemsnitlige returrate for pantemballager 93%. Af denne genanvendte mængde indgik 99,7% i lukkede materialekredsløb (flaske-til-flaske eller dåse-til-dåse) (DRS, 2024).

Figur 5 giver et overblik over de primære procestrin i forbindelse med indsamling og håndtering af de genanvendelige emballagerne i det danske pant- og retursystem. I det følgende afsnit beskrives de enkelte delprocesser og materialestrømme mere indgående med udgangspunkt i det skitserede procesdiagram. Bemærk at aktiviteterne ved forbrugerne ikke er omfattet i denne analyse. Dog er håndteringen og affaldsbehandlingen af de drikkevareemballager der ikke leveres retur, inkluderet.



Figur 5, Forsimpleret flowdiagram over indsamling, sortering og videre håndtering af drikkevareemballager efter brug. Processer markeret med stiplede linje er uden for systemgrænsen.

Tabel 7 viser et overblik over retur- og genanvendelsesraterne for de omfattede emballagetyper i Danmark i 2024. Tallene er baseret på primære data fra Dansk Retursystem, og er anvendt som datagrundlag i denne livscyklusvurdering. For plast ses det, at en mindre andel af de indsamlede drikkevareemballager ikke indgår i lukkede materialekredsløb. Dette skyldes hovedsageligt, at der forekommer flasker af andre plasttyper end PET, som i dag ikke kan genanvendes til nye drikkevareemballager, samt at der i praksis er et mindre kvalitetstab, hver gang plastik genanvendes. Det samme gælder for låg og etiketter fra plastflasker samt kapsler fra glasflasker. For glas- og aluminiumsemballager er andelen, der ikke genanvendes til nye flasker eller dåser, meget lav. De anvendte data er baseret på tal fra 2024, hvilket er de nyeste tilgængelige tal fra Dansk Retursystem. Eftersom der generelt ikke er sket store ændringer i returprocenten fra det ene år til det andet, anses disse data også som repræsentative for 2025, samt for analysens gyldighedsperiode (3-5 år). Over tid har returprocenten dog historisk været langsomt stigende, hvilket også forventes at være trenden fremadrettet, da Dansk Retursystem arbejder mod at forbedre dette. I udgangspunktet vil en øget returprocent medføre en reduceret miljøpåvirkning, særligt fra de genanvendelige drikkevareemballager (se afsnit 8.2 for sensitivitetsanalyser af ændringer i returprocenten).

Tabel 7, Retur- og genanvendelsesrater for de omfattede emballagetyper i Danmark i 2024 (DRS, 2025b). Returnerede drikkevareemballager dækker over andelen af solgte emballager, der leveres retur i pant- og retursystemet. Genanvendte emballager, dækker over andelen af de indsamlede emballager, der ender med at blive genanvendt til højkvalitetsmaterialer.

Retur- og genanvendelsesrater, genanvendelige drikkevareemballager (2024)			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Returnerede emballager	91%	92%	93%
Genanvendte emballager	98% (2% tab)	94% (6% tab)	98% (2% tab)

Langt størstedelen af de pantbelagte flasker og dåser indsamles via returautomater i dagligvarebutikker, mens en mindre andel leveres retur hos kiosker og restauranter mv. Returautomaterne registrerer og optæller emballagerne automatisk ved hjælp af strekkoder/pantmærke/formgenkendelse, og opdeler dem i særskilte materialefraktioner. Herefter komprimeres de indsamlede plastflasker og metaldåser, mens glasflasker adskilles i separate beholdere. Plastflasker og aluminiumsdåser samles i plastkar, som kan rumme ca. 25 kg emballage (PET og aluminium). Glasflaskerne samles ligeledes i kar (foldekar), som hver kan rumme ca. 225 kg emballage (glas). Forskellen mellem hvor mange kg emballage de enkelte kar kan rumme, skyldes hovedsageligt densiteten af de forskellige emballager, hvor glas vejer mest per volumen. Genpåfyldelige glasflasker sorteres særskilt og afhentes direkte af bryggerierne/tapperierne i kasser.

Efter indsamling, afhentes emballagerne af Dansk Retursystem, som transporterer dem videre til deres sorteringsanlæg. På tidspunktet for denne analyse foregår emballagesorteringen på to anlæg, som er placeret i hhv. Hedensted og Høje Taastrup. Fra slutningen af 2025 forventes et nyt sorteringsanlæg i Fredericia at erstatte aktiviteterne i Hedensted, hvorfor data fra anlægget i Hedensted ikke er inddraget som grundlag for denne analyse. Det nye anlæg i Fredericia er etableret for at øge effektiviteten og imødekomme fremtidens kapacitetsbehov, og vurderes i denne analyse at have mindst samme effektivitet, som anlægget i Høje Taastrup. Eftersom der ikke foreligger data for det nye anlæg, er der i denne analyse derfor udelukkende anvendt data fra anlægget i Høje Taastrup, som grundlaget for modelleringen af sorteringsprocessen. Transportafstanden mellem handlen og Dansk Retursystem, er dog baseret på de samlede data for Danmark, og vurderes derfor at være repræsentative for både de nuværende, og de fremtidige forhold.

En mindre andel af emballagerne returneres ikke via returautomaterne, men afhentes i stedet direkte hos en ekstern part, eksempelvis kiosker, HoReCa, festivaler og events. Disse drikkevareemballager optælles centralt på sorteringsanlægget ved DRS. I 2024 udgjorde de omtrent 10 % af de indsamlede pantemballager.

På sorteringsanlægget hos DRS modtages de tomme drikkevareemballager i ankomsthaller. Komprimerede fraktioner af plast og metal tømmes fra fragtbilerne i en fælles aflæsningsgrav indenfor på anlægget. Herfra føres emballagen automatisk videre ind i anlægget via transportbånd, hvor sorteringsprocessen finder sted. Se Figur 6.



Aflæsningsgrav med plast- og metalemballage



Transport af emballage på transportbånd

Figur 6, Sorteringsanlæg i Høje Taastrup

På sorteringsanlægget separeres PET-plast og aluminium i rene fraktioner ved hjælp af teknologier som magneter, eddy current-separatorer, optiske sensorer og luftsortering, hvilket sikrer høj renhed i de udgående materialestrømme. Under denne proces frasorteres løse dele som låg, etiketter, kapsler og andre urenheder, som sendes videre til særskilt oparbejdning og i meget begrænset omfang til konventionel affaldsbehandling.

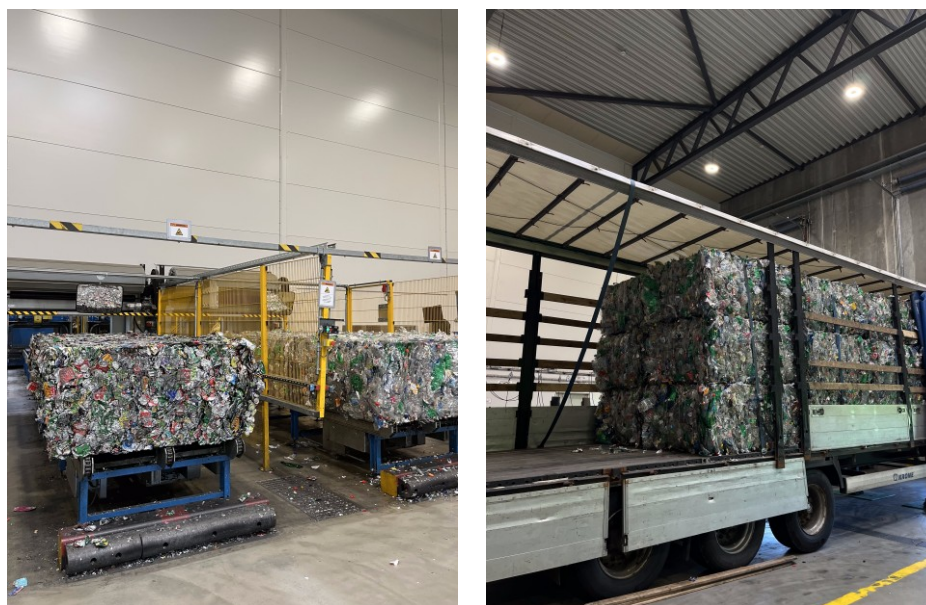
Efter sorteringen sammenpresses de sorterede PET-flasker og aluminiumdåser for sig til kompakte baller, der opbevares indendørs for at undgå fugt og skade, før videre transport. Den effektive sorteringsproces sikrer minimale tab, således at størstedelen af materialerne kan sendes til genanvendelse.

Håndtering af glas foregår i et separat system, adskilt fra PET og aluminium. Det indsamlede glas optælles og sorteres ved ankomsten, ved hjælp af industrielle maskiner og manuelle processer. Efter optællingen læsses glasset derefter direkte på lastbiltrailere, hvorfra det kan sendes til videre genanvendelse. Alle drikkevareemballager registreres og optælles grundigt, eftersom dette danner grundlag for korrekt pantudbetaling til returmodtagere.

Genanvendelse af engangsemballager

Genanvendelse af drikkevareemballager med pant sker i lukkede materialekredsløb (closed-loop recycling), hvor materialernes kvalitet bevares med henblik på anvendelse i nye fødevareemballager. For at opretholde de høje kvalitetskrav indsamles de pantbelagte flasker, dåser og glas separat fra andre affaldsstrømme, hvilket minimerer risikoen for kontaminering. Efter sortering og klargøring hos Dansk Retursystem videresendes materialerne til specialiserede genanvendelsesanstalder i både Danmark og Europa (afhængigt af materialetypen). Her oparbejdes materialerne til nye råvarer, der i høj grad kan erstatte jomfruelige materialer, i produktion af nye drikkevareemballager.

Figur 7 viser sorterede PET- og aluminiumsemballager efter sortering, inden afsætning til genanvendelse.



Fraktioner af plast og metal efter sortering

Materialer på trailer inden transport

Figur 7, Sorterede drikkevareemballager til genanvendelse

De overordnede genanvendelsesprocesser for de enkelte materialetyper er beskrevet nedenfor. Bemærk, at processerne kan variere mellem forskellige oparbejdere afhængigt af teknologiske og geografiske forhold. Det bør bemærkes, at der ikke er indsamlet primære data for selve genanvendelsesprocesserne – disse er i stedet modelleret med baggrundsdatasæt fra ecoinvent v3.11 databasen. Se Bilag 14 for en detaljeret vurdering af repræsentativiteten af de anvendte datasæt.

- **PET:**
Indsamlede plastflasker leveres komprimeret i baller til genanvendelsesanstalder, hvor de gennemgår yderligere sortering. Herefter neddeles de til flakes og vaskes for at fjerne etiketter, lim og øvrige forureninger. De rene PET-flakes smeltes og ekstruderes til pellets, der kan anvendes til produktion af nye flasker. Størstedelen af disse pellets, opnår en materialekvalitet der modsvarer jomfruelige materialer.
- **Aluminium:**
Indsamlede aluminiumsdåser leveres ligeledes i komprimerede baller. På genanvendelsesanstalder fjernes lak og andre urenheder, hvorefter materialet omsmeltes. Det oparbejdede aluminium støbes til

barrer eller vales til plader, der kan anvendes til produktion af nye dåser. Størstedelen af de omsmeltede dåser, opnår en materialekvalitet der modsvarer jomfruelige materialer.

- **Glas:**

Glasaffald indsamlet gennem pantsystemet transporteres til genanvendelses anlæg i Danmark, hvor de sorteres, nedknuses og vaskes for at opfylde kravene fra glasindustrien. Det bearbejdede glas (cullet) videresælges til glasværker, hvor det kan anvendes til produktion af nye glasemballager. Størstedelen af de oparbejdede glas (cullet), opnår en materialekvalitet der modsvarer jomfruelige materialer.

Tab ved sortering og genanvendelse er medtaget i livscyklusvurderingen, baseret på data og informationer fra både Dansk Retursystem, og direkte fra de virksomheder der genanvender materialerne. De fraktioner, der ikke opnår høj kvalitetsgenanvendelse, fx på grund af kvalitetskrav eller naturlige procesrelaterede tab hos oparbejder, indgår i materiale genanvendelse til andre emballager. Ikke-egnede restfraktioner sendes til konventionel affaldsbehandling, herunder forbrænding.

Emballager, der ikke indsamles gennem retursystemet, håndteres via de kommunale affaldsordninger og bliver enten materiale genanvendt på et lavere kvalitetsniveau eller forbrændt, afhængigt af deres egnethed til genanvendelse.

4.2 Genbrugsemballager

Genbrugsemballager dækker over genpåfyldelige pantflasker, der indsamles efter brug med henblik på rengøring og genopfyldning. Når flaskerne returneres til bryggerierne/tapperierne, bliver de vasket, kontrolleret og klargjort til at blive genbrugt i flere brugscykler. Flasker, der ikke længere lever op til kvalitetskravene, frasorteres og sendes videre til materiale genanvendelse. I det følgende beskrives de enkelte trin i systemerne for genbrugsemballagerne mere detaljeret.

Genpåfyldelige emballager

Som beskrevet i afsnit 2.1 omfatter det nuværende genbrugssystemet i Danmark udelukkende glasflasker, dog omfatter denne analyse også et scenarie for genpåfyldelige PET-flasker. Anvendelsen af PET-flasker til genopfyldning har tidligere været praksis i Danmark, men denne løsning er siden blevet udfaset. Udfasningen af PET-flasker til genbrug, er sket som følge af producenteres og forbrugeres fravalg, jf. det frie materialevalg i pant- og retursystemet. Udfasningen af PET-flasker handlede i høj grad om, at de hurtigt blev ridsede og var tungere end de engang anvendte PET-flasker.

Den seneste udvikling på markedet, hvor der potentielt stilles krav om øget genbrug, har dog genskabt interessen for potentielt at kunne bruge genpåfyldelige PET-flasker som et fremtidigt alternativ. Derfor er der i denne analyse medtaget et scenarie, som omfatter genpåfyldelige PET-flasker, på trods af, at disse ikke findes i Danmark på nuværende tidspunkt. Overordnet antages det, at genbrugsflasker i PET fremstilles på samme vis som de genanvendelige drikkevareemballager i PET, og derefter følger de samme transportmønstre og behandling som genbrugsflasker i glas.

Genpåfyldelige drikkevareemballager adskiller sig fra genanvendelige drikkevareemballager ved at være konstrueret og designet til at blive brugt flere gange. Dette betyder typisk, at flaskerne har en større materialetykkelse og vægt, og at deres designform er mere standardiseret for at sikre effektivitet i logistik og vaskeprocesser. For glasflasker er 0,33L og 0,50L udvalgt som de mest repræsentative størrelser, mens genpåfyldelige PET-flasker forventes i størrelserne 0,5L og 1,0L hvis de bliver reintroduceret på det danske

marked. Se Tabel 8 for specifikationer for genopfyldelige drikkevareemballager omfattet af denne analyse. De anvendte data vedr. glasemballagernes volumen og andel af genanvendte materialer, er baseret på informationer fra dialog direkte med Ardagh i Danmark samt fra Dansk Retursystem. De anvendte data vedr. PET-flaskerne er baseret på oplysninger fra producenter af genpåfyldelige PET-flasker². For PET er der identificeret løsninger med op til 50 % genanvendt indhold. Et indhold på op til 30 % genanvendt PET er dog identificeret hos flere producenter i deres standardløsninger, og der er derfor forudsat 30% genanvendt indhold i dette studie.

For genbrugsemballagerne, er glasflaskerne såkaldte "standardflasker", hvilket betyder at flaskerne er ens på tværs af samtlige danske bryggerier. I praksis kan flaskerne dermed cirkulere på tværs af bryggerierne/tapperierne, hvilket øger effektiviteten ift. f.eks. transport og emballagetab. På trods af de standardiserede design, er der i praksis ingen formelle lovkrav om at flaskerne skal have en bestemt tykkelse eller et bestemt design. Standardværdier for vægt og dimensioner anvendt i denne analyse bygger på branchespecifikke data og repræsenterer de mest udbredte flaskemodeller. De valgte størrelser, anses i udgangspunktet for repræsentative for størstedelen af genbrugsflaskerne i Danmark.

Tabel 8, Specifikationer for genpåfyldelige flasker omfattet af studien

Specifikationer, genpåfyldelige drikkevareemballager med pant				
	Glasflaske		PET-flaske	
Volumen ¹ [L]	0,25	0,33	0,50	1,0
Vægt, standard ² [g]	255	295	43	65
Genanvendt materiale ³ [%]	72%	85-90% ⁴	30%	30%

1. Angivne volumen for glasflasker repræsenterer de markeds mest anvendte emballagestørrelser i Danmark; PET-volumen er estimeret ud fra forventninger til kommende markedstrends.
2. Standardværdier for vægt er baseret på producentoplysninger.
3. Andelen af genanvendt materiale i glasflasken er baseret på producent-specifikke oplysninger. For PET-flasken er andelen baseret på oplysninger fra producenter af genpåfyldelige PET-flasker og antages at være repræsentativ for markedet.
4. Der er anvendt 88% i modelleringen.

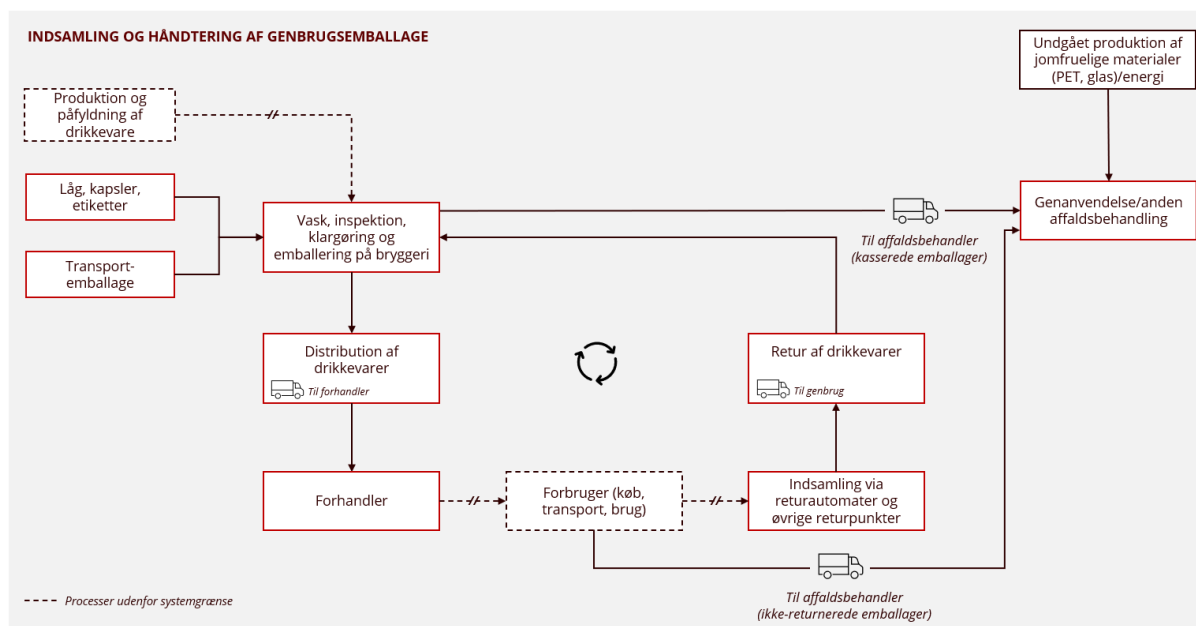
Fremstilling og distribution af genpåfyldelige emballager

Fremstillingen og distributionen af genpåfyldelige drikkevareemballager følger i udgangspunktet de samme overordnede processer som for de genanvendelige emballager. Beskrivelserne vedr. Fremstillingsmåder, distributionsruter og aktiviteterne på bryggerierne, som står beskrevet i afsnit 4.1, er dermed også gældende for fremstilling og distribution af de genpåfyldelige flasker. Emballagernes konkrete design er dog i praksis anderledes, blandt andet fordi de genpåfyldelige drikkevareemballager skal modstå gentagne brugscykler.

Indsamling og håndtering af genpåfyldelige emballager

Figur 8 giver et overblik over hovedprocesserne i systemet for indsamling, vask og klargøring af de omfattede genpåfyldelige drikkevareemballager. I det følgende afsnit beskrives de enkelte delprocesser og materialestrømme mere indgående med udgangspunkt i det skitserede procesforløb.

² Data vedrørende genopfyldelige PET-flasker er baseret på oplysninger fra emballageproducenter, herunder Petainer (2025), Alpla (2025) og Sidel (2025).



Figur 8, Forsimpleret flowdiagram over indsamling, vask, sortering, klargøring og efterfølgende re-distribution af drikkevareremballager efter genpåfyldning. Processer markeret med stiplede linje er udenfor systemgrænsen.

Genbrugsglasflasker indgår i et cirkulært system, hvor de efter brug returneres, vaskes og genpåfyldes et antal gange. Efter brug, afleverer forbrugerne de tomme flasker i returautomater (pantssystemet) eller ved øvrige indsamlingspunkter.

De indsamlede flasker transporteres fra indsamlingsstederne til returterminaler, hvor de samles og sorteres, før de sendes tilbage til bryggerierne/tapperierne. Det er bryggerierne/tapperierne selv, der indsamler de brugte genbrugsemballager. I praksis indgår returtransporten som en del af bryggeriernes distributionslogistik, således at returtransport af tomme emballager, foregår på tilbageturen i de samme transportmidler der leverede de fyldte varer. På denne måde kan kapaciteten i de anvendte lastbiler udnyttes bedre. Informationer vedr. transport af både fyldte og tomme genbrugsemballager, er baseret på data direkte fra bryggerierne/tapperierne.

Vask og klargøring på bryggeriet

På bryggeriet inspiceres og vaskes flaskerne grundigt for at sikre fødevarerhygiejne og for at opretholde den nødvendige emballagekvalitet. Flasker, der er beskadiget, eller af andre grunde ikke lever op til kvalitetskravene, frasorteres og sendes videre til materialegenanvendelse. I Danmark foretages kvalitetssikring af genpåfyldelige glasflasker som udgangspunkt ved hjælp af automatiserede inspektionssystemer. Processen omfatter typisk:

- Automatisk tømning, forvask og etiketfjernelse
- Optisk inspektion (kameraer og sensorer) for skår, revner, deformationer, fremmedlegemer og produktrester
- Supplerende manuel stikprøvekontrol

Kravene relaterer sig primært til fødevarer sikkerhed og hygiejne samt til, at flaskerne kan indgå sikkert i vaske- og aftapningsprocessen uden drifts- eller sikkerhedsrisici.

De egnede flasker fortsætter videre i kredsløbet, hvor de genpåfyldes med drikkevare, og der påsættes nye etiketter og låg/kapsler, hvorefter de kan pakkes og klargøres til ny distribution. Antallet af brugscykler for en genbrugsglasflaske afhænger af både brugsintensitet, returprocenter, håndtering gennem systemet og den specifikke praksis på bryggeriet.

5 Livscykluskortlægning (LCI)

Dette afsnit indeholder en beskrivelse af de anvendte data (livscykluskortlægning) for emballagesystemerne omfattet af analysen. Indledningsvis præsenteres de overordnede, generelle data og forudsætninger, som er fælles for begge systemer. Derefter følger en detaljeret gennemgang af de specifikke data og processer for henholdsvis genanvendelige drikkevareemballager og genbrugsemballager, i tråd med systembeskrivelserne præsenteret i afsnit 4. En række af de indsamlede data er fortrolige, hvorfor disse ikke fremgår direkte i rapporten. Alle fortrolige data kan findes i Bilag 5 og Bilag 6.

Alle data er indsamlet i perioden maj 2025 - december 2025.

Formålet med nærværende analyse er at repræsentere gennemsnitlige danske forhold for drikkevareemballager omfattet af pant- og retursystemet bedst muligt - både hvad angår emballagetyper, transportafstande og behandling af brugte emballager. Det har derfor været nødvendigt at sikre et robust og repræsentativt datagrundlag.

Der er indsamlet primære data for de processer der finder sted i forgrundssystemet (Se Figur 1 og Figur 2), mens baggrundssystemet i udgangspunktet er modelleret med baggrundsdatasæt fraecoinvent databasen. Der er indsamlet primære data fra Dansk Retursystem, fra et antal bryggerier, der tilsammen vurderes at udgøre ca. 80% af det danske marked, Bryggeriforeningen og fra flere emballageproducenter. I Tabel 9 ses en oversigt over de anvendte datakilder i studiet.

Tabel 9, Oversigt over anvendte datakilder

Oversigt over datakilder		
	Beskrivelse	Kilde
Produktion af PET-flasker	Informationer vedr. produktionen af preforme og efterfølgende opblæsning af flaskerne	Danske bryggerier ¹ (Bryggerier, 2025)
	Informationer vedr. leverandører af preforme til de danske bryggerier	Bryggeriforeningen, danske bryggerier (Bryggeriforeningen, 2025; Bryggerier, 2025)
Produktion af Aluminiumsdåser	Informationer vedr. produktionen af Aluminiumsdåser	Litteratur (Niero, M., & Olsen, S. I., 2016; Sphera, 2021)
	Informationer vedr. leverandører af aluminiumsdåser til de danske bryggerier	Bryggeriforeningen, danske bryggerier ¹ (Bryggeriforeningen, 2025; Bryggerier, 2025)
Produktion af glasflasker	Informationer vedr. produktionen af glasflasker	Ardagh Glass Packaging (flaskeproducent) (Ardagh, 2025) Reiling Glas (genanvender glas i Danmark)
	Informationer vedr. leverandører af glasflasker til de danske bryggerier	Bryggeriforeningen, danske bryggerier ¹ (Bryggeriforeningen, 2025; Bryggerier, 2025)
Produktstørrelser, vægt og materialesammensætning	Data vedr. emballagernes vægt, størrelse og materialesammensætning	Dansk Retursystem (DRS, 2025a)

Transportmåde og transportafstande	Transportdistancer mellem producenter, bryggerier, handlen og DRS	Bryggeriforeningen, danske bryggerier ¹ Dansk Retursystem (DRS, 2025a)
Sortering og genanvendelse af drikkevareemballager	Data for sorteringsprocesser, materialetab mm.	Dansk Retursystem (DRS, 2025a)
Genanvendelse af glas	Data vedr. genanvendelsesprocesser for glas	Ardagh Glass Packaging (<i>flaskeproducent</i>) (Ardagh, 2025) Reiling Glas (<i>genanvender glas i Danmark</i>)
Vask af drikkevareemballager på bryggerier	Data vedr. energi og materialeforbrug ved vask af drikkevareemballager – både inden påfyldning og ved genbrug	Danske bryggerier ¹ (Bryggerier, 2025)
¹ Der er indsamlet informationer og primære data fra fire danske bryggerier. Det antages at disse bryggerier er repræsentative for de gennemsnitlige danske forhold, eftersom de udgør en betydelig andel af markedet, og omfatter både store og små bryggerier.		

5.1 Vægt af emballager

Som beskrevet i afsnit 4 er data vedr. emballagetyper og deres vægte indsamlet fra Dansk Retursystem, emballageproducenterne og de danske bryggerier. Hvor disse data ikke har været tilgængelige, er de suppleret med information fra litteraturen og relevante producenter. Til analysen er det nødvendige antal drikkevareemballager for at opfylde den funktionelle enhed på 1000 liter beregnet på baggrund af volumen af én enkelt emballage. Den samlede vægt pr. funktionel enhed er derefter beregnet som produktet af antallet af drikkevareemballager og vægten af den enkelte drikkevareemballage for hver emballagestørrelse (volumen). Dette er vist i formlerne nedenfor:

$$\text{Antal enheder per FU} = \frac{1000L}{\text{volumen pr. enhed}}$$

$$\text{Vægt per FU} = \text{antal enheder} \cdot \text{vægt pr. enhed}$$

Tabel 10 præsenterer oplysninger om de omfattede emballagetyper, herunder deres volumen, antal enheder pr. liter samt vægt pr. liter emballeret drikkevare. Oplysningerne danner grundlag for de beregningerne i denne LCA, ved at definere hvor mange enheder der skal bruges, for at levere den funktionelle enhed på 1 000 liter emballeret produkt som beskrevet i afsnit 2.2.

Tabel 10, Oversigt over emballagetyper, volumen, antal enheder og vægt pr. funktionel enhed

Referenceflow, drikkevareemballager						
Genanvendelige emballager						
Emballagetype	Glasflaske		PET-flaske		Aluminiumsdåse	
Volumen [L]	0,275	0,5	0,5	1,5	0,33	0,5
Enheder per FU (stk./1 000 L)	3 636	2 000	2 000	667	3 030	2 000
Vægt per FU (kg/1 000 L)	703	780	45	20	37	34
Genbrugsemballager						
Emballagetype	Glasflaske		PET-flaske			
Volumen [L]	0,25	0,33	0,5	1,0		
Enheder per FU ¹ (stk./1 000 L)	4 000	3 030	2 000	1 000		
Vægt per FU ¹ (kg/1 000 L)	1020	894	86	65		

¹ Dette tal repræsenterer antallet af flasker ved et triptal på 1 – dvs. én brugscyklus. Antallet af enheder per FU afhænger af triptallet, og vil derfor blive mindre, desto højere et triptal.

5.2 Specifikke data, genanvendelige emballager

Dette afsnit præsenterer de specifikke data, der danner grundlag for livscyklusvurderingen af genanvendelige drikkevareemballager omfattet pant. Fokus er på de centrale processer i værdikæden, herunder håndtering af ikke-indsamlede emballager, systemerne for indsamling, sortering og transport. Afsnittet beskriver de væsentligste datakilder, metodevalg og forudsætninger, som ligger til grund for opgørelsen af miljøpåvirkninger forbundet med genanvendelige drikkevareemballager i det danske retursystem.

5.2.1 Håndtering af ikke-indsamlede emballager

Som præsenteret i Tabel 7, afsnit 4.1, er der en andel drikkevareemballager der ikke leveres retur i pantsystemet. Dansk Retursystem har fået gennemført analyser af Flip Studio og Econet, der belyser håndtering af de emballager, som ikke returneres gennem pantsystemet. Analysen viser, at størstedelen af de ikke-retournerede drikkevareemballager ender som privat husholdningsaffald (40 %), erhvervsaffald (30 %) eller som affald i det offentlige rum (20 %). De resterende mængder fordeles mellem emballager, der bortskaffes "on-the-go" eller efterlades i naturområder/parker (5 %), samt emballager, som indgår i Dansk Retursystems interne processer (5 %). (DRS, 2025a)

På baggrund af denne fordeling antages det, at langt hovedparten af de emballager, der ikke indsamles gennem retursystemet, håndteres gennem de kommunale affaldsordninger. Ifølge nationale og kommunale regulativer er husholdningernes og erhvervslivets restaffald omfattet af sorteringskrav og indsamlingsordninger, hvor emballageaffald indsamles som restaffald, plast, glas eller metal, afhængigt af lokal praksis. Opgørelser fra Emballagestatistik 2022 viser, at i 2022 blev 51 % af plastemballager, 90 % af glasemballager og 80 % af metalemballager indsamlet til genanvendelse. Den reelle genanvendelsesprocent af de indsamlede drikkevareemballager varierer dog betydeligt mellem materialetyper; for plastemballage er den reelle genanvendelse lav (23 %), mens den for glas og metal er væsentligt højere (henholdsvis 87 % og 70 %). Emballage, der ikke genanvendes, indgår som hovedregel i de kommunale affaldsordninger og går oftest til forbrænding. I Tabel 11 vises de data der er anvendt i denne analyse, for håndtering af de emballager, der ikke indsamles via pantsystemet – tallene er baseret på data fra (Miljøstyrelsen, 2024), samt fra Reilling Danmark (for glas).

Tabel 11, Affaldsbehandling af ikke-retournerede emballager

Affaldsbehandling, ikke-retournerede genanvendelige emballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Andel ikke-retournerede emballager	9% af glasflasker	8% af plastflasker	7% af aluminiumsdåser
Genanvendelse, emballager	87-95% ¹	23%	70%
Forbrænding, emballager	5-13% ¹	77%	30%

¹Baseret på data fra Reilling Danmark, antages det at 95% af glasflasker i Danmark, sendes til genanvendelse.

Transport af ikke-indsamlede drikkevareemballager til affaldshåndtering er medtaget i analysen. Se afsnit 5.4 for detaljer.

5.2.2 Processer for indsamling, sortering og klargøring af genanvendelige drikkevare- emballage med pant

I nedenstående beskrives de centrale processer for indsamling, sortering og klargøring af genanvendelige drikkevareemballager i det danske pant- og retursystem. Fokus er på, hvordan drikkevareemballager modtages og håndteres via pantautomater, samt hvordan energi- og ressourceforbrug opgøres og fordeles mellem forskellige materialetyper.

Returmodtagelse af genanvendelige drikkevareemballager i returautomater:

Som beskrevet i afsnit 4.1 indsamles flasker og dåser via pantautomater placeret i dagligvarebutikker, kiosker m.v. Opgørelsen over energiforbrug forbundet med indsamling er baseret på faktiske forbrugsdata for strømforbrugende maskiner og databokse fra 2024 (indsamlet via Dansk Retursystem). For at allokere det samlede energiforbrug mellem de enkelte emballagetyper er der anvendt en procentvis fordeling baseret på antallet af indsamlede emballager.

Fordelingen tager højde for, at glasflasker ikke komprimeres efter indsamling i returautomaterne og derfor ikke tildeles strømforbrug fra komprimatoren. I stedet tildeles glasflasker et mindre forbrug fra en særskilt strømforbrugende enhed (SIC), der udelukkende håndterer glas.

Tabel 12 viser fordelingen af indsamlede genanvendelige drikkevareemballager på både antal og vægt samt det tilsvarende elektricitetsforbrug pr. styk for hver materialetype. Energiforbruget ved indsamling er allokeret efter antal styk, baseret på oplysninger fra Dansk Retursystem. Plastflasker og aluminiumsdåser gennemløber samme proces og får tildelt det samme forbrug pr. styk, mens glasflasker har et andet forbrug pr. styk grundet særskilt håndtering. Eventuelt ekstra energiforbrug og pladsbehov til opbevaring af de indsamlede emballager hos butikker m.v. er ikke medtaget i analysen og er dermed en afgrænsning, som forventes at have begrænset betydning i forhold til de øvrige inkluderede procesbidrag.

Tabel 12, Strømforbrug ved indsamling af pantemballager i returautomater

Indsamling, genanvendelige emballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Indsamlede emballager, stk. af total	5%	33%	62%
Indsamlede emballager, tons af total	47%	28%	25%
Elektricitetsforbrug ¹ [kWh/stk.]	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5

¹ Eventuelt energiforbrug under opbevaring inden afhentning er ikke inkluderet.

Sortering og klargøring af genanvendelige emballager:

På sorteringsanlægget bliver de indsamlede drikkevareemballager sorteret i rene materialefraktioner og klargjort til genanvendelse. Opgørelsen over energi- og ressourceforbrug på sorteringsanlægget er baseret på driftsdata fra anlægget i Høje Taastrup for 2024 og bygger på både manuelle og elektroniske kvalitetsmålinger samt mængden af de forskellige emballagetyper, som passerer gennem sorteringsanlægget (input- og outputmængder).

Som beskrevet i afsnit 4.1 tages der udgangspunkt i at sorteringsanlægget i Høje Taastrup, er repræsentativt for det nye anlæg i Fredericia. Det antages dermed at sorteringskvalitet og energiforbrug per enhed er identiske på de to anlæg. Det betyder, at alle beregninger og fordelinger af forbrug, tab og materialestrømme fra Fredericia baseres på de målte værdier fra Høje Taastrup-anlægget.

Forbruget på anlægget omfatter energi (elektricitet og fjernvarme) samt vand, relateret til både sortering og tilknyttet omlastning. Allokeringen af det samlede ressourceforbrug til de enkelte emballagetyper er baseret på allokeringsnøgler, der tager udgangspunkt i relevante driftsøkonomiske parametre. For hver type drikkevareemballage er en forholdsmæssig andel af det samlede forbrug af el, fjernvarme og vand således tildelt, baseret på disse parametre, med det formål at afspejle forskelle i proceskrav, håndteringsgrad eller anlæggets indretning. Denne indledende allokering på tværs af de 3 materialetyper, er foretaget af Dansk Retursystem. De i tabellen angivne allokeringsnøgler udtrykker dermed en teknisk og/eller økonomisk betinget fordeling af ressourcer på tværs af emballagetyperne.

Efter allokering af det totale forbrug beregnes det specifikke forbrug pr. ton og pr. styk for hver emballagetype ved at dividere den allokerede ressourceanvendelse med henholdsvis den indsamlede totalmængde og det totale antal håndterede enheder for hver emballagetype.

Tab under sortering og klargøring er minimalt og varierer mellem materialetyper og komponenter. For PET optræder det største tab ved etiketter, da de let løsnes under processen, mens tabet af selve flasker og låg er lavt. For aluminiumsdåser skyldes eventuelle tab primært, at nogle dåser midlertidigt havner i PET-fractionen, men disse genanvendes videre hos oparbejder i et 'dåse til dåse' spor. Glasflasker indsamles særskilt, hvilket minimerer tabet i form af meget små skår.

Tabel 13 viser allokeringsnøgler, samt el-, fjernvarme- og vandforbrug pr. styk for glasflasker, PET-flasker og aluminiumsdåser.

Tabel 13. Sortering og klargøring af drikkevareemballager

Sortering og klargøring, genanvendelige emballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Allokeringsnøgle ¹	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Forbrug på anlæg			
Elektricitetsforbrug, [kWh/stk.]	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Fjernvarmeforbrug [kWh/stk.]	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Vandforbrug [liter/stk.]	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Tab på anlæg			
Tab, flaske/dåse	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Tab, låg	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
Tab, etikette	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5
¹ Baseret på data fra Dansk Retursystem (DRS, 2025a)			

5.3 Specifikke data, genbrugsemballager

Dette afsnit præsenterer de specifikke data, der danner grundlag for livscyklusvurderingen af genbrugsemballager. Fokus er på de processer i værdikæden, der er specifikke for netop genbrug – dette omfatter i udgangspunktet særligt vask, klargøring og håndtering af affald.

5.3.1 Vask og klargøring af genpåfyldelige flasker

Vaske- og klargøringsprocessen for genpåfyldelige flasker omfatter en række trin, der har til formål at sikre en tilstrækkelig rengøring og hygiejnisk forberedelse til genbrug. Processen indebærer typisk forbehandling, hovedvask, skylning, og afsluttende inspektion. Flasker, der har beskadigelser eller ikke lever op til kvalitetskravene, frasorteres under inspektionen og sendes videre til materialegenanvendelse. Egnede flasker genpåfyldes med drikkevarer, etiketteres og emballeres til ny distribution.

Effektiviteten og ressourceforbruget i vaskeprocessen kan i praksis variere meget afhængigt af udstyr, processtyring og anlæggenes alder. De anvendte data for energi- og ressourceforbrug i denne analyse er baseret på primære driftsdata indsamlet fra halvdelen af de omfattede bryggerier som har medvirket i projektet. Disse data er vurderet imod relevante oplysninger fra litteraturen. De modellerede procesdata repræsenterer dermed et scenarie, der afspejler forholdene på udvalgte bryggerier i Danmark, og det bør derfor bemærkes, at de konkrete forhold kan variere mellem forskellige anlæg. Grundet fortrolighed, er det ikke nævnt specifikt hvilke additiver der er anvendt.

De anvendte data for forbrug af vand, energi og øvrige input i vaskeprocessen fremgår af Tabel 14. Baseret på oplysninger fra bryggerier gennemløber alle genpåfyldelige flaskestørrelser i praksis den samme vaskeproces på de samme produktionslinjer, uden særskilt differentiering efter volumen. Forbrug af vand, energi, kemikalier mv. er derfor i denne analyse modelleret pr. flaske (uafhængigt af volumen) og anvendes ens for alle genpåfyldelige flaskestørrelser. Specifikke driftsdata for vask af genpåfyldelige PET-flasker på danske bryggerier har ikke været tilgængelige, da denne emballagetype ikke er anvendt i Danmark i dag. Potentielle forskelle i vaskeproces (fx kemikalietyper, koncentrationer og temperaturer) mellem glas- og PET-flasker er derfor ikke undersøgt nærmere og er ikke eksplicit modelleret i dette studie.

Tabel 14, Forbrugsdata for vask/rens af emballager

Forbrugsdata for vask/rens, genbrugsemballager		
Emballage	Enhed	Mængde
Flaske (genpåfyldelig)	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Input	Enhed	Mængde
Vand	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Varme	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Elektricitet	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Vaskemiddel	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Additiv, fjernelse af mineralrester	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Additiv, skumreduktion	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6
Additiv, desinfektion	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6

5.3.2 Affaldsbehandling af drikkevareemballager til genbrug

Som beskrevet i afsnit 3.3, er der i praksis et tab af genbrugsflasker ved hver brugscyklus. Efter eksempelvis 8 brugscyklus, vil det største tab af flasker skyldes, at en andel af flaskerne ikke leveres retur mellem hver brugscyklus. Med en indsamlingsprocent på 91% (som er tilfældet for engangsglasflaskerne i glas), vil over halvdelen af flaskerne ikke blive returneret, ved et triptal på 8. I praksis betyder dette at de fleste genbrugsflasker bliver indsamlet og sorteret via kommunal affaldsbehandling.

I denne analyse, er håndteringen af genbrugsflasker ved endt levetid, modelleret som beskrevet i afsnit 5.2.1 vedr. ikke indsamlede drikkevareemballager. For glasflaskerne betyder dette dog i praksis, at størstedelen af flaskerne bliver genanvendt, mens en større andel af de genbrugelige PET-flasker sendes til forbrænding.

5.4 Transport af drikkevareemballager

Dette afsnit giver et overblik over de data der er anvendt vedr. transporten i de omfattede emballagers livscyklus. Der er transport i hele værdikæden fra emballageproducent til bryggeri, videre fra bryggeri til forhandler, indsamling fra forbruger og butik og retur til bryggerier (genbrug) eller sorteringsanlæg (genanvendelse) herunder den videre transport til genanvendelse. For hvert transportled præsenteres de anvendte transportafstande og transportformer samt de antagelser, der ligger til grund for opgørelserne.

Der er forskel på hvilke type af transport, der anvendes i forskellige led af emballagernes livscyklus. Derudover varierer udnyttelsesgraden af de lastbiler, der benyttes. Se Bilag 1 - Variation af udnyttelsesgrad i lastbiler for en beskrivelse af hvordan udnyttelsesgraden er korrigeret i de anvendte baggrundsdatasæt. I Tabel 15 ses en oversigt over de anvendte lastbilstørrelser og udnyttelsesgrad ved de forskellige transportruter. En uddybning af de enkelte transportscenarier kan findes i afsnittende under tabellen.

Tabel 15, Overblik over lastbilstørrelser og udnyttelsesgrad anvendt til modellering af transport

Specifikationer, lastbilstørrelse og udnyttelsesgrad						
	Type	Størrelse	Load factor/ utility rate	Korrigeret	Datakilder	Antagelser
Producenter til bryggerier	Lastbil	>32t	Gennemsnit	Nej	Bryggeriforeningen/ bryggerier	Vægtet gennemsnit for bryggerier i DK ¹
Bryggerier til forhandler	Lastbil	16 - 32	Fortroligt - se bilag 6	Fortroligt - se bilag 6	Bryggerier, DK	Vægtet gennemsnit for bryggerier i DK ²
	Tog		Gennemsnit	Nej	Bryggerier, DK	Vægtet gennemsnit for bryggerier i DK ²
Retur til bryggerier	Lastbil	16 - 32	Fortroligt - se bilag 6	Fortroligt - se bilag 6	Bryggerier, DK	Vægtet gennemsnit for bryggerier i DK ²
	Tog		Gennemsnit	Nej	Bryggerier, DK	Vægtet gennemsnit for bryggerier i DK ²
Indsamling til DRS	Lastbil	16 - 32	Gennemsnit	Nej	DRS	Primære data for de enkelte emballagetyper
DRS til oparbejder	Lastbil	>32t	Gennemsnit	Nej	DRS	Transportdata, 2024
	Tog		Gennemsnit	Nej	DRS	Transportdata, 2024
Affaldsbehandling i DK	Lastbil	16 - 23	Gennemsnit	Nej	Litteratur, affaldsstatistik	Transportdata for husholdningsaffald i Danmark.

¹ Baseret på transportdistancer til det enkelte bryggeri og dens respektive markedsandel i Danmark.
² Baseret på oplysninger fra fire bryggerier i Danmark.

Transport fra emballageproducent til bryggeri:

Emballagerne transporteres fra producent til de respektive bryggerier i Danmark. Ved opgørelsen af transportafstande er der taget udgangspunkt i oplysninger om, hvilke producenter der leverer drikkevareemballager til de danske bryggerier. Disse oplysninger er baseret på data fra bryggeriforeningen. Produktionen af drikkevareemballager foregår både i Danmark og i andre europæiske lande. For hver producent er afstanden til de danske bryggerier beregnet. På baggrund af markedsandelen for hver producent er der herefter udregnet en vægtet gennemsnitlig transportafstand for hver emballagetype. I beregningerne er transporten antaget at foregå med lastbil.

De gennemsnitlige transportafstande for glasflasker, PET-flasker og aluminiumsdåser fremgår af Tabel 16.

Tabel 16, Transportdistance fra emballageproducent til bryggeri

Transport, genanvendelige- og genbrugsemballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Producent til bryggeri	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 6

Transport fra bryggeri til forhandler:

Efter påfyldning og klargøring af drikkevarer hos bryggerierne/tapperierne transporteres emballagerne videre til forhandlerne. Transportafstanden er beregnet på baggrund af informationer indsamlet gennem dialog med de bryggerier og tapperier, der har leveret data til undersøgelsen. Baseret på de modtagne oplysninger er der opstillet et gennemsnitsscenario, hvor emballagerne først transporteres fra bryggeri til omlastecenter og derfra videre til den enkelte forhandler. De beregnede gennemsnitsafstande vurderes at være repræsentative for danske forhold på baggrund af de øvrige bryggerierne/tapperierernes placering, som i høj grad stemmer overens med de bryggerier der har leveret konkrete transportdata.

Returtransporten for tomme genbrugsemballager er modelleret på samme måde som transporten fra bryggerierne/tapperierne til handlen. De anvendte gennemsnitlige transportafstande for glasflasker, PET-flasker og aluminiumsdåser fremgår af Tabel 17.

Tabel 17, Transportdistancer fra bryggeri til forhandler

Transport, genanvendelige- og genbrugsemballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Bryggeri til forhandler	Fortroligt – se bilag 6		

Transport fra indsamlingspunkt til sortering (genanvendelige emballager):

Emballager indsamles via returautomater placeret i dagligvarebutikker, kiosker m.v. Herfra transporteres de genanvendelige emballagerne i specialtilpassede biler til sorteringsanlæg, der driftes af Dansk Retursystem.

Ved opgørelsen af transportdistancer for indsamling af genanvendelige drikkevareemballager fra indsamlingspunkter til sorteringsanlæg er der taget højde for forskelle i emballagetypernes antal og vægt, samt deres håndteringsmuligheder under transport. Metal- og plastemballager udgør langt størstedelen af de indsamlede enheder, men mindre af den samlede vægt, sammenlignet med glas. Årsagen er, at dåser og plastflasker generelt har lav vægt pr. enhed og kan komprimeres betydeligt, hvilket muliggør en mere effektiv udnyttelse af transportkapaciteten og dermed færre transporter pr. ton eller pr. enhed. Glasemballager derimod kan ikke komprimeres, hvilket nødvendiggør flere transportkørsler pr. mængde glas sammenlignet med de øvrige materialer.

Disse forhold er indarbejdet i opgørelsen ved at anvende specifikke gennemsnitlige transportafstande for hver emballagetype. Tallene er baseret på primære data fra Dansk Retursystem, hvor der i metodegrundlaget for fordeling af transport også tages højde for materialernes fyldningsgrad i indsamlingsbiler samt forskelle i antallet af enheder per ton mellem materialerne.

De anvendte gennemsnitlige transportafstande for glasflasker, PET-flasker og aluminiumsdåser fremgår af Tabel 18.

Tabel 18, Transportdistance fra indsamlingspunkt til Dansk Retursystem

Transport, genanvendelige emballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Indsamling til sortering	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 5

Transport fra sortering til genanvendelse (genanvendelige emballager):

Efter sortering på Dansk Retursystems anlæg, transporteres emballagerne videre til genanvendelse på specifikke anlæg i Danmark og Europa. Til opgørelse af transportafstande er der taget udgangspunkt i de samlede mængder drikkevareemballage transporteret til hver oparbejder i 2024, samt den respektive transportdistance til hver lokation. For hver emballagetype er der beregnet en gennemsnitlig afstand, hvor transportmængderne indgår som vægte, således at afstanden afspejler de reelle materialestrømme. Den vægtede gennemsnitsafstand for hver materialetransport er således beregnet på baggrund af de samlede kørte kilometer divideret med det samlede antal transporterede ture, således at de transportspecifikke variationer i både mængde og distance indregnes i gennemsnittet.

De gennemsnitlige transportafstande for glasflasker, PET-flasker og aluminiumsdåser fremgår af Tabel 19.

Tabel 19, Transportdistance fra Dansk Retursystem til oparbejder

Transport, genanvendelige emballager			
	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Sortering til genanvendelse	148 km, lastbil	344 km, lastbil	331 km, lastbil 571 km, tog

Øvrig transport:

Transport af materialer der ikke er omfattet af de ovenfor beskrevne processer, herunder ikke-indsamlede drikkevareemballage samt tab under sortering og genanvendelse, er modelleret på baggrund af en antaget gennemsnitlig transportafstand til affaldshåndteringsanlæg i Danmark. De anvendte transportafstande er baseret på referencer fra tidligere undersøgelser af transport af husholdningsaffald i Danmark (Andreasi Bassi et al., 2017), og vurderes at være repræsentative for de emballagefraktioner, der ender uden for det etablerede retursystem eller som rest fra sorterings- og genanvendelsesprocesserne. De anvendte transportafstande fremgår af Tabel 20.

Tabel 20, Transportdistance anvendt for øvrig transport af affald i Danmark

Øvrig transport til affaldsbehandling	
	Affald/tab
Til kommunal sorterings-/ genvindingsanlæg	60 km, lastbil
Til forbrændingsanlæg	20 km, lastbil

5.5 Transportemballage

I forbindelse med transport, distribution og opbevaring, emballeres de enkelte drikkevareemballager forskelligt. Der differentieres i denne analyse mellem hhv. primær og sekundær emballage. Primære transportemballager omfatter den emballage, som drikkevareemballagerne direkte pakkes i – eksempelvis kasser til glasflaskerne og plastikfilm omkring PET-flaskerne. Sekundær emballage omfatter øvrig transportemballage, såsom paller, plastikbakker og kar til opbevaring og indsamling af brugte emballager.

I nærværende analyse medregnes kun fremstillingen og bortskaffelse af den primære emballage der ikke genbruges, mens den sekundære emballage kun medregnes i forhold til transportvægten (fremstillingen og bortskaffelse af sekundære transportemballage medregnes dermed ikke). Fremstillingen og bortskaffelsen af primære og sekundære emballager der genbruges, såsom plastikkasser til flaskerne, paller mm. medregnes ikke, da miljøpåvirkningen per emballageenhed vurderes at være neglignibel. Dog medregnes vægten af disse emballager, ifm. transport af emballagerne.

I Tabel 21 ses et overblik over primær og sekundære emballage for de omfattede emballagetyper.

Tabel 21, Primær og sekundær transportemballage tilhørende drikkevareemballager

Emballagetype	Sekundær emballage		Primær emballage
	Fra emballageproducent til bryggeri ¹	Fra indsamling til DRS ²	Mellem bryggeri og handlen ³
Aluminiumsdåser	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 6
PET-flasker	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 6
Glasflasker, genanvendelse	Fortroligt – se bilag 6	Fortroligt – se bilag 5	Fortroligt – se bilag 6
Glasflasker, genbrug	Fortroligt – se bilag 6		Fortroligt – se bilag 6

¹ Baseret på en gennemsnitsbetragtning ud fra oplysninger om transportemballage af glasflasker fra emballageproducent.
² Baseret på information fra Dansk Retursystem A/S.
³ Baseret på information indsamlet fra Danske bryggerier, vedr. den typiske emballage for emballagetypen.

6 Vurdering af potentielle miljøpåvirkninger (LCIA)

I dette afsnit præsenteres de samlede resultater fra livscyklusvurderingen (LCIA). Beregningerne er foretaget i LCA-værktøjet OpenLCA version 2.5. Baggrundssystemet er modelleret med datasæt fra ecoinvent v. 3.11. Miljøpåvirkningerne er udregnet ved brug af LCIA-metoden ReCiPe 2016 v1.03, midpoint (H).

Resultaterne præsenteres indledningsvist i tabeller, for alle 18 miljøpåvirkningskategorier, hvor talværdierne kan aflæses. Efterfølgende vises en række grafer med resultater for klimapåvirkningen, hvor triptallet for genbrugsemballerne varieres. Derudover vises resultater for et antal øvrige udvalgte miljøpåvirkningskategorier, herunder ressourceforbrug (minerale og metaller) & energiresourcer, forurening og partikelforurening.

Bemærk at LCIA er relative udtryk og forudsiger ikke indvirkninger på kategori endpoints, overskridelse af grænseværdier, sikkerhedsmarginer eller risici.

6.1 Samlede resultater, engangs- og genbrugsemballer

I Tabel 22 vises resultaterne for de samlede potentielle miljøpåvirkninger, på tværs af samtlige påvirkningskategorier, for de omfattede genanvendelige emballager. De enkelte værdier er farvelagt efter hvor høje eller lave tallene er, relativt inden for hver miljøpåvirkningskategori. Desto højere resultatet er, desto mørkere er farven.

Tabel 22. Potentielle miljøpåvirkninger, genanvendelige emballager. De enkelte værdier er farvelagt efter hvor høje eller lave tallene er, relativt inden for hver miljøpåvirkningskategori. Desto højere resultatet er, desto mørkere er farven.

Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genanvendelige emballager							
Påvirkningskategori	Enhed	Glasflaske		Aluminiumdåse		PET-flaske	
		0,275	0,50	0,33	0,5	0,50	1,50
Acidification: terrestrial	kg SO ₂ -Eq	1,28E+00	1,19E+00	4,56E-01	4,01E-01	2,18E-01	9,24E-02
Climate change	kg CO ₂ -Eq	2,37E+02	2,19E+02	1,32E+02	1,16E+02	9,65E+01	4,05E+01
Ecotoxicity: freshwater	kg 1,4-DCB-Eq	6,53E-01	3,04E+01	3,10E+01	2,79E+01	5,25E+00	2,19E+00
Ecotoxicity: marine	kg 1,4-DCB-Eq	6,10E-01	3,93E+01	3,82E+01	3,43E+01	6,95E+00	2,91E+00
Ecotoxicity: terrestrial	kg 1,4-DCB-Eq	1,27E+03	1,12E+03	8,02E+02	7,06E+02	4,92E+02	2,06E+02
Energy resources: non-renewable, fossil	kg oil-Eq	9,72E+01	9,34E+01	4,72E+01	4,08E+01	3,36E+01	1,38E+01
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,96E-02	-7,31E-02	3,18E-02	2,66E-02	3,13E-02	1,34E-02
Eutrophication: marine	kg N-Eq	4,85E-03	6,53E-03	-2,25E-03	-9,61E-04	4,24E-03	1,81E-03
Human toxicity: carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	2,59E+01	2,18E+01	3,00E+01	2,69E+01	9,30E+00	3,94E+00
Human toxicity: non-carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	2,68E+02	5,26E+02	3,00E+02	2,66E+02	1,12E+02	4,73E+01
Ionising radiation	kBq Co-60-Eq	1,00E+01	1,06E+01	-6,88E-01	-7,35E-01	8,49E+00	3,75E+00
Land use	m ² *a crop-Eq	7,68E+01	6,70E+01	1,83E+01	1,40E+01	1,63E+01	6,95E+00
Material resources: metals/minerals	kg Cu-Eq	1,40E+00	1,05E+00	8,05E-01	7,23E-01	3,33E-01	1,40E-01
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	9,80E-05	1,03E-04	5,49E-05	4,75E-05	1,19E-04	5,27E-05
Particulate matter formation	kg PM _{2.5} -Eq	2,29E-01	1,96E-01	1,64E-01	1,40E-01	1,48E-01	6,34E-02
POF*: human health	kg NO _x -Eq	8,43E-01	8,28E-01	2,70E-01	2,33E-01	2,09E-01	8,80E-02
POF*: terrestrial ecosystems	kg NO _x -Eq	8,76E-01	8,60E-01	2,95E-01	2,54E-01	2,26E-01	9,50E-02
Water use	m ³	5,26E-01	9,92E-01	9,68E-01	8,38E-01	5,95E-01	2,48E-01

* POF = Photochemical oxidant formation

Resultaterne for de genanvendelige emballager viser, at emballagerne i PET generelt har den laveste miljøpåvirkning, på tværs af de fleste kategorier, mens glasflaskerne har det højeste for de fleste miljøpåvirkninger. Aluminiumsdåserne ligger et sted mellem glas og PET på de fleste kategorier. Generelt

har de små emballager en højere miljøbelastning sammenlignet med de store, hvilket blandt andet skyldes at der for disse emballager skal anvendes mere materiale per volumenhed.

I Tabel 23 vises resultaterne for de samlede potentielle miljøpåvirkninger, på tværs af samtlige påvirkningskategorier, for de omfattede genbrugsemballager i glas og PET. Resultaterne repræsenterer et scenarie hvor hhv. glas- og PET-flasken bruges 8 gange, hvilket modsvarer et triptal på 8. De enkelte værdier er farvelagt efter hvor høje eller lave tallene er, relativt inden for hver miljøpåvirkningskategori. Desto højere resultatet er, desto mørkere er farven. Der henvises til Bilag 3 - Supplerende resultater, genbrugsemballager, for resultater med andre udvalgte triptal.

Tabel 23. Potentielle miljøpåvirkninger, genbrugsemballager. De enkelte værdier er farvelagt efter hvor høje eller lave tallene er, relativt inden for hver miljøpåvirkningskategori. Desto højere resultatet er, desto mørkere er farven.

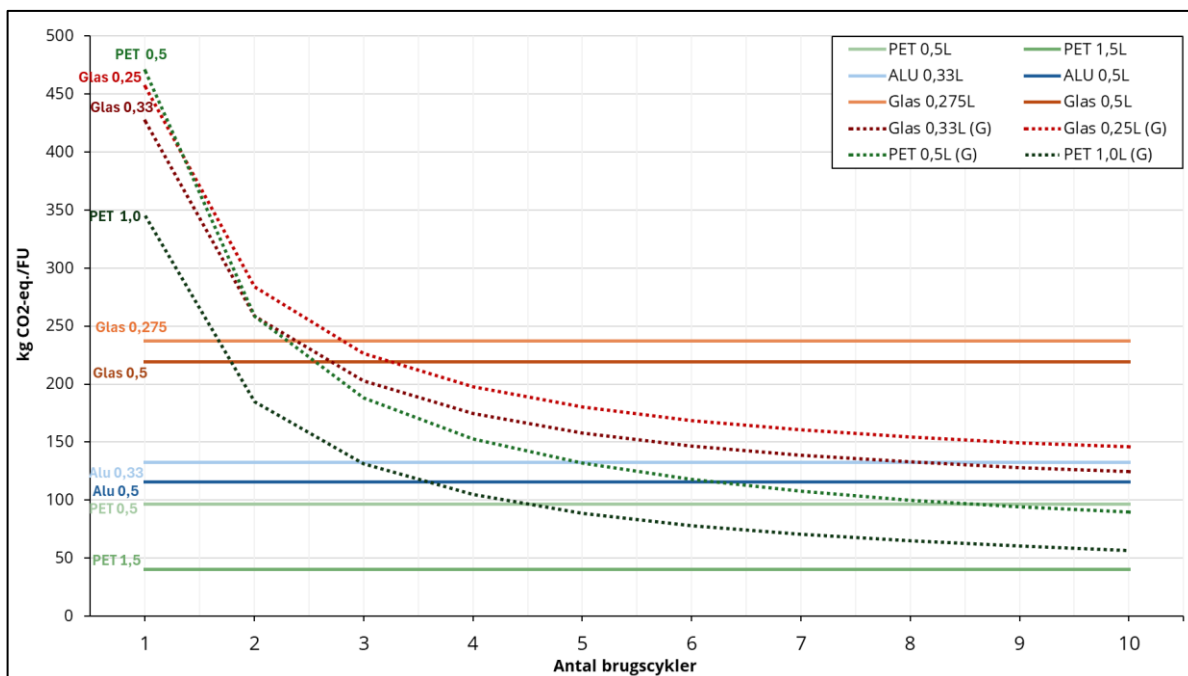
Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genbrugsemballager (8 brugscyklusser)					
Påvirkningskategori	Enhed	Glasflaske		PET-flaske	
		0,25	0,33	0,5	1,0
Acidification: terrestrial	kg SO ₂ -Eq	5,32E-01	4,51E-01	1,50E-01	8,89E-02
Climate change	kg CO ₂ -Eq	1,54E+02	1,33E+02	1,00E+02	6,48E+01
Ecotoxicity: freshwater	kg 1,4-DCB-Eq	4,56E+00	9,26E+00	5,12E+00	3,37E+00
Ecotoxicity: marine	kg 1,4-DCB-Eq	7,37E+00	1,30E+01	6,87E+00	4,52E+00
Ecotoxicity: terrestrial	kg 1,4-DCB-Eq	1,68E+03	1,44E+03	4,69E+02	2,97E+02
Energy resources: non-renewable, fossil	kg oil-Eq	5,05E+01	4,31E+01	3,41E+01	2,19E+01
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,16E-02	2,63E-02	1,51E-02	7,91E-03
Eutrophication: marine	kg N-Eq	5,19E-03	4,86E-03	3,88E-03	2,42E-03
Human toxicity: carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	1,61E+02	1,24E+02	7,10E+00	4,52E+00
Human toxicity: non-carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	2,25E+02	2,46E+02	1,03E+02	6,50E+01
Ionising radiation	kBq Co-60-Eq	1,22E+00	6,01E-01	3,79E+00	2,83E+00
Land use	m ² *a crop-Eq	3,25E+01	2,57E+01	6,41E+00	3,36E+00
Material resources: metals/minerals	kg Cu-Eq	5,21E-01	4,74E-01	4,98E-01	3,33E-01
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	7,02E-05	6,11E-05	2,13E-04	1,56E-04
Particulate matter formation	kg PM _{2.5} -Eq	1,25E-01	1,38E-01	7,38E-02	4,87E-02
POF*: human health	kg NO _x -Eq	3,87E-01	3,41E-01	1,45E-01	9,27E-02
POF*: terrestrial ecosystems	kg NO _x -Eq	4,10E-01	3,62E-01	1,63E-01	1,05E-01
Water use	m ³	8,94E-01	7,52E-01	7,35E-01	4,60E-01

* POF = Photochemical oxidant formation

Resultaterne for genbrugsemballagerne viser, at PET-flasken generelt har den laveste miljøbelastning i de fleste påvirkningskategorier. Det bør dog bemærkes, at resultaterne for PET-flasken beror på en række antagelser, og derfor er behæftet med større usikkerhed. Generelt har de små genbrugsemballager en højere miljøbelastning sammenlignet med de store, hvilket blandt andet skyldes at der for disse emballager skal anvendes mere materiale per volumenhed.

6.2 Resultater for klimapåvirkninger, engangs- og genbrugsemballager

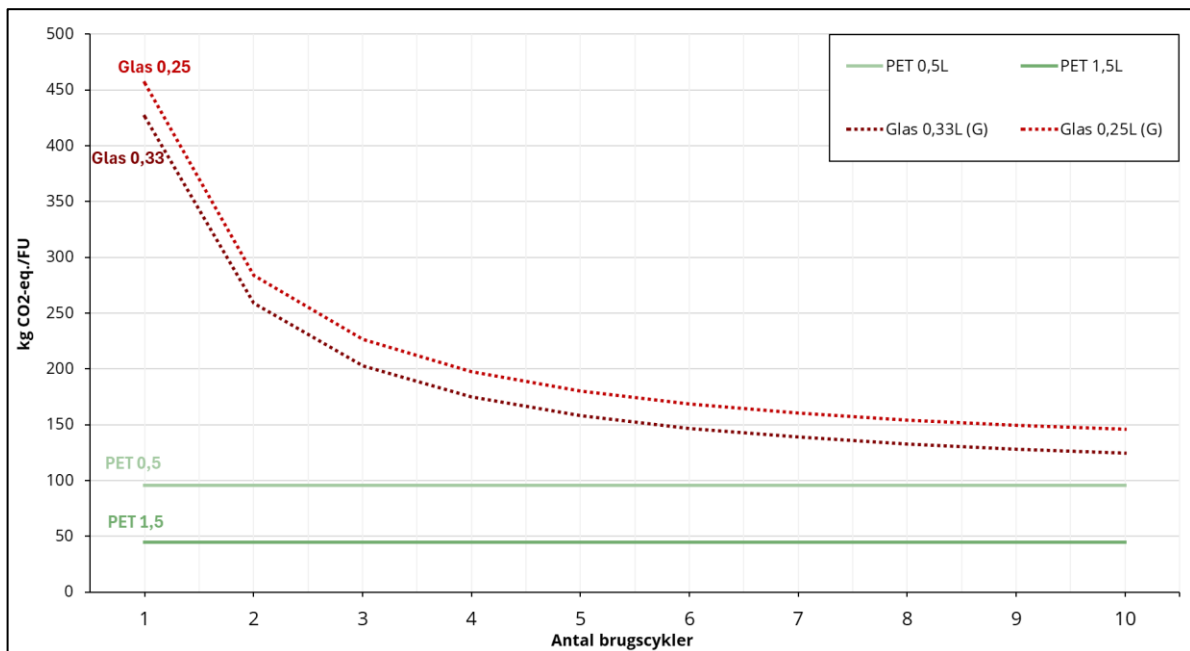
Følgende afsnit viser kun resultaterne for den potentielle klimabelastning (*Climate change, kg CO₂-Eq*). I Figur 9 vises resultaterne for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager som funktion af antallet af brugscykler, med varierende triptal fra 1 til 10. Resultaterne for de genanvendelige drikkevareemballager vises som vandrette kurver, hvilket skyldes at resultatet er udregnet på baggrund af én samlet livscyklus, og derfor er resultaterne uændrede på tværs af flere brugscykler. Det kan ses, at genbrugsglasflaskerne har en højere klimabelastning pr. brug ved lave triptal (få brugscykler), sammenlignet med de genanvendelige emballager. Efterhånden som triptallet (antallet af brugscykler) øges, falder den gennemsnitlige klimabelastning dog markant for genbrugsemballagerne, hvilket skyldes at miljøpåvirkningen fra især produktionen og bortskaffelsen fordeles over et stigende antal brugscykler.



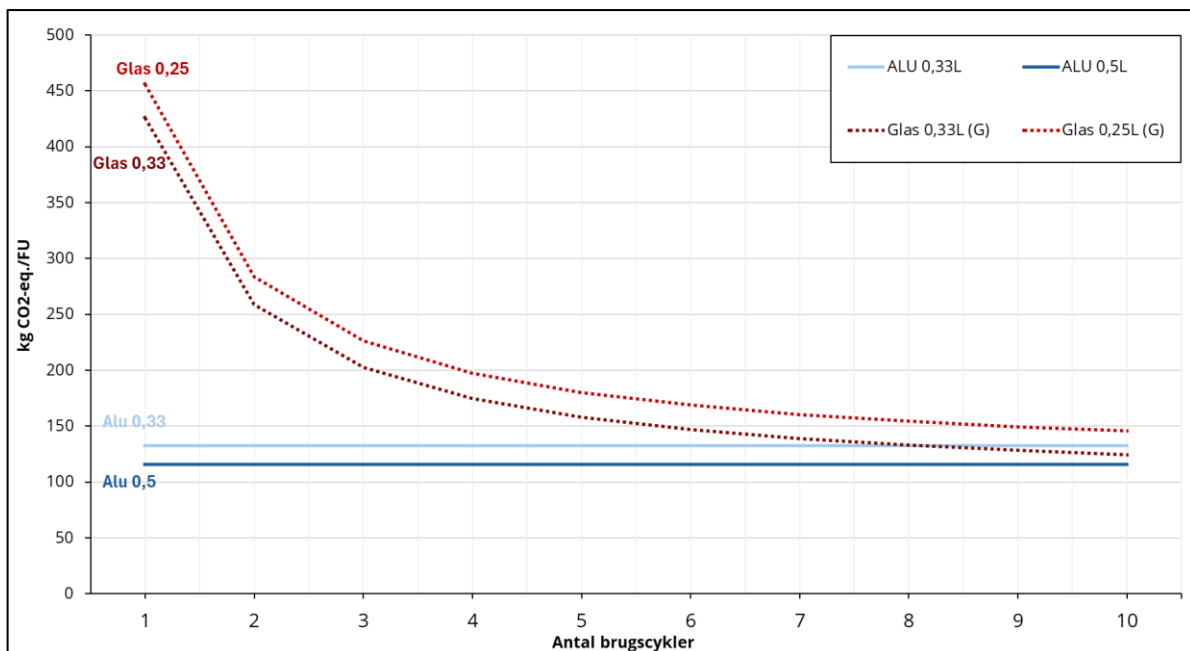
Figur 9, Potentielle klimapåvirkninger for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager med pant, vist som funktion af antallet af brugscykler. De vandrette linjer viser resultater for genanvendelige drikkevareemballager (glas, PET og aluminium) i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal (antal brugscykler). Resultaterne er opgjort som CO₂-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

Resultaterne i Figur 9 viser, at der er stor forskel på hvor mange gange genbrugsemballagerne i hhv. PET og glas skal bruges, inden deres klimapåvirkningen modsvarer dem for de genanvendelige emballager. Efter 10 brugscykler, er klimapåvirkningen fra genbrugsemballagen i PET lavere end de fleste engangsemballager, mens genbrugsemballagerne i glas, stadig er højere, eller på niveau med engangsemballager i Aluminium og PET.

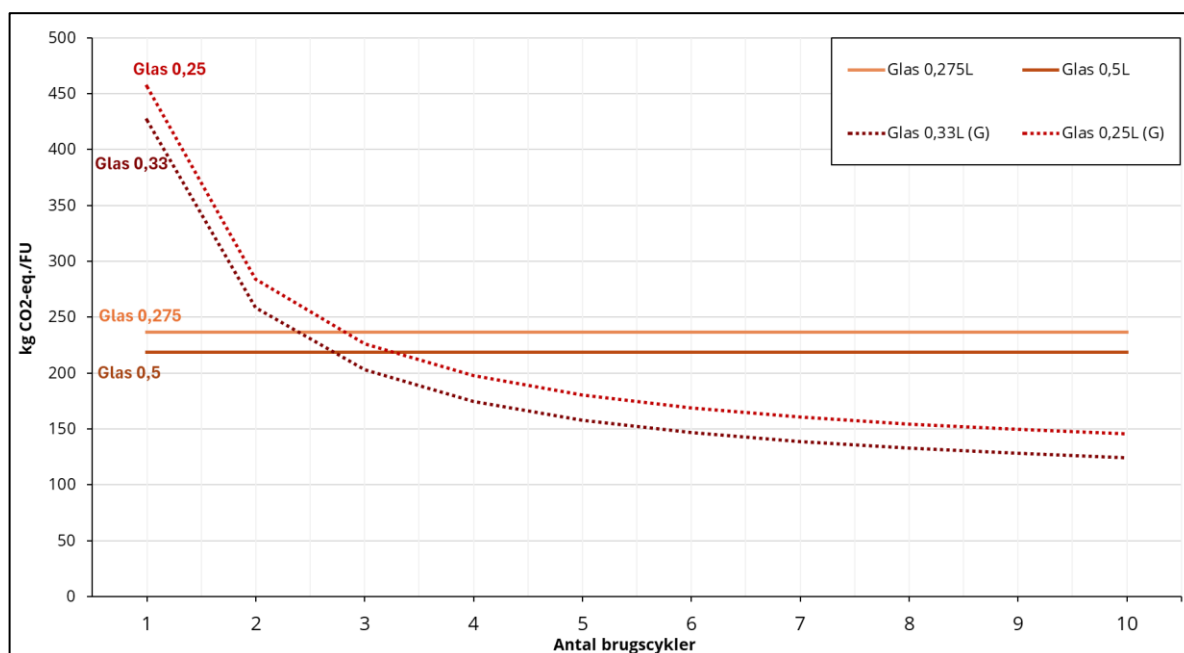
I nedenstående figurer ses særskilte resultater for de enkelte typer af genanvendelige drikkevareemballager, op imod resultaterne for genbrugsflaskerne i glas. Disse grafer har til formål at gøre det nemmere at aflæse resultaterne for sammenligningen mellem de enkelte drikkevareemballager.



Figur 10, Potentielle klimapåvirkninger for hhv. engangsemballager i PET og genpåfyldelige drikkevareemballager i glas, vist som funktion af antallet af brugscyklér. De vandrette linjer viser resultater for drikkevareemballager i PET i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal.



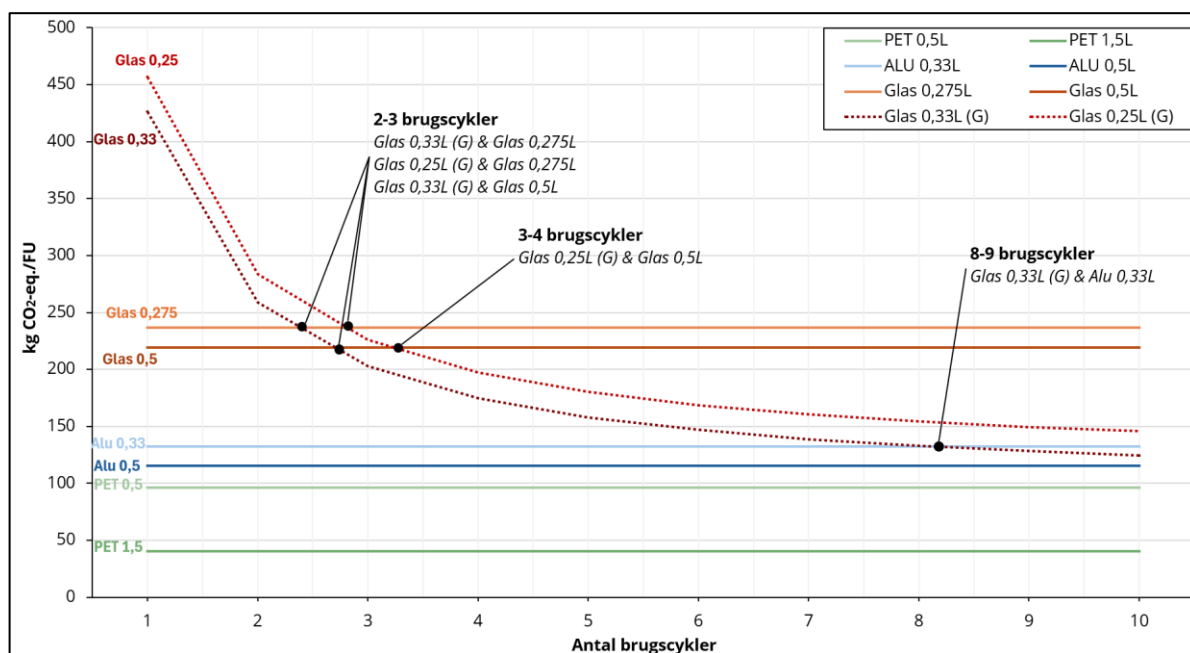
Figur 11, Potentielle klimapåvirkninger for hhv. engangsemballager i Aluminium og genpåfyldelige drikkevareemballager i glas, vist som funktion af antallet af brugscyklér. De vandrette linjer viser resultater for drikkevareemballager i aluminium i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal.



Figur 12, Potentielle klimapåvirkninger for hhv. engangsemballage i glas og genpåfyldelige drikkevareemballager i glas, vist som funktion af antallet af brugscykl. De vandrette linjer viser resultater for engangsdrikkevareemballager i glas i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal.

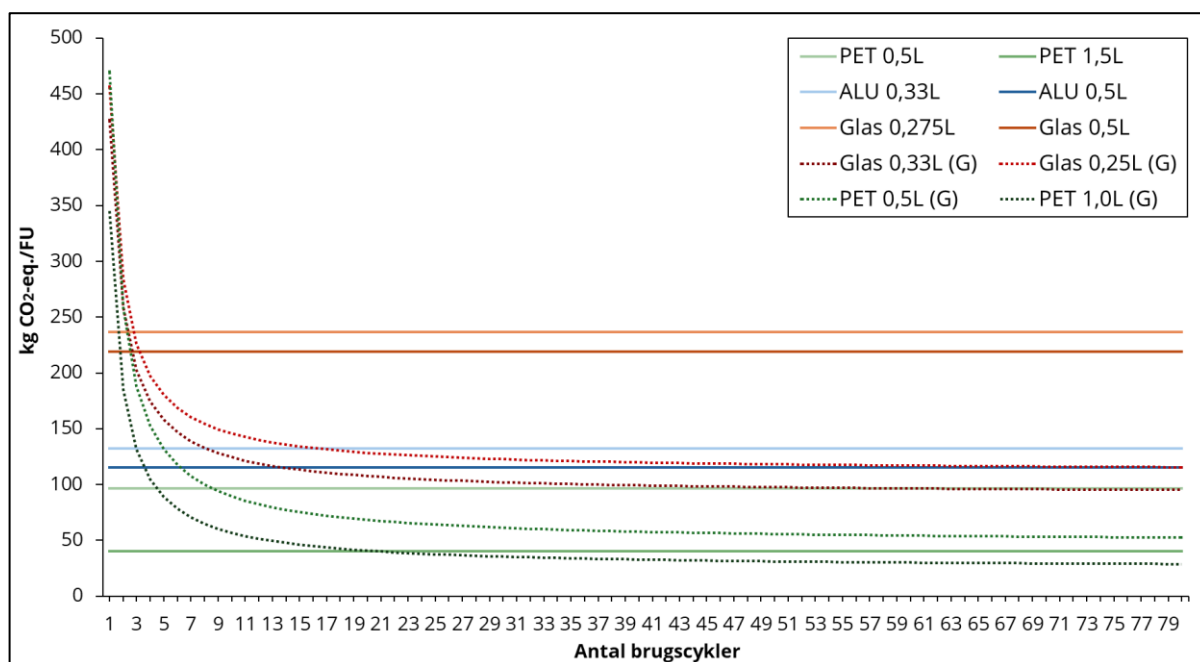
I Figur 13 er skæringspunkterne mellem klimapåvirkningen for engangs- og genbrugsemballagerne markeret i grafen for de første 10 brugscykl. Bemærk, at resultaterne for genbrugsflasken i PET ikke er vist i denne figur, da den pt. ikke findes i Danmark, og der derfor er større usikkerhed omkring resultaterne, og det reelle antal brugscykl for denne emballagetype.

Skæringspunkterne i Figur 13 angiver, hvor mange gange en genbrugsglasflaske skal bruges, før den klimamæssigt kan måle sig med de genanvendelige emballager i hhv. PET, aluminium og glas. For eksempel nås break-even mellem genbrugsglasflaske (standard) (0,33L) og engangsglas (0,275L) efter 2-3 brugscykl. For at opnå samme klimabelastning som aluminiumsdåsen (0,33L) kræves et triptal på minimum 8-9 af genbrugsglasflasken i 0,33L. Genbrugsflaskerne i glas når ikke samme niveau som hverken aluminiumsdåsen i 0,5L eller de genanvendelige emballager i PET efter 10 brugscykl. Sammenligningen understreger, at miljøpåvirkningen for genbrugsemballager i høj grad afhænger af, hvor mange gange flaskerne genbruges. Spørgsmålet om hvornår en de genanvendte drikkevareemballager opnår samme klimabelastning som en genbrugsemballager, vil dermed afhænge af antallet af brugscykl (triptallet), samt af hvilke emballagestørrelser og typer der sammenlignes.



Figur 13, Potentielle klimapåvirkninger for engangs- og genbrugsemballager, vist som funktion af antal brugscyklér. Krydspunkter markerer det antal brugscyklér, hvor genbrugsglasflaskerne opnår samme eller lavere klimabelastning end den enkelte engangsemballage. Resultaterne er opgjørt som CO₂-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

Figur 14 viser de potentielle klimapåvirkninger for engangs- og genbrugsemballager, som funktion af op til 80 brugscyklér. For genbrugsemballagerne ses et markant fald i klimabelastningen per funktionel enhed med stigende antal brug, særligt i løbet af de første 10 brugscyklér. Kurverne flader dog ud efterhånden som klimapåvirkningen fra produktion og bortskaffelse fordeles over mange brugscyklér, og efter ca. 70 brugscyklér tangerer de mod den klimapåvirkning der er forbundet udelukkende med genbrug (transport, vask og genbrug).



Figur 14, Potentielle klimapåvirkninger for engangs- og genbrugsemballager med pant, som funktion af op til 80 brugscykluser for genbrugsemballager. Resultaterne er opgjort som CO₂-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

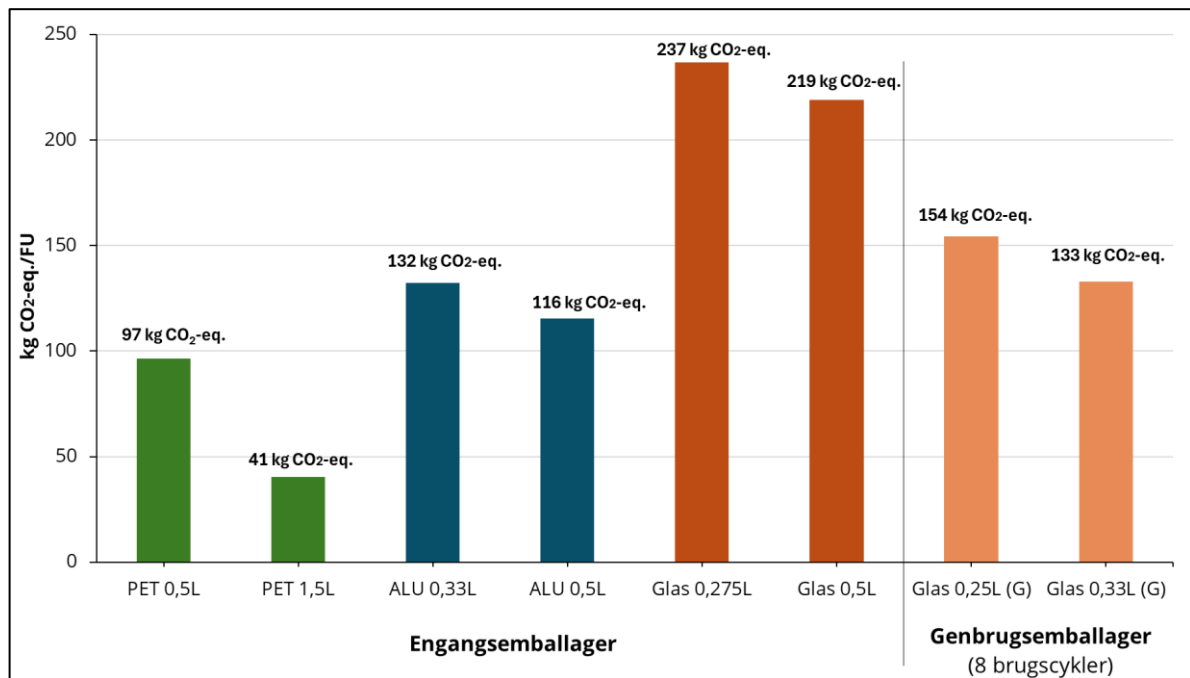
Tabel 24 viser skæringspunkterne mellem de omfattede drikkevareemballager til hhv. genbrug og genanvendelse. N/A betyder at klimapåvirkningen fra de relevante drikkevareemballager aldrig skærer hinanden. Nedenstående tabel kan bruges til at vurdere hvor højt et triptal genbrugsemballagerne skal have, for at opnå en klimapåvirkning der er lavere eller på niveau med de genanvendelige drikkevareemballager.

Tabel 24, Skæringspunkter for engangs- og genbrugelige drikkevareemballager. N/A betyder at klimapåvirkningen fra drikkevareemballager aldrig skærer hinanden.

Skæringspunkter for emballager							
Genanvendelige drikkevareemballager →		PET 0,5	PET 1,5	ALU 0,33	ALU 0,5	Glas 0,275	Glas 0,5
Genbrugsemballager ↓	Glas 0,33	61	N/A	9	19	3	3
	Glas 0,25	N/A	N/A	17	N/A	3	4
	PET 0,5	9	N/A	6	8	3	3
	PET 1,0	5	17	4	4	2	2

6.3 Klimapåvirkninger per emballagetype

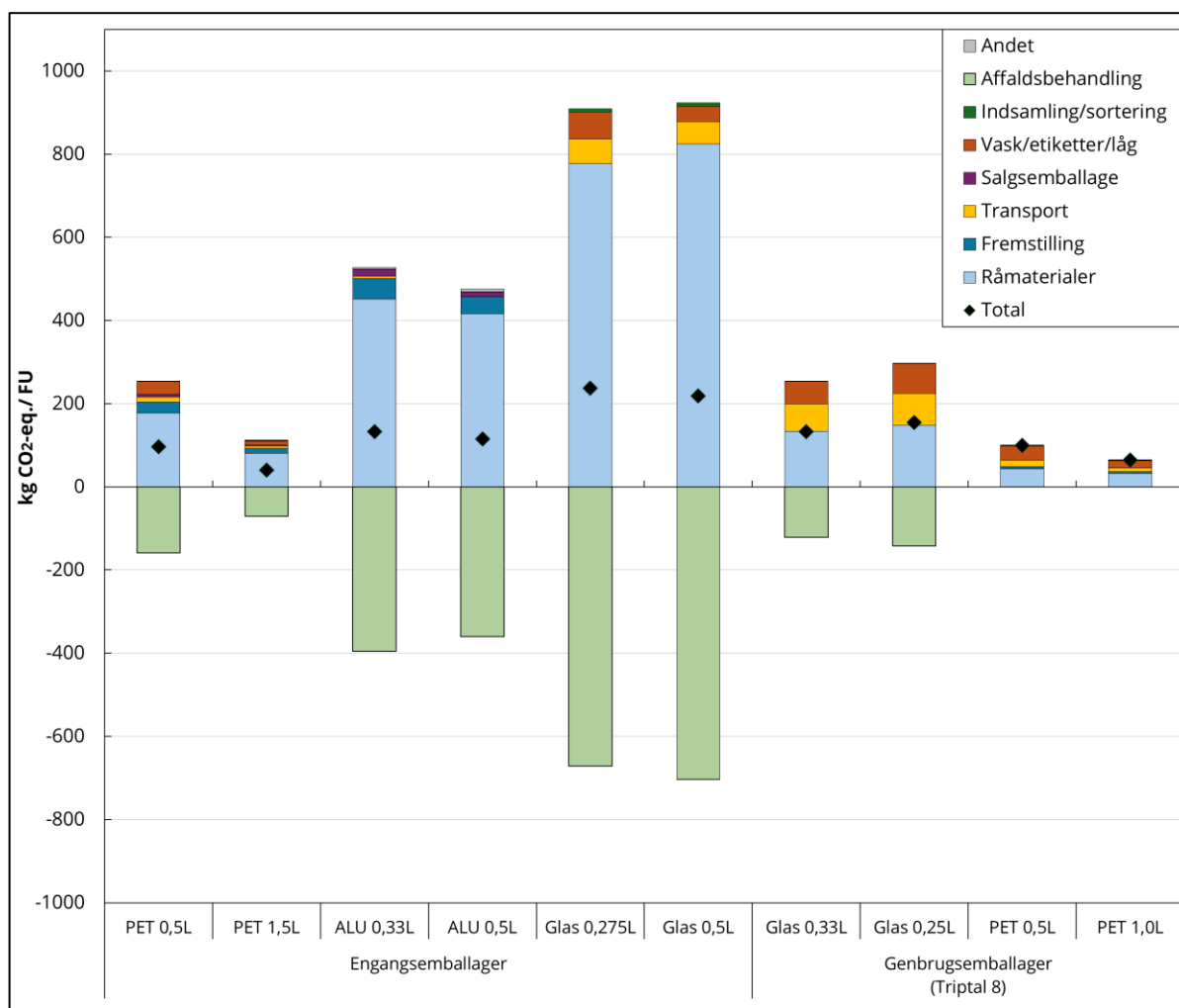
Figur 15 sammenligner klimabelastningen af de omfattede drikkeembalagetyper, hvor genbrugsemballager i glas er forudsat anvendt 8 gange (triptal 8). Resultaterne viser, at både PET- og aluminiumsemballager har en lavere klimabelastning pr. funktionel enhed sammenlignet med genbrugsglasflasker. Den genbrugelige glasflaske i 0,33L opnår dog en lavere klimabelastning end engangsglasflaskerne i både 0,275L og 0,5L.



Figur 15, Potentielle klimapåvirkninger for udvalgte engangs- og genbrugsemballager ved 8 brugscyklere. Resultaterne er opgjort som CO₂-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

6.3.1 Bidragsanalyse for klimapåvirkning

For at belyse hvilke dele af emballagernes livscyklus der bidrager mest til de samlede resultater på klimapåvirkning, er der foretaget en bidragsanalyse. Resultaterne fra bidragsanalysen kan ses grafisk i Figur 16.



Figur 16. Bidrag fra de enkelte processer i en emballages livscyklus for udvalgte engangs- og genbrugsemballager (ved 8 brugscykler for genbrugsemballager). Sorte markeringer angiver de samlede klimapåvirkninger for hver emballagetype.

Resultaterne viser generelt, at det er fremstilling af materialer, der bidrager mest til resultaterne. For genbrugsemballagerne, har transporten, vask ved genbrug samt fremstilling af nye etiketter/kapsler dog også en væsentlig betydning. Bidragsanalysen viser også, at besparelsen fra genanvendelse af materialer, har en stor betydning for resultaterne. Dette skyldes, at når materialerne genanvendes i høj kvalitet, erstatter de ligeledes materialer i en kvalitet, som derved undgår fremstilling af jomfruelige materialer.

Når forskellen mellem miljøbelastningen fra fremstilling af råmaterialer og besparelsen fra de erstattede materialer udlignes, bliver de øvrige faser i emballagernes livscyklus relativt mere betydningsfulde for det samlede klimaaftryk. Derfor ender de øvrige dele af emballagernes livscyklus, såsom vask, låg/kapsler og transport med at få en relativ stor betydning for det samlede resultat. For de genbrugelige PET-flasker ses det at der ikke opnås en besparelse fra undgået produktion af materialer, ved affaldsbehandling. Dette skyldes, at den besparelse der opnås fra erstattede materialer, er mindre end den klimapåvirkning der udledes fra eksempelvis sortering og forbrænding af PET.



6.4 Øvrige miljøpåvirkningskategorier

I følgende afsnit, præsenteres resultaterne for følgende fire (4) udvalgte miljøpåvirkningskategorier. Disse kategorier er udvalgt, da de har særlig interesse fra Dansk Retursystem, og/eller anses som særligt relevante for de undersøgte systemer.

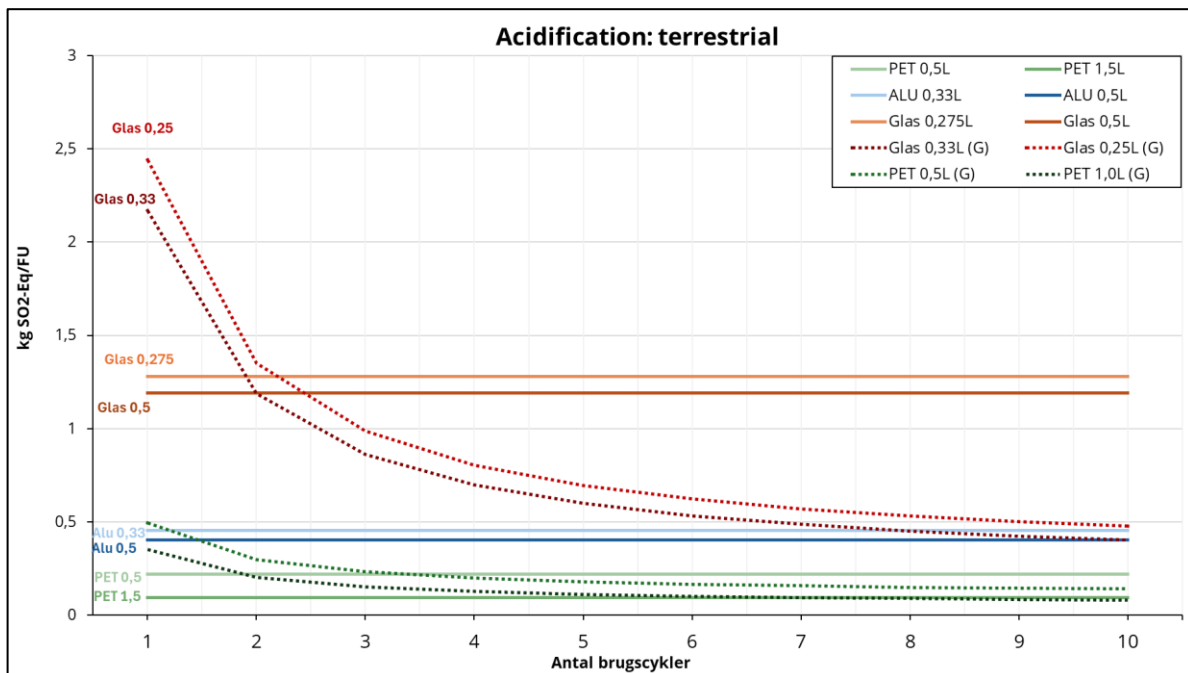
Ressourcekategorierne er udvalgt fordi systemerne behandler genanvendelse og genbrug, og derved bevarelse af ressourcer. Partikelforurening anses som særligt relevant, da systemerne omfatter en del transport, og derved potentielt udledning af partikler. Forsuring er udvalgt for at tilnærme overensstemmelse med de fokuskategorier der er udvalgt i lignede undersøgelser (f.eks. undersøgelsen fra Norge).

Acidification: terrestrial (Forsuring: terrestrisk): Angiver påvirkning på forsuring af jord og økosystemer (eksempelvis som følge af udledninger af nitrogenoxider og svovloxider), hvilket blandet andet skyldes syreregn og deraf ændret pH i jorden. Angives i enheden kg SO₂-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

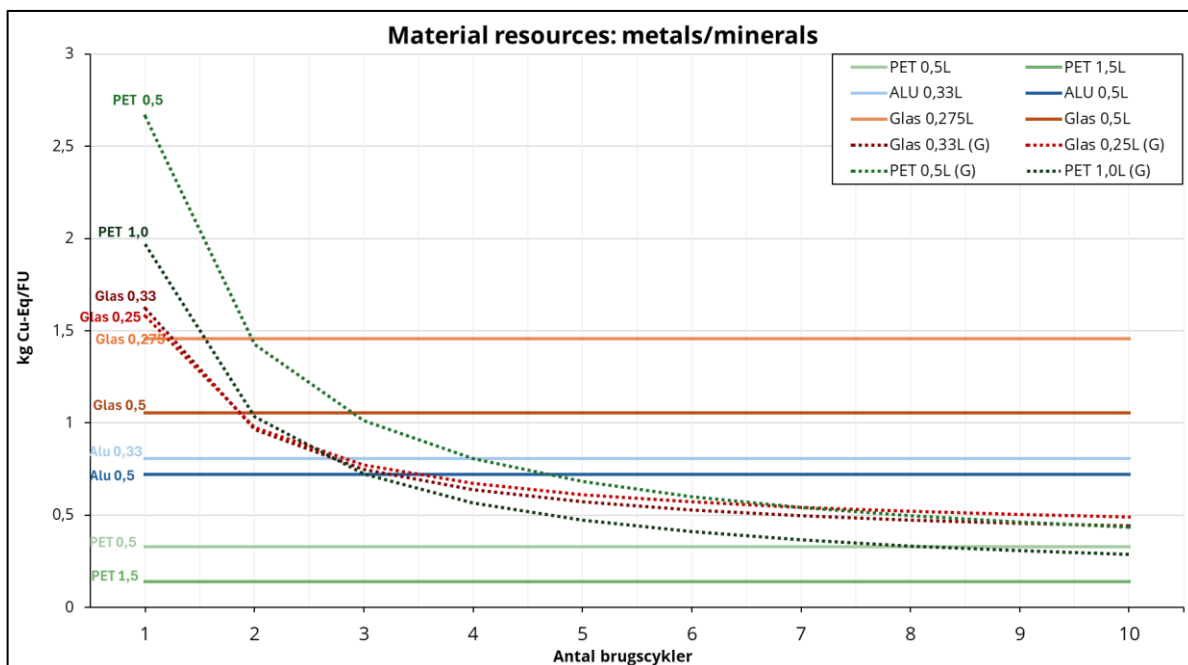
Mineral resources: Metals/minerals (Materialeressourcer: metaller/mineraler): Angiver ressourceforbruget af metaller og mineraler i enheden kg Cu-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

Energy resources: non-renewable fossil (Energiressourcer: ikke-fornybare, fossile): Angiver forbruget af ikke fornybare energiressourcer, i enheden kg olie-ækvivalenter per funktionel enhed (FU).

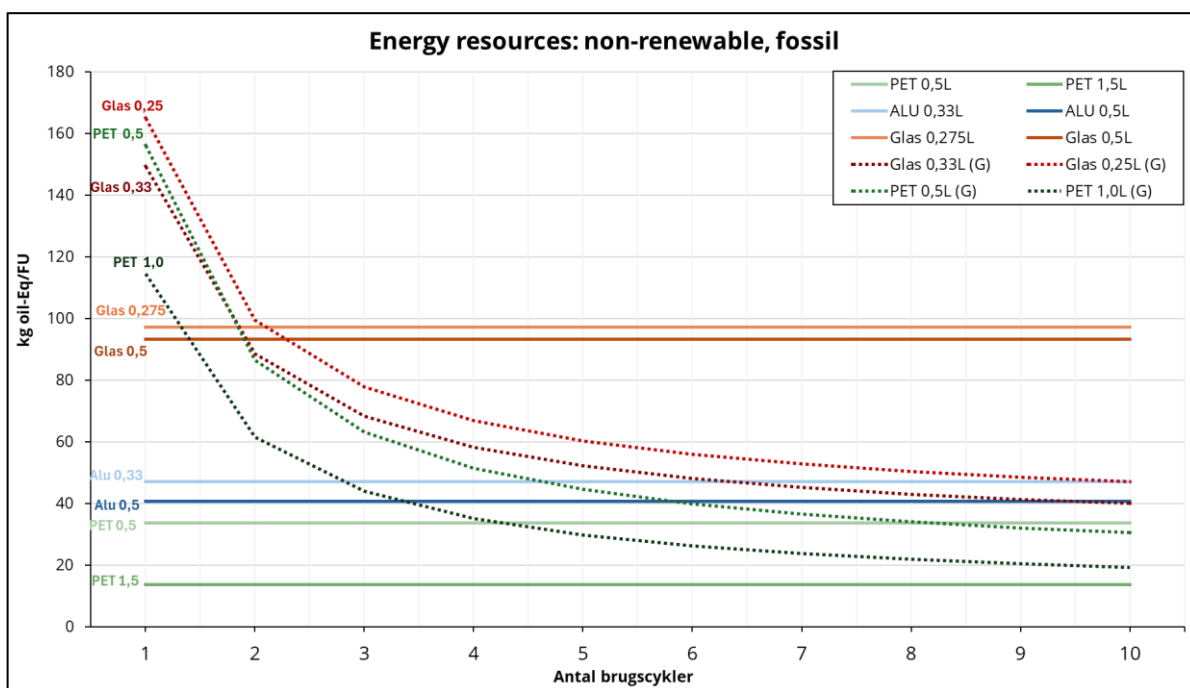
Particulate matter formation (Partikelforurening): Angiver påvirkninger udledning af fine partikler (partikelforurening), som i praksis kan medføre negative effekter for menneskers helbred. Disse emissioner stammer blandt andet fra industriprocesser, transport og afbrænding. Påvirkningerne måles i kg PM_{2.5}- ækvivalenter per funktionel enhed (FU).



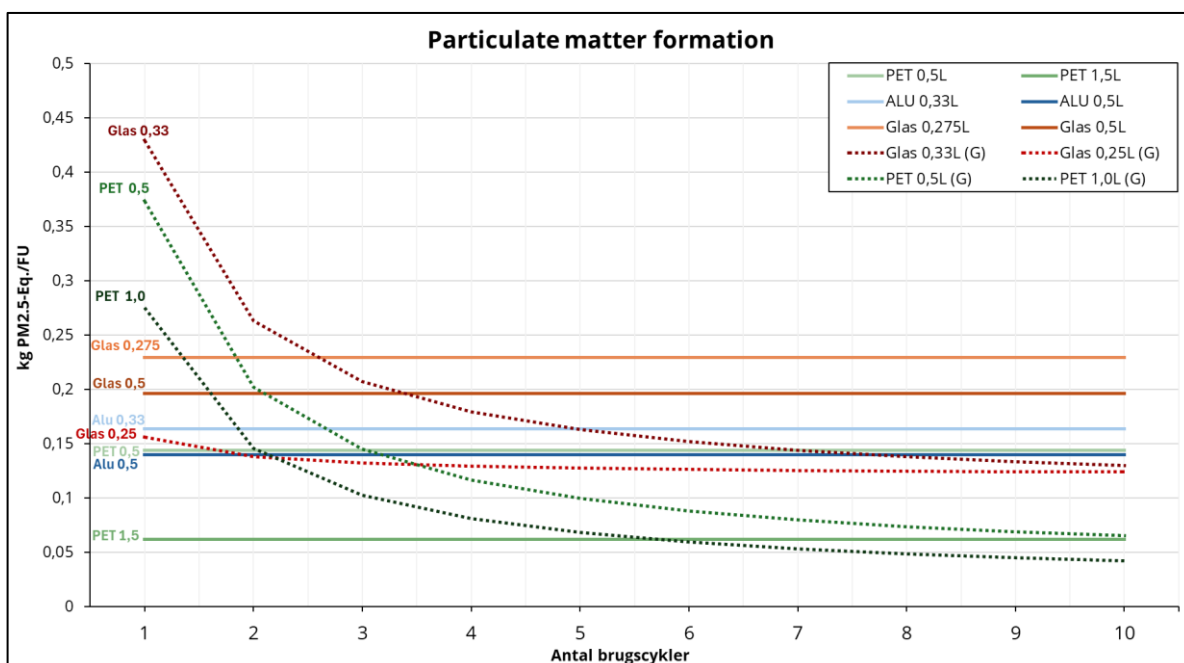
Figur 17, Potentielle påvirkninger på forsuring, for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager med pant, vist som funktion af antallet af brugscykler. De vandrette linjer viser resultater for genanvendelige drikkevareemballager (glas, PET og aluminium) i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal (antal brugscykler).



Figur 18, Potentielle påvirkninger på ressourceforbruget af metaller og mineraler, for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager med pant, vist som funktion af antallet af brugscykler. De vandrette linjer viser resultater for genanvendelige drikkevareemballager (glas, PET og aluminium) i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal (antal brugscykler).



Figur 19, Potentielle påvirkninger på forbrug af energiresourcer, for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager med pant, vist som funktion af antallet af brugscykler. De vandrette linjer viser resultater for genanvendelige drikkevareemballager (glas, PET og aluminium) i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal (antal brugscykler).



Figur 20, Potentielle påvirkninger på partikelforurening, for alle omfattede engangs- og genbrugsdrikkevareemballager med pant, vist som funktion af antallet af brugscykler. De vandrette linjer viser resultater for genanvendelige drikkevareemballager (glas, PET og aluminium) i forskellige størrelser, mens de faldende kurver illustrerer udviklingen for genpåfyldelige glasflasker ved stigende triptal (antal brugscykler).



Overordnet ses det, at rangordningen mellem de fleste engangsdrikkevareemballager følger samme tendens på tværs af de fire miljøpåvirkningskategorier. For energiresourcer og forurening er spredningen mellem resultaterne dog mindre, hvilket betyder, at forskellene mellem de enkelte typer af engangsemballager her er mindre end f.eks. for klimapåvirkning. For energiresourcer og partikelforurening ses der desuden enkelte ændringer i rangordningen mellem emballagetyperne; for partikelforurening bytter ALU 0,5 L og PET 0,5 L placering, mens rangordningen mellem ALU 0,33 L og glas 0,5 L ligeledes bytter plads for energiresourcer.

Ved sammenligning af engangs- og genbrugsdrikkevareemballagerne ses et mere nuanceret billede. For flere af genbrugsflaskerne gælder det, at de opnår en miljøpåvirkning, som er på niveau med, eller lavere end, engangsemballagerne efter færre brugscykler, end hvad der kræves for klimapåvirkning. Der er dog forskelle mellem både de enkelte drikkevareemballager og de enkelte påvirkningskategorier. Efter 10 brugscykler opnår genbrugsglasflaskerne eksempelvis en miljøpåvirkning, der er på niveau med eller lavere end aluminiumsdåserne i 3 ud af de 4 betragtede miljøpåvirkningskategorier. For genbrugsflasker i PET ses generelt en lavere påvirkning end for genbrugsemballager i glas – i overensstemmelse med de tendenser, der også fremgår for klimapåvirkningen.

7 Vurdering af datakvalitet

Der er foretaget en datakvalitetsvurdering af de anvendte data, samt de datasæt der er anvendt i modelleringen. Datakvaliteten er vurderet i henhold til kriterierne Pedigree-matrixen (Widema og Wesnæs, 1996) som også anvendes i ecoinvent. Alle data og datasæt blev vurderet ud fra, hvor godt de repræsenterer den sande værdi eller proces, baseret på følgende faktorer: Pålidelighed (Reliability, R), Fuldstændighed (Completeness, C), Tidsmæssig repræsentativitet (Temporal correlation, Tc), Geografisk repræsentativitet (Geographical correlation, Gc) og Yderligere teknologisk repræsentativitet (Further technological correlation, Ftc). Den samlede datakvalitetsscore (DQR) blev efterfølgende beregnet, ved brug af formelen nedenfor, som er beskrevet i ILCD (2010).

$$DQR = \frac{R + C + Tc + Gc + Ftc + X_w \times 4}{i + 4}$$

hvor X_w er den højeste (dårligste) score blandt indikatorerne, og i er antal indikatorer (her 5).

Den samlede datakvalitetsvurdering af alle datasæt, vurderes i henhold til skalaen præsenteret i Tabel 25, som beskrevet i ILCD håndbogen (ILCD, 2010).

Tabel 25, Skala anvendt til vurdering af datakvalitet

Samlet datakvalitetsvurdering (DQR)	Samlet datakvalitetsniveau
≤ 1,6	"Høj kvalitet" ("High quality")
> 1,6 til ≤ 3	"Basiskvalitet" ("Basic quality")
> 3 til ≤ 4	"Dataestimat" ("Data estimate")

For de fleste data og parametre ses det, at datakvaliteten vurderes til en samlet DQR mellem 1,7-2,2, hvilket modsvarer et datakvalitetsniveau som "basiskvalitet" - dog nærmere høj kvalitet. Enkelte datapunkter har en DQR som er nærmere 3. I Tabel 26 vises en oversigt over de data med den højeste (dårligste) datakvalitetsvurdering.

Enkelte datasæt til modellering af materialer, har en score på over 2,4-2,6. Dette skyldes særligt, at der ikke er indsamlet primære data på fremstillingsprocesser på etiketter eller på den lak der anvendes på indersiden af aluminiumsdåserne. De fleste processer til modellering af kommunal sortering og affaldsbehandling, har også en score på 2,6. Dette skyldes at der er anvendt generiske datasæt, samt at de ikke har en geografisk afgrænsning i Danmark.

En række parametre i forbindelse med modellering af transport, har også en DQR på 2,2-2,7. Dette skyldes særligt, at de anvendte transportafstande er gennemsnit, baseret på data fra flere bryggerier og datakilder. Herudover er der usikkerhed omkring den reelle udnyttelsesgrad på de lastbiler der anvendes til transport af emballagerne mellem bryggerierne/tapperierne og handlen, særligt tilbagekørslen med tomme drikkevareemballager til genbrug.

De datasæt der anvendes til modellering af erstattet glas ved genanvendelse, har også en DQR på 2,6, hvilket blandt andet skyldes, at de ikke er geografisk afgrænsede til Danmark, samt at der ikke er indsamlet primære data for disse processer.

Tabel 26, Vurdering af kvalitet af anvendte data og datasæt i modelleringen

Materiale/komponent	Proces/værdi	Reliability	Completeness	Temporal correlation	Geographic correlation	Further technical correlation	Data quality rating
Datasæt til fremstilling af materialer og emballager							
LDPE	Fremstilling af etiketter til plastikflasker	2	3	2	2	1	2,4
Lak, Aluminiumsdåse	Den indvendige lak i aluminiumsdåserne udgør ca. 2.5% af dåsens vægt, og består af flere komponenter	3	2	2	2	2	2,6
Vaskeprocesser, kemikalier	Datasæt for kemikalieforbrug, herunder sæbe og andet ifb. vask af emballager på bryggeri	3	2	2	2	2	2,6
Data vedr. de omfattede emballagetyper							
	Data og informationer vedr. fremstillingsmetoder for Aluminiumsdåser	3	1	2	3	2	2,6
Datasæt til modellering af Sortering og genanvendelse & affaldsbehandling							
Genanvendelse af PET	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	2	2	2	2	3	2,6
Genanvendelse af glas	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	2	2	2	2	3	2,6
Genanvendelse af Aluminium	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	2	2	2	2	3	2,6
Affaldsbehandling af spild	Sortering af PET, Aluminium og glasflasker som ikke indsamles via returautomater	2	2	2	2	3	2,6
	Forbrænding af PET	2	2	2	2	3	2,6
	Forbrænding af glas	2	2	2	2	3	2,6
Vask og genbrug af flasker							
Vask af flasker på bryggeri	Data vedr vask af flasker på bryggerierne	2	3	2	2	2	2,6
Datasæt til modellering af energi							
Elektricitet, Danmark	Modellering af elektricitetsforbruget i Danmark	2	2	2	2	2	2
Varme, Danmark	Modellering af varme i Danmark	3	3	2	2	3	2,8
Naturgas	Modellering af naturgas	2	3	2	2	3	2,7
Transport							
Emballager og præforme	Afstand fra emballageproducenter til bryggerier	3	1	1	1	2	2,2
	Udnyttelsesgrad, lastbil	3	2	2	2	2	2,6
Produkter fra bryggerier til handlen	Afstand fra bryggerier til handlen, og retur	2	2	1	1	3	2,3
	Udnyttelsesgrad, lastbil	3	2	2	2	2	2,6
	Anvendte datasæt	2	3	1	1	2	2,3
	Anvendte datasæt	2	1	2	1	3	2,3
Transport til kommunal affaldsbehandling	Afstand til affaldsbehandling i Danmark	2	3	2	2	3	2,7
	Udnyttelsesgrad, lastbil	2	2	2	2	3	2,6
	Anvendte datasæt	2	2	2	2	3	2,6
Transport af råmaterialer til emballageproducenter	Afstand fra råvareproducenter til emballageproducenter	3	2	2	3	2	2,7
Datasæt anvendt til modellerin af erstattede materialer og energi							
	Pet fra spild	3	2	2	2	2	2,6
Erstatning af glas	Glas, (klart og brunt) fra højkvalitetsgenanvendelse	2	3	2	2	2	2,6
	Glas, (klart og brunt) fra spild	2	3	2	2	2	2,6

De anvendte datasæt vurderes generelt at være i overensstemmelse med de krav der er defineret indledningsvist i afsnit 2.5 (krav til datakvalitet).

7.1 Vurdering af usikkerhed

Usikkerhederne i analysen kan overordnet opdeles i: (1) usikkerhed på primære data, (2) usikkerhed på baggrundsdatasæt og metodiske antagelser og (3) strukturel usikkerhed knyttet til scenarier og valg af emballagetyper. Nedenfor beskrives og vurderes usikkerhedens størrelsesorden for hver gruppe samt, i hvilken grad den kan påvirke konklusionerne.



(1) Primære data

De primære data fra Dansk Retursystem, bryggerier og producenter dækker en stor del af markedet og er tidsmæssigt repræsentative, men er i høj grad opgjort som gennemsnitsværdier. Dermed udjævnes variation i fx energi- og vandforbrug ved vask, returprocenter, logistik og transportafstande. Resultaterne beskriver derfor et markedsmæssigt gennemsnit – ikke de præcise forhold for et konkret bryggeri eller en specifik flaske. For enkelte processer (fx vask af genbrugsemballager) er datagrundlaget baseret på et begrænset antal anlæg, hvilket kan betyde, at spændet mellem "bedste" og "værste" praksis ikke afspejles direkte i resultaterne. Samlet vurderes usikkerheden på de primære data som moderat i absolutte tal, men relativt begrænset ift. de overordnede konklusioner: den kan ændre niveauet for den enkelte emballages miljøpåvirkning, men forventes primært at påvirke resultaterne inden for den konkrete emballagetype, snarere end at ændre den indbyrdes rangordning mellem glas, PET og aluminium.

(2) Baggrundsdatasæt og metodiske antagelser

En række centrale processer (produktion af glas, aluminium og PET, kommunal affaldsbehandling samt dele af transporten) er modelleret med generiske datasæt fraecoinvent mv., som ikke nødvendigvis er fuldt repræsentative for de konkrete danske forhold. Datakvalitetsvurderingen (Pedigree) viser typisk DQR på ca. 1,7–2,2 for de mest betydende datasæt og op til ca. 2,4–2,6 for hjælpeprocesser (lak, etiketter, generiske affaldsprocesser). Derudover indgår metodiske antagelser om, at genanvendte materialer i høj grad fortrænger jomfruelige materialer (særligt for glas, aluminium og PET). Usikkerhed på transport (afstande og udnyttelsesgrad), hvor følsomhedsanalyser viser, at tunge emballagetyper (især glas) er væsentligt mere påvirkelige end lette (PET og aluminium). Usikkerheden på baggrundsdatasæt og metodiske antagelser vurderes samlet set som moderat på resultaterne for den enkelte drikkevareemballage (niveauet kan forskydes), men begrænset til moderat ift. hovedkonklusionerne.

Det bør nævnes, at der generelt er stor variation i miljøpåvirkningen fra aluminiumsproduktion, afhængigt af hvor i verden aluminium udvindes og fremstilles. I nærværende analyse er der anvendt et datasæt, der repræsenterer et markedsgennemsnit for det aluminium, der anvendes på det europæiske marked, hvilket afspejler de faktiske forhold hos de producenter, der leverer emballager "LCIA er relative udtryk og til de danske bryggerier. Hvis aluminiumsdåserne derimod fremstilles i andre dele af verden, kan resultaterne potentielt ændres markant.

(3) Strukturel usikkerhed: emballagevalg og scenarier

Valget af volumenstørrelser og flaskevægte er baseret på repræsentative gennemsnit, men der findes betydelig variation inden for samme volumen, særligt for hhv. glas- og PET-flasker til engangsbrug. Følsomhedsanalysen for vægt viser, at anvendelse af de tungeste hhv. letteste registrerede flasker kan ændre klimapåvirkningen markant inden for samme volumenklasse, dvs. at de faktiske resultater for en konkret flaske kan ligge væsentligt over eller under den beregnede gennemsnitsværdi.

For genbrugelig PET er usikkerheden yderligere forhøjet, da denne løsning ikke findes på det danske marked i dag. Antagelser om flaskevægte, andel genanvendt materiale, vask og logistik er scenariebaserede. Det betyder, at de kvantitative resultater for genbrugelig PET er behæftet med højere usikkerhed, og at konklusioner om denne emballagetype ikke er robuste.

Endelig indebærer den konsekvensbaserede modellering (C-LCA) strukturelle antagelser om marginale processer (fx at marginalen for glas, aluminium og PET er jomfruelige materialer og et givent el-mix).

Ændrede markedsforhold, teknologisk udvikling eller ændringer i energisystemet på længere sigt kan forskyde både niveau og indbyrdes forskelle mellem emballagetyper; dette vurderes primært at påvirke resultaternes langsigtede gyldighed og de eksakte niveauforskelle, ikke de overordnede tendenser inden for den analyserede tidshorisont.

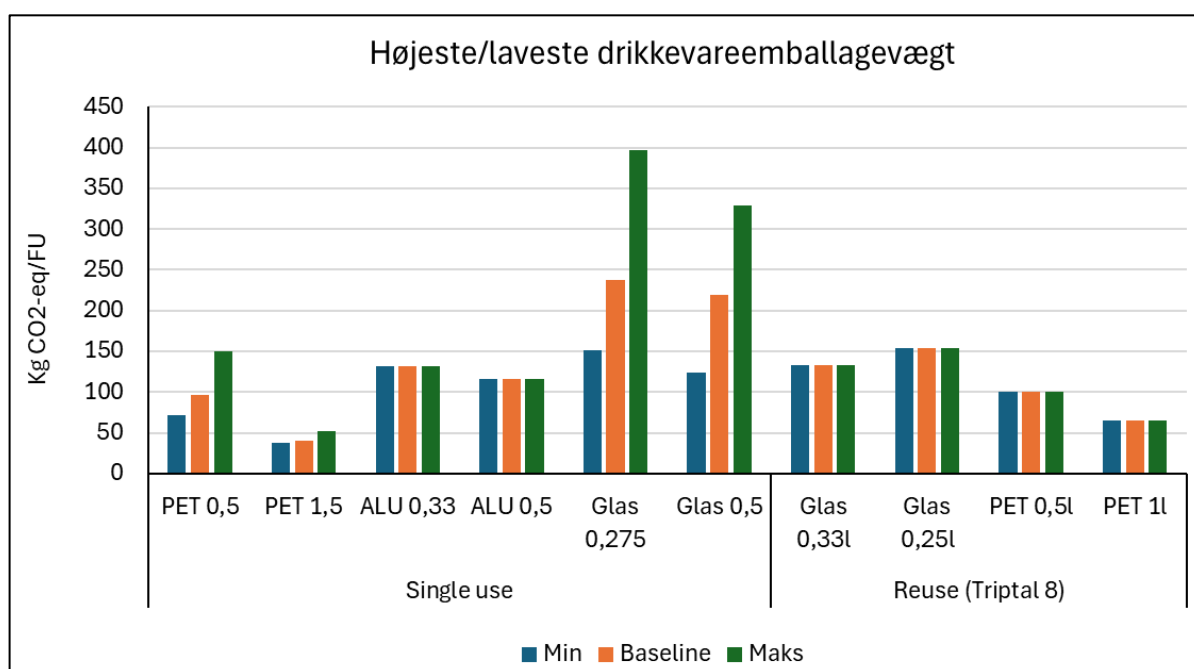
8 Sensitivitetsanalyse

For at vurdere hvor stor en betydning det vil have på resultaterne, hvis der ændres i forudsætninger eller parametre i modellen, er der foretaget en sensitivitetsanalyse. Der er foretaget en analyse af følgende parametre, da disse vurderes som de mest sensitive ift. at påvirke resultaterne:

- **Flaskernes vægt;** der er et spænd i de flasker der findes på markedet, hvorfor det vurderes relevant at undersøge, hvilken indflydelse forskellige flasksevægt vil have på resultaterne.
- **Indsamlingsrater ved Dansk Retur system;** Indsamlingseffektiviteten er et vigtigt parametre ift. at sikre høj kvalitetsgenanvendelse. Derfor testes denne parametre, for at se om en ændret returprocent potentielt kan ændre resultaterne.
- **Transportafstande/udnyttelsesgrad;** Tidligere undersøgelser har peget på, at transport og transportafstande kan have en betydning for resultaterne. Derfor vurderes det relevant at undersøge, hvordan ændringer i transportafstande påvirker resultaterne.
- **Valg af LCIA metode;** i denne analyse er karakteriseringsmetoden ReCiPe 2016 anvendt. For at vurdere resultaternes robusthed på tværs af forskellige LCIA-metoder, er resultaterne udregnet efter karakteriseringsmetoden EF 3.1.

8.1 Ændring af vægten på drikkevareemballagerne

Der findes i praksis en række forskellige PET- og glasflasker til engangsbrug, blandt andet fordi de enkelte producenter anvender forskellige design og flaskegeometrier. I Figur 21 er der derfor gennemført en følsomhedsanalyse, hvor vægten af PET- og glasflaskerne (til engangsbrug) varieres til henholdsvis den letteste og tungeste registrerede drikkevareemballage inden for hver volumenstørrelse. For aluminiumsdåser og genbrugsflasker er der derimod ikke gennemført tilsvarende variation, da disse emballagetyper i høj grad er standardiserede på tværs af branchen i Danmark, og vægtspændet derfor vurderes at være begrænset.



Figur 21, Oversigt over resultaterne ved ændringer i flaskernes vægt. Tallene er baseret på data for den letteste og tungeste drikkevareemballage der findes indenfor hver emballagestørrelse. Baselineværdierne er dem der danner grundlag for resultaterne i denne LCA.

Resultaterne viser, at variationen i flaskevægten har væsentlig betydning for resultaterne for klimapåvirkningen. Særligt for engangsglas- og PET-flasker medfører de tungeste varianter en markant højere klimapåvirkning sammenlignet med de letteste varianter i samme volumenstørrelse. Det ses eksempelvis at de letteste glasflasker opnår et klimaaftryk på niveau med de tungeste PET flasker, og at den tungeste PET-flaske opnår et højere klimaaftryk end aluminiumsdåserne. Dette skyldes, at en højere materialevægt øger ressourceforbruget, energiforbrug til materialefremstilling samt transportbelastning pr. funktionel enhed. Tilsvarende vil brug af lettere flaskedesign ligeledes kunne reducere miljøpåvirkningen.

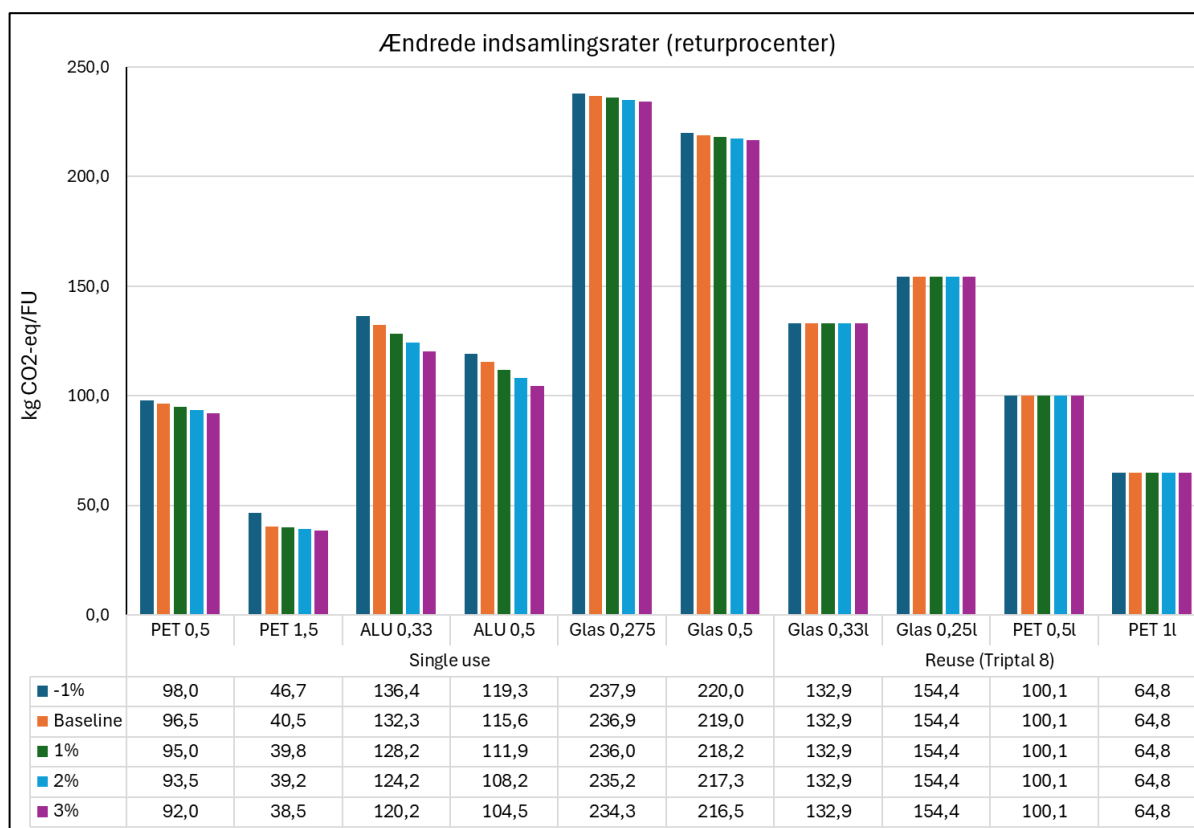
Det er derfor vigtigt at være opmærksom på, at de anvendte standardværdier i analysen repræsenterer konkrete variationer af de drikkevareemballager, der er omfattet af analysen, og at der i praksis findes både lettere og tungere flasker inden for samme volumengruppe. Følsomhedsanalysen understreger dermed, at resultaterne i denne analyse repræsenterer de mest anvendte flaskestørrelser, men at den konkrete miljøprofil for en drikkevareemballage flaske i praksis kan afvige betydeligt, afhængigt af dens faktiske vægt og design.

8.2 Ændring af indsamlingsrater

I Figur 22 ses resultaterne for klimapåvirkning ved at ændre indsamlingsraten for de genanvendelige emballager, dvs. den andel af de solgte drikkevareemballager der leveres retur gennem pantsystemet. Graferne viser resultaterne ved at ændre returprocenten med hhv. 1%, 2% og 3%, samt ved at reducere den med 1% ift. den baseline der er anvendt i nævrende rapport. I nedenstående Tabel 27 ses en oversigt over de aktuelle returprocenter, samt de ændringer der er vist i figuren.

Tabel 27, Oversigt over de aktuelle retur- og genanvendelsesrater for de omfattede emballagetyper i Danmark i 2024 (DRS, 2025b) (baseline), samt for returprocenter ved de ændringer der er foretaget i følsomhedsanalysen.

Retur- og genanvendelsesrater, genanvendelige drikkevareemballager (2024)			
Returprocent ændring ift. baseline	Glasflaske	PET-flaske	Aluminiumdåse
Baseline	91%	92%	93%
-1%	90%	91%	92%
+1%	92%	93%	94%
+2%	93%	94%	95%
+3%	94%	95%	96%



Figur 22, Resultater ved ændring af indsamlingsraten for de genanvendelige emballager

Resultaterne viser, at særligt aluminiumsdåser og PET-flasker er følsomme over for ændringer i indsamlingsraten, mens resultaterne for glasflasker kun ændres i begrænset omfang. Dette skyldes, at en høj returprocent for PET og aluminium muliggør, at en stor del af materialerne kan genanvendes i høj kvalitet (flaske-til-flaske og dåse-til-dåse), hvilket giver en betydelig miljøbesparelse når der erstattes jomfruelige materialer i markedet. En reduceret indsamlingsrate vil dermed også betyde, at færre materialer genanvendes i lukkede kredsløb, og at en større andel i stedet håndteres via det kommunale affaldssystem og dermed i højere grad går til forbrænding eller genanvendes i en lavere kvalitet. Omvendt vil en højere returprocent ligeledes reducere den samlede klimapåvirkning for engangsemballage.

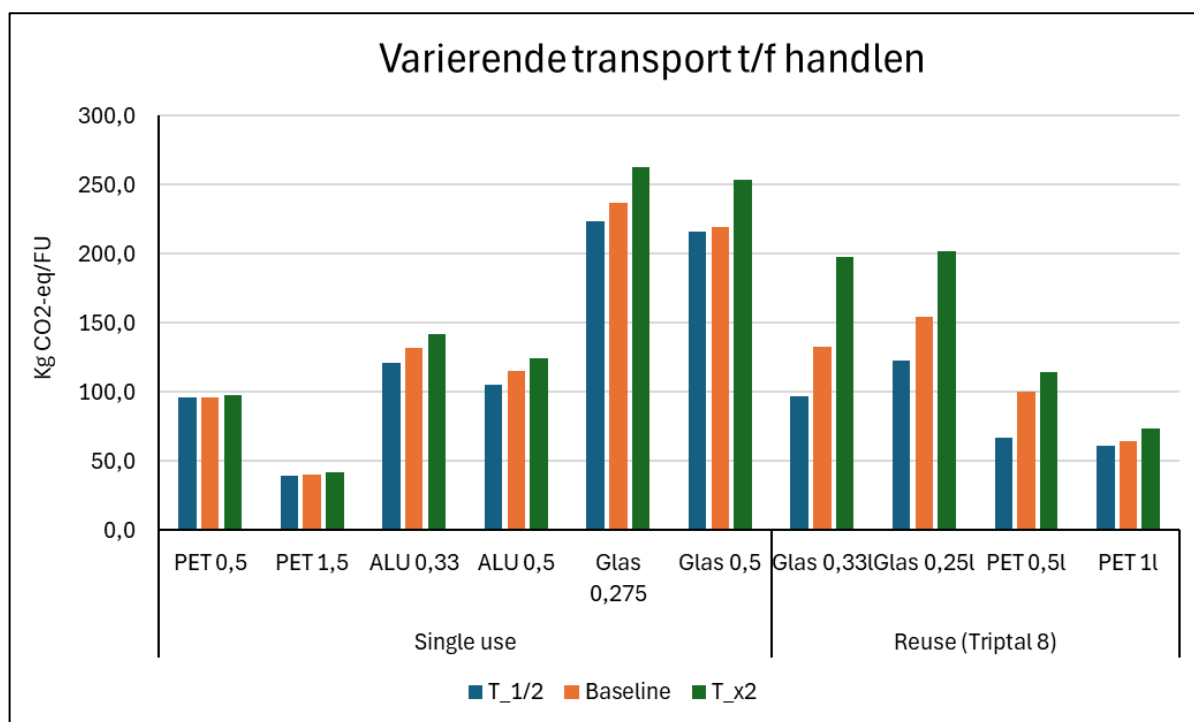
Grafen illustrerer, at en ændret indsamlingsrate kan påvirke klimapåvirkningen for PET-flasker og aluminiumsdåser, og potentielt ændre rangordningen for disse to emballagetyper, hvis den ændres tilstrækkeligt (dette vil dog kræve ændrede returprocenter på mere end de undersøgte variationer, hvilket ikke vurderes som sandsynligt under de nuværende forhold). For glas er forskellen mindre, blandt andet fordi glas allerede har høje genanvendelsesrater også uden for pantsystemet, og fordi en større del af glasaffaldet under alle omstændigheder materialegenanvendes.

Returprocenten for genbrugsemballager er indarbejdet som en del af triptallet (antallet af brugscykler) og ændres derfor ikke direkte i denne følsomhedsanalyse. Af den grund påvirker ændringer i indsamlingsraten hos Dansk Retursystem ikke resultaterne for genbrugsemballagerne i dette scenarie. Det bør dog nævnes, at en forudsætning for det nuværende triptal, er en høj indsamlingsprocent. Den høje indsamlingsprocent,

kan blandt andet sikres fordi de flasker der indgår i pantsystemet er "standardflasker", hvilket betyder at de kan cirkulere og bruges på tværs af bryggerierne og tapperierne i Danmark.

8.3 Ændring af transportafstande

I nedenstående Figur 23 ses resultaterne ved at ændre transportafstanden mellem bryggerierne/ tapperierne og handlen til henholdsvis det halve og det dobbelte.



Figur 23, Oversigt over resultaterne ved at ændre transportafstandene mellem bryggerierne/tapperierne og handlen til hhv. det halve og det dobbelte ift. baselinescenariet.

For de genanvendelige drikkevareemballager i PET og aluminium ændres resultaterne kun i begrænset omfang, hvilket primært skyldes, at disse emballager har en relativt lav vægt pr. volumenenhed, og at transportens bidrag til den samlede klimapåvirkning derfor er lavt.

For glasemballagerne, og særligt for genbrugsemballagerne i glas, har transportafstanden derimod en væsentlig større betydning. Glas vejer markant mere end PET og aluminium, og ændringer i transportafstanden slår derfor tydeligere igennem i resultaterne. Hvis transportafstanden eksempelvis reduceres til det halve, opnår genbrugsflasken på 0,33L i glas en klimapåvirkning, som er på niveau med aluminiumsdåsen på 0,33L efter 8 brugscykluser. Omvendt medfører en fordobling af transportafstanden en markant stigning i klimapåvirkningen for glasflaskerne. Resultaterne kan ligeledes bruges til at give en indikation af, hvor meget andre parametre såsom udnyttelsesgraden kan have for resultaterne. Såfremt udnyttelsesgraden blev reduceret (f.eks. ved at lastbilerne kørte tomme på returkørsler), ville resultaterne for transport blive 30-40% højere, hvilket ville øge miljøpåvirkningen fra særligt de tunge drikkevareemballager markant.

Dette understreger, at effektive og korte transportruter kan have stor betydning for miljøprofilen for tunge emballagetyper som glas – især i genbrugsscenarier med mange brugscykler. En forudsætning for effektive transportruter, er brug af såkaldte "standardflasker". Dette betyder i praksis, at de samme flasker kan bruges på tværs af de danske bryggerier/tapperier, hvorved transportafstande og logistik kan optimeres. I et fremtidsscenario med en række forskellige flasker på markedet, kunne transportafstandene potentielt være længere, hvilket alt andet lige ville medføre højere miljøpåvirkninger.

8.4 Test af LCIA metode

Nedenstående Tabel 28 og Tabel 29 viser resultaterne udregnet efter LCIA metoden EF 3.1. Dette er gjort for at undersøge om resultaterne og konklusionerne er følsomme overfor valg af beregningsmetode. Det bør bemærkes at der ikke er 100% overensstemmelse mellem påvirkningskategorierne i EF 3.1 og ReCiPe. Derfor kan resultaterne ikke nødvendigvis sammenlignes på tværs af alle kategorier.

Tabel 28, Potentielle miljøpåvirkninger, genanvendelige emballager. Udregnet efter EF 3.1.

Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genanvendelige emballager (udregnet efter EF 3.1)							
Påvirkningskategori	Enhed	Glasflaske		Aluminiumdåse		PET-flaske	
		0,275	0,50	0,33	0,5	0,50	1,50
Acidification	mol H ⁺ -Eq	1,89E+00	1,76E+00	3,03E+03	5,84E-01	3,36E-01	1,43E-01
Climate change	kg CO ₂ -Eq	2,33E+02	2,16E+02	1,30E+02	1,13E+02	9,45E+01	3,97E+01
Climate change: biogenic	kg CO ₂ -Eq	-2,03E+00	-2,04E+00	-8,57E-01	-5,01E-01	7,59E-02	3,29E-02
Climate change: fossil	kg CO ₂ -Eq	2,35E+02	2,18E+02	1,30E+02	1,14E+02	9,43E+01	3,96E+01
Climate change: land use and land use change	kg CO ₂ -Eq	5,72E-02	6,71E-02	3,80E-01	3,58E-01	1,55E-01	6,91E-02
Ecotoxicity: freshwater	CTUe	-4,73E+02	-1,06E+03	7,14E+02	6,17E+02	5,26E+02	2,20E+02
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	CTUe	-4,89E+02	-1,07E+03	6,94E+02	6,00E+02	5,18E+02	2,16E+02
Ecotoxicity: freshwater, organics	CTUe	1,62E+01	1,53E+01	2,00E+01	1,69E+01	8,47E+00	3,48E+00
Energy resources: non-renewable	MJ, net calorific value	4,38E+03	4,23E+03	2,01E+03	1,74E+03	1,61E+03	6,64E+02
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	-3,96E-02	-7,32E-02	3,18E-02	2,66E-02	3,12E-02	1,34E-02
Eutrophication: marine	kg N-Eq	3,03E-01	3,01E-01	9,55E-02	8,26E-02	7,99E-02	3,39E-02
Eutrophication: terrestrial	mol N-Eq	3,40E+00	3,09E+00	1,15E+00	9,96E-01	8,42E-01	3,55E-01
Human toxicity: carcinogenic	CTUh	3,51E-08	2,52E-08	8,82E-08	7,95E-08	2,28E-08	9,28E-09
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	CTUh	2,99E-08	2,48E-08	4,32E-08	3,88E-08	1,02E-08	4,12E-09
Human toxicity: carcinogenic, organics	CTUh	5,16E-09	4,69E-10	4,51E-08	4,06E-08	1,26E-08	5,15E-09
Human toxicity: non-carcinogenic	CTUh	3,24E-06	2,80E-06	4,39E-06	3,95E-06	1,26E-06	4,87E-07
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	CTUh	3,08E-06	2,67E-06	3,95E-06	3,56E-06	1,20E-06	4,62E-07
Human toxicity: non-carcinogenic, organics	CTUh	1,53E-07	1,28E-07	4,40E-07	3,92E-07	6,03E-08	2,50E-08
Ionising radiation: human health	kBq U235-Eq	1,05E+01	1,11E+01	-5,27E-01	-5,94E-01	8,85E+00	3,91E+00
Land use	dimensionless	8,93E+03	7,81E+03	2,19E+03	1,69E+03	2,01E+03	8,54E+02
Material resources: metals/minerals	kg Sb-Eq	3,86E-03	3,14E-03	1,03E-02	9,38E-03	2,95E-03	1,30E-03
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	2,17E-05	2,21E-05	4,03E-06	3,48E-06	6,50E-05	2,95E-05
Particulate matter formation	disease incidence	1,96E-05	1,98E-05	3,71E-06	3,24E-06	4,28E-06	1,82E-06
Photochemical oxidant formation: human health	kg NMVOC-Eq	1,15E+00	1,13E+00	4,72E-01	4,06E-01	3,43E-01	1,42E-01
Water use	m ³ world Eq deprived	-2,26E+01	-4,26E+01	4,16E+01	3,60E+01	2,56E+01	1,07E+01

Tabel 29, Potentielle miljøpåvirkninger, genbrugsemballager. Udregnet efter EF 3.1.

Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genbrugs glasflasker (udregnet efter EF 3.1)			
		Glasflaske	
Påvirkningskategori	Enhed	0,250	0,50
Acidification	mol H ⁺ -Eq	8,05E-01	6,86E-01
Climate change	kg CO ₂ -Eq	1,51E+02	1,30E+02
Climate change: biogenic	kg CO ₂ -Eq	-6,13E-02	1,50E-01
Climate change: fossil	kg CO ₂ -Eq	1,51E+02	1,30E+02
Climate change: land use and land use change	kg CO ₂ -Eq	3,51E-02	3,68E-02
Ecotoxicity: freshwater	CTUe	1,10E+03	9,11E+02
Ecotoxicity: freshwater, inorganics	CTUe	1,09E+03	9,02E+02
Ecotoxicity: freshwater, organics	CTUe	1,05E+01	9,18E+00
Energy resources: non-renewable	MJ, net calorific value	2,20E+03	1,87E+03
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,16E-02	2,62E-02
Eutrophication: marine	kg N-Eq	1,47E-01	1,30E-01
Eutrophication: terrestrial	mol N-Eq	1,93E+00	1,67E+00
Human toxicity: carcinogenic	CTUh	4,95E-08	4,40E-08
Human toxicity: carcinogenic, inorganics	CTUh	3,34E-08	2,70E-08
Human toxicity: carcinogenic, organics	CTUh	1,61E-08	1,70E-08
Human toxicity: non-carcinogenic	CTUh	2,16E-06	1,80E-06
Human toxicity: non-carcinogenic, inorganics	CTUh	2,04E-06	1,70E-06
Human toxicity: non-carcinogenic, organics	CTUh	1,20E-07	9,96E-08
Ionising radiation: human health	kBq U235-Eq	1,31E+00	6,58E-01
Land use	dimensionless	4,04E+03	3,23E+03
Material resources: metals/minerals	kg Sb-Eq	2,79E-03	2,21E-03
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	5,72E-06	4,63E-06
Particulate matter formation	disease incidence	1,04E-05	9,34E-06
Photochemical oxidant formation: human health	kg NMVOC-Eq	6,02E-01	5,30E-01
Water use	m ³ world Eq deprived	3,84E+01	3,23E+01

Overordnet ses det af ovenstående tabeller, at resultaterne for klimapåvirkning er meget ens på tværs af EF 3.1 og ReCiPe. Dette er både hvad angår de konkrete tal, samt forholdet mellem de enkelte drikkevareemballager. Resultaterne for Partikelforurening er ikke direkte sammenlignelige, da enhederne i de to metoder er forskellige, dog ses generelt samme tendens ift. de enkelte emballagetyper rangorden. På ressourcekategorierne ses en mindre forskel mellem resultaterne fra de to metoder, hvor særligt aluminiumsdåserne har en højere påvirkning i EF 3.1 sammenlignet med ReCiPe. Samme tendens ses generelt ved toksicitetskategorierne, hvor aluminiumsdåsen opnår den højeste påvirkning på en række kategorier i EF 3.1, mens det er glasflasken der opnår den højeste påvirkningen i ReCiPe. Det bør dog bemærkes, at enhederne mellem de to metoder også er forskellige ift. ressourcekategorierne og toksiciteten, hvorved resultaterne ikke er direkte sammenlignelige.

9 Resultatfortolkning og konklusioner

Livscyklusvurderingen viser overordnet, at der er betydelige forskelle på de omfattede emballagers miljøpåvirkning. Analysen muliggør mange delkonklusioner baseret på en sammenligning af de enkelte emballagetyper, men det er vigtigt at påpege, at det ikke nødvendigvis er retvisende at sammenligne alle emballagetyperne – eksempelvis kan der i praksis være forskel på, hvad man bruger hhv. en glasflaske i 0,25L og en PET-flaske i 1,5L til. Derudover vil valg af miljøpåvirkningskategori i nogle tilfælde kunne påvirke den indbyrdes rangordning mellem drikkevareemballagerne, selv om hovedtendenserne generelt er de samme på tværs af de fleste miljøpåvirkningskategorier. Desuden bør det bemærkes, at resultaterne er beregnet for udvalgte emballagestørrelser og for konkrete varianter (mht. vægt) af disse, baseret på de hyppigst forekommende emballager i Danmark. Resultaterne er dermed ikke nødvendigvis repræsentative for alle variationer inden for de pågældende størrelser – særligt ikke for engangsemballager i PET og glas – og bør derfor ikke fortolkes som generelt gældende for alle produkter på markedet. Følsomhedsanalyserne viser eksempelvis, at de letteste glasflasker opnår et klimaaftryk på niveau med de tungeste PET flasker, og at den tungeste PET-flaske opnår et højere klimaaftryk end aluminiumsdåserne.

Resultaterne peger overordnet på, at de undersøgte PET-flasker – både som engangs- og genbrugsemballage – generelt opnår den laveste miljøpåvirkning per funktionel enhed under de nuværende forudsætninger i det danske pant- og retursystem. Dette skyldes hovedsageligt PET's lave materialevægt per volumenenhed, og de høje genanvendelsesprocenter. Til sammenligning har glasflasker, især i de små volumenstørrelser, generelt en højere miljøpåvirkning, mens aluminiumsdåser befinder sig mellem PET og glas i langt de fleste miljøkategorier. Det er væsentligt at bemærke, at selvom aluminiumsdåserne vejer mindre end PET-flaskerne, så medfører fremstillingen af aluminium et væsentligt større klimaaftryk end fremstillingen af PET. Disse overordnede tendenser stemmer godt overens med resultater fra tilsvarende LCA-undersøgelser foretaget i vores nabolande – eksempelvis i NORSUS (2018). På trods af, at denne analyse anvender en anderledes modelleringstilgang (C-LCA), styrker denne overensstemmelse vurderingen af, at de overordnede konklusioner er metodisk og fagligt robuste.

Samtidig skal det understreges, at resultaternes præcise rangordning og fortolkning er følsomme overfor en række centrale parametre. Den enkelte drikkevareemballages miljøprofil påvirkes f.eks. markant af emballagens vægt; tungere flasker medfører generelt et højere klimaaftryk pr. liter emballeret drikkevare. Dette skyldes blandt andet miljøbelastningen fra fremstilling af materialerne samt fra transport. Dertil kommer, at især genanvendelige emballager af PET og aluminium forudsætter en fortsat høj indsamlings- og genanvendelsesprocent for at fastholde et lavt klimaaftryk i et livscyklusperspektiv. Sensitivitetsanalysen viser, at et fald i returprocenten potentielt kan føre til væsentligt øget klimapåvirkning for disse materialetyper, da en stor del af den lave miljøpåvirkning, skyldes undgået produktion af jomfruelige højkvalitetsmaterialer. Ligeledes viser resultaterne fra sensitivitetsanalysen, at en øget returprocent vil forbedre miljøprofilen for de genanvendelige drikkevareemballager – særlige PET-flaskerne og aluminiumsdåserne, da flere materialer dermed kan genanvendes i høj kvalitet.

Transportafstande og logistik, herunder lastbilernes udnyttelsesgrad, udgør et andet følsomhedspunkt. Særligt for glas, hvor vægten pr. enhed er betydeligt højere end for PET og aluminium, kan længere transportafstande påvirke miljøbelastningen og potentielt forskyde rangordningen mellem emballagetyperne. Analysen indikerer dog, at transportafstanden skal ændres forholdsvis markant, før det for alvor har betydning for hovedtendenserne i rangeringen mellem de enkelte drikkevareemballager. Både

transportafstandene og lastbilernes udnyttelsesgrad er parametre, der i analysen fremstår som både følsomme og – i et vist omfang – forbundet med usikkerhed, hvilket understreger vigtigheden af de forudsætninger, der lægges til grund for fortolkning af resultaterne. Det bør eksempelvis bemærkes, at der i øjeblikket er en udvikling imod flere eldrevne lastbiler. Såfremt en større andel af lastbilerne til transport af drikkevareemballager i fremtiden er udskiftet til el-biler, ville dette potentielt påvirke resultaterne således, at klimapåvirkningen fra transport vil blive lavere, og skæringspunktet mellem drikkevareemballager til hhv. genbrug og genanvendelse ville indtræffe ved et lavere triptal end i dag. Såfremt transportafstandene mellem bryggerierne/tapperierne og handlen ændres, er der ligeledes en sandsynlighed for, at skæringspunktet mellem drikkevareemballager til hhv. genbrug og genanvendelse, ville ændres. Samtidig vil en øget elektrificering af transporten også kunne påvirke andre miljøpåvirkningskategorier, fx forbrug af metaller og kritiske ressourcer til batterier. En kvantitativ belysning af disse effekter ligger uden for dette studies rammer, men vurderes som relevant at belyse nærmere i fremtidige analyser.

For genbrugsemballagerne er antallet af brugscykler (triptallet) en afgørende parameter. Analysen viser, at for glasflasker opnås miljøgevinsten først ved et vist minimumstriptal – i denne undersøgelse f.eks. omkring 8-9 cyklusser – før glasflasken i 0,33L matcher klimaaftrykket for den genanvendelige drikkevareemballe i aluminium 0,33L. Dog må det understreges, at der knytter sig væsentlig usikkerhed til selve break-even-punktet: Følsomhedsanalysen viser, at variationer i blandt andet emballagevægt, returprocent og energiforbrug til vask og logistik betyder, at skæringspunktet i praksis kan ligge på fx 6, 7 eller 10 brugscykler, afhængigt af det konkrete scenarie. Dermed er det vanskeligt at udpege et entydigt antal brugscyklusser, hvor genbrugsemballager generelt giver klima- eller miljøgevinst, da det vil afhænge af, hvilke emballagetyper der sammenlignes og under hvilke forudsætninger.

Datakvalitetsvurderingen (Pedigree-matrixen) viser, at de datasæt der er anvendt til at modellere de processer med de største bidrag til miljøpåvirkningen (materialefremstilling, transport, genanvendelse og vask) generelt er baseret på data med DQR-værdier mellem ca. 1,7 og 2,2, dvs. på eller tæt på "høj kvalitet". De mest usikre datasæt vedrører primært mindre bidrag, såsom visse hjælpeprocesser, specifikke materialer (fx lak og etiketter) samt generiske datasæt for affaldsbehandling og transport. For de fleste af disse datasæt, vurderes usikkerheden i mindre grad at påvirke den samlede rangordning mellem emballagetyperne. Dog vurderes antagelserne vedr. datasæt anvendt til modellering af erstattede materialer ved genanvendelse, særligt for glas, at have en lidt højere usikkerhed. Ændres disse antagelser, forventes det generelt at ville medføre en ændret miljøpåvirkning. Kombinationen af følsomhedsanalysen og datakvalitetsvurderingen peger derfor på, at de overordnede konklusioner – særligt at flasker i PET generelt har den laveste klimapåvirkning, glasflaskerne den højeste (ved triptal op til 8), og aluminiumsdåser ligger imellem – er relativt robuste over for mindre variationer i de centrale forudsætninger.

Selv om de eksakte break-even-punkter mellem de undersøgte genbrugs- og genanvendte drikkevareemballager er behæftet med usikkerhed, vurderes hovedkonklusionen som robust: Under de nuværende forhold i Danmark skal de undersøgte genbrugsemballager i glas opnå relativt høje triptal (i udgangspunktet over 8) for klimamæssigt at kunne konkurrere med de undersøgte engangsemballager i PET og aluminium. Derimod opnår de genpåfyldelige glasflasker et lavere klimaaftryk end de genanvendelige glasflasker efter et triptal på kun 3-4. De beregnede skæringspunkter (triptal) bør dog forstås som omtrentlige intervaller og ikke som præcise tal. Følsomhedsanalysen viser, at ændringer i især emballagevægt, returprocenter samt transportafstande og udnyttelsesgrad kan flytte break-even-punktet for genbrugsglas med flere brugscykler i begge retninger. I praksis kan skæringspunktet mellem f.eks.



genbrugsglas 0,33 L og aluminiumsdåse 0,33 L derfor ligge inden for et vist spænd, og ikke på én entydig værdi, afhængigt af de konkrete forudsætninger. Samtidig afhænger vurderingen af "bedst" eller "dårligst" emballage af, hvilke miljøpåvirkningskategorier der tillægges størst vægt: En emballage kan have en relativ lav påvirkningen i én kategori (f.eks. klimapåvirkning) og en relativ høj påvirkning i en anden (f.eks. ressourceforbrug af metaller/mineraler eller partikelforurening). Valget mellem genbrug og genanvendelse indebærer dermed potentielle trade-off mellem forskellige miljøpåvirkninger, og resultaterne bør fortolkes i lyset af både denne usikkerhed og de prioriteringer, der foretages i den konkrete beslutningskontekst.

Endelig bør det fremhæves, at formålet med denne analyse har været at repræsentere gennemsnitlige danske forhold. Det betyder, at de enkelte resultater ikke uden videre kan overføres til et konkret bryggeri/tapperi eller en anden specifik kontekst – og at resultaterne vil kunne variere betydeligt, hvis man tager udgangspunkt i andre forudsætninger eller konkrete produktdesigns. Eksempelvis vil bryggerier med kortere transportafstande til handlen eller lettere flaskedesign, potentielt kunne opnå en bedre miljøprofil end det gennemsnit, der er præsenteret i indeværende studie.



10 Referencer

Standarder

DS/EN ISO 14040:2008 – "Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur"

DS/EN ISO 14044:2008 – "Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Krav og vejledning"

Databaser

OpenLCA version 2.5.0

ecoinvent database version 3.11 og EN 15804 reference package 3.1.

Kilder

Alpla (2025). *Reusable PET bottles*. Hentet den 13. August 2025 fra <https://www.alpla.com/en/products-innovations/case-studies/reusable-pet-bottles>

Andreasi Bassi, S., Christensen, T. H., & Damgaard, A. (2017). Environmental performance of household waste management in Europe - an example of 7 countries. *Waste Management*, 69, 545-557. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.04>.

Ardagh (2025). [Personlig kommunikation med Henrik Andersen, Sales Manager i Ardagh Glass Packaging, via e-mail i 2025].

Bryggerforeningen (2025). [Personlig kommunikation med Nick Hækkerup, Direktør, og Lea Kholghi Frederiksen, Miljø-, Klima og Bæredygtighedschef ved Bryggerforeningen, via e-mail i 2025].

Bryggerier (2025). [Personlig kommunikation med fire danske bryggerier, via e-mail i 2025].

DRS (2024). *Årsrapport 2024*. Hentet den 14. august 2025 fra <https://danskretursystem.dk/app/uploads/2025/03/Aarsrapport-2024.pdf>.

DRS (2025a). [Personlig kommunikation med Hanne Svenningsen, Miljø og klimachef, og Martin Steen Madsen, Specialkonsulent i Cirkulær Økonomi ved Dansk Retursystem (DRS), via e-mail i 2025].

DRS (2025b). *Flaske-til-flaske genanvendelse*. Hentet den 14. august 2025 fra <https://danskretursystem.dk/klima-og-miljoe/flaske-til-flaske/>.

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (Eds.). (2018). *Life Cycle Assessment: Theory and Practice* (pp. 117-165). Springer.

ILCD (2010). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. EUR 24708 EN. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Miljøstyrelsen (2024). *Statistik for emballageforsyning og indsamling af emballageaffald 2022 - Emballagestatistik 2022*. Hentet den 12. november 2025 fra <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2024/01/978-87-7038-579-4.pdf>.

Niero, M., & Olsen, S. I. (2016). Circular economy: To be or not to be in a closed product loop? A Life Cycle Assessment of aluminium cans with inclusion of alloying elements. *Resources, Conservation and Recycling*, 114, 18-31. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.06.023>



NORSUS (2018). Lerche, H., Saxegård, S., Modal, I. *Life cycle assessment of the current recycling system and an alternative reuse system for bottles in Norway*. NORUS.

Petainer (2025). *Reusable PET bottles*. Hentet den 13. august 2025 fra <https://www.petainer.com/pet-plastic-bottles/reusable-bottles>

Sidel (2025). *Returnable PET bottle*. Hentet den 13. august 2025 fra <https://www.sidel.com/en/services/returnable-pet-bottle/>

Sphera (2021). *Life Cycle Assessment of North American Aluminum Cans*. On behalf of The Aluminum Association. Hentet den 21. oktober 2025 fra <https://www.aluminum.org/sites/default/files/2021-10/2021AluminumCanLCAReportFullVersion.pdf>

Weidema, B. P., & Wesnæs, M. S. (1996). Data quality management for life cycle inventories - An example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production*, 4(3-4), 167-174. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(96\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00043-1)

13 Bilag 3 - Supplerende resultater, genbrugsemballager

I nedenstående Tabel 44 og Tabel 45 vises resultaterne for de samlede potentielle miljøpåvirkninger, på tværs af samtlige påvirkningskategorier, for de omfattede genbrugsemballager i glas og PET. Resultaterne repræsenterer et scenarie hvor hhv. glas- og PET-flasken bruges 5 og 10 gange, hvilket modsvarer et triptal på hhv. 5 og 10. De enkelte værdier er farvelagt efter hvor høje eller lave tallene er, relativt inden for hver miljøpåvirkningskategori. Desto højere resultatet er, desto mørkere er farven.

Tabel 44, Potentielle miljøpåvirkninger, genbrugsemballager (5 brugscykler).

Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genbrugsemballager (5 brugscykler)					
Påvirkningskategori	Enhed	Glasflaske		PET-flaske	
		0,25	0,33	0,5	1,0
Acidification: terrestrial	kg SO ₂ -Eq	6,96E-01	5,99E-01	1,79E-01	1,11E-01
Climate change	kg CO ₂ -Eq	1,80E+02	1,58E+02	1,32E+02	8,88E+01
Ecotoxicity: freshwater	kg 1,4-DCB-Eq	3,26E+00	1,16E+01	6,93E+00	4,74E+00
Ecotoxicity: marine	kg 1,4-DCB-Eq	5,87E+00	1,61E+01	9,27E+00	6,34E+00
Ecotoxicity: terrestrial	kg 1,4-DCB-Eq	1,74E+03	1,53E+03	5,67E+02	3,71E+02
Energy resources: non-renewable, fossil	kg oil-Eq	6,03E+01	5,22E+01	4,46E+01	2,98E+01
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,01E-02	2,61E-02	1,57E-02	8,37E-03
Eutrophication: marine	kg N-Eq	5,80E-03	5,82E-03	4,97E-03	3,24E-03
Human toxicity: carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	1,61E+02	1,25E+02	9,22E+00	6,13E+00
Human toxicity: non-carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	2,34E+02	2,93E+02	1,32E+02	8,67E+01
Ionising radiation	kBq Co-60-Eq	2,04E+00	1,01E+00	5,98E+00	4,48E+00
Land use	m ² *a crop-Eq	4,03E+01	3,21E+01	6,68E+00	3,56E+00
Material resources: metals/minerals	kg Cu-Eq	6,12E-01	5,73E-01	6,83E-01	4,73E-01
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	7,84E-05	7,03E-05	3,28E-04	2,43E-04
Particulate matter formation	kg PM _{2.5} -Eq	1,28E-01	1,63E-01	9,95E-02	6,82E-02
POF*: human health	kg NO _x -Eq	4,84E-01	4,36E-01	1,88E-01	1,25E-01
POF*: terrestrial ecosystems	kg NO _x -Eq	5,10E-01	4,60E-01	2,12E-01	1,42E-01
Water use	m ³	9,13E-01	8,05E-01	9,48E-01	6,20E-01

* POF = Photochemical oxidant formation

Tabel 45, Potentielle miljøpåvirkninger, genbrugsemballager (10 brugscykler).

Potentielle miljøpåvirkninger, per FU, genbrugsemballager (10 brugscykler)					
Påvirkningskategori	Enhed	Glasflaske		PET-flaske	
		0,25	0,33	0,5	1,0
Acidification: terrestrial	kg SO ₂ -Eq	4,77E-01	4,02E-01	1,40E-01	8,15E-02
Climate change	kg CO ₂ -Eq	1,46E+02	1,25E+02	8,95E+01	5,68E+01
Ecotoxicity: freshwater	kg 1,4-DCB-Eq	5,00E+00	8,47E+00	4,52E+00	2,92E+00
Ecotoxicity: marine	kg 1,4-DCB-Eq	7,87E+00	1,19E+01	6,07E+00	3,92E+00
Ecotoxicity: terrestrial	kg 1,4-DCB-Eq	1,65E+03	1,42E+03	4,37E+02	2,73E+02
Energy resources: non-renewable, fossil	kg oil-Eq	4,72E+01	4,00E+01	3,06E+01	1,93E+01
Eutrophication: freshwater	kg P-Eq	3,21E-02	2,63E-02	1,49E-02	7,76E-03
Eutrophication: marine	kg N-Eq	4,99E-03	4,54E-03	3,52E-03	2,15E-03
Human toxicity: carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	1,61E+02	1,23E+02	6,39E+00	3,98E+00
Human toxicity: non-carcinogenic	kg 1,4-DCB-Eq	2,23E+02	2,30E+02	9,35E+01	5,78E+01
Ionising radiation	kBq Co-60-Eq	9,51E-01	4,64E-01	3,06E+00	2,28E+00
Land use	m ² *a crop-Eq	2,99E+01	2,36E+01	6,32E+00	3,30E+00
Material resources: metals/minerals	kg Cu-Eq	4,91E-01	4,41E-01	4,36E-01	2,86E-01
Ozone depletion	kg CFC-11-Eq	6,75E-05	5,80E-05	1,75E-04	1,27E-04
Particulate matter formation	kg PM _{2.5} -Eq	1,24E-01	1,30E-01	6,53E-02	4,23E-02
POF*: human health	kg NO _x -Eq	3,54E-01	3,10E-01	1,30E-01	8,18E-02
POF*: terrestrial ecosystems	kg NO _x -Eq	3,77E-01	3,30E-01	1,47E-01	9,22E-02
Water use	m ³	8,88E-01	7,35E-01	6,64E-01	4,06E-01

* POF = Photochemical oxidant formation

14 Bilag 4 - Pedegree matrix

Ifm. vurdering af datakvalitet og deraf usikkerheden af de anvendte data og datasæt, er Pedegree-matrix anvendt. Vurderingstabellen i Tabel 46 beskriver de enkelte vurderingskriterier. Den samlede datakvalitetsvurdering kan ses efterfølgende i Tabel 47.

Tabel 46. Vurderingstabel med vurderingskriterier anvendt til vurdering af datakvalitet

Indicator score	1	2	3	4	5 (default)
Reliability	Verified data based on measurements	Verified data partly based on assumptions <i>or</i> non-verified data based on measurements	Non-verified data partly based on qualified estimates	Qualified estimate (e.g. by industrial expert)	Non-qualified estimate
Completeness	The data is representative for the process considered, over an adequate period to even out normal fluctuations	The data is representative for >50% of the process considered, over an adequate period to even out normal fluctuations	The data is representative for only part of the process (<<50%), <i>or</i> >50% but for shorter time periods	The data is representative for only one part of the process considered, <i>or</i> for small part of the process but for shorter time periods	It is not known which part of the process the data represents
Temporal correlation	Less than 3 years of difference to the time period of the dataset	Less than 6 years of difference to the time period of the dataset	Less than 10 years of difference to the time period of the dataset	Less than 15 years of difference to the time period of the dataset	Age of data unknown <i>or</i> more than 15 years of difference to the time period of the dataset
Geographic correlation	Data from area under study	Average data from larger area in which the area under study is included	Data from area with similar production conditions.	Data from area with slightly similar production conditions	Data from unknown <i>or</i> distinctly different area (North America instead of Middle East, OECD-Europe instead of Russia)
Further technical correlation	Data from enterprises, processes and materials under study	Data from processes and materials under study (i.e. identical technology) but from different enterprises	Data from processes and materials under study but from different technology	Data on related processes or materials	Data on related processes on laboratory scale <i>or</i> from different technology

Tabel 47, Datakvalitetsvurdering

Materiale/komponent	Proces/værdi	Kilde	Reliability	Completeness	Temporal correlation	Geographic correlation	Further technical correlation	Data quality rating
Datasæt til fremstilling af materialer og emballager								
Virgint PET	Fremstilling af jomfrueligt PET til flasker	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	1	2	2	1	1,8
Genanvendt PET	Fremstilling af genanvendt PET til flasker	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	1	2	2	1	1,8
Aluminium	Fremstilling af aluminium til dåseproduktion	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	1	1,9
Glas, klar	Fremstilling af flasker i klart glas, hhv. med og uden genanvendt materiale	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	1	1,9
Glas, brunt	Fremstilling af flasker i brunt glas, hhv. med og uden genanvendt materiale	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	1	1,9
Glas, grøn	Fremstilling af flasker i grønt glas, hhv. med og uden genanvendt materiale	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	1	1,9
HDPE/PE	Fremstilling af HDPE til flaskelåg	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	1	1,9
LDPE	Fremstilling af etiketter til plastikflasker	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	3	2	2	1	2,4
Lak, Aluminiumsdåse	Den indvendige lak i aluminiumsdåse udgør ca. 2.5% af dåsens vægt, og består af flere komponenter	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	3	2	2	2	2	2,6
Vaskeprocesser, Vand	Datasæt for vandforbrug ifb. vask af emballager på bryggeri	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
Vaskeprocesser, kemikalier	Datasæt for kemikalieforbrug, herunder sæbe og andet ifb. vask af emballager på bryggeri	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	3	2	2	2	2	2,6
Data vedr. de omfattede emballagetyper								
Emballagesammensætning og vægt	Data vedr. de omfattede emballager, herunder deres vægt og materialesammensætning.	Dansk Retursystem	1	1	1	1	1	1,0
Emballageproducenter	Data vedr. hvilke producenter der fremstiller de emballager, der bruges af de danske bryggerier	Bryggeriforeningen, Bryggerierne	2	2	1	2	2	1,9
Fremstillingsmetoder	Data og informationer vedr. fremstillingsmetoder for PET flasker	Bryggerierne	2	1	1	1	2	1,7
	Data og informationer vedr. fremstillingsmetoder for Aluminiumsdåser	Litteratur	3	1	2	3	2	2,6
	Data og informationer vedr. fremstillingsmetoder for glasflasker	Ardagh, Reihling DK	2	1	2	1	2	1,8
Datasæt til modellering af Sortering og genanvendelse & affaldsbehandling								
Genanvendelse af PET	Højkvalitetsgenanvendelse, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	1	1	2	2	1,8
Genanvendelse af glas	Højkvalitetsgenanvendelse, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
Genanvendelse af Aluminium	Højkvalitetsgenanvendelse, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
Genanvendelse af PET	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
Genanvendelse af glas	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
Genanvendelse af Aluminium	Kommunal affaldsbehandling, herunder oparbejdning til "point of substitution".	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
Affaldsbehandling af spild	Sortering af PET, Aluminium og glasflasker som ikke indsamles via returautomater	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
	Forbrænding af PET	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
	Forbrænding af glas	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	3	2,6
Vask og genbrug af flasker								
Indsamlingsrater	Indsamlingsrater for genanvendte emballager	Dansk Retursystem	1	1	1	1	1	1,0
Indsamling af returpant	Data vedr. energiforbrug mm. ifb. indsamling af tomme emballager i returautomater.	Dansk Retursystem	1	1	1	1	1	1,0
Sortering af emballager	Data vedr. sortering og behandling af de indsamlede emballager ved Dansk retursystem	Dansk Retursystem	1	1	1	1	1	1,0
Genanvendelse ved recycler	Data vedr. oparbejdning og genanvendelse af de sorterede emballager, herunder tab% i genanvendelsen	Dansk Retursystem	1	1	1	2	2	1,7
Vask af flasker på bryggeri	Data vedr vask af flasker på bryggerierne	Bryggerierne	2	2	2	2	2	2,0
Datasæt til modellering af energi								
Elektricitet, Danmark	Modellering af elektricitetsforbruget i Danmark	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
Varme, Danmark	Modellering af varme i Danmark	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	3	3	2	2	3	2,8
Naturgas	Modellering af naturgas	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	3	2	2	3	2,7
Transport								
Emballager og præforme	Afstand fra emballageproducenter til bryggerier	Beregnet vægtet gennemsnit	3	1	1	1	2	2,2
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
	Anvendte datasæt	Lastbil og tog	2	1	1	1	2	1,7
Produkter fra bryggerier til handlen	Afstand fra bryggerier til handlen, og retur	Beregnet vægtet gennemsnit	2	1	1	1	2	1,7
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Primære data fra bryggerier	3	2	2	2	2	2,6
	Anvendte datasæt	Lastbil og tog	2	1	1	1	2	1,7
Indsamling af brugte emballager	Afstand fra handlen (returautomater) til sortiner ved Dansk Retursystem	Dansk Retursystem	1	1	1	1	2	1,6
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	1	1	2	1,8
	Anvendte datasæt	Lastbil	2	1	1	1	2	1,7
Transport til recycler fra Dansk retursystem	Afstand fra Dansk Retur til recyclers	Beregnet vægtet gennemsnit	2	1	1	2	2	1,8
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Dansk Retursystem	2	2	1	1	2	1,8
	Anvendte datasæt	Lastbil og tog	2	1	1	1	2	1,7
Transport til kommunal affaldsbehandling	Afstand til affaldsbehandling i Danmark	Estimeret gennemsnit	2	3	2	2	2	2,6
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
	Anvendte datasæt	Lastbil	2	2	2	2	2	2,0
Transport af råmaterialer til emballageproducenter	Afstand fra råvareproducenter til emballageproducenter	Estimeret gennemsnit	3	2	2	3	2	2,7
	Udnyttelsesgrad, lastbil	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
	Anvendte datasæt	Lastbil	2	2	2	2	2	2,0
Datasæt anvendt til modellerin af erstattede materialer og energi								
Erstatning af PET	PET fra højkvalitetsgenanvendelse	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	1	2	2	2	1,9
	Pet fra spild	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	3	2	2	2	2	2,6
Erstatning af glas	Glas, (klart og brunt) fra højkvalitetsgenanvendelse	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	3	2	2	2	2,6
	Glas, (klart og brunt) fra spild	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	3	2	2	2	2,6
Erstatning af aluminium	Aluminium fra højkvalitetsgenanvendelse	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0
	Aluminium fra spild	Ecoinvent v. 3.11 (2024)	2	2	2	2	2	2,0

17 Bilag 7 - Kritisk review

Kritiske review kommentar for studiet

“Komparativ Livscyklusvurdering (LCA) Sammenligning mellem udvalgte drikkevareemballager med pant på det danske marked” (2026)

Bestilt af: Dansk Retursystem

Lavet af: Teknologisk Institut, Taastrup, Denmark

Reviewere: David Althoff Palm, Senior LCA Ekspert; Alessio Boldrin, Footprinting QCH Lead; Anders Damgaard, Lektor.

Referencer

ISO 14040 (2006): Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework

ISO 14044 (2006): Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines

ISO 14071 (2024): Environmental management - Life cycle assessment - Critical review processes and reviewer competencies: Additional requirements and guidelines to ISO 14044:2006

Scope af det kritiske review

Reviewerne havde til opgave at vurdere, om

- 1) metoderne, der blev brugt til at udføre LCA, er i overensstemmelse med de internationale standarder ISO 14040 (2006) og ISO 14044 (2006)
- 2) metoderne, der blev brugt til at udføre LCA, er videnskabeligt og teknisk gyldige
- 3) dataene, der blev brugt, er passende og rimelige i forhold til undersøgelsens formål
- 4) tolkningerne afspejler de identificerede begrænsninger og undersøgelsens formål, og
- 5) undersøgelsesrapporten er transparent og konsistent.

Analysen af individuelle datasæt og gennemgangen af LCA-modellerne, der blev brugt til at beregne resultaterne, blev evalueret via den endelige rapport samt bilag med input data og figurer for opsætningen i LCA værktøjet.

Modellerings- og beregningsfiler og LCA-projektet udført i "OpenLCA" blev ikke udleveret og reviewet.

En kortere version af rapportens hovedbudskaber og resultater var ikke en del af reviewet og blev ikke udleveret. Denne kortere version bør have en oplysning, om at den ikke opfylder ISO 14040/44 reglerne, men henvise til den fulde rapport.

Sammensætningen af det kritiske reviewpanel blev valgt for at sikre den nødvendige LCA-kompetence og ekspertise inden for de videnskabelige og tekniske aspekter af det undersøgte produktsystem.

Review processen

Den kritiske reviewproces kan ses som en 'a posteriori' undersøgelse, da gennemgangen fandt sted i den sidste fase af projektet. Reviewet var baseret på ISO 14044 (2006) og ISO 14071 (2024). Reviewprocessen fandt sted mellem august 2025 og marts 2026. Processen involverede et møde med en præsentation af et

tidligt udkast for diskussion af funktionel enhed og scenarier (august 2025), samt to runder med grundig review og kommentering af LCA-arbejdet i form af den endelige rapport. I den første gennemgang – december 2025 – kommenterede reviewerne en første fuld LCA-rapport og gav 70 kommentarer af generel, teknisk, redaktionel eller transparensrelateret karakter. Der blev afholdt et opfølgende møde (februar 2026), hvor projektgruppen spurgte ind til kommentarer, som de ønskede yderligere uddybet af reviewerne. Kommentarerne blev herefter behandlet af projektgruppen, og udsendt i en ny version af LCA-rapporten. Reviewerne undersøgte den anden version af rapporten med specifikt fokus på, hvordan kommentarer fra den første runde blev adresseret og integreret i LCA-rapporten. Dette andet review – februar 2026 – tilføjede 3 yderligere kommentarer, hovedsageligt af redaktionel og teknisk karakter. Projektgruppen adresserede disse kommentarer og udsendte en ny version af LCA-rapporten. Den endelige version af LCA-rapporten (marts 2026) blev evalueret og godkendt af reviewerne.

Denne reviewerklæring er gyldig for versionen af LCA-rapporten dateret 10 marts 2026 (modtaget af reviewerne den 10. marts og er forbundet med følgende bilag vedhæftet denne erklæring:

- Annex A: Tjekliste for overholdelse af ISO 14040-44 standarderne i den endelige rapport (På engelsk direkte fra ISO).
- Annex B: Review kommentarer og svar

Generelle bemærkninger

Denne undersøgelse har til formål at udføre en komparativ livscyklusvurdering af udvalgte drikkevareemballager med pant på det danske marked – herunder både engangsemballager (glas, PET og aluminium) og genbrugsemballager (glas og et scenarie for PET). Undersøgelsen tager udgangspunkt i danske markedsforhold anno 2025 og er baseret på primære data fra Dansk Retursystem, udvalgte bryggerier og emballageproducenter. Den funktionelle enhed er defineret som *”Produktion, distribution, indsamling og affaldsbehandling af den mængde drikkevareemballage, der er nødvendig for at rumme og distribuere 1 000 liter drikkevare til det danske marked i 2025”*. Det vurderes at være i overensstemmelse med formålet og giver en robust og sammenlignelig ramme for de analyserede alternativer.

Systemgrænserne er vugge-til-grav og omfatter alle relevante livscyklusfaser, herunder oparbejdning, transport, sortering, genanvendelse/genbrug samt slutbehandling. Brugsfasen er udeladt, hvilket er rimeligt da denne i praksis ikke varierer mellem emballagetyperne. For genbrugsløsninger er modelleringen af første og efterfølgende brugscyklusser tydeligt og konsistent beskrevet, og fremgangsmåden til opgørelse af gennemsnitlige miljøpåvirkninger per cyklus er metodisk korrekt. Afskæringskriterier er anvendt i begrænset omfang, og udeladelserne vurderes ikke at ændre konklusionerne af studiet.

Modelleringen af baggrundssystemet bygger på ecoinvent 3.11, hvor konsekvensmodellen er anvendt i overensstemmelse med analysens formål om at vurdere markedsmæssige effekter af valg mellem emballagetyper. Marginale processer er anvendt konsistent, og antagelsen om at genanvendte materialer i praksis erstatter jomfruelige materialer vurderes rimelig, givet markedsforholdene for PET, aluminium og glas. Processer med flere funktioner håndteres ved systemudvidelse, hvilket er i overensstemmelse med ISO 14044.



Den anvendte LCIA-metode (ReCiPe 2016 midpoint (H)) er egnet til studiets formål og dækker et bredt spektrum af påvirkningskategorier, og komplementeres med følsomhed med EF 3.1 som er standarden for produkter i EU i dag. Klimapåvirkning er analyseret i dybden, mens øvrige kategorier er inkluderet i resultatafsnittet, hvilket giver et balanceret billede af potentielle trade-offs. De anvendte data fremstår generelt konsistente, repræsentative og tilstrækkelige – særligt for glas, PET og aluminium, hvor indsamling og genanvendelse i Danmark er veldokumenteret. Data for modellering af genbrugs PET er af lavere kvalitet, og er også diskuteret som så. Datakvalitetsvurderingen er gennemført i henhold til ISO-kravene, og usikkerheder diskuteres både metodisk og i forhold til beslutningsrelevans.

Rapporten håndterer modelleringen af genbrugssystemet på en transparent måde, herunder triptalsberegninger baseret på danske branchedata. Studiets antagelser om vask, transport og sortering af genbrugsemballager vurderes plausible og tilstrækkeligt dokumenterede, selvom data for genbrugeligt PET primært beror på antagelser, hvilket også adresseres tydeligt i rapportens diskussion.

Rapporten er generelt velstruktureret og skrevet i et klart, teknisk sprog. Figurer, tabeller og systemdiagrammer er velvalgte og understøtter læsbarheden. Resultatfortolkningen er afbalanceret og fremhæver tydeligt både usikkerheder, følsomheder og robustheden af de centrale konklusioner. Særligt fremhæves det, at konklusioner om genbrugsløsningernes fordel afhænger af et realistisk antal brugscyklusser, samt at variation i emballagevægt og returprocenter har væsentlig betydning for resultaterne.

Overordnet vurderes den anvendte metode og dens implementering som værende i overensstemmelse med ISO 14040/14044, og tilstrækkelig til formålet. Rapporteringen er omfattende, konsistent og transparent inden for de rammer, som fortrolighedskravene tillader.



Konklusion

Reviewerne fandt, at LCA rapporten er transparent, konsistent og teknisk gyldig, diskussionen af resultaterne dækker de relevante aspekter i overensstemmelse med undersøgelsens formål, og konklusionerne er velbegrundede på baggrund af undersøgelsens resultater og i overensstemmelse med det definerede formål.

11 marts, 2026

David Althoff Palm

10 marts, 2026

Anders Damgaard (panel chair)

11 marts, 2026

Alessio Boldrin

Annex A: Check-list on the compliance to the ISO 14040-44 standards of the Final report

This critical review checklist has been prepared to enable the results of a critical review to conform precisely to the guidelines of the ISO 14040-44 Standards. The checklist compilation was performed by Anders Damgaard, David Althoff Palm, and Alessio Boldrin, the critical reviewers.

This checklist consists of 3 sections.

- Section 1 of the checklist corresponds to section 5.1 of ISO 14044, and addresses general reporting requirements, applicable to all LCA studies.
- Section 2 pertains to additional reporting requirements that apply in cases where the results of the LCA are to be communicated to any "third party" – that is, to any interested person or organization other than the commissioner or the practitioner of the study.
- Section 3 contains the special requirements that come into play when the third-party communication makes what the ISO standards refer to as a "comparative assertion", which is intended to be disclosed to the public. A comparative assertion is defined (see 3.5 of ISO 14044) as an "environmental claim regarding the superiority or equivalence of one product versus a competing product that performs the same function."

SECTION 1: General Reporting Requirements and Considerations

The columns (or the boxes) at the left are checked to indicate "yes" and left un-checked to indicate that the requirement does not appear to have been met.

Requirements		Review comment s	Authors response s	Issue resolved? (Y/N)
X	Are the results and conclusions of the LCA completely and accurately reported without bias to the intended audience?			
X	Are the results, data, methods, assumptions, and limitations transparent and presented in sufficient detail to allow the reader to comprehend the complexities and trade-offs inherent in the LCA?			
X	Does the report allow the results and interpretation to be used in a manner consistent with the goals of the study?			

SECTION 2: Requirements when results will be communicated to third parties (parties other than the commissioners and the practitioners of the LCA)

Requirements		Review comment s	Authors' response s	Issue resolved? (Y/N)
a) General aspects: <input checked="" type="checkbox"/> LCA commissioner, practitioner of LCA (internal or external); <input checked="" type="checkbox"/> date of report; <input checked="" type="checkbox"/> statement that the study has been conducted according to the requirements of 14044.				



<p>b) Goal of the study:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> reasons for carrying out the study;<input checked="" type="checkbox"/> intended applications;<input checked="" type="checkbox"/> target audiences;<input checked="" type="checkbox"/> statement whether the study intends to support comparative assertions intended to be disclosed to the public.			
<p>c) Scope of the study:</p> <p>1) function:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> statement of performance characteristics;<input checked="" type="checkbox"/> any omission of additional functions in comparisons; <p>2) functional unit:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> consistency with goal and scope;<input checked="" type="checkbox"/> definition;<input checked="" type="checkbox"/> result of performance measurement; <p>3) system boundaries:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> omissions of life cycle stages, processes or data needs;<input checked="" type="checkbox"/> quantification of energy and material inputs and outputs;<input checked="" type="checkbox"/> assumptions about electricity production; <p>4) cut-off criteria for initial inclusion of inputs and outputs:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> description of cut-off criteria and assumptions;<input checked="" type="checkbox"/> effect of selection on results;<input checked="" type="checkbox"/> inclusion of mass, energy and environmental cut-off criteria.			
<p>d) Life cycle inventory analysis:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> data collection procedures;<input checked="" type="checkbox"/> qualitative and quantitative description of unit processes;<input checked="" type="checkbox"/> sources of published literature;<input checked="" type="checkbox"/> calculation procedures; <p>validation of data:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> data quality assessment;<input checked="" type="checkbox"/> treatment of missing data;<input checked="" type="checkbox"/> sensitivity analysis for refining the system boundary; <p>allocation principles and procedures:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> documentation and justification of allocation procedures;<input checked="" type="checkbox"/> uniform application of allocation procedures.			
<p>e) Life cycle impact assessment:</p> <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> LCIA procedures, calculations and results of the study;<input checked="" type="checkbox"/> limitations of the LCIA results relative to the defined goal and scope of the LCA;<input checked="" type="checkbox"/> relationship of LCIA results to the defined goal and scope, see clause 4.2 of 14044;<input checked="" type="checkbox"/> relationship of the LCIA results to the LCI results, see clause 4.4 of 14044;<input checked="" type="checkbox"/> impact categories and category indicators considered, including a rationale for their selection and a reference to their source;			



<p><input checked="" type="checkbox"/> description of or reference to all characterization models, characterization factors and methods used, including all assumptions and limitations;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> description of or reference to all value-choices used in relation to impact categories, characterization models & factors, normalization, grouping, weighting and, elsewhere in the LCIA, a justification for their use and their influence on the results, conclusions and recommendations;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> statement that the LCIA results are relative expressions and do not predict impacts on category endpoints, the exceeding of thresholds, safety margins or risks;</p> <p>Are any new impact categories, category indicators, or characterization models used as part of the LCIA?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> NO (Proceed to part f) Life Cycle Interpretation)</p> <p><input type="checkbox"/> YES (IF YES, complete the checklist items below)</p> <p><input type="checkbox"/> description and justification of the definition and description of any new impact categories, category indicators or characterization models used for the LCIA;</p> <p><input type="checkbox"/> statement and justification of any grouping of the impact categories;</p> <p><input type="checkbox"/> any further procedures that transform the indicator results and a justification of the selected references, weighting factors, etc.;</p> <p><input type="checkbox"/> any analysis of the indicator results, for example sensitivity and uncertainty analysis or the use of environmental data, including any implication for the results;</p> <p><input type="checkbox"/> data and indicator results reached prior to any normalization, grouping or weighting shall be made available together with the normalized, grouped or weighted results.</p>			
<p>f) Life cycle interpretation:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> results;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> assumptions and limitations associated with the interpretation of results, both methodology and data related;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> data quality assessment;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> full transparency in terms of value-choices, rationales and expert judgments;</p>			
<p>g) Critical review:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> name and affiliation of reviewers;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> critical review report;</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> responses to comments/recommendations.</p>			



SECTION 3: Requirements for Comparative Assertions intended to be disclosed to the public

Requirements		Review comment s	Authors response s	Issue resolved? (Y/N)
X	Analysis of material and energy flows to justify their inclusion or exclusion			
X	Assessment of the precision, completeness and representativeness of data used			
X	Description of the equivalence of the systems being compared in accordance with 4.2.3.6 of 14044;			
X	Description of the critical review process			
X	Evaluation of the completeness of the LCIA			
X	Statement as to whether or not international acceptance exists for the selected category indicators and a justification for their use			
X	Explanation for the scientific and technical validity and environmental relevance of the category indicators used in the study			
X	Results of the uncertainty and sensitivity analyses			
X	Evaluation of the significance of the differences found			
	<p>Is Grouping included in the LCA?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> NO (Checklist is complete)</p> <p><input type="checkbox"/> YES (IF YES, complete the checklist items below)</p> <p><input type="checkbox"/> procedure and results used for grouping;</p> <p><input type="checkbox"/> statement that conclusions and recommendations derived from grouping are based on value choices;</p> <p><input type="checkbox"/> justification of the cut-off criteria used for normalization and grouping (these can be personal, organizational or national value-choices);</p> <p><input type="checkbox"/> statement that "ISO 14044 does not specify any specific methodology or support the underlying value-choices used to group the impact categories";</p> <p><input type="checkbox"/> statement that "The value-choices and judgments within the grouping procedures are the sole responsibilities of the commissioner of the study (e.g. government, community, organization, etc.)".</p>			

Annex B: Review kommentarer og svar

Dansk retursystem	
Panel	AB - Alessio Boldrin AD - Anders Damgaard DAP – David Althoff Palm
Date of the review	11/08/25 to 10/03/26

Initialer	Index	Ref. til Dokument 1. Indledning og formål 2. Afgrænsning 3. LCI Data og materialer 4. Resultater 5. Appendix	Dato af reviewet rapport	Linje nummer hvor relevant eller anden relevant indikator	Andre steder hvor relevant (hvis flere steder)	Kommentar med begrundelse	Type af kommentar Ge. Generel Me. Metode Te. Teknisk Da. Data Ed. Editorial	Discrepancy ("X" in that case, nothing if it is just a remark)	Forslag til ændring fra reviewer	Svar fra Teknologisk Institut	Linje nummer med ændring (hvis relevant)	Opfølgning fra review panel på kommentar ("ok", "ikke ok"). Hvis ikke ok, indsæt venligst ny kommentar og skriv her reference nummer til kommentar
AD, DAP	1	1	08/12/2025	1.3		You include reuse pet, but there is no explanation above to why this is included. It simply lists the correct deposit bottles and the standardflasker so it is not clear how they relate to the goal. It is more clear in later sections, but creates initial confusion.	Ge		Clarify why reuse PET is included	A section is added in the report	193-196	ok
DAP, AD	2		08/12/2025			The structure of the report is not very easy to follow as it is not chapterwise fully aligned with ISO14044 and it would benefit from a cross check with the headings in ISO 14044 chapter 5 to ensure that all aspects are covered and clearly presented.	Me	x	Check and possibly restructure.	Structure is rearranged to match the comments and the ISO structure better.		ok

						See the checklist attached we use for final review comment						
DAP, AD	3	1	08/12/2025	1.3		Important distinction that the planned short version of the report is not part of the panel review. (As the latest version of ISO 14071 removed recommendation to include reviewers in further use of the report, this is OK, but should be clear). Also unclear if the reviewed report is considered the third party report or if the "short version" would be?	Me	x	Clarify	A section is added in the report	235-237	Ikke ok, #66
AD	4	1	08/12/2025	Page 10		For the target group you could make it more precise that its within the area of packaing when referring to Producers, interest organisations etc.	Ed	x	Clarify	A section is added in the report	219	ok
DAP	5	1	08/12/2025	1.3	3.3.1	When I read the goal of the study, it reads as a comparative study of the current systems for drinks packaging and I have trouble finding the path from that to a consequential approach. If nothing changes, there are no consequential impacts?	Me	x	Clarify	The methodology section is moved to ealier in the report, as well as the reasoning for chosing the C-LCA approach.		ok
AB	6	2	08.12.2025	Page 11	Last paragraph	Perhaps indicate the potential validity of the study	Ge		E.g., 3 years or earlier if significant technological developments occur	<i>Added 3-5 years of expexted validity is added, based on dialog with DRS on representativeness</i>	265-267	ok
AD, AB	7	2	08.12.2025	Page 11	Figure 1 and section 2.1	The main reasoning for excluding the use stage is described, even though ISO 14040/44 mentions that all life cycle stages should be included. It is not fully clear to me why you exclude the transport to/from the consumer. Since the weight difference might play in, its ok to leave it out if you say you assume its of less importance than your cut-off criteria but please be specific	Me		Clarify	Justification is added in text	252-254	ok

AB, AD	8	2	08.12.2025	General		A section describing cut off and cut off criteria is missing.	Ge		Add section. If cutoff is not performed, it is still advised to mention that in the text.	Section added in report, describing the cut-off criteria	386-392	Ikke ok, #67
DAP	9	2	08/12/2025	Page 12 Figur 1	Figur 2	Why is the box in bottom right corner in Figur 1 excluding the clarification of VIRGIN raw materials when this is noted in both other boxes for similar content (top right in figur 1 and bottom right in figur 2)	Ed		Clarify	Figure is updated to specify that virgin materials are substituted.	Figur 1	ok
AD	10	2	08/12/2025	Page 13		When describing the system for reusable material it could be good to start that the system initially start with a new bottle, and then go over into the reuse loop. Right now it starts with identical descriptions to recycling, but the mass and design choices are of course different.	Ed		Clarify	Clarified in the text: <i>"Systemet starter med fremstilling af råmaterialer og derefter fremstillingen af nye flasker i første brugscyklus, hvorefter flaskerne cirkulerer et antal gange i systemet (vask og genpåfyldning) og til sidst bortskaffes"</i>	312-314	ok
DAP	11	2	08/12/2025	Page 13		Reusable PET are stated to be wrapped in film, but no crates are mentioned for these which are at least partially used in Germany. I have never seen the reusable PET in plastic wrap, only the single use - but it may of course exist. Since the reusable PET are based on assumptions overall, these assumptions needs to be clear. They might be a cutoff similar to recyclable PET, but should then also be clear.	Te		Clarify assumptions for reuseable PET	Added to the assumptions	683	ok
AD	12	2	08/12/2025	Page 14		In the sentence "På bryggerierne og tapperierne vaskes flaskerne, hvorefter de inspiceres og klargøres til genbrug" it might be good to say that they are inspected, and those that pass inspection go to reuse, the others go to recycling.	Ed		Clarify	Clarified in the text.	998-1007	ok

AB, AD	13	2	08.12.2025	Page 15	section 2.2	Year 2025 is mentioned in different parts of the report, also in section 1. It could help the mention it close to the FU definition.	Me		Add reference year next or within the FU definition	year 2025 added to FU	365-366	ok
AD	14	2	08.12.2025	Page 15		In the FU you could include a qualitative statement. So you say something like "while ensures the quality of the product" since this is one of the reasons for discards of reuse bottles due to odours, contaminants etc.	Me	Consider		A statement regarding quality criteria for the reusable bottle is included in the section. ". For genbrugsemballager forudsættes det desuden, at emballagen opfylder gældende krav for drikkevareemballage, så den kan indgå i et nyt brugsloop og samtidig sikre drikkevarens kvalitet og fødevarer sikkerhed."	370-372	ok
DAP	15	2	08/12/2025	2.3		"Refrenceflowet "	Ed	spelling	Corrected		Section 2.3 (Line 375)	ok
AD	16	3	08/12/2025	Page 17. Table 2		Footnote 4 should only refer to glass I assume? Or did Ardagh also supply PET and Alu recycled content values. For the cans you could make a footnote that indicates that "sprayed on labels" are not included due to cut-off criterias	Ed	Clarify		Note 4 is updated, and now includes the source of data for all packaging types: "Andelen af genanvendt materiale er baseret på producentoplysninger samt danske branchedata for genanvendelige drikkevareemballager.". The specific source (e.g Ardagh) is stated in section 4 Livscykluskortlægning.	721 Table 6	ok
AB	17	3 and Bilag 6	08.12.2025	Page 18	section 3.1.1 + Bilag 6 (Table 29)	The production of packaging happens in different places and countries, but no further details is provided.	Da		Provide additional details to allow a sense-check for the distances provided in Table 29	Detailes regarding geo are provided in table 53 in the appendix	2130-2133	ok
AD	18	3	08.12.2025	Page 18		In the production of Aluminium you write "Aluminiumsdåser påføres en tynd indvendig belægning (ca. 2,5% af dåsens vægt), som danner et beskyttende lag", be clear what this this layer is made of	Ed	Clarify		Clarified in the text: "Aluminiumsdåser påføres herefter en tynd indvendig lakbelægning, primært bestående af epoxy resin, polyester resin og akryl varnish (ca. 2,5% af dåsens vægt), som danner	764-765	ok

										et beskyttende lag mellem drikkevaren og metallet."		
AD	19	3	08.12.2025	Page 18		Glass bottle production (at least at Ardagh) ends with bottles being sprayed with a thin polymer layer, to avoid scratches etc.	Te		Please clarify if this is in/out	Section is updated with a clarification regarding surface treatment: "I denne analyse er eventuel efterfølgende overfladebehandling på glasværket, fx påføring af et tyndt polymerlag for at beskytte flaskernes overflade, ikke eksplicit modelleret og er dermed udeladt som en afgrænsning."	781-783	ok
AB	20	2	08.12.2025	Page 21	Table 3	The data provided are for 2024, whereas 2025 is the reference year. While a big difference is not expected, a small justification for the level of representativeness may be needed. Have this values been constant over the years? Do you have historical data on returned material or sold packaging? That would confirm there is no significant stocking or destocking in the system.	Da		Provide some justification for data in Table3 being representative over time.	This is the newest available information from DRS. Justification for representativeness will be added in the report	814-820	ok
AB	21	2	08.12.2025	Page 21	First paragraph	It is not clear whether bottles are crushed at a certain point (to increase density) or are transported back as such (even though this last scenario would make little sense, as glass is then remelted).	Ge		Please provide additional details.	Management of collected packaging is now included in the section: "Ved indsamlingsstedet sorteres og klargøres emballagerne til transport. Plast og metal blandes til én samlet fraktion, som komprimeres, mens glasemballagerne håndteres som en separat fraktion og transporteres løst, hvor glasset er skåret/brudt som følge af håndteringen. Efter indsamling, sendes emballagerne til videre sortering ved Dansk	789-793	ok

											Retursystems sorteringsanlæg i enten Taastrup eller Fredericia. På sorteringsanlæggene sorteres emballagerne i rene materialefraktioner og klargøres til genanvendelse. "		
AB, AD	22	2	08.12.20 25	Page 22	glass	is the colour of glass an issue during recycling and subsequent reuse? And is there a limit to amount of recycled content of different colours when remelting (hint: yes, but return rates from normal recycling is still not high enough to make it an issue so you can dilute with virgin material).	Ge		Please provide additional details.	Added to the assumptions	677-681	ikke ok, #68	
AB	23	2	08.12.20 25	Page 23	first sentence	It would help if you provide 1-2 examples of reasons for which the materials would not reach "high quality recycling"	Ge		Please provide 1-2 examples.	As described in section 3.1.2: "(...) frasorteres løse dele som låg, etiketter, kapsler og andre urenheder, som sendes videre til særskilt oparbejdning og i meget begrænset omfang til konventionel affaldsbehandling." This is one material stream that is not sent to a recycler for "high quality recycling". Another material stream not considered for "high quality recycling" is the losses at the recycler. The text is updated and now states: "Tab ved sortering og genanvendelse er medtaget i livscyklusvurderingen, baseret på data og informationer fra både Dansk Retursystem, og direkte fra de virksomheder	1139-1143	ok	

										der genanvender materialerne. De fraktioner, der ikke opnår høj kvalitetsgenanvendelse, fx på grund af kvalitetskrav eller naturlige procesrelaterede tab hos oparbejder, indgår i materialegenanvendelse til andre emballager. Ikke-egnede restfraktioner sendes til konventionel affaldsbehandling, herunder forbrænding."		
AB, AD	24	2	08.12.20 25	Page 23	Table 4	It is not clear why glass bottles need to be thicker in the case of refillable bottles. Are there issues when washing bottles? Or during transport? The thickness and weight of bottles have an effect on transport which is modelled as tkm Furthermore you could refer that "typisk er tungere" is not always, as you show in Tabel 2 that some single use bottles are heavier than reusable bottles. This is especially seen for the 0.5L range	Da		Please provide a justification for the bottles being thicker. Also, confirm that bottles' weight is addressed in transport via tkm.	Clarified in text	957-961	ok
DAP, AD	25	3	08/12/20 25	Page 24, Tabel 4		Footnote 3 only relates to glass recycled content. For reuseable PET, 30% is noted without comment while the link above the table states "up to 30%" recycled content.	Te/Ed	x	Clarify assumptions for reuseable PET	Description in text, tablenote and footnote is updated to clarify assumptions regarding rPET.	965-973	ok
AB	26	2	08.12.20 25	Page 25	second paragraph	It is unclear whether the transport of empty bottles is included or not in the model. ecoinvent datasets used for modelling transport are for commercial transport, where trucks are not going back empty	Te		Please provide additional details about how the return transport is modelled.	The transport of empty bottles is included, and modelled seperatly. All trasport is modelled using datasets from ecoinvent. See table 54 in appendix	2148	ok, also clarified orally during meeting

						but used on other legs (something like 20% of the return is occurring as empty).				for details on all transport routes.		
AB	27		08.12.20 25	all	all	ecoinvent is spelt with small letters only. Hence, "ecoinvent" and not "Ecoinvent"	Ed		Please correct throughout the report. If you need to start a sentence, you case use "The ecoinvent".	Changed throughout the report	Across report	ok
AB, AD	28	2	08.12.20 25	Page 25	third paragraph	It would help with some details about how the quality inspection happens. Is it manual or automated? What are the quality requirements that is referred to etc.	Ge		Please provide additional details.	A description is added to the text	999-1007	ok
AB	29	2	08.12.20 25	Page 25	third paragraph	The use intensity is a key parameter in the study. While indeed you treat it as a variable and shows result as a function of it, the number of 8 cycles remains a reference point. It is not clear how this number of cycles is provided.	Ge		Please provide additional details.	This is now elaborated in the report	584-596	ok
AB	30	2	08.12.20 25	Page 26	section 3.3	The study is modelled using consequential LCA. Does the introduction of the reuse system have an effect on consumers' preferences for the type of packaging? E.g., consumers do not like reused PET and may switch to glass. Is this aspect addressed in the model?	Ge		Please provide additional details, eventually mentioning explicitly that oher market aspects are not addressed.	The reuse system aldrady excists for the glass bottles. This issue is not further adressed. A paragraph describing this is included in section 2.1	673-675	ok
AD	31	2	08.12.20 25	Page 27		When you write that you only use primary datasets due to the C-LCA approach, it might be helpful to add that all the information given earlier on recycled content is not used for anything. This also highlights why it might be better to follow the normal ISO structure and add all this up in section 2.	Me		Please consider and clarify	Clarified in the text	465-468	ok

AB	32	2	08.12.2025	Page 27	section 3.3.1, Table 5 and appendixes	While for most datasets all details from ecoinvent are reported, the geography of the dataset used in the model is not specified.	Da		Please complete details for all datasets used to model the background system.	Is now added in the tables throughout the appendices		ok
DAP, AD	33	3	08/12/2025	Page 28 3.4.1		For me, the naming in formula B is confusing as it should show the usable output divided by input to recycling processes. It may be a language thing, but it looks if anything to be the wrong way around. It is however correctly calculated later on. (As a Dane I also think they have swapped the order)	Ed		Possibly check wording.	Formula corrected.	504	ok
AD	34	3	08/12/2025	Page 28		Reference flow is spelled wrong	Ed		Check spelling	Corrected.		ok
DAP	35	3	08/12/2025	Page 29, tabel 6 and 7		I am surprised to see B&C for PP bottle caps is the same as for PET as they typically are a wide range of colours which is typically an issue in path to use in a new product.	Te		Possibly elaborate on assumptions/background	It has been confirmed from DRS, that the caps they collect together with the bottles, are recycled as "høj kvalitetsgenanvendelse". A reference is added to the table	522-523, Table 3	ok
AD	36	3	08/12/2025	Page 29, tabel 6 and 7		For glass they cullets cant go 100% into new batches, but have to be mixed with virgin materials. Is this considered in the C-LCA.	Te		Possibly elaborate on assumptions/background	This is not directly considered. It is now added to the assumptions	677-681	ok
AD	37	3	08/12/2025	Page 29, tabel 6 and 7		In the "erstatte" colkumn it's a bit weird to have a mix of danish and english words (assume some coming from ecoinvent processes)	Ed		Consider having all in Danish or English	Tables are updated where suitable.	Table 5, 6, 7	ok
AB	38	2	08.12.2025	Page 31	Section 3.4.3, last paragraph	It says that the number of uses is typically 8, regardless of the type of material (i.e., glass vs PET. This implies that the number of reuses has sort of only to do with the user habits and her/his focus on reusing (e.g., involuntary disposal in mixed bin) rather than on the durability of the material. Is that the case?	Ge		Please provide additional details about what aspects are addresses in the number of reuses.	Is now clarified that this is only true for the glass bottles. For the PET, the expected use is lower due to e.g. more scratching ect. A detailed description of how triptallet is calculated, has been added	607-608	ok

AB, AD, DAP	39	2	08.12.20 25	Page 32	Section 3.5	ReCiPe 2016 is used as an assessment method. What is the basis for that rather than a more recent method such as EF3.1? Especially given that one of the background topics is the implementation of PPWR. It would perhaps also be advisable to run a sensitivity analysis on the method.	Me		Please provide an explanation for the method choice and if possible run sensitivity analysis.	A sensitivity analysis using EF 3.1 has been carried out and added in the report in section 8.4	1763-1806	ok
AD	40	3	08.12.20 25	Page 33	Section 4.3.1	Bullet C: The assumption that the washing and energy data for plastic and glass is the same, does that hold? You can run much harsher chemicals on glass than on the PET, and maybe also higher temperatures. Have you checked that the chemicals and temperature fits PET?	Te		Please consider	A comment is added: "Specifikke driftsdata for vask af genpåfyldelige PET-flasker på danske bryggerier har ikke været tilgængelige, da denne emballagetype ikke er anvendt i Danmark i dag. Potentielle forskelle i vaskeproces (fx kemikalietyper, koncentrationer og temperaturer) mellem glas- og PET-flasker er derfor ikke undersøgt nærmere og er ikke eksplicit modelleret i dette studie.	1169-1175	ok
AD	41	3	08.12.20 25	Page 37		The formula for number of units per FU. I think the two values should be swapped (1000 / volume per unit)	Da		Please consider	Corrected.	1044-1047	ok
AD	42	3	08.12.20 25	Page 37 Table 9		The footnote should also be added to the weight per FU for reusables	Ed		Please consider	Corrected.		ok
AD	43	3	08.12.20 25	Page 39		Not sure if you should mention you don't include the difference in space needed to hold the returned material, where glass takes up more warehouse space (and therefore might cost more to keep)	Da		Please consider	Section updated: "Eventuelt ekstra energiforbrug og pladsbehov til opbevaring af de indsamlede emballager hos butikker m.v. er ikke medtaget i analysen og er dermed en afgrænsning, som forventes at have begrænset betydning i forhold til de øvrige inkluderede procesbidrag.". In the table note, this point	1109-1111	ok

											regarding energy consumption during storage is also mentioned.		
DAP	44	3	08/12/2025	Page 41 4.3.1	Bilag 6	The washing process is described for one bottle size, but there are 4 sizes included in total for reusable bottles, how is it translated into various size? For single use, this is covered by the allocation key, but not here.	Te	x	Elaborate on how scaling was done.	Clarified: "Baseret på oplysninger fra bryggerier gennemløber alle genpåfyldelige flaskestørrelser i praksis den samme vaskeproces på de samme produktionslinjer, uden særskilt differentiering efter volumen. Forbrug af vand, energi, kemikalier mv. er derfor i denne analyse modelleret pr. flaske (uafhængigt af volumen) og anvendes ens for alle genpåfyldelige flaskestørrelser."	1169-1175	ok	
DAP, AD	45	3	08/12/2025	Page 43 4.3.2		Text just before table 16 states genbrug and genanvendelse, while table states genanvendelige? The text following is about recyclable packaging but is placed under reusable specific data chapter?	Ed		Re-arrange chapters and check text for consistency.	Section is updated. Transport is now a separate subsection, covering detailr regarding both reusable and recyclable packaging.	1188	ok	
DAP	46	3	08/12/2025	Page 45 4.3.4	3.4.3	I don't quite follow the reasoning here. Why is the collection rate of single use glass relevant? I am not surprised that lack of collection is a main factor, but the reasoning is unclear. For the loss of reusable pet, I would not expect them to have a high incineration rate as they are not in the "smelly/difficult" sorting category of non-deposit plastic waste which typically would give them a higher collection rate and they are very easily sorted when in main plastics stream sorting facilities. Some will of course be	Te	x	Clarify and possibly investigate assumption on reusable PET.	This is an assumption. Since the PET-scenario is a scenario based on assumptions overall, this is considered sufficient to support the purpose of including it - which is to indicate the expected general performance of these bottles.	See section 5.2.1 for details. Line 1062	ok	

						in mixed waste due to on the go, littering, etc and some household lack of sorting, but it is very simplified to incinerate most. I also have troubles understanding a triptal of 8 for the reusable PET as it is very different to glass. What is it typically in Germany as an example?						
AD	47	4	08/12/2025	Page 46 Table 21		It might be an idea to add a translation of all the impact categories from Danish to English somewhere. You likst them in Table 21 in English, but refer to Danish names in text	Ed		Consider	A translation is included in Table 5 in section 3.4.	620-621	ok
AB, AD	48	3	08.12.2025	Page 55	section 5.4	It is not clear what the reason is for focusing additional analysis on acification, mineral resources, energy resources, PM formation and not on other categories. Perhaps running a quick scanning with single score may help ensuring that no other impact categories are overlooked.	Ge		Please provide a basis for selecting impact indicators for additional analysis.	This is mainly because these categories are of special interest for DRS, and are expected to be especially relevant to this specific study. All categories are however also covered in the tables. A justification for focusing on these is added	1483-1489	ok (but would use the danish terms below the added text as well)
AB, DAP, AD	49	4	08/12/2025	Page 58 5.5		This section contains a discussion of the results and includes aspects (e.g., data quality, sensitivity) which only appears in later sections of the report.	Ed		Re-arrange chapters and check text for consistency.	Report has been rearranged		ok
AB, AD	50	4	08.12.2025	Page 59	section 5.5, second paragraph	Use of electric trucks is anticipate as a potential game changer in the sustainability of beverage packaging. It is probably worth running a sensitivity test on the topic. Especially when considering other impact categories than climate, such as resources elements that you also focus on	Me		Consider running a sensitivity test on transport based on electric vehicles.	Discussion updated with a note regardig the potential effect – across impact categories	1860-1862	ok

AB, AD	51	4	08.12.20 25	Page 59	section 5.5, third paragraph	Uncertainty analysis is mention in this paragraph, while uncertainty quantification seems not to be performed in the study. ISO 14040/44 mentions uncertainty quantification as a requirement. This requirement has been interpreted in different ways over time, and a semi-quantitative discussion of how uncertainty in the inventory data could affect the conclusion may be sufficient. A key question is: are the differences across scenarios sufficiently large to allow concluding what the preferable packaging option is? I.e., are the inventory data sufficiently accurate to support univocal conclusions? Especially considering the difference in weight that is mentioned as important. Could you have a decision matrix where you have the outliers and average, and then show where the best order is when crossing different key parameters	Ge		Please expand considerations on results uncertainty to allow for robust conclusions.	A discussion of the uncertainties and how they expect to influence the results is added. This is however done on a qualitative basis	Section 7.1: Line 1593-1644	ok
AB	52	4	08.12.20 25	Page 62	section 6	This section seems to deal with data quality rather than data uncertainty	Ed		Consider changing title to the section.	Text changed	1548	ok
AD	53	4	08.12.20 25	Page 62		The pedigree matrix should be referred to Weidema and Wesnæs (or ecoinvent), I assume, and then you use this to fit into the equation from ILCD (but fitted to the 5 factors from ecoinvent?)	Ed		Please consider	References are updated	1551	ok
DAP	54	3	08/12/20 25	Page 62 5.5	6/Bilag 4	It is to me not clear how/if data quality requirements are set and/or met. I am also missing a more qualitative assessment of the most contributing datasets rather than only the ones with higher DQA-score.	Me	x	Clearly present data quality requirements and if/how they are met.	A section on the Data quality requirements has been added, as well as a paragraph about these being met.	395-399 & 1590-1591	ok
AD	55	4	08.12.20 25	Page 64		Last sentence in paragraph 2. This is key and well formulated,	Ed		Please consider	is now mentioned earlier also		ok

						and should probably be phrased as clearly up in section 5.5.						
DAP, AD	56	4	08/12/2025	Page 66 7.1.3		The text comparing reuseable glass 0,33L and alu 0,33L in the text does not match figur 23 which it refers to. Its actually a lot below. And could in the writing be combined with considerations of weight, as transport is per tkm	Ed		adjust text to match figure	Has been corrected and re-arranged		ok
AB	57	5	08.12.2025	Page 72	Bilag 1	as mentioned in a comment above, ecoinvent datasets for truck transport are for commercial transport, where trucks are not going back empty but used on other legs (something like 20% of the return is empty).	Te		Please check if the transport model requires adjustment for the empty trips occurring in some of the scenario assessed (e.g., truck picking up packaging at collection locations)	Has been discussed during the review meeting: The transport modelling is explained in the report (appendix 1), and was further elaborated during the meeting. No further changes to the modelling has been made.	1962-2002	ok
DAP, AD	58	5	08/12/2025	Page 73 11.1		It is unclear which aluminium dataset that is actually used as there are three regions included in the database. I also find the choice of aluminium dataset to be without discussion or analysis. Aluminium is somewhat different than the other included materials as there for virgin production is a range in GWP n from 3-45 kg CO2e/kg depending on region/suppliers. Long term margin for electricity is also highly influential here which is not discussed?	Te/Da/Me	x	clarify and elaborate on assumptions for virgin aluminium.	A text description is added in the uncertainty analysis	2004-2009	ok
DAP, AD	59	5	08/12/2025	11.2	3.3.1	Why do the datasets for glass bottles in appendix 11.2 include recycled glass when 3.3.1 states that it is modelled as 100% virgin? Any of these options seems odd, as per 3.3.1 it should be close to 100% virgin, but even the margin production will often use some recycled for process reasons.	Me/Da	x	Clarify	The way we have modelled recycled materials, and which datasets are used, is now clarified in several places in the report.	464-468	ok

DAP, AD	60	5	08/12/2025	11.3	3.3.1	Why do the datasets for PET bottles in appendix 11.3 include recycled pet when 3.3.1 states that it is modelled as 100% virgin?	Me/Da	x	Clarify	The way we have modelled recycled materials, and which datasets are used, is now clarified in several places in the report.	464-468	ok
AD	61	5	08/12/2025	11.4		I am a bit unsure if you have the avoided production added in. For some you say you had avoided materials added in, but not for all. More considering its not considered by default	Me/Da	x	Clarify	This has been checked, and we do not find any deviations or problems between the used datasets and the way we model avoided materials. Be aware that the datasets are used in OpenLCA together with parameters, which might not be fully transparent from the input/output tables in the appendix		ok
AD	62	5	08/12/2025	11.7		Same reference as to #59, why the mix of virgin and recycled processes, if you in 3.3.1 write you model all as virgin?	Me/Da	x	Clarify	The way we have modelled recycled materials, and which datasets are used, is now clarified in several places in the report.	464-468	ok
DAP, AD	63	5	08/12/2025	11.8	3.3.1	You are using the ecoinvent Substitution, consequential, long-term (consequential) data, but it is not clear what the long-term means here. As electricity is at least in parts highly influential it seems important to show which long-term that is used. I am a bit unsure if Ecoinvent assumptions have been updated since they were made for v3.4, but noticed no PV-electricity which is already >10% so I suspect not. I really miss a reference to this	Te/Da/Me	x	Clarify assumptions due to marginal approach.	This is the only C-LCA version of ecoinvent available. Regarding the energy mixes, see the marginal mix used for DK in appendix (12.8). The report has been rearranged, and the C-LCA section is now presented much earlier in the report.	2067	ok
DAP	64	5	08/12/2025	11.9		Wrong text under heading	Ed		Correct text from electricity to transport	Corrected in the report	Section 11.9	ok
DAP	65	4	08/12/2025	5.1		Missing clear statement that LCIA are relative expressions and not endpoint, thresholds or safety margins/risks	Me	x	Include statement from ISO14044	Now included in introduction to chapter 5: "LCIA er relative udtryk og forudsiger ikke indvirkninger på kategori endpoints, overskridelse af grænseværdier,	1314-1315	ok

										sikkerhedsmarginer eller risici."		
AD	66		04/03/20 26	1.3		Not clear to the reader what "den efterfølgende korte version" refers to	Me		Clarify	The section has been updated to specify that a summary is being prepared, which is not subject to review.	230-236	ok
AD	67		04/03/20 26			I would like a referral to a list or processes that was not included (or reference to the section where this is stated)	Me		Clarify	The section has been updated with a list of excluded processes and activities, including references to where these are described in more detail in other parts of the report	391 - 409	ok
AD	68		04/03/20 26			Change "genbrug" to genanvendelse, else ok	Ed		Update	Section is adjusted and updated with the correction mentioned	694 - 699	ok