



Miljø- og
Ligestillingsministeriet
Miljøstyrelsen

Præfugtede flergangsklude til sundhedssektoren MUDP-projekt

MUDP Rapport

Februar 2025

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Teknologisk Institut

Trine Boje Røgild

Emil Damgaard-Møller

Laura Ladrón de Guevara

Helle Stendahl Andersen

Peter Rosborg

Textilia Group A/S

Simon Khani Rasmussen

Mads Tvorup Moseholm

Axel Bonnevie

Syddansk Universitet

Jonas Liechthi

Nikolai Høiland

Ciprian Cimpan

Henrik Grüttner

Morten Birkved

Fotos:

Teknologisk Institut

Textilia Group A/S

Syddansk Universitet

ISBN: 978-87-7038-703-3

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5, 5000 Odense| Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk
[MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Forord	6
2.	Summary	7
3.	Sammenfatning og konklusion	8
4.	Introduktion	9
4.1	Baggrund	9
4.2	Problemstilling	9
4.3	Formål med projektet	10
5.	Udvikling af koncept	11
5.1	Indledende markedsundersøgelse	11
5.2	Kravspecifikationer fra sundhedspersonale	13
5.2.1	Workshop	13
5.2.2	Interview af sundhedspersonale	14
5.3	Konceptidéer fra studerende	14
5.4	Det udviklede koncept	14
6.	Test af koncept	16
6.1	Test af koncept i laboratorie	16
6.1.1	Befugtningsgrad	16
6.1.2	Fjernelse af snavs	19
6.2	Test af koncept på hospital	22
6.2.1	Forbrugerfeedback for det udviklede koncept	22
6.2.2	Mikrobiologisk kontrolundersøgelse af koncept	23
7.	Miljøvurdering af koncept	25
7.1	Livscyklusvurdering for engangs- og flergangsklude	25
7.1.1	Anvendelse af analyserne	25
7.1.2	Formål	25
7.1.3	Metodisk afgrænsning	25
7.1.4	Livscykluskortlægning	26
7.1.5	Dataindsamling	29
7.1.6	Vurdering af potentielle miljøpåvirkninger	29
7.1.7	Konklusion og anbefalinger	31
7.1.8	Konklusion og anbefalinger	32
8.	Miljøvurdering af forsyningskæde	33
8.1	LCA og simuleringsmodel af forsyningskæde	33
8.1.1	Formål	33
8.1.2	Metodisk afgrænsning af inventoryopdatering	33
8.1.3	Opdaterede LCA-resultater	34
8.1.4	Usikkerhedsanalyse	35
8.1.5	Simuleringsmodel – opsætning	35
8.1.6	Simuleringsresultater	36

8.1.7	Konklusion	37
9.	Konklusion	38
10.	Referencer	39
Bilag 1.LCA-resultater		40
Bilag 1.1	Samlet miljøpåvirkning for klude	40
Bilag 1.2	Usikkerhedsanalyse – resultater	41

1. Forord

Nærværende rapport beskriver formål, metode og opnåede resultater for projektet 'Præfugtede flergangsklude til sundhedssektoren'. Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Textilia Group A/S (herefter benævnt Textilia), Syddansk Universitet og Teknologisk Institut.

Projektets vision har været at vise vejen for at udvikle flergangsprodukter, som kan erstatte engangsprodukter i sundhedsvæsenet.

I projektet har Textilia bidraget med stor erfaring inden for vaskeriindustrien, herunder behandling og distribuering af flergangsvaskeartikler. Syddansk Universitet har bidraget med de nødvendige beregninger for miljøvurderingen af projektets koncept. Teknologisk Institut har bidraget med grundlæggende ekspertise indenfor hygiejniske egenskaber og optimering af konceptet. Region Nordjylland har fungeret som samarbejdspartner i forbindelse med udarbejdelse af kravspecifikationer til konceptet og har stillet mandskab til rådighed for udførelse af sammenligningsstudie.

Projektet blev gennemført i perioden 1. januar 2020 til 1. september 2023 med økonomisk tilskud fra Miljøministeriets Miljøteknologisk Udvikling- og Demonstrationsprogram (MUDP). Projektet blev forsinket grundet coronapandemien.

2. Summary

Studies and tests of the developed reusable concept for patient washing show a significant potential for reducing the environmental footprint in the healthcare sector. The market survey revealed the need for both disposable wipes for patient-near cleaning and disposable wipes for patient washing, but it was recognised as unrealistic to develop a concept that could meet both needs. Therefore, the focus was on developing a reusable concept for patient washing.

The concept was developed with the involvement of healthcare professionals and contributions from students from the University of Southern Denmark. The focus was on creating a flexible solution that could be adapted to the different needs of patient washing in hospitals. The concept is based on the use of discarded t-shirts, which Textilia repurposes into the developed reusable wipes. Thereby achieving a considerable extension of the textile's lifespan, while also reducing the consumption of chemicals. Laboratory tests showed that the concept achieved a cleaning efficiency of dirt on skin equivalent to existing disposable wet wipes.

The test at Thisted Hospital identified a behavioural barrier to sending the wipes for washing instead of throwing them in the trash. Microbiological control studies showed that the concept is hygienic for the purpose of reuse.

The life cycle assessment showed that the implementation of the concept would reduce environmental impact in 14 out of 18 categories compared to the use of disposable wet wipes. The carbon footprint could potentially be lowered by 42-61 %, depending on the number of reusable wipes used, compared to the use of 8 disposable wipes. A simulation model showed a potential reduction of 51 % in the carbon footprint after 1 year of operation by switching to reusable wipes, but with an increase in water consumption by 251 %. It is important to note that these results should be interpreted with caution, considering significant assumptions, estimates, and that the developed concept is still under development.

The project has shown through proof-of-concept that it is possible to replace disposable products with reusable ones for patient washing. The final concept would need further development to achieve the compliance expected by hospital staff, and there would need to be additional focus on further information and knowledge sharing about the concept's hygiene.

3. Sammenfatning og konklusion

Undersøgelser og test af det udviklede flergangskoncept til patientvask viser et betydeligt potentiale for at reducere miljøaftrykket i sundhedssektoren. Den udførte markedsundersøgelse afslørede et behov for engangsklude til både patientnær rengøring og patientvask, men det blev anerkendt som urealistisk at udvikle et koncept, der kunne opfylde begge behov, hvorefter det blev valgt at fokusere på udvikling af et flergangskoncept til patientvask.

Konceptet blev udviklet med inddragelse af sundhedspersonale og bidrag fra studerende. Fokus lå på at skabe en fleksibel løsning, der kunne tilpasses de forskellige behov i forbindelse med patientvask på hospitaler. Konceptet bygger på brugen af kasserede T-shirts, som Textilia omsyr til de udviklede flergangsklude, hvorved der opnås en betragtelig levetidsforlængelse af tekstilet, samtidig med at kemikalieforbruget, som benyttes til præfugtning af kludene, nedsættes. Laboratorietest viste, at konceptet opnåede en effektivitet for rengøring af snavs på hud svarende til effektiviteten af eksisterende engangsklude.

Testen på Aalborg Universitetshospital, Thisted (herefter benævnt Thisted Sygehus) afslørede en adfærdsbarriere med hensyn til at sende kludene til vask i stedet for at smide dem i skraldespanden, selvom mikrobiologiske kontrolundersøgelser viste, at konceptet er hygiejnemæssigt forsvarligt til formålet.

Livscyklusvurderingen viste, at implementering af konceptet ville reducere miljøpåvirkningen i 14 ud af 18 kategorier sammenlignet med brug af engangsprodukter. CO₂-aftrykket kunne potentielt sænkes med 42-61 %, afhængigt af antallet af benyttede flergangsklude, sammenlignet med brug af 8 styk engangsklude. En simuleringsmodel viste en potentiel reduktion på 51 % i CO₂-aftrykket efter 1 års drift ved udskiftning til flergangsklude, dog med et forøget vandforbrug på 251 %. Det er vigtigt at bemærke, at disse resultater skal fortolkes med nogen forsigtighed, under hensyntagen til en række antagelser og estimater benyttet til beregningerne og under hensyntagen til, at det udviklede koncept stadig er under udvikling.

Projektet har igennem proof-of-concept vist, at det er muligt at erstatte engangsprodukter med flergangsprodukter til patientvask. Det endelige koncept vil skulle udvikles videre for at kunne opnå den compliance, som forventes af hospitalspersonalet, ligesom der vil skulle fokuseres på yderligere information og vidensdeling omkring konceptets hygiejne.

4. Introduktion

Sundhedssektoren er en af de største forbrugere af præfugtede engangsklude. I sundhedssektoren skal kludene ikke kun imødekomme stringente krav til hygiejne, men også være tidsoptimerende. Engangskludene benyttes kortvarigt til aftørring og sendes efter brug til forbrænding. Formålet med projektet er at udvikle et koncept til flergangsklude, som - sammenlignet med brug af engangsklude - er miljømæssigt fordelagtigt og samtidig økonomisk, hygiejnisk og brugervenligt.

4.1 Baggrund

På verdensplan anvendes 14.000 præfugtede engangsklude, såkaldte wet wipes, per sekund, og forbruget stiger med 5 procent årligt. [1] I mange tilfælde skyldes det voldsomme forbrug en tilvænnet brug-og-smid-væk-mentalitet, og fra EU-plan anbefales derfor lovindgreb, der forbyder anvendelse af engangsklude. [2] Det anbefalede forbud skyldes ikke kun, at afbrænding af engangsklude fører til forøgelse af kuldioxid (CO₂) i atmosfæren, men i lige så høj grad, at den plastik, som anvendes i kludene, er baseret på knappe ressourcer, som bør anvendes mere fornuftigt og mere cirkulært.

Sundhedssektoren - og især hospitalerne - er blandt de største forbrugere af præfugtede engangsklude. Engangskludene har været et bekvemt middel til at opnå en tidsbesparelse og til at overholde kravene til hygiejne. Løsningen er dog kortsigtet i forhold til miljøeffekter, fordi kludene sendes til forbrænding efter brug.

4.2 Problemstilling

I Danmark tegner sundhedsvæsenet sig for omkring 6 % af den samlede nationale CO₂-udledning. Regionerne og hospitalerne har fastsat et mål om at reducere CO₂-udledningen med 75 % i 2030. Reduktionen skal ske ved bl.a. at gennemgå hospitalernes forbrug af engangsartikler og minimere spildet af tekstiler for at undgå unødigt produktion og ressourceforbrug. [4]

I 2021 blev der produceret 38.911 ton hospitalsaffald, svarende til 4,4 ton hospitalsaffald i timen. De store affaldsmængder udgjorde en væsentlig del af det danske sundhedsvæsens samlede CO₂-udledning, idet 75 % af affaldet ender til forbrænding. [5], [6] Af den store mængde affald skønnes det, at de danske hospitaler producerer mellem 1.000 og 2.000 tons affald årligt i form af præfugtede engangsklude og tilhørende emballage. Dette forbrug svarer omtrent til en årlig CO₂-udledning på omkring 14.000 tons.

I sundhedssektoren skelnes der mellem engangsklude til patientvask og engangsklude til patientnær rengøring. Engangskludene til patientnær rengøring kan være præfugtet med vand og sæbe, ethanol, kemisk desinfektionsmiddel eller klor. De forskellige præfugtede engangsklude til patientnær rengøring har forskelligt rengøringsformål. De præfugtede engangsklude til patientvask har til formål at erstatte et bad med vand og sæbe. Dette betyder, at de præfugtede engangsklude skal leve op til høje krav om hygiejne og samtidig være skånsomme for huden. Ydermere skal kludene kunne varmes op før brug, så de har en behagelig temperatur, når de benyttes på en patient.

Hospitalet anvender allerede flergangsklude til patientnær rengøring. I projektet er det besluttet at fokusere på engangsklude til patientvask, da der ikke bliver benyttet i flergangsklude til dette formål på de danske hospitaler den dag i dag.

4.3 Formål med projektet

Formålet med nærværende projekt er at udvikle et koncept med flergangsklude, som - sammenlignet med engangsklude - er miljømæssigt fordelagtige, økonomiske, hygiejniske og brugervenlige. I projektet fokuseres på vaskeklude til patientvask på sygehuse og plejehjem. I projektet vil der ligeledes blive udviklet en genbrugelig leveranceboks til opbevaring af flergangskludene. Til de snavsede klude vil der blive udviklet en 'snavseseboks', der isolerer flergangskludene, så de ikke udgør en smitterisiko. Endelig vil der i projektet blive udviklet et logistikkoncept og en efterbehandlingsteknologi, så brugte aftørningsklude og bokse vil kunne bringes tilbage til deres rene tilstand.

5. Udvikling af koncept

For at udvikle et koncept for flergangsklude i sundhedssektoren er brugen af engangsklude til patientvask og patientnær rengøring undersøgt ved en markedsundersøgelse. Baseret på markedsundersøgelsen bestemmes, hvilken type klud konceptet skal udvikles for. Igennem workshops og interviews med sundhedspersonale er kravspecifikationer for kludene blevet fastlagt, mens konceptidéer fra studerende har været inspirationskilde for udviklingen af et koncept med de miljømæssige udfordringer i fokus.

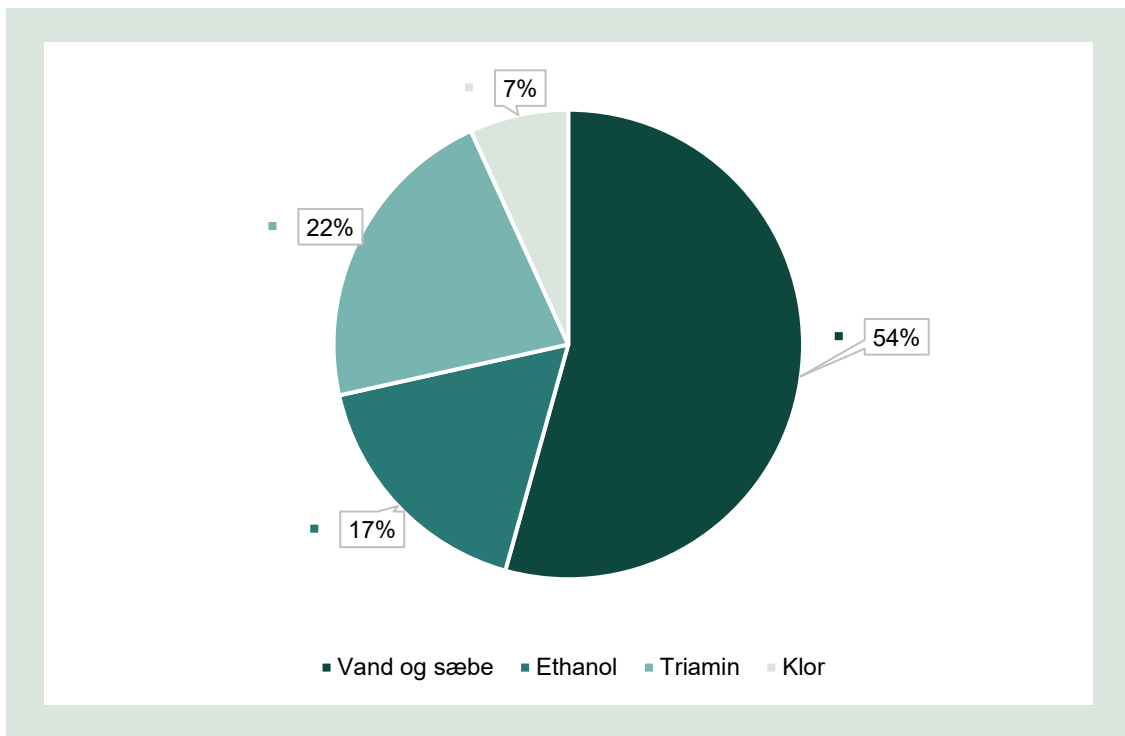
5.1 Indledende markedsundersøgelse

I sundhedssektoren skelnes der mellem engangsklude til patientvask og engangsklude til patientnær rengøring, såsom rengøring og sterilisering af udstyr efter endt operation. Da det vurderes urealistisk at udvikle ét koncept, som kan håndtere begge formål, er der for at vurdere potentialet inden for hver kategori udført en markedsundersøgelse. På baggrund af markedsundersøgelsens resultater er det bestemt, hvilket koncept der skal udvikles.

Markedsundersøgelsen er udført af Syddansk Universitet og foretaget ved henvendelse til alle danske regioner og regionernes indkøbsafdelinger. I markedsundersøgelsen er det blevet undersøgt, hvor mange engangsklude regionerne indkøber til hvert formål, samt hvordan en leverandør findes via udbud. Ydermere er der foretaget interviews af sundhedspersonale for at undersøge, hvilke krav engangskludene skal imødekomme. Interviews af sundhedspersonale er beskrevet i afsnit 5.2.

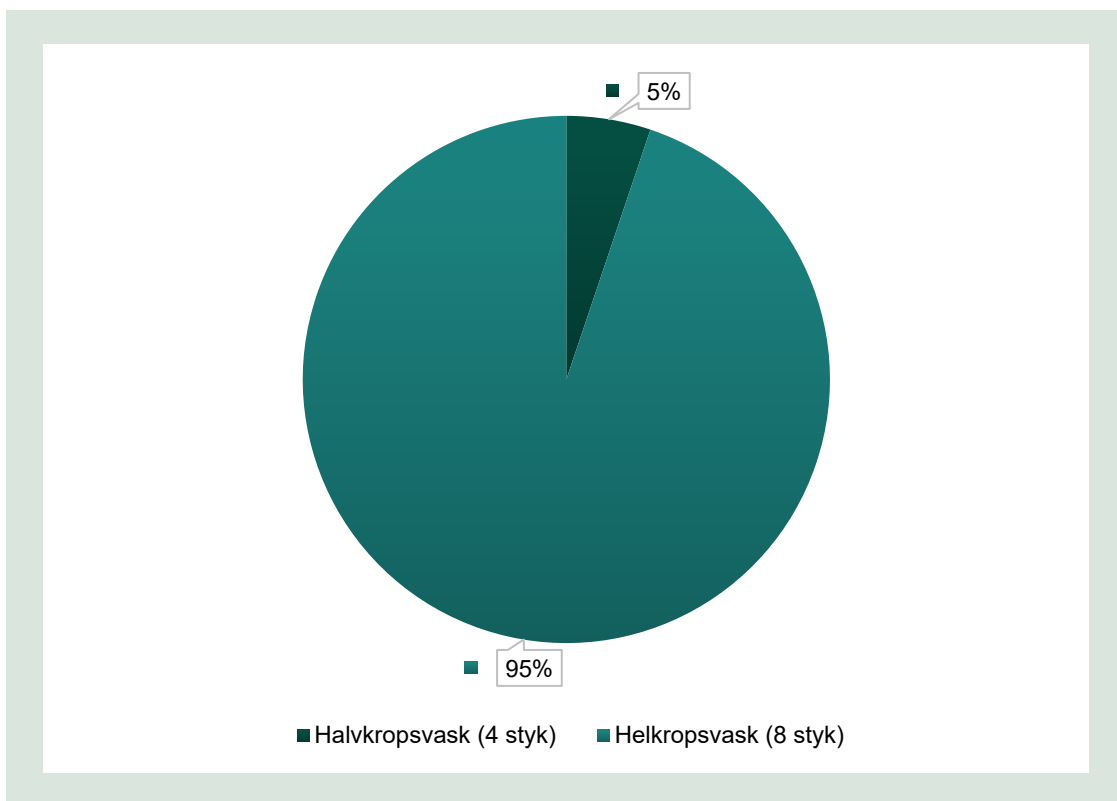
Markedsundersøgelsen er udført som en kvalitativ undersøgelse, hvor de fem regioner er blevet kontaktet med henblik på at få indsigt i forbrugsmængder, leverandører, logistik, miljø, hygiejne og økonomi. Analysen identificerede, at der inden for engangsklude til patientnær rengøring bliver benyttet forskellige mærker og typer af engangsklude, herunder universalaf tørringsklude med vand og sæbe, overfladedesinficeringsklude med ethanol og desinficeringsklude med klor. Hvis et koncept indenfor patientnær rengøring skulle udvikles, ville der skulle produceres forskellige udgaver af flergangsklude, afhængigt af rengøringsbehov.

I FIGUR 5.1 vises fordelingen af de identificerede engangskludetyper til patientnær rengøring baseret på befugtningsmiddel. Fordelingen er baseret på udbudstal fra de 5 regioner i 2018. Her forventede regionerne at benytte i alt 22.000.000 styk engangsklude til patientnær rengøring, hvilket svarer til ca. 60.000 engangsklude dagligt.



FIGUR 5.1. De identificerede engangskludetyper til patientnær rengøring baseret på befugtningsmiddel. Fordelingen er baseret på udbudstal for alle 5 regioner. Fordelingen viser, at det mest benyttede befugtningsmiddel i regionerne er vand og sæbe med en andel på 54 %. Triamin har en andel på 22 %, mens ethanol har en andel på 17 %. Det mindst benyttede befugtningsmiddel til patientnær rengøring er klor med en andel på 7 %.

Til patientvask blev to mærker af engangsklude identificeret. De to mærker har samme formål og kommer i pakker af enten 4 eller 8 styk, alt efter om anvendelsen er til halv- eller helkropsvask. I FIGUR 5.2 vises fordelingen af engangsklude benyttet til halv- eller helkropsvask i de 5 regioner. De 5 regioner bruger årligt ca. 18.000.000 pakker engangsklude indeholdende 142.000.000 engangsklude til patientvask. Dette svarer til ca. 390.000 engangsklude dagligt.



FIGUR 5.2. De identificerede typer af engangsklude til patientvask fordelt på pakkestype. Fordelingen er baseret på forbrugstal for alle 5 regioner. Her ses det, at 8 styk-pakninger til helkropsvask udgør størstedelen af forbruget med hele 95 %.

For at afdække arbejdsprocesserne ved brugen af engangsklude relateret til rengøring blev der gennemført en række interviews med sundhedspersonale. I forbindelse med interviews blev der bl.a. spurgt ind til, hvornår der bruges hvilke kludetyper, hvad kludene koster, pakkestørrelser, forbrugsmængder, opbevaring og logistik. Alle spørgsmål var nøje designet til at opnå relevant viden indenfor brugervenlighed, økonomi, miljø og hygiejne og derved få en dybere indsigt i forskellene på engangsklude til patientvask og engangsklude til patientnær rengøring.

Markedsundersøgelsen viste, at der hver dag bliver brugt flere end 390.000 engangsklude til patientvask på tværs af de 5 regioner, hvorimod der bliver brugt 60.000 engangsklude til rengøring. Baseret på disse tal blev det besluttet at udvikle et koncept til patientvask.

5.2 Kravspecifikationer fra sundhedspersonale

Til at udvikle konceptet for flergangsklude til patientvask er sundhedspersonale blevet inddraget via to workshops og en række interviews. I afsnit 5.2.1 beskrives de to afholdte workshops, samt udbyttet derfra, mens interviews af sundhedspersonale og udbyttet deraf er beskrevet i afsnit 5.2.2.

5.2.1 Workshop

De to workshops er afholdt efter samme opbygning med deltagelse af forskellige personalegrupper. Personalegrupperne dækker over eksperter, som til dagligt arbejder med patienter, logistik, indkøb, administration og ledelse.

Den brede personalegruppe er samlet på en sådan måde, at konceptet tager højde for så mange perspektiver som muligt og dermed kan imødekomme alle dele af værdikæden indenfor sundhedsvæsenet. De perspektiver, der blev tillagt særligt fokus, var:

- Brugeroplevelse for både patient og personale

- Anvendelsessituation
- Bortskaffelse
- Hygiejneforhold
- Økonomiske betragtninger
- Logistik (bestilling, returnering, levering, opbevaring, intern transport m.m.).

De to workshops var tilrettelagt således, at deltagerne forinden var blevet informeret om overstående emner, hvorefter de enkelte deltagere skulle bidrage med deres unikke viden om de enkelte emner.

Udbyttet af de to workshops var indsigt ift. logistik, sygeplejerskernes anvendelse af klude ved klargøring af sengebåd, brugeroplevelsen for patienten, hygiejnekrav, design og funktionalitet af konceptet, samt hvilke materialer, som kunne benyttes, og eventuelle barrierer for konceptet. På baggrund af disse indsigter er der udarbejdet omfattende kravsspecifikationer til at udvikle et koncept for flergangsklude til patientvask.

5.2.2 Interview af sundhedspersonale

Efter de afholdte workshops er der foretaget fem dybdegående interviews med sygeplejersker og/eller ledende sygeplejersker. I de fem interviews er sygeplejersker og/eller ledende sygeplejersker fra forskellige hospitalsafdelinger og -afsnit blevet interviewet for at få en bredere indsigt i den daglige arbejdsgang med patientvask på hospitalerne. Ydermere er interviewene benyttet til at bekræfte de indsamlede forslag fra de to workshops. Forud for interviewet er deltagerne blevet informeret om spørgerammen.

Udbyttet af de fem interviews var en bekræftelse af de overordnede indsigter vedrørende arbejdsgange for patientvask fra de afholdte workshops samt yderligere indsigt heri. En af hovedlæringerne fra interviewene var, at logistikken for klargøringen af patientvask varierer fra afdeling til afdeling og fra afsnit til afsnit.

5.3 Konceptidéer fra studerende

Til udvikling af konceptet har studerende fra Syddansk Universitet bidraget med konceptforslag, som er blevet anvendt som inspiration til det færdige flergangskoncept til patientvask.

I udviklingsprocessen har bæredygtige og miljøvenlige alternativer været prioriteret frem for konventionelle engangsløsninger. Udviklingen er foregået via brainstormsessioner og udvikling af prototyper for at fremme innovative idéer og forslag til det færdige koncept. De studerendes koncepter indeholdt forskellige komponenter såsom rette materialevalg til kluden, kreative designløsninger og effektivt vand- og sæbeforbrug. De udviklede koncepter illustrerede de miljømæssige udfordringer, som er forbundet med patientvask, og var udviklet til at forbedre patientoplevelsen og reducere spild.

5.4 Det udviklede koncept

På baggrund af inputs fra sundhedspersonalet, gennem workshops og interviews samt med inspiration fra de studerendes konceptforslag er der udviklet et koncept for flergangsklude til patientvask. I udviklingen af konceptet har hovedfokus været slutbrugerens arbejdsproces, og det er forsøgt at skabe en fleksibel løsning, som passer til de mange behov, der er repræsenteret på et hospital.

Ved implementering af det udviklede koncept på et hospital vil sygeplejersken benytte et skylle- rum til at klargøre en patientvask. Her placerer sygeplejersken de nødvendige remedier til at udføre opgaven på et rullebord. På rullebordet placeres en kasse, hvori det nødvendige antal klude til at udføre patientvasken lægges. Sygeplejersken vil selv have mulighed for at bestemme antal, da kludene ikke er pakket i f.eks. 4 eller 8 styk, men ligger frit. Det er således op til den

enkelte at vurdere, hvor mange klude der er nødvendige for at udføre en patientvasken. Her er det dog vigtigt at være opmærksom på arbejdsadfærd, så man undgår spild.

Når det nødvendige antal klude er placeret i kassen, tilsættes den foreskrevne mængde varmt vand, som er baseret på antal af klude. Derefter kan sygeplejersken fortsætte til stuen og vaske patienten. Efter endt patientvask lægges de brugte klude i en vaskesæk, hvor bl.a. snavset sengelinned også placeres. Når vaskesækken er fyldt, flyttes den til vaskerummet, hvor den senere bliver afhentet. De brugte klude vaskes, pakkes og distribueres på ny. De benyttede kasser til tilsætningen af vand, placeres i opvaskemaskinen, hvor de rengøres og kan benyttes igen.

Det udviklede koncept benytter mange af de faciliteter, som allerede er tilgængelige på hospitalerne, og er implementerbart med den logistik og den sorteringsservice, man p.t. får ved at benytte et industrivaskeri.

Projektet har truffet en beslutning om ikke at præfugte kludene, hvilket er motiveret af flere årsager. Først og fremmest, ligger det udviklede koncept tæt op ad Textilias øvrige produktion. Dette gør det lettere at introducere på markedet i begyndelsen, da en indledende præfugtning af kludene ville betyde en fordyrelse af konceptet.

Desuden er der et ønske om at undgå anvendelse af konserveringsmidler. Disse kemikalier ville ellers blive nødvendige for at hæmme væksten af mikroorganismer, som opstår når kludene er fugtige. Ved at holde kludene tørre indtil brug, forhindres mikroorganismernes vækst naturligt på grund af manglen på vand. Dette bidrager også til at undgå brugen af kemikalier som konserveringsmidler.

Projektet har demonstreret, at kludene kan vaskes hygiejnisk rene, så længe de opbevares tørre. Desuden medfører det en reduktion i CO₂-udslip ved transport, da det ikke er nødvendigt at transportere vand. Dette er yderligere en vigtig faktor, der ville fordyre konceptet.

Når dette koncept er fuldt implementeret, kan det overvejes at indføre præfugtning af klude, forudsat at det kan gøres uden at gå for meget på kompromis med pris, effektivitet, og miljøeffekter.

6. Test af koncept

Det er blevet undersøgt, om det udviklede koncept fungerer. Der er udført laboratorietest for at bestemme den rette befugtningsgrad af flergangskludene, ligesom flergangskludenes rengøringseffektivitet er blevet testet baseret på en nyudviklet metode. Ydermere er det udviklede koncept til patientvask blevet testet på et dansk hospital i 3 uger, hvor de brugte flergangsklude efter vask er blevet undersøgt i en mikrobiologisk kontrolundersøgelse.

6.1 Test af koncept i laboratorie

I laboratoriet er der udført test for at undersøge dels den rette befugtningsgrad af de udviklede flergangskludes, dels kludenes rengøringseffektivitet.

For at teste rengøringseffektiviteten af de udviklede flergangsklude har Teknologisk Institut udviklet en ny testmetode. Metoden har skullet udvikles, da de standardiserede tests, som er til rådighed, alene tester effektiviteten af desinfektionsmidlet og ikke tager højde for brugssituationen eller interaktionen mellem tekstilet og overfladen, som i dette tilfælde vil være patientens hud.

Formålet med at teste desinfektionsmidlet er at hindre og minimere smittespredningen. EN 1276/13727 beskriver således suspensionstest, og EN 13697 beskriver passiv overfladetest med henstand.

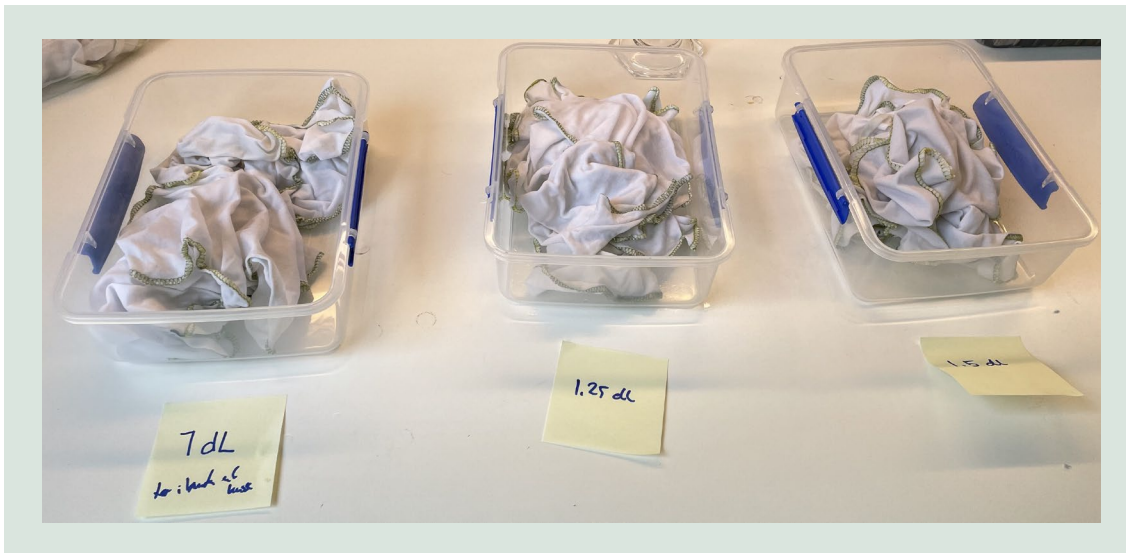
Den nyudviklede testmetode er anvendt for at undersøge, om flergangskludene er egnet til patientvask, og ikke for at undersøge om det desinfektionsmiddel, som kludene præfugtes med, er effektivt. Med testmetoden vurderes desinfektionseffekten af desinfektionsklude med fokus på en kluds interaktion i brugssituationen. Det ønskes, at kluden fjerner snavs, men uden at irritere huden. Den udviklede metode er beskrevet i afsnit 6.1.2.

6.1.1 Befugtningsgrad

Den korrekte mængde væske til præfugtning af flergangsklude er blevet undersøgt via laboratorieforsøg. Målet med forsøgene var at bestemme det volumen, som sikrede størst muligt fugtet areal, uden at kludene blev så fugtige, at de skulle vrides (af hensyn til hospitalspersonalets arbejdsmiljø, og fordi kludene af hygiejnehensyn ikke må dryppe).

Fugtning af 8 klude

I laboratorieforsøgene er tre volumener blevet undersøgt: 1,00 dL, 1,25 dL og 1,50 dL. Tre plastikbokse er stillet op, og i hver plastikboks er placeret 8 sammenkrøllede klude. Lunt vand blev hældt over kludene i jævn fordeling. Vandet var tilført grønt farvestof for at visualisere væskefordelingen. Til hver boks er der tilført forskelligt volumen. I FIGUR 6.1 ses forsøgsopstillingen.



FIGUR 6.3. Tre plastikbokse med 8 sammenkrøllede flergangsklude i hver. I plastikboksen til venstre er der tilført 1,00 dL lunkent vand. I plastikboksen i midten er der tilført 1,25 dL lunkent vand. I plastikboksen til højre er der tilført 1,5 dL lunkent vand.

Resultater for fugtning af 8 klude

Resultaterne for fugtningen af 8 klude med forskellige tilførte volumener er baseret på den taktile fornemmelse ved berøring af kludene

- Ved tilføjelse af 1,00 dL opnås 8 nogenlunde fugtige klude, men med flere tørre pletter. Der er ingen overskydende væske, når kludene vrides.
- Ved tilføjelse af 1,25 dL opnås 8 fugtede klude. Der er få dråber overskydende væske, når kludene vrides let.
- Ved tilføjelse af 1,50 dL opnås 8 våde klude. Der er en del overskydende væske, når kludene løftes op.

Fugtning af 8 klude med grøn farve

For at kunne visualisere befugtningsgraden for de tre volumener, 1,00 dL, 1,25 dL og 1,50 dL, udføres samme forsøg igen. Til det lunkne vand tilsættes et grønt farvestof.

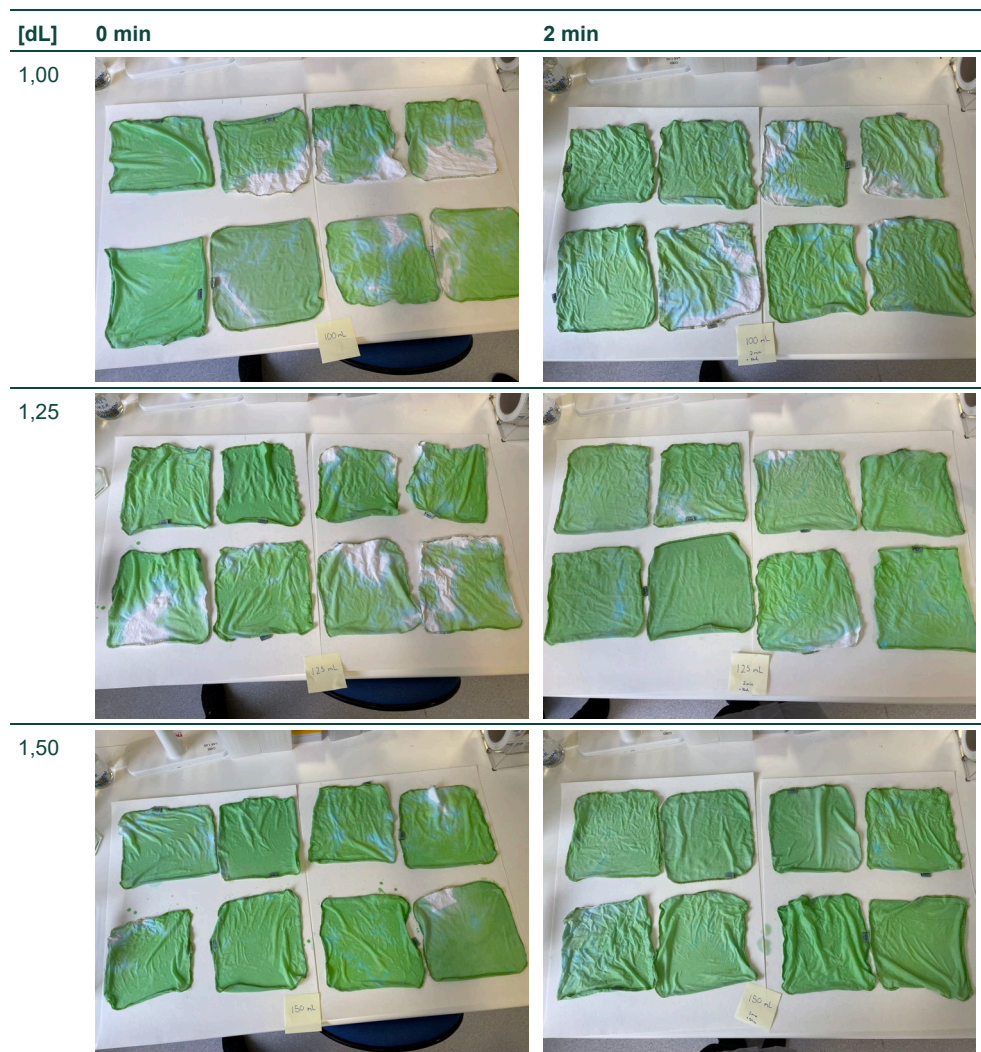
For visualiseringen udføres fugtningen af 8 klude, hvor det undersøgte volumen tilføres, og kludene tages op af plastikboksen efter tilsætning af volumen.

Der udføres et nyt forsøg, hvor det undersøgte volumen tilføres til 8 klude, og kludene vendes en smule med hænderne. Derefter ligger kludene i det tilførte volumen i 2 minutter, før de tages op af plastikboksen.

Resultater af 8 klude med farve

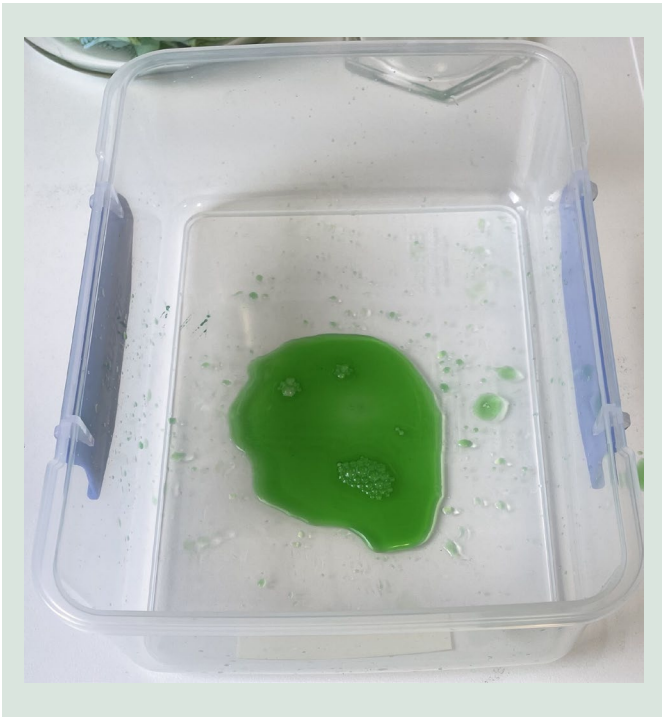
I TABEL 6.1 ses resultaterne af fugtningen af 8 klude med grøn farve.

TABEL 6.1. Visualiseringen af befugtningsgraden for hvert undersøgte volumen: 1,00 dL, 1,25 dL og 1,50 dL. Befugtningsgraden er undersøgt for 8 klude i 0 minutter og efter 2 minutter i det tilsatte volumen.



Det ses af visualiseringen, at der opnås en bedre fordeling af væske efter 2 min. end efter 0 min. Til resultaterne skal det noteres, at måden, hvorpå vandet overøses, har stor betydning i forhold til, hvordan vandet fordeles, hvilket kan give varierende resultater.

Kludene, der blev tilført 1,50 dL, og som havde været henstillet i 2 min, blev hårdt vredet efterfølgende. FIGUR 6.2 viser væskemængden fra én vredet klud fra plastikkassen, hvor 1,50 dL var tilført. Af figuren ses det, at en del væske kan vrides ud af kluden med dette volumen.



FIGUR 6.2. Afvredet væske fra klud henstillet i 2 min. i kassen tilsat 1,50 dL.

Konklusion fra laboratorieforsøg med befugtningsgraden

Ved valg af det væskevolumen, som skal tilsættes kludene for at opnå den rette befugtning af kludene, skal man have i mente, at det er en subjektiv vurdering, hvor fugtig en klud bør være. Dog skal befugtningsgraden sikre, at kludene er dækket tilstrækkeligt med væske, og at der ikke forekommer tørre pletter. Ydermere må kludene ikke være så fugtige, at man som bruger ønsker at vride dem før brug.

6.1.2 Fjernelse af snavs

Formålet er at teste rengøringseffektiviteten af forskellige klude beregnet til patientvask. Kludene er blevet testet ved et simuleret laboratorieforsøg med mekanisk aftørring på kunstig hud, som var kontamineret med kunstigt snavs (organisk materiale) og med en kendt mængde bakterier. Formålet er at undersøge, om flergangskonceptet fjerner snavs lige så godt som engangskludene. Samtidig ønskes det, at flergangskluden ikke fjerner snavs lige så godt som en mikrofiberklud, da dette vurderes at være irriterende for huden.

Rengøringseffektiviteten blev testet med fem forskellige typer klude; to typer klude til engangsbrug og tre typer klude til flergangsbrug. Klude til engangsbrug var præimprægnerede med vand. Flergangskludene blev tilsat sterilt demineraliseret vand lige før aftørring. I TABEL 6.2 ses, hvilke klude der blev benyttet til at teste rengøringseffektiviteten.

TABEL 6.2. Identifikation af klude benyttet til at teste rengøringseffektiviteten.

Laboratorienummer	Kludetype	Prøvenavn
176639-1	Engangsklud	Engangsklud 1
176639-2	Engangsklud	Engangsklud 2
176639-3	Genanvendelig klud til flergangsbrug	Ny hvid T-shirt
176639-4	Genanvendelig klud til flergangsbrug	Mikrofiberklud

Laboratorienummer	Kludetype	Prøvenavn
176639-5	Genanvendelig klud til flergangsbrug	Klud fremstillet af brugte T-shirts

Metode

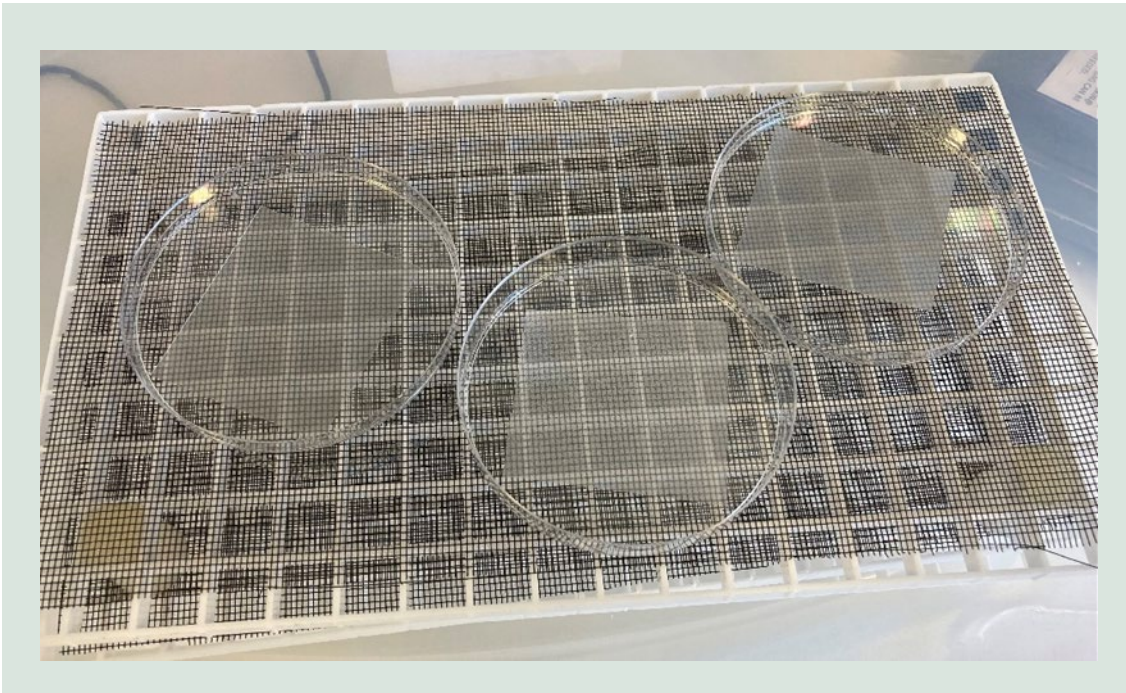
Til testen af rengøringseffektiviteten af de fem klude blev kunstig hud, Vitro-Skin[®]-Substrate fra IMS-USA, kontamineret med kunstigt snavs i form af organisk materiale indeholdende en kendt mængde bakterier.

Før kontaminering af den kunstige hud blev huden konditioneret i 16-24 timer i henhold til procedure fra producenten. En indtørringskontrol blev forberedt, så antallet af overlevende mikroorganismer kunne undersøges efter indtørring på testoverfladen. Denne kontrol benyttes ligeledes til at beregne rengøringseffektiviteten for de fem typer klude.

Efter konditionen blev der tilsat 1,4 µL testsuspension som kontaminering, hvorefter den kunstige hud blev indtørret ved 30 °C i 15 minutter. Testsuspensionen bestod af ATS-2015 (~23 mg/mL protein, ~8 mg/mL hæmoglobin og ~6 mg/mL karbonhydrat) blandet med *Staphylococcus aureus* ATCC 6538.

Efter indtørring af prøvestykke med testsuspension blev testoverfladen aftørret mekanisk. Dette er gjort med alle fem typer klude. Da engangskludene var præfugtede, var det nødvendigt at tilsætte væske til de 3 flergangsklude for at fugte dem. Til de 3 klude blev der tilsat sterilt demineraliseret vand, så kludene var befugtede uden at dryppe af vand.

En Wiperator blev benyttet til mekanisk aftørring med kludene. Efter aftørring blev prøvestykket overført til en steril salt-pepton-opløsning og behandlet med ultralyd for at genindvinde alle bakterier på testoverfladen. Antallet af overlevende mikroorganismer blev kvantificeret ved dyrkning, som foregik ved inkubation ved 37 °C i 48 timer. I FIGUR 6.3 ses den kunstige hud inden konditionering, mens FIGUR 6.4 viser den mekaniske aftørring.



FIGUR 6.3. Konditionering af hudstykker: Hudstykker overført til en åben petriskål, som er placeret på et trådnet. Under trådnettet er en åben beholder med 85 % vand og 15 % glycerin til at opretholde luftfugtigheden i hydreringskammeret. Trådnettet placeres i en lukket plastikboks (hydreringskammer) i 16-24 timer for at konditionere den kunstige hud. Herved opnås den bedste måde at simulere rigtig hud.



FIGUR 6.4. Kunstig hud efter aftørring med engangsklud 2.

Resultater

Resultaterne for rengørings effektiviteten for de fem testede klude er vist i TABEL 6.3. Rengørings effektiviteten er udtrykt som henholdsvis log-reduktion og procentvis reduktion af bakterier på overfladen af den kunstige hud.

TABEL 6.3. Rengørings effektiviteten for de fem testede klude. Reduktion af snavs i form af organisk materiale, målt som reduktion af bakterier, efter aftørring med de fem typer af klude. Reduktionen er angivet både som log-reduktion og som procentvis reduktion.

Klud	Log-reduktion	Reduktion [%]
Engangsklud 1	1,16 ± 0,1	23
Engangsklud 2	1,10 ± 0,4	21
Flergangsklude af jomfrueligt materiale	0,25 ± 0,8	4
Flergangsklude af genbrugsmateriale	1,02 ± 0,6	20
Mikrofiberklud	1,82 ± 0,3	41

Den nye hvide T-shirt havde en meget lav effektivitet med en reduktion på 4 %. Mikrofiberkluden havde den bedste rengørings effektivitet med en reduktion på ca. 40 %. Med den klud, som var fremstillet af brugte T-shirts, var det muligt at opnå samme rengørings effekt på 20 % reduktion som med de to engangsklude. Forskellen i rengørings effektivitet mellem flergangskluden af jomfrueligt materiale og genbrugsmateriale skyldes formentlig at fibre i det genbrugte materiale har åbnet sig mere op efter vask og derved lettere kan opsamle snavs. Ud fra TABEL 6.3 ses det, at flergangskluden fra genbrugsmateriale fjerner snavs lige så effektivt som engangskludene, og uden at være så effektive som mikrofiberklude, der forventes at ville irritere huden ved mekanisk friktion.

6.2 Test af koncept på hospital

Det udviklede koncept, som er beskrevet i afsnit 5.4, er blevet testet på Thisted Sygehus i Region Nordjylland, hvor forbrugerfeedback er indsamlet til yderligere udvikling af konceptet. Efter at kludene har været benyttet i forbrugertesten, er de blevet vasket hos Textilia. For at kontrollere, om kludene lever op til renhedskravene efter vask, er der blevet foretaget en mikrobiologisk kontrolundersøgelse.

6.2.1 Forbrugerfeedback for det udviklede koncept

Det udviklede koncept, beskrevet i afsnit 5.4, er blevet forbrugertestet af Thisted Sygehus. Thisted Sygehus er en del af Region Nordjylland og Regionens strategiske arbejde med den grønne omstilling, hvor blandt andet erstatning af engangsartikler med flergangsartikler har stort fokus. Ydermere har Thisted Sygehus med viden og indsigt bidraget betydeligt til udformningen af kravspecifikationer i konceptets udviklingsfase.

Testperioden

Inden forbrugertesten af det udviklede koncept kunne påbegyndes, er konceptet blevet præsenteret for sygehusets personale, hvor logistikken og praktikken i testperioden er diskuteret i fælles forum. Her er praktiske emner såsom vask af kasser, levering og opbevaring af klude blevet afklaret. Disse praktiske emner har været vigtige at få afklaret med personalet på forhånd, da hver hospitalsstue har forskellige logistiske forudsætninger grundet antal patienter, opbevaringsplads, adgang til vand, processer m.m.

Det udviklede koncept er blevet testet på to stuer i hver sin afdeling på sygehuset. Stue 1 er en del af afdeling 17, som er en intensiv afdeling, mens stue 2, der er en del af afdeling M5, er et

medicinsk sengeafsnit. De to stuer bruger tilsammen ca. 450 engangsklude til patientvask dagligt. Baseret på disse brugsmængder og testperiodens længde på 3 uger blev der leveret 9.520 flergangsklude til sygehuset, inden testen startede. Flergangskludene blev efter sygehusets ønske leveret samlet på én gang. Engangsleveringen betød, at dele af den logistik, der indgår som en del af konceptet, ikke blev testet ved denne forbrugertest.

Til testperiodens start var en medarbejder fra Textilia til stede for at afklare evt. usikkerheder eller udfordringer ved brugen af flergangskludene og for at observere, om de præsenterede arbejdsgange blev overholdt. Ydermere var alle engangsklude blevet fjernet fra stue 1 og 2, så det ikke var muligt for personalet at benytte disse; et tiltag, der var foranlediget af den læring, Textilia har gjort sig igennem andre projekter med involvering af sygehuse. Det har vist sig at være svært at implementere forandringer på sygehuse, og engangskludene blev således fjernet for at lette implementeringen. Der opstod imidlertid i brugen af flergangskonceptet en barriere; nemlig den, at personalet skulle nudges til ikke at smide kludene i skraldespanden, men i stedet lægge dem til vask. Denne barriere blev forsøgt håndteret i konsultation med sygehusets ledelse. Sygeplejersker følger ofte egne rutiner og metoder, som virker godt for dem, og som effektiviserer det daglige arbejde, og der blev derfor indført en best practice for at prøve at imødekomme dette.

Forbrugerfeedback

Efter 3 uger blev forbrugertesten afsluttet, og alle brugte og ubrugte klude blev returneret til Textilia for beregning af spildprocent. Spildprocenten blev beregnet for at undersøge, hvor godt indførelsen af best practice havde motiveret personalet til at lægge kludene til vask i stedet for som vanligt at smide dem ud efter brug. Efter optællingen af de tilbageleverede klude blev der beregnet en spildprocent på ca. 10 %, hvilket vidner om en mental barriere, som stadig skal overvindes.

Ydermere blev der udsendt et spørgeskema til personalet på de to stuer for at evaluere kludene. I evalueringen var der fokus på en række parametre: håndtering af rene og snavsede klude, kludenes størrelse og materiale, brugen af kasserne samt logistikken for både rene og snavsede klude. I alt blev evalueringen udfyldt af 33 ud af 40 sygeplejersker, hvilket giver en svarprocent på 82,5 %.

6.2.2 Mikrobiologisk kontrolundersøgelse af koncept

Efter at de udviklede flergangsklude til patientvask har været benyttet på et hospital, er de blevet indsamlet og vasket. Efter vasken er der udført en mikrobiologisk kontrolundersøgelse af kludene i henhold til DS 2451-8:2013: *Styring af infektionshygiejne i sundhedssektoren - Del 8: Krav til vask og håndtering af tekstiler til flergangsbrug, Punkt 5.1.4. Mikrobiologisk undersøgelsesmetode.*

Metode

For at kontrollere, at de udviklede flergangsklude lever op til renhedskravene i DS 2451-8:2013, er 5 klude efter vask blevet udtaget som en repræsentativ prøve fra de tilbageleverede flergangsklude fra Thisted Sygehus. De 5 klude er lagt over en blodagarplade på 9 cm. Tekstilerne er strøget ned mod blodagarpladen 2 gange, hvorefter pladerne er inkuberet ved 37 °C i 48 timer. Efter inkubering er pladerne aflæst.

Resultater

Resultaterne for de 5 undersøgte flergangsklude efter vask ses i TABEL 6.4.

TABEL 6.4. Resultaterne fra mikrobiologisk kontrolundersøgelse af fem flergangsklude efter vask. I Undersøgelsen af antallet af *Bacillus Cereus* blevet bestemt.

Prøve nr.	Prøve	<i>Bacillus Cereus</i> [antal]
1	Flergangsklude	1
2	Flergangsklude	0
3	Flergangsklude	3
4	Flergangsklude	3
5	Flergangsklude	2

I DS 2451-8:2013 er der fastsat en grænseværdi for, hvor stort et antal af *Bacillus Cereus* klude, der er beregnet til flergangsbrug, må indeholde efter vask. Et fund af <5 *Bacillus Cereus* pr. blodplade på 9 cm anses som acceptabelt. I TABEL 6.3 ses det, at det højeste fundne antal er 3. Dette betyder, at de udviklede flergangsklude imødekommer grænseværdien for antallet af *Bacillus Cereus*.

7. Miljøvurdering af koncept

De miljømæssige konsekvenser ved implementering af det udviklede koncept er gennem en livscyklusvurdering undersøgt ved sammenligning med det mest anvendte engangssystem.

7.1 Livscyklusvurdering for engangs- og flergangsklude

For at vurdere de miljømæssige konsekvenser ved at erstatte de engangsklude, som benyttes på danske hospitaler i dag, med de udviklede flergangsklude er der udført en livscyklusvurdering (LCA). I LCA'en er tre produktsystemer blevet analyseret. For brugen af engangsklude er den mest anvendte engangsklude på danske hospitaler benyttet som reference. For brugen af flergangsklude er der opstillet to produktsystemer. Ét, hvor flergangskludene er fremstillet af genbrugsmaterialer, og ét, hvor kludene er fremstillet af jomfruelige materialer. Resultaterne vist i nærværende afsnit er baseret på indledende design og konceptidé for at sikre, at flergangskonceptet har en positiv indvirkning på miljøet. I den indledende LCA blev flergangskludene pakket og indsamlet i engangsposer. Dette blev dog senere ændret til flergangsplastkasser, grundet læk og lugt gener fra engangsposerne og er inkorporeret i kapitel 8. I kapitel 8 ses LCA'en baseret på det udviklede flergangskoncept, som er blevet testet Thisted Sygehus.

7.1.1 Anvendelse af analyserne

LCA'en er udarbejdet i overensstemmelse med de overordnede principper i ISO-standard 14040 og 14044, men afviger i forhold til kritisk review. Det betyder, at resultaterne fra denne vurdering ikke kan bruges til postulater om den samlede miljøpræstation for det undersøgte produkt eller til sammenlignende påstande. Resultatet kan i stedet bruges til at indikere potentielle miljøbelastningsområder i forbindelse med implementeringen af flergangskonceptet. Hensigten med LCA'en er at undersøge, om der eventuelt vil kunne opnås miljømæssige fordele ved implementeringen af flergangskonceptet sammenlignet med engangskonceptet.

7.1.2 Formål

Formålet med LCA'en er at belyse de miljømæssige effekter ved implementering af flergangskonceptet sammenlignet med brugen af engangskonceptet på de danske sygehuse. I LCA'en er der opstillet tre produktsystemer, som dækker brugen af klude til patientvask fra produktion af kluden til bortskaffelse. Resultaterne fra denne LCA benyttes til at evaluere miljøvurderingen for produkterne og til at skabe et kvalificeret grundlag for beslutningstagere.

7.1.3 Metodisk afgrænsning

For at kunne vurdere miljøpåvirkningerne for de tre produktsystemer er der opstillet en funktionel enhed, som kan adressere alle relevante processer, som kan påvirke systemet. Den funktionelle enhed er brugen af 1.000 stk. klude til patientvask, hvor det antages, at brugen af kluden er den samme for alle tre produktsystemer, hvorefter kluden kasseres.

Den overordnede metode er baseret på dataindsamling for specifikke parametre inden for de forskellige produkters livscyklus, og metodetilgangen er den samme for de tre forskellige produktsystemer.

7.1.4 Livscykluskortlægning

De tre produktsystemer undersøgt i LCA'en er beskrevet i de følgende afsnit. Produktsystemet for flergangskludene af jomfruelige materialer er opstillet med henblik på at udføre en følsomhedsanalyse. Dette er gjort for at imødekomme den usikkerhed, der er forbundet med tilstrækkelig forsyning af genbrugsmateriale til produktionen af flergangskludene.

Engangsklude

For at vurdere den miljøpåvirkning, der er forbundet med brugen af engangsklude til patientvask, er Engangsklud 1, som i dag bruges på danske hospitaler, undersøgt. Baseret på den funktionelle enhed for produktsystemerne vil der skulle benyttes 1.000 stk. Engangsklud 1. Efter brug kasseres engangskludene og bortskaffes til forbrænding.

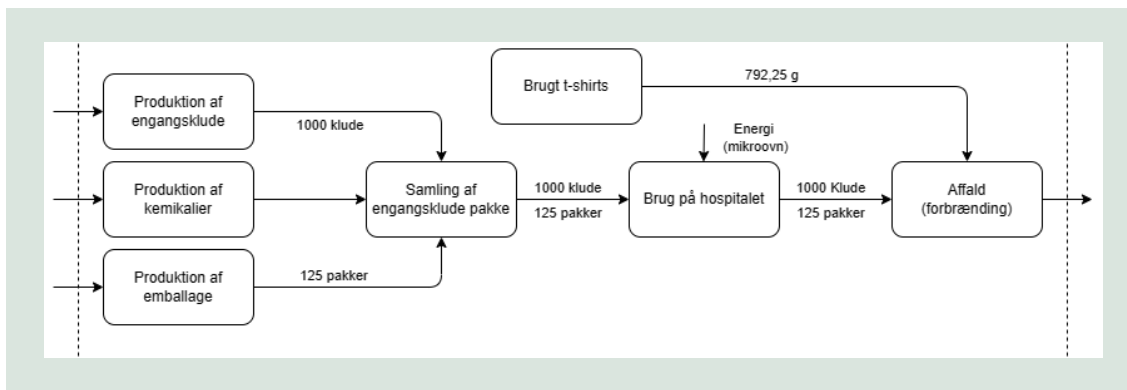
For at inkludere emballagen for Engangsklud 1 antages det, at kludene er pakket i en 8-styk-pakning. FIGUR 5.2 viser, at 95 % af de engangsklude, der benyttes til patientvask på de danske hospitaler, er pakket i 8-styk-pakninger. Det betyder, at den funktionelle enhed benytter 125 pakker til at levere 1.000 stk. Engangsklud 1. Engangsklud 1 er fremstillet af jomfruelige materialer, hvor flergangskludene af genbrugsmaterialer er fremstillet af kasserede T-shirts. De kasserede T-shirts ville normalt blive bortskaffet ved forbrænding, og derfor er der medtaget forbrænding af T-shirts i produktsystemet for Engangsklud 1.

Materialesammensætningen for Engangsklud 1 blev analyseret via infrarød spektroskopi og ved vægtmålinger af en præfugtet og tør engangsklud. Analyserne viste, at Engangsklud 1 bestod af 50 % cellulose og 50 % polyester. Ydermere er der foretaget målinger af emballagen, som bestod af 50 % polyethylenterephthalat (PET) og 50 % polyethylene (PE). Kemikalierne og konserveringsmidler tilsat Engangsklud 1 blev bestemt fra producentens hjemmeside og andet reklamemateriale og gennem ekspertviden og analyser. Mængden af kemikalier tilsat Engangsklud 1 er estimeret baseret på den maksimalt tilladte og mest almindeligt anvendte værdi. [7], [8]

Transport af råmaterialer, kemikalier og selve Engangsklud 1 er blevet estimeret på baggrund af antagelsen om, at produktionen af Engangsklud 1 foregår i Kina. Godstransportens længde (både til lands og til vands) er estimeret baseret på placeringen af store erhvervshavne og konservative estimeringer, hvilket giver anledning til store usikkerheder og sandsynligvis til underestimeringer.

Til produktionen af Engangsklud 1 er produktionsenergien fra en kommercielt tilgængelig produktion i mellemstore vådserviet-maskiner. [9] Der er ikke inkluderet yderligere produktionsvarme og elektricitet, da yderligere detaljer om disse ikke kendes, og det vurderes, at yderligere estimeringen vil kunne medføre en overvurdering af miljøaftrykket for produktionen af Engangsklud 1. Ved brug af Engangsklud 1 benyttes energi i form af opvarmning i mikrobølgeovn før brug. Energiforbruget til dette formål er beregnet ud fra opvarmningsinstruktionerne på emballagen samt energiforbruget for en gennemsnitlig størrelse mikrobølgeovn.

Efter at Engangsklud 1 er blevet benyttet til patientvask, bortskaffes kluden. Dette sker ved almindelig kommunal affaldsindsamling, hvorefter kluden forbrændes på et lokalt affaldsbehandlingsanlæg med energiudvinding. Transportafstanden mellem hospital og affaldsbehandlingsanlæg er baseret på Odense. I FIGUR 7.1 ses procesdiagrammet samt massebalancen for Engangsklud 1's livscyklus. Massebalancen er baseret på den funktionelle enhed.



FIGUR 7.5. Procesdiagram over de vigtigste processer i Engangsklud 1's livscyklus. Transport er inkluderet i alle processtrin. Massebalancen for de 1.000 stk. Engangsklud 1 er illustreret i procesdiagrammet.

Flergangsklude af genbrugsmateriale

Det udviklede koncept i dette projekt består af genanvendelige, vaskbare flergangsklude. Flergangskludene vil blive produceret af kasserede T-shirts og vil blive omtalt som 'flergangsklude af genbrugsmateriale'. Det antages, at en flergangsklude vil kunne vaskes minimum 30 gange, før den skal kasseres, og at et tab på 5 % af kludene for de i alt 1.000 ganges brug vil opstå igennem kludenes levetid. Dette betyder, at omtrent 50 flergangsklude vil blive tabt per funktionel enhed, og at der i alt skal produceres 83 flergangsklude for at imødekomme den funktionelle enhed. Efter 30 ganges vask antages det, at flergangskludene sendes til forbrænding.

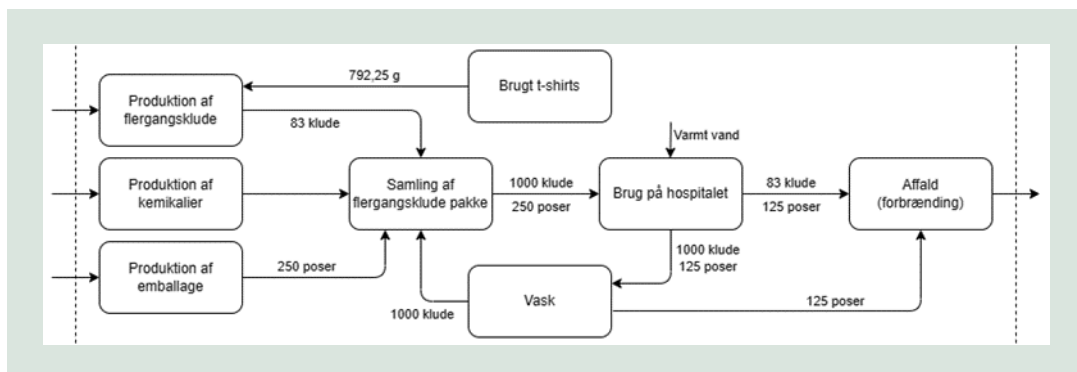
Det antages, at flergangskludene pakkes i poser a 8 styk, hvorefter de brugte klude overføres til en anden pose. Dette betyder, at flergangskludene skal benytte 250 poser for at levere den funktionelle enhed.

Flergangskludene produceres af kasserede T-shirts, hvor sammensætningen antages at være 50 % bomuld og 50 % polyester. Produktionen af flergangsklude af genbrugsmateriale foregår i Rumænien, hvor T-shirtene bliver omdannet til klude. Ved denne produktion estimeres et produktionsspild på 2 %, hvor produktionsspildet ville kunne benyttes i andre produkter. I produktionen tilsættes kemikalier, inden flergangskludene pakkes i engangsplastemballage, hvorefter de transporteres fra Rumænien til Danmark og distribueres.

Inden flergangskludene af genbrugsmateriale kan benyttes til patientvask, skal der tilsættes varmt vand. Efter brug bliver flergangskludene overført til en pose fremstillet af engangsplast, svarende til den emballage, flergangskludene blev leveret i. Herefter indsamles poserne og transporteres til den relevante vaskeafdeling, hvor poserne bortskaffes. Transportafstand mellem hospital og vaskeafdeling er baseret på den gennemsnitlige afstand mellem Textilia's hovedfaciliteter og de 10 største hospitaler i Danmark.

I vaskeprocessen benyttes vand, energi og kemikalier. Vand- og energiforbruget i vaskeprocessen er baseret på det gennemsnitlige forbrug hos Textilia og vægten af vaskede tekstiler. De benyttede kemikalier er baseret på et vaskeprogram hos Textilia, som håndterer andre medicinske tekstiler. Det forventes, at der i sidste vaskecyklus tilsættes de nødvendige kemikalier til patientvask, før flergangskludene tørres, pakkes og distribueres til hospitalerne. I processen antages det, at brugen af konserveringsmiddel kan undgås, grundet den korte transport og opbevaringstiden mellem vask og brug på hospitalerne.

Bortskaffelse af flergangskludene, efter 30 ganges vask eller tabte klude, sker ved kommunal affaldsindsamling og affaldsbehandling i Danmark. Flergangskludene forbrændes med energi-udvinding. Transportafstanden mellem hospital og affaldsbehandlingsanlæg er baseret på gennemsnitsafstanden mellem Textilias hovedfaciliteter og de nærmeste affaldsbehandlingsanlæg. I FIGUR 7.2 ses procesdiagrammet samt massebalancen for livscyklussen for flergangsklude af genbrugsmateriale. Massebalancen er baseret på den funktionelle enhed.

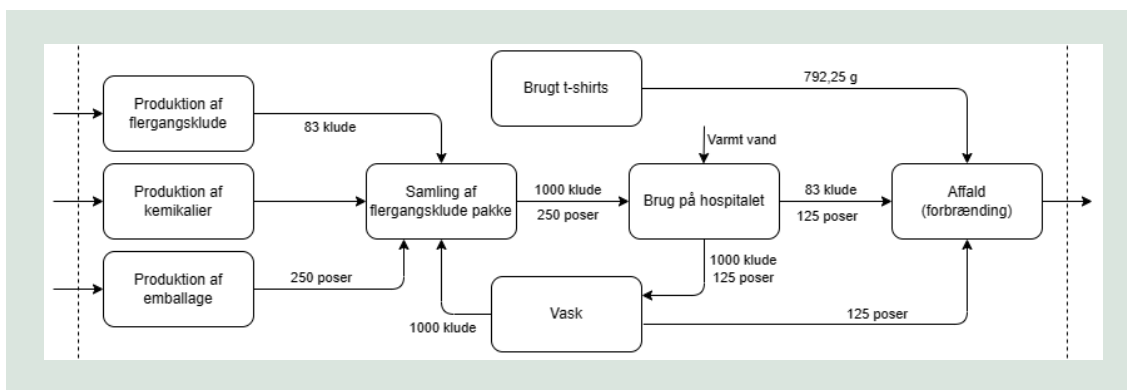


FIGUR 7.2. Procesdiagram over de vigtigste processer i livscyklussen for flergangsklude af genbrugsmateriale. Transport er inkluderet i alle procestrin. Massebalancen for de 83 styk flergangsklude af genbrugsmateriale er illustreret i procesdiagrammet.

Flergangsklude af jomfrueligt materiale

Flergangsklude af jomfrueligt materiale benyttes som en følsomhedsanalyse for flergangsklude af genbrugsmateriale. Dette er gjort for at imødekomme usikkerheden forbundet med tilstrækkelig forsyning af genbrugsmateriale til produktionen af flergangsklude af genbrugsmateriale. Flergangskludene af jomfrueligt materiale følger den samme funktionelle enhed, processer for distribution, vask og bortskaffelse, men er forskellige i produktionsprocessen. I produktionsprocessen antages det, at flergangskludene produceres af 50 % bomuld og 50 % polyester fra jomfruelige kilder.

Produktionen af de jomfruelige materialer er baseret på produktionsdata for produktionen af en ny T-shirt. Produktionen foregår i Bangladesh og omfatter produktion af bomulds- og polyester-materialer. Efterbehandling (skæring, syning og mærkning) anses for at være ens for både flergangsklude af jomfrueligt materiale og genbrugsmateriale. Flergangsklude af jomfrueligt materiale transporteres fra Bangladesh til Danmark. De kasserede T-shirts, benyttet som genbrugsmateriale, ville normalt blive bortskaffet til forbrænding, hvorfor forbrænding af T-shirts er medtaget i produktsystemet for flergangsklude af jomfrueligt materiale. I FIGUR 7.3 ses procesdiagrammet samt massebalancen for livscyklussen for flergangsklude af jomfrueligt materiale. Massebalancen er baseret på den funktionelle enhed.



FIGUR 7.3. Procesdiagram over de vigtigste processer i livscyklussen for flergangsklude af jomfrueligt materiale. Transport er inkluderet i alle procestrin. Massebalancen for de 83 stk. flergangsklude af jomfrueligt materiale er illustreret i procesdiagrammet.

7.1.5 Dataindsamling

Data til beregning af Engangsklud 1 er baseret på analyser og offentligt tilgængeligt materiale fra producenten. Dette betyder, at visse upstream-processer ikke betragtes som fuldstændig pålidelige, og at der forventes usikkerheder i forbindelse med LCA-resultaterne for systemet.

Data til beregning af flergangsklude af genbrugsmateriale og jomfrueligt materiale er baseret på estimerede data fra Textilia, som er genereret på baggrund af eksisterende vaskeprocesser for medicinske tekstiler. Da konceptet og vaskeprocessen for flergangskludene ikke er færdigetableret, kan der forventes usikkerhed i forbindelse med LCA-resultaterne for systemerne.

Kilder til generisk data

Generiske baggrundsdata er baseret på databasen Ecoinvent cut-off.

Datavalidering

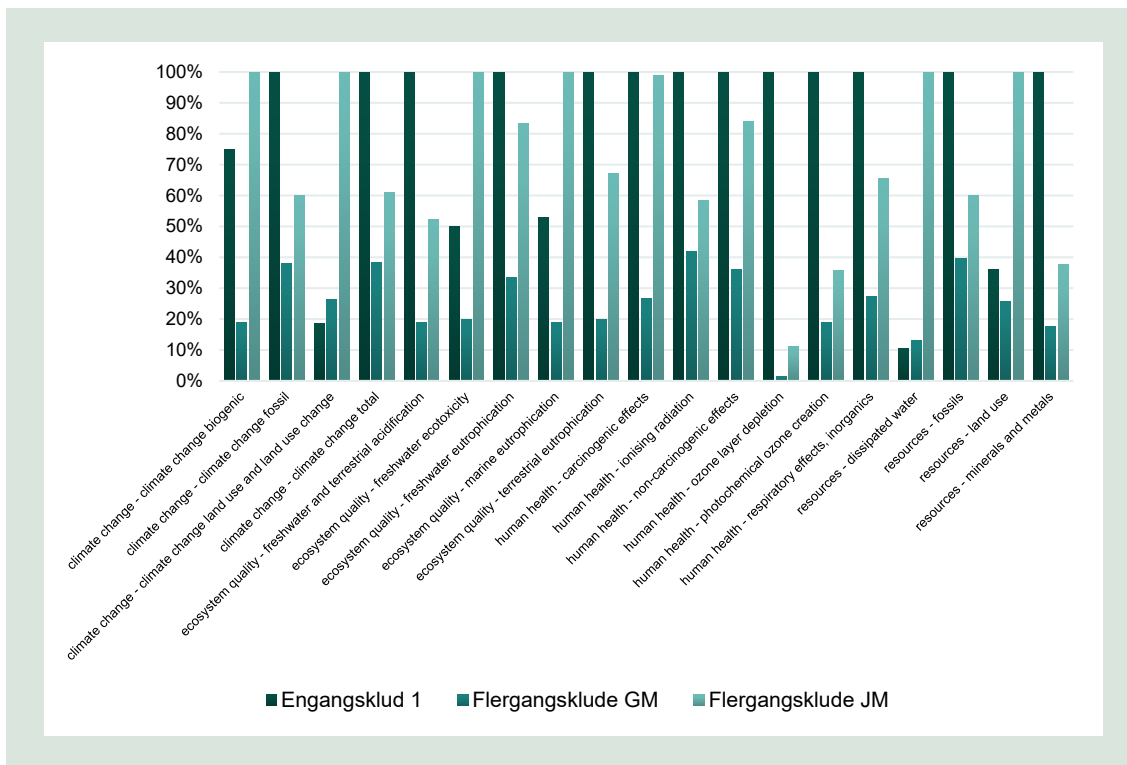
Til LCA-beregningerne er der benyttet baggrundsdata fra Ecoinvent. Databasen indeholdt data for de mest relevante processer og materialestrømme. Hvor specifikke processer og materialestrømme ikke forefandt, er kvalificerede substitutioner foretaget for at undgå en evt. skævvridning. Ydermere er der taget højde for geografiske, temporale og tekniske aspekter. For de processer og materialestrømme, hvor udbydere ikke kunne specificeres, er en gennemsnitlig markedsudbyder blevet valgt.

7.1.6 Vurdering af potentielle miljøpåvirkninger

Baseret på livscykluskortlægningen, estimerer og forudsætninger beregnes miljøpåvirkningen for de tre produktsystemer baseret på den funktionelle enhed. Miljøpåvirkningen er beregnet ved brug af LCA-værktøjet openLCA, hvor karakteringsmodellen Environmental Footprint 2.0 midtpunkt er benyttet.

Samlet miljøpåvirkning

Resultaterne er opgivet i 19 forskellige miljøpåvirkningskategorier. Miljøpåvirkningskategorierne er inddelt i fire overordnede fokusområder: klimaforandringer, økosystemkvalitet, menneskers sundhed og ressourcer. I FIGUR 7.4 ses de sammenlignelige påvirkninger af de tre produktsystemer for den samlede miljøpåvirkning. I Bilag 1.1, TABEL 10.1 kan de absolutte værdier for miljøpåvirkningerne ses.



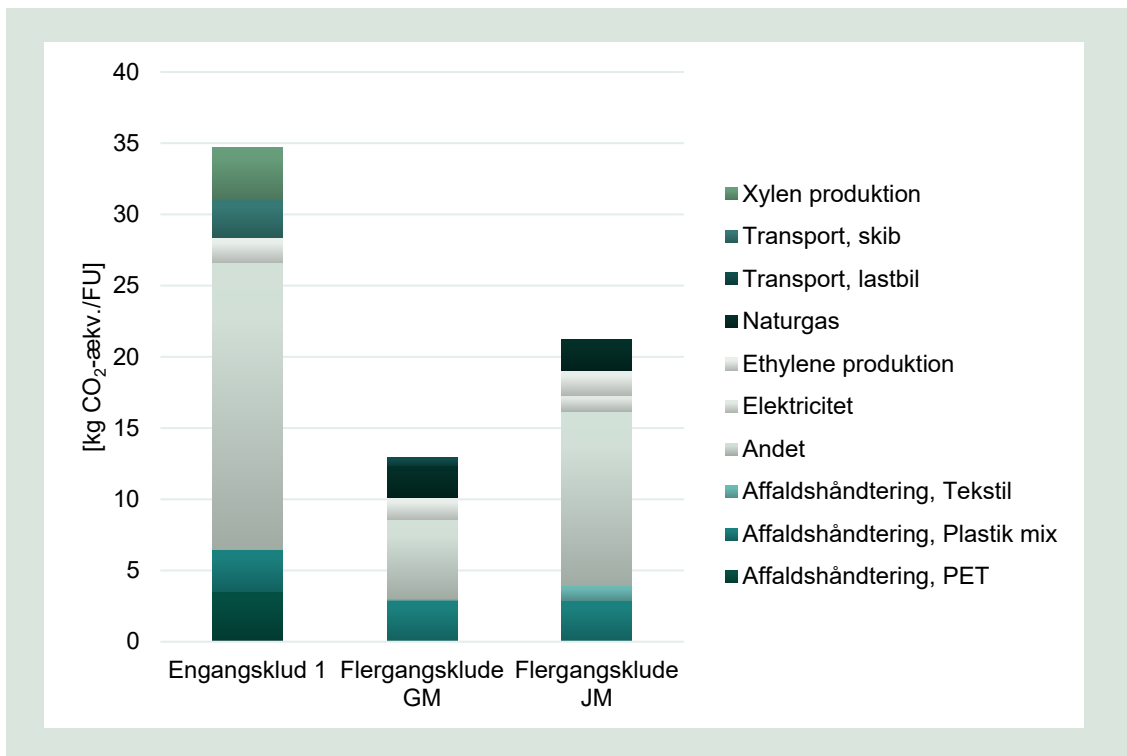
FIGUR 7.4. Samlet miljøpåvirkning af Engangsklude 1, flergangsklude af genbrugsmateriale (GM) og flergangsklude for jomfruligt materiale (JM) for de 19 påvirkningskategorier. Resultaterne er beregnet relativt til hinanden, hvilket vil sige, at kludetypen med værdien på 100 % har den højeste påvirkning indenfor den pågældende kategori. I Bilag 1.1, TABEL 10.1 kan de absolutte værdier for miljøpåvirkningerne ses.

I FIGUR 7.4 ses det, at flergangsklude af genbrugsmateriale har den laveste påvirkning i 17 ud af 19 påvirkningskategorier, hvor Engangsklude 1 har den laveste påvirkning i "Klima-forandringer, arealanvendelse og ændring af arealanvendelse" og i "ressourcer - forsvundet vand".

Flergangsklude af jomfrueligt materiale har en betydelig større påvirkning end flergangsklude i genbrugsmateriale, hvor det jomfruelige materiale medfører den største påvirkning i 5 ud af 19 kategorier. Dog har Engangsklude 1 den største miljøpåvirkning med størst påvirkning i 13 ud af 19 kategorier.

Klimaforandringer i sin helhed

Regionerne og hospitalerne har sat et mål om at reducere deres CO₂-udledning med 75 % i 2030. Derfor undersøges miljøpåvirkningskategorien "klimaforandringer i sin helhed" yderligere for at identificere de materialer og processer, som bidrager væsentligt til de tre produktsystems miljøpåvirkning i denne kategori. I FIGUR 7.5 ses hvert produktsystems CO₂-ækv.-emissioner.



FIGUR 7.5. Emissioner i kg CO₂-ækv. For Engangsklud 1, flergangsklude af genbrugsmateriale (GM) og flergangsklude af jomfrueligt materiale (JM). I figuren kan materialers og processers bidrag til den samlede emission for hvert produktsystem identificeres. Kategorien "andet" indeholder alle de øvrige processer, som er inkluderet i produktsystemet.

I FIGUR 7.5 ses de 5 mest bidragende materialer og processer til den samlede CO₂-ækv.-emission per funktionelle enhed. For Engangsklud 1 er de væsentligste procesbidragere primært produktion og efterfølgende affaldshåndtering af den plast, der indgår i både klude og emballage. Fx er xylenproduktion en delproces til produktionen af PET. Brugen af Engangsklud 1 udleder 34,7 kg CO₂-ækv.

For flergangskludene af genbrugsmateriale ses samme tendens, hvor de væsentligste bidragere er produktion og affaldshåndtering af plastik, men også det naturgasforbrug, der er forbundet med vaskeprocesserne, er en betydelig bidrager. Brugen af flergangsklude af genbrugsmateriale udleder 13,3 kg CO₂-ækv.

Samme billede ses med flergangsklude af jomfrueligt materiale, hvad angår plastforbruget, men også varme- og elproduktionen spiller en stor rolle. Dette hænger (delvis) sammen med, at kludene og deres råmateriale har et højere behov for produktionsenergi. Ydermere produceres kludene i Bangladesh, hvor udledningen af drivhusgasser fra energiproduktion er væsentligt højere. Brugen af flergangsklude af jomfrueligt materiale udleder 21,2 kg CO₂-ækv. Skiftet fra engangs- til flergangsklude vil medføre en potentiel reduktion på 40-62 % i udledningen af CO₂-ækv., afhængigt af hvilket råmateriale flergangskludene er produceret af.

7.1.7 Konklusion og anbefalinger

Denne LCA har undersøgt miljøpåvirkningen af engangsbrug versus flergangsbrug af klude til patientvask i den danske sundhedssektor. Livscykluskortlægningen blev udført gennem en omfattende dataindsamling vedrørende alle de relevante processer efterfulgt af en livscyklusanalyse i openLCA. Resultatet af konsekvensanalysen viste en klar miljøfordel for det udviklede koncept for brugen af vaskbare flergangsklude fremstillet af kasserede T-shirts sammenlignet

med det nuværende system med brug af engangsklude, hvor Engangsklud 1, som i dag bruges i den danske sundhedssektor, er benyttet som referenceprodukt. Sammenligningen viste et markant fald i den samlede klimapåvirkning målt i kg CO₂-ækvivalenter ved brugen af flergangsklude, selv når genbrugsmaterialet blev substitueret med jomfrueligt bomuld og polyester, på 40-62 %. Substitueringen resulteret i en øget påvirkning gennem vandafledning og hav-/ferskvandseutrofiering.

Resultaterne af denne undersøgelse skal fortolkes under hensyntagen til, at væsentlige antagelser, estimater og procesflows substitutioner var nødvendige for at foretage livscykluskortlægningen, hvor visse upstreamprocesdata var utilgængelige. Ydermere skal der tages hensyn til, at det udviklede flergangskoncept stadig er under udvikling, hvorved nyere versioner af systemet vil kunne have indvirkning på miljøpåvirkningen. Baseret på resultaterne opnået i denne undersøgelse anbefales det udviklede koncept som et alternativ til de nuværende engangsklude for at reducere den samlede miljøbelastning.

7.1.8 Konklusion og anbefalinger

Denne LCA har undersøgt miljøpåvirkningen af engangsbrug versus flergangsbrug af klude til patientvask i den danske sundhedssektor. Livscykluskortlægningen blev udført gennem en omfattende dataindsamling vedrørende alle de relevante processer efterfulgt af en livscyklusanalyse i openLCA. Resultatet af konsekvensanalysen viste en klar miljøfordel for det udviklede koncept for brugen af vaskbare flergangsklude fremstillet af kasserede T-shirts sammenlignet med det nuværende system med brug af engangsklude. Engangsklud 1, som i dag bruges i den danske sundhedssektor, er benyttet som referenceprodukt. Sammenligningen viste et markant fald på 40-62 % i den samlede klimapåvirkning målt i kg CO₂-ækvivalenter ved brugen af flergangsklude, selv når genbrugsmaterialet blev substitueret med jomfrueligt bomuld og polyester. Substitueringen resulteret i en øget påvirkning gennem vandafledning og hav-/ferskvandseutrofiering. Ydermere viser usikkerhedsanalysen, at en usikkerhed på ± 20 % i antallet af klude benyttet til en patientvask ikke har nogen væsentlig påvirkning på de overordnede resultater for miljøpåvirkningen.

Resultaterne af denne undersøgelse skal fortolkes under hensyntagen til, at væsentlige antagelser, estimater og procesflows substitutioner var nødvendige for at udføre livscykluskortlægningen, hvor visse upstreamprocesdata var utilgængelige. Ydermere skal der tages hensyn til, at det udviklede flergangskoncept stadig er under udvikling, og nyere versioner af systemet vil således kunne få indvirkning på miljøpåvirkningen. Baseret på resultaterne opnået i denne undersøgelse anbefales det udviklede koncept som et alternativ til de nuværende engangsklude for at reducere den samlede miljøbelastning.

8. Miljøvurdering af forsyningskæde

For at opnå en bedre forståelse af forsyningskædens dynamiske påvirkning af miljøaftrykket for det udviklede koncept er der blevet konstrueret en simuleringsmodel. Simuleringsmodellen bygger på LCA-data og sammenligner effekten af efterspørgslen for hhv. engangs- og flergangsklude over en operationsperiode på 1 år. Sammenkoblingen mellem forsyningskædehåndtering og LCA muliggør en bæredygtig forsyningskædehåndtering.

8.1 LCA og simuleringsmodel af forsyningskæde

Den udførte miljøvurderings inventory, som er beskrevet i kapitel 7, blev i projektet opdateret, så den afspejler flergangskonceptet testet på Thisted Sygehus. Baseret på den opdaterede inventory er der blevet udviklet en simuleringsmodel til at repræsentere forsyningskæden for det udviklede koncept. Denne model forener teorier inden for forsyningskædehåndtering og LCA-resultater med henblik på at skabe en integreret forsyningskæde- og LCA-model, der muliggør bæredygtig forsyningskædehåndtering af det udviklede koncept.

8.1.1 Formål

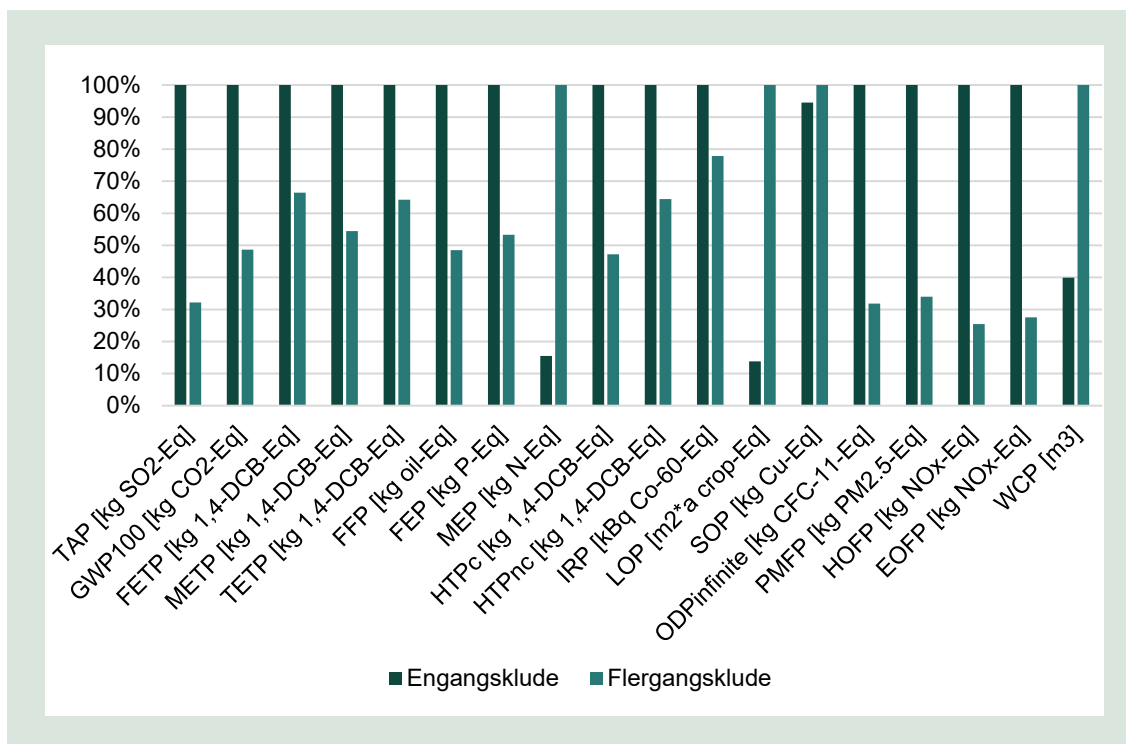
Formålet med at undersøge forsyningskæden er at udføre en miljømæssig vurdering af det udviklede koncepts produktsystem baseret på modellering af forsyningskædehåndtering. Som en del af processen simuleres forsyningskædesystemet, der repræsenterer den aktuelle drift. Her anvendes miljømæssige og omkostningsmæssige faktorer til at evaluere systemets præstation og ydeevne. Ved at anvende modellen kan systemets detaljer defineres, og dets drift kan simuleres over en periode. Resultaterne af simuleringen giver forskellige oplysninger om inventarmængder, direkte omkostninger, ressourceforbrug og CO₂-emissioner. Dette muliggør en omfattende indsigt i systemet og systemets miljøpåvirkning.

8.1.2 Metodisk afgrænsning af inventoryopdatering

For at sammenkoble de opdaterede LCA-resultater og simuleringsmodellen er den funktionelle enhed, beskrevet i kapitel 7, ændret til plejen af én patient. Dette er gjort for at kunne matche efterspørgslen i driften. Resultaterne i FIGUR 5.2 viser, at 95 % af de engangsklude, der benyttes til patientvask, er pakket 8-styk-pakninger. I det udviklede koncept kan sygeplejerskerne selv vælge det antal klude, de vil benytte til patientvasken. Baseret på den indledende test af konceptet, beskrevet i afsnit 6.2.1, er det antaget, at der ved brugen af flergangskludene i gennemsnit bliver benyttet 8 styk til én patientvask. I LCA-beregningen for flergangskludene, beskrevet i afsnit 7.1.4, blev en livstid på 30 ganges vask antaget. Nye informationer om holdbarheden har dog vist, at kludene kan holde til 300 anvendelser, før de skal kasseres. Dette betyder, at hver brug af flergangskludene allokeres med en 300-del af produktionsaftrykket i stedet for en 30-del. Med den forlængede levetid er der også inkorporeret en højere tabsrate for kludene. Den højere tabsrate påvirker resultaterne, hvilket modvirker de opnåede fordele ved en længere levetid.

8.1.3 Opdaterede LCA-resultater

LCA'en fra kapitel 7 er blevet opdateret med en række nye produktionsforhold. Produktionen af flergangskludene af genbrugsmateriale er flyttet fra Rumænien til Litauen, forbruget af engangsposer til emballage og indsamling er udgået fra konceptet, og holdbarheden for kludene har vist sig at være væsentligt længere, end først antaget. Baseret på den opdaterede livscykluskortlægning, estimater og forudsætninger beregnes miljøpåvirkningen for de to produktsystemer baseret på den funktionelle enhed. I den opdaterede LCA sammenlignes brugen af engangsklude med flergangsklude fremstillet i genbrugsmateriale. Miljøpåvirkningen er beregnet ved brug af LCA-værktøjet openLCA, hvor karakteringsmodellen ReCiPe 2016 v1.03 er midtpunkt, og hvor data fra databasen Ecoinvent v3.8 cut-off er benyttet. I FIGUR 7.4 ses de opdaterede LCA-resultater.



FIGUR 8.6. Samlet miljøpåvirkning af Engangsklude 1, flergangsklude af genbrugsmateriale (GM) for de 18 påvirkningskategorier. Resultaterne er beregnet relativt til hinanden, hvilket vil sige, at kludetyper med værdien på 100 % har den højeste påvirkning indenfor den pågældende kategori. Resultaterne for alle påvirkningskategorierne kan ses i Bilag 1.2, TABEL 10.2.

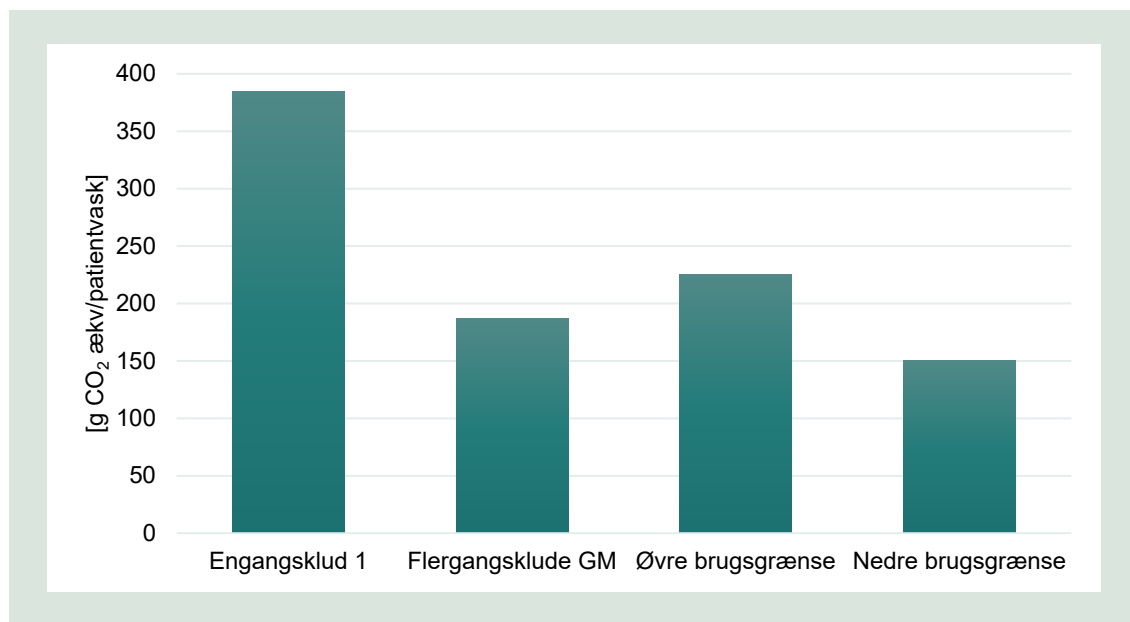
Resultaterne vist i FIGUR 8.1 har minimale afvigelser fra de indledende resultater vist i FIGUR 7.4. Den opdaterede LCA er sat op med højere detalje på de mange processers ressourcebrug, som kemikalier brugt i løbet af vaskeproceduren. De nye resultater for flergangskludene har derved højere effekt på fx kategorierne marint eutrofieringspotentiale (MEP), vandforbrugspotentiale (WCP) og potentielt brug af metaller/mineraler (SOP).

Flergangskludene af genbrugsmateriale har den laveste effekt i næsten alle påvirkningskategorier bortset fra fire ud af de 18 kategorier. For kategorien for metal-/mineralforbrug (SOP) vises det, at engangsklude har lidt svagere effekt. For kategorierne marint eutrofieringspotentiale (MEP), landbrugsarealanvendelse (LOP) og vandforbrugspotentiale (WCP) kan det ses, at Engangsklude 1 har en signifikant lavere effekt. Resultaterne for klimaforandringsaftrykket for Engangsklude 1 er 0,4 kg CO₂-ækv. og 0,2 kg CO₂-ækv. for flergangskludensystemet, hvilket betyder, at et skift til flergangsklude vil halvere effekten.

8.1.4 Usikkerhedsanalyse

Som beskrevet i afsnit 5.4 er konceptet designet til, at sygeplejerskerne selv kan bestemme det antal af klude, som de har behov for til en patientvask. For at imødekomme, at antallet af klude ikke nødvendigvis er 8 styk per patientvask, er der foretaget en usikkerhedsanalyse på resultaterne. I usikkerhedsanalysen indføres en usikkerhed på $\pm 20\%$. Dette vil sige, at forbruget af klude per patientvask ændres til henholdsvis 6 stk. og 10 stk. For engangsklude er denne enhed sat til at være en pakke a 8 klude, mens antallet for flergangskludene af genbrugsmateriale er varierende fra 6 til 10 klude per vask.

I FIGUR 8.2 ses ændringerne i miljøpåvirkningskategorien klimaforandring for brugen af flergangsklude i genbrugsmateriale sammenholdt med brugen af 8 styk engangsklude. Alle 18 miljøpåvirkningskategorier er analyseret. Resultaterne kan ses i Bilag 1.2, TABEL 10.2.



FIGUR 8.2. LCA-resultater for sammenligning af Engangsklud 1 og flergangsklude af genbrugsmateriale per patientbehandling i g CO₂-ækv. Øvre brugsgrænse: brug af 10 flergangsklude; nedre brugsgrænse: brug af 6 flergangsklude.

FIGUR 8.2 viser, at selvom antallet af flergangsklude ændres med $+20\%$, er miljøpåvirkningen for flergangskludene af genbrugsmateriale per patientvask stadig lavere end ved brugen af Engangsklud 1. En reduktion på 42-61 % i CO₂-ækv. vil kunne opnås ved skift fra engangs- til flergangsklude, også selvom om brugen af flergangsklude per vask forøges. Bilag 1.2, TABEL 10.2 viser miljøpåvirkningerne for alle 18 miljøpåvirkningskategorier, hvor Engangsklud 1 har den største miljøpåvirkning i 14 ud af 18 miljøpåvirkningskategorier, mens flergangsklude af genbrugsmateriale har den største miljøpåvirkning i fire miljøpåvirkningskategorier: marin eutrofieringspotentiale, landbrugsarealanvendelse, metal-/mineralforbrug og vandforbrugspotentiale.

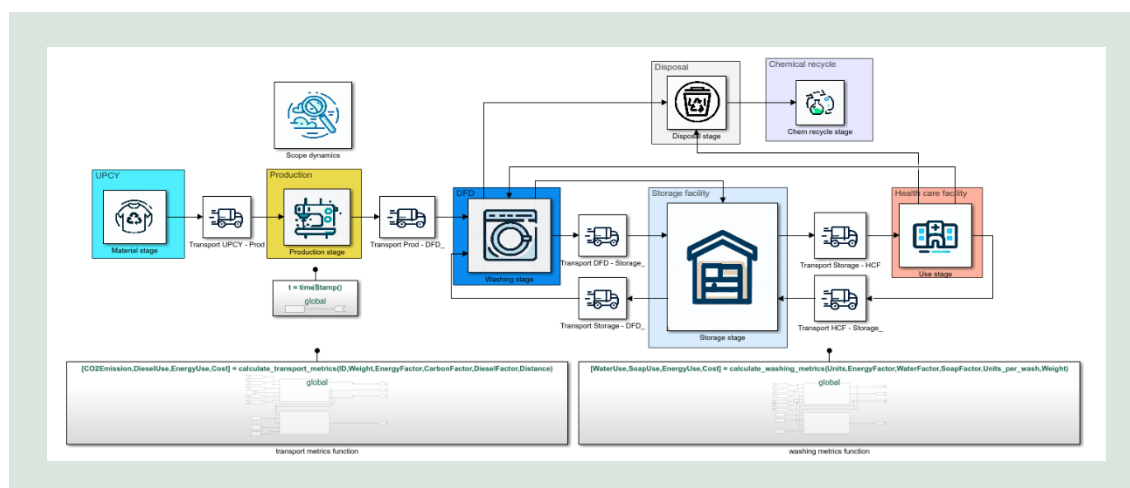
Usikkerhedsanalysen viser, at en usikkerhed på $\pm 20\%$ i antallet af klude benyttet til en patientvask ikke har nogen væsentlig påvirkning på de overordnede resultater for miljøpåvirkningen.

8.1.5 Simuleringsmodel – opsætning

Simuleringsmodellen er opbygget for produktsystemet engangsklude, hvor Engangsklud 1 er benyttet som referenceprodukt, og for produktsystemet flergangsklude, hvor flergangsklude af genbrugsmateriale er benyttet som referenceprodukt. Begge produktsystemer er beskrevet i

afsnit 7.1.4. Som kontrolmodel er den nuværende forsyningskæde hos Textilia benyttet. Kontrolmodellen viser dynamikken for både produkt og ledelsesstruktur. Ved at definere forskellige faser og disses interaktioner er simuleringsmodellen konstrueret i overensstemmelse med kontrolmodellens opstilling.

Simuleringsmodellen er baseret på forsyningskædekontrolmodellen og konstrueret i softwaren Simulink. Simuleringsmodellen bruger kludeelementer til at aktivere subsystemer, mens de gennemløber systemet. Hvert subsystem er designet til at repræsentere den funktionelle adfærd af en aktør i systemet såsom beskidte og nye klude og behandling af dem. Simuleringsmodellen er holdt simpel og brugervenlig for at kunne identificere de forskellige dele af produktsystemet. Ikonerne til processerne er genereret af Microsoft Bings billedskaber, der er drevet af DALL-E. Ikonerne bruges til at repræsentere de forskellige Simulink-subsystemer. I FIGUR 8.3 ses et overblik over simuleringsmodellen.



FIGUR 8.3. Overblik for simuleringsmodellen af forsyningskæden for flergangsklude af genbrugsmateriale. Hver boks med motiv repræsenterer et subsystem.

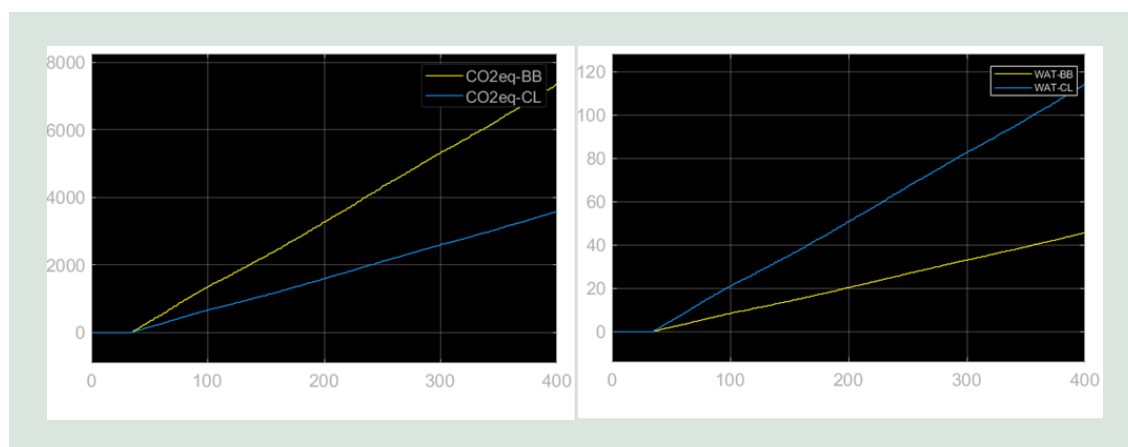
Mellem de forskellige processer, vist i FIGUR 8.3, er der transportsystemer, der hver især er designet og formateret på samme måde, men hvert transportsystem kan defineres forskelligt såsom ved disselforbrug. I løbet af simuleringen kan inventarnumre, procesopgørelser, opsagte produkter og efterspørgsel uddrages for observation.

LCA-data er inkorporeret i simuleringsmodellen, hvorved det dynamiske miljømæssige aftryk ved at operere systemet kan beregnes. Disse data benyttes til at undersøge CO₂-aftryk ved 1 års operation af systemet.

8.1.6 Simuleringsresultater

Simulationen har evnen til at estimere systemets drift i op til 1 år. Modellen fokuserer på at simulere efterspørgslen, hvor der tages højde for variationer fra dag til dag. Efterspørgsel er defineret ud fra data indsamlet fra 3-ugers-testperioden på Thisted Sygehus, beskrevet i afsnit 6.2.1. Simulationen er opstillet, så systemet responderer på efterspørgslen, på samme måde som Textilia kontrollerer deres nuværende drift. Simulering kan bruges til at teste forskellige ledelses-/logistikplanlægningsmetoder til at se deres effekt på miljøaftrykket for systemet. Yderligere udvikling af modellen bliver udført med henblik på at opnå en dybere forståelse af denne nye type analyse.

Simuleringsmodellen er benyttet til at beregne miljøaftrykket for brugen af Engangsklud 1 og flergangsklude af genbrugsmateriale igennem 1 år. Miljøaftrykket er beregnet med karakteringsmodellen ReCiPe 2016 v.1.03, hvor miljøkategorierne klimaforandring og vandforbrugs-potentielle er blevet undersøgt. Resultaterne ses i FIGUR 8.4, måles kumulativt og beregnes for hver patient genereret.



FIGUR 8.4. Miljøaftryk for klimaforandring [kg CO₂-ækv.] og vandforbrug [m³]. Resultaterne måles kumulativt og beregnes for hver patient genereret. BB: Engangsklud 1, CL: Flergangsklude af genbrugsmateriale.

FIGUR 8.4 illustrerer, hvordan miljøaftrykket for engangsklude og flergangsklude udvikler sig over tid. Resultaterne er bygget på den antagelse, at der er en efterspørgsel på 50 patientvaske om dagen baseret på testen på Thisted Sygehus. De endelige resultater viser, at Engangsklud 1 forventes at have et aftryk på 7.400 kg CO₂-ækv. og 45 m³ vand i løbet af et års drift. Flergangsklude af genbrugsmaterialer resulterer i et aftryk på 3.600 kg CO₂-ækv. og 114 m³ vand. Det betyder, at man ved at skifte til flergangsklude potentielt vil kunne reducere klimaforandringsaftrykket med 51 % efter 1 år. Dog resulterer skiftet fra engangs- til flergangsklude i et forøget vandforbrug på 251 % efter 1 år.

8.1.7 Konklusion

Eftersom produktsystemet for flergangsklude stadig er under udvikling, kan resultaterne ændre sig for nyere versioner af systemet. De nuværende præsenterede resultater giver et godt indblik i, hvordan miljøaftrykket for skift fra engangs- til flergangsklude vil påvirke miljøaftrykket. Der mangler dog kritisk review af både LCA-opsætning og af resultaterne, hvilket betyder, at forholdene beskrevet i afsnit 7.1.1 gør sig gældende for resultaterne.

Simulinkmodellen, der er blevet udformet for produktsystemet for flergangsklude af genbrugsmaterialer, har allerede vist sig at være et nyt stærkt værktøj. Simuleringsmodellen kan give nye perspektiver på miljøaftrykket af et cirkulært logistiksystem og bruge data fra LCA til at give en mere dynamisk forståelse og overblik over miljøaftryk. Modellen mangler dog validering og videreudvikling for at forstå, hvordan modellens resultater kan bruges i forskning eller i industriel sammenhæng.

9. Konklusion

I sundhedssektoren skelnes der mellem engangsklude til patientvask og engangsklude til patientnær rengøring såsom rengøring og sterilisering af udstyr efter endt operation. En omfattende markedsundersøgelse afslørede et årligt forbrug på 22.000.000 engangsklude benyttet til patientnær rengøring, mens der i sundhedssektoren benyttes 142.000.000 engangsklude til patientvask, svarende til ca. 390.000 engangsklude dagligt. Det blev dog erkendt, at det ville være urealistisk at udvikle et koncept, der kunne imødekomme begge behov, og derfor blev der fokuseret på at udvikle et koncept for præfugtede flergangsklude til patientvask.

I udviklingen af konceptet blev sundhedspersonale inddraget gennem workshops og interviews, mens studerende fra Syddansk Universitet bidrog med konceptforslag. Hovedfokus i udviklingen var at skabe en fleksibel løsning, der kunne tilpasses forskellige behov på hospitaler. Laboratorietest blev udført for at vurdere befugtningsgraden af flergangskludene og deres rengøringseffektivitet. For at teste rengøringseffektiviteten blev en ny testmode udviklet, og effektiviteten blev testet på kunstig hud med mekanisk aftørring. Resultaterne viste, at 1,25 dL befugtningsmiddel var passende, og det udviklede koncept opnåede en rengøringseffektivitet tilsvarende eksisterende engangsklude.

Det udviklede koncept blev testet på Thisted Sygehus, hvor det blev afdækket, at personalet skulle nudges til at lægge kludene til vask i stedet for at smide dem i skraldespanden. Efter brug på sygehuset blev flergangskludene vasket i industrielle vaskeprocesser. Efter vask blev der foretaget mikrobiologiske kontrolundersøgelser af de brugte klude. Resultaterne for kontrolundersøgelsen viste, at de udviklede flergangsklude overholder grænseværdien for *Bacillus Cereus*, hvormed kludene må benyttes til flergangsbrug.

LCA blev brugt til at beregne miljøpåvirkningen ved implementering af det udviklede koncept sammenlignet med brugen af engangsklude. Implementeringen ville medføre reduktioner i 14 ud af 18 miljøpåvirkningskategorier. Potentielt kunne CO₂-aftrykket sænkes med 42-61 %, afhængigt af antallet af flergangsklude benyttet per vask sammenlignet med brugen af 8 engangsklude. En simuleringsmodel blev udviklet for at evaluere miljøaftrykket af det udviklede koncepts forsyningskæde over en periode på 1 år. Resultaterne viste en potentiel reduktion på 51 % i CO₂-aftrykket efter 1 års drift ved udskiftning af engangsklude til flergangsklude. Dog ville det også medføre en forøgelse i vandforbrug på 251 %. Det er vigtigt at bemærke, at resultaterne skal fortolkes med forsigtighed, under hensyntagen til væsentlige antagelser, estimater, og at det udviklede koncept stadig er under udvikling.

Samlet set indikerer undersøgelserne og testene af det udviklede flergangskoncept et betydeligt potentiale for at reducere miljøaftrykket i sundhedssektoren.

10. Referencer

- [1] J. Watts og R. Smithers, "From babies' bums to fatbergs: how we fell out of love with wet wipes", *The Guardian*, 2018. Set: 24. april 2023. [Online]. Tilgængelig hos: <https://www.theguardian.com/environment/2018/may/11/from-babies-bums-to-fatbergs-how-we-fell-out-of-love-with-wet-wipes>
- [2] P. ten Brink, J. P. Schweitzer, S. Gionfra, og E. Watkins, "Plastics Marine Litter and the Circular Economy. Product briefings.", 2016.
- [3] L. Ramm, H. Siani, R. Wesgate, og J.-Y. Maillard, "Pathogen transfer and high variability in pathogen removal by detergent wipes", *Am J Infect Control*, bd. 43, nr. 7, s. 724–728, jul. 2015, doi: 10.1016/j.ajic.2015.03.024.
- [4] "Grønne hospitaler", *Danske Regioner*.
- [5] Center for bæredygtige hospitaler, "CO2-udledningen fra sundhedsvæsenet skal ned", *Region midtjylland*. <https://www.cfbh.rm.dk/formal/> (set 24. april 2023).
- [6] B. Vange, "Hospitalerne producerer 4,4 ton affald i timen – nu skal det sorteres", *Dagens medicin*, 2023. Set: 24. april 2023. [Online]. Tilgængelig hos: <https://dagensmedicin.dk/hospitalerne-producerer-44-ton-affald-i-timen-nu-skal-det-sorteres/>
- [7] European Commission, "2030 Climate Target Plan", *Climate Action*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/2030-climate-target-plan_en#delivering-the-2030-climate-target-plan (set 26. juni 2023).
- [8] A.-K. Bergquist og K. Söderholm, "Sustainable energy transition: the case of the Swedish pulp and paper industry 1973–1990", *Energy Effic*, bd. 9, nr. 5, s. 1179–1192, okt. 2016, doi: 10.1007/s12053-015-9416-5.
- [9] Y. Zhang, Z. Wen, W. Lin, Y. Hu, V. Kosajan, og T. Zhang, "Life-cycle environmental impact assessment and plastic pollution prevention measures of wet wipes", *Resour Conserv Recycl*, bd. 174, s. 105803, nov. 2021, doi: 10.1016/j.rescon-rec.2021.105803.

Bilag 1. LCA-resultater

Bilag 1.1 Samlet miljøpåvirkning for klude

TABEL 10.5. Samlet miljøpåvirkning af Engangsklud 1, Flergangsklude af genbrugsmateriale (GM) og flergangsklude af jomfruligt materiale (JM) for de 19 påvirkningskategorier.

Impact category	Engangsklud 1	Flergangsklude GM	Flergangsklude JM	Enhed
climate change - climate change biogenic	0,12	0,03	0,16	kg CO ₂ -Eq
climate change - climate change fossil	34,5	13,1	20,7	kg CO ₂ -Eq
climate change - climate change land use and land use change	0,07	0,10	0,38	kg CO ₂ -Eq
climate change - climate change total	34,7	13,3	21,2	kg CO ₂ -Eq
ecosystem quality - freshwater and terrestrial acidification	0,21	0,04	0,11	mol H ⁺ -Eq
ecosystem quality - freshwater ecotoxicity	50,7	20,3	101,6	CTU
ecosystem quality - freshwater eutrophication	0,006	0,002	0,005	kg P-Eq
ecosystem quality - marine eutrophication	0,053	0,019	0,100	kg N-Eq
ecosystem quality - terrestrial eutrophication	0,55	0,11	0,37	mol N-Eq
human health - carcinogenic effects	0,00000079	0,00000021	0,00000078	CTUh
human health - ionising radiation	1,88	0,79	1,10	kg U235-Eq
human health - non-carcinogenic effects	0,0000025	0,0000009	0,0000021	CTUh
human health - ozone layer depletion	0,0000681	0,0000009	0,0000075	kg CFC-11-Eq
human health - photochemical ozone creation	0,170	0,032	0,061	kg NMVOC-Eq
human health - respiratory effects, inorganics	0,00000125	0,00000034	0,00000082	disease incidence
resources - dissipated water	11,4	14,0	107,7	m ³ water-Eq
resources - fossils	524	207	314	MJ
resources - land use	194	138	536	points
resources - minerals and metals	0,000237	0,000042	0,000089	kg Sb-Eq

Bilag 1.2 Usikkerhedsanalyse – resultater

TABEL 10.2. LCA-resultater for sammenligning af Engangsklud 1 og flergangsklude af genbrugsmateriale per patientbehandling. Øvre brugsgrænse: brug af 10 flergangsklude; nedre brugsgrænse: brug af 6 flergangsklude.

Påvirkningskategori	Engangsklud 1	Flergangsklude GM	Øvre brugsgrænse	Nedre brugsgrænse	Unit
acidification: terrestrial - terrestrial acidification potential	1,51E-03	4,85E-04	5,74E-04	3,96E-04	kg SO ₂ -Eq
climate change - global warming potential	3,85E-01	1,87E-01	2,25E-01	1,50E-01	kg CO ₂ -Eq
ecotoxicity: freshwater - freshwater ecotoxicity potential	1,29E-02	8,58E-03	1,03E-02	6,86E-03	kg 1,4-DCB-Eq
ecotoxicity: marine - marine ecotoxicity potential	1,77E-02	9,65E-03	1,16E-02	7,68E-03	kg 1,4-DCB-Eq
ecotoxicity: terrestrial - terrestrial ecotoxicity potential	1,24E+00	7,96E-01	9,63E-01	6,29E-01	kg 1,4-DCB-Eq
energy resources: non-renewable, fossil - fossil fuel potential	1,08E-01	5,25E-02	6,48E-02	4,03E-02	kg oil-Eq
eutrophication: freshwater - freshwater eutrophication potential	6,66E-05	3,55E-05	4,28E-05	2,82E-05	kg P-Eq
eutrophication: marine - marine eutrophication potential	1,88E-05	1,21E-04	1,38E-04	1,05E-04	kg N-Eq
human toxicity: carcinogenic - human toxicity potential	1,79E-02	8,46E-03	1,02E-02	6,68E-03	kg 1,4-DCB-Eq
human toxicity: non-carcinogenic - human toxicity potential	2,53E-01	1,63E-01	1,97E-01	1,28E-01	kg 1,4-DCB-Eq
ionising radiation - ionising radiation potential	1,01E-02	7,85E-03	9,62E-03	6,08E-03	kBq Co-60-Eq
land use - agricultural land occupation	8,61E-03	6,24E-02	7,11E-02	5,37E-02	m ² *a crop-Eq
material resources: metals/minerals - surplus ore potential	2,51E-03	2,65E-03	3,17E-03	2,13E-03	kg Cu-Eq
ozone depletion - ozone depletion potential	8,67E-07	2,76E-07	3,16E-07	2,36E-07	kg CFC-11-Eq
particulate matter formation - particulate matter formation potential	5,98E-04	2,03E-04	2,42E-04	1,65E-04	kg PM _{2.5} -Eq
photochemical oxidant formation: human health - photochemical oxidant formation potential: humans	1,34E-03	3,41E-04	4,11E-04	2,70E-04	kg NO _x -Eq

Påvirkningskategori	Engangsklud 1	Flergangsklude GM	Øvre brugsgrænse	Nedre brugsgrænse	Unit
photochemical oxidant formation: terrestrial ecosystems - photochemical oxidant formation potential: ecosystems	1,38E-03	3,81E-04	4,60E-04	3,02E-04	kg NOx-Eq
water use - water consumption potential	2,39E-03	5,98E-03	6,98E-03	4,97E-03	m ³

Præfugtede flergangsklude til sundhedssektoren

Nærværende rapport beskriver formål, metode og opnåede resultater for projektet 'Præfugtede flergangsklude til sundhedssektoren'. Projektet er gennemført i et samarbejde mellem Textilia Group A/S (herefter benævnt Textilia), Syddansk Universitet og Teknologisk Institut. Projektets vision har været at vise vejen for at udvikle flergangsprodukter, som kan erstatte engangsprodukter i sundhedsvæsenet.

Projektet blev gennemført i perioden 1. januar 2020 til 1. september 2023 med økonomisk tilskud fra Miljøministeriets Miljøteknologisk Udvikling- og Demonstrationsprogram (MUDP).



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk