



Genanvendelse af tekstil – oversigt over data

Julie Zwicky Holt
Thomas Fruergaard Astrup

December 2022

Genanvendelse af tekstil - oversigt over data

2022

Af

Julie Zwicky Holt

Thomas Fruergaard Astrup

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Forord

Dette notat er udarbejdet af DTU Sustain som et projekt for Miljøstyrelsen i perioden november-december 2022. Notatet (Fase 1) har til hensigt at indsamle tilgængelige data om tekstiler og tekstilaffald med udgangspunkt i Danmark og Norden. Formålet er at skabe et overblik over hvilke data der er til rådighed til efterfølgende udarbejdelse af en livscyklusvurdering for udvalgte håndteringsveje for tekstilaffald (Fase 2).

Lyngby, december 2022

Julie Zwicky Holt, Specialkonsulent, DTU Sustain
Thomas Fruergaard Astrup, Professor, DTU Sustain

Indhold

1.	Introduktion	5
2.	Mængder af tekstilaffald i Danmark	5
3.	Sammensætning af tekstilaffald i Danmark	6
3.1	Circular Copenhagen	6
3.2	Tekstilsymbiose Herning	6
4.	Relevante genanvendelsesteknologier til tekstilaffald	9
4.1	Mekanisk genanvendelse.....	10
4.2	Termomekanisk genanvendelse	10
4.3	Kemisk genanvendelse	10
4.4	Termokemisk genanvendelse	11
4.5	Teknologikrav og omkostninger	11
4.6	Tekstilgenanvendelsesvirksomheder i Europa.....	12
5.	Datatilgængelighed	15
6.	Sammenfatning	16
	Referencer.....	17
	Bilag A Cirkular Copenhagen Sorteringsresultater	18
	Bilag B NewRetex sorteringsresultater	21
	Bilag C Sorting for Circularity Europe Sorteringsresultater	23

1. Introduktion

Tekstiler er det forbrugsområde med den fjerdestørste miljøbelastning, kun overgået af transport, fødevarer og byggeri (European Environment Agency, 2019). Det har derfor afgørende betydning at vi får udnyttet tekstilproduktens fulde potentiale via genbrug og genanvendelse. I juni 2020 indgik et flertal af Folketingets partier *Klimaaftalen*¹, hvis overordnede mål er at øge andelen af affald der genanvendes. Som en del af aftalen, skal kommunerne også begynde at indsamle tekstiler fra 1. juli 2023.

2. Mængder af tekstilaffald i Danmark

Det samlede danske forbrug af tekstiler er estimeret til 15 kg/person/år, hvor husholdningernes tekstilforbrug udgør de 13,2 kg tekstiler (Watson et al., 2018). Dette er i samme størrelsesorden som estimerer fra vores nabolande, hvor Finland ligger på 13,2 kg/person/år (2012 data) og Sverige på 12,6 kg/person/år (2013 data) (Watson et al, 2020). Et studie fra McKinsey & Company (2022) vurderer ligeledes det gennemsnitlige Europæiske forbrug af tekstiler til 15 kg/person/år, mens Fashion for Good (2022) vurderer samme til 12,4 kg/person/år.

Johnsen *et al.*, (2021) har vurderet forskellige sorterings- og indsamlingsmuligheder for tekstilaffald. Her anslås det, at de reelt genanvendte mængder af tekstilaffald fra den kommende indsamlingsordning vil svare til omkring 5.000-8.000 ton/år på landsplan. Disse tal omfatter et forventet tab i genanvendelsen på 20 % af de indsamlede mængder², hvilket svarer til 1,7-4,2 kg per husstand/år ved almindelige boliger. Den reelle genanvendte mængde fra sommerhuse udgør 200 ton/år svarende til lidt under 1 kg/sommerhus/år.

I Miljøstyrelsens Affaldsstatistik (2019) opgøres den samlede danske affaldsgenerering for både husholdning og erhverv, fordelt på affaldsfraktioner. Her udgør tekstiler 4.200 tons, jf. Tabel 1.

Tabel 1: Miljøstyrelsens affaldsstatistik, tekstilfraktionen. Fra Miljøstyrelsen, 2019.

Tekstiler	Ton (1.000)				
	2015	2016	2017	2018	2019
	0,4	0,8	1,2	3,5	4,2

Til sammenligning har Watson et al. (2018) estimeret den samlede mængde forbrædte tekstiler til omkring 42.000 tons årligt, hvilket er betydeligt højere end tallene fra Johnsen et al (2021) og Miljøstyrelsens affaldsstatistik (2019). Estimerer man affaldsgenereringen baseret på det årlige tekstilforbrug, 15 kg per person, får man et endnu højere tal, nemlig 87.855 tons³. Her er det selvfølgelig vigtigt at skelne

¹ Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi – link findes i referencelisten

² På grund af sparsomme data er tabsraten er behæftet med stor usikkerhed. De 20 % svarer til den tabsrate som er oplyst for tekstilaffald i den franske producentansvarsordning.

³ Årligt tekstilforbrug per person: 0,015 tons x 5.857.000 personer = 87.855 tons.

mellem mængderne af afbrændt tekstilaffald og de estimerede genanvendte mængder, da der som nævnt ovenfor må forventes et betydeligt tab af tekstiler som ikke er egnede til genanvendelse – enten pga. sammensætning (fx flerlagstekstiler) eller tilstand (fx våde eller mugne tekstiler). Det er derfor ikke alle de genererede mængder, der kan forventes at være til rådighed for genanvendelse eller genbrug.

3. Sammensætning af tekstilaffald i Danmark

Det danske tekstilaffald er relativt ubeskrevet i forhold til mængder af individuelle materialefraktioner og fibersammensætning, eftersom der først inden for de seneste år er kommet fokus på tekstiler. Som forberedelse til den kommunale indsamlingsordning, har der dog været igangsat en del pilotprojekter med indsamling af tekstiler i forskellige danske byer. Selvom der findes enkelte data fra projekter som disse, kan de være vanskelige at sammenligne fordi de fraktioner der udsorteres, varierer fra anlæg til anlæg. Af relevante danske projekter kan blandt andet nævnes Miljøstyrelsens vidensbank om tekstilaffald, Circular Copenhagen (2022) og Tekstilsymbiose Herning (2022) under Lifestyle and Design Cluster.

Projekterne under Miljøstyrelsens Vidensbank indeholder data fra tidligere ordninger for indsamling af tekstil, hvor kommunerne har tilladt andet end tekstilaffald i fraktionen. Data er derfor ikke sammenlignelige med fremtidige ordninger og resultaterne vil derfor ikke indgå i denne rapport⁴.

3.1 Circular Copenhagen

I Circular Copenhagens projekt fra foråret 2022 blev der udført to omfattende sorteringstests af post-forbruger tekstilaffald indsamlet i Københavnsområdet. Den første batch bestod af 4,9 tons genanvendeligt tekstilaffald, indsamlet i Rødovre Kommune. Det indsamlede tekstil blev sorteret af firmaet Trasborg Danmark, der fjernede de genbrugelige og salgbare kvaliteter, så fraktionen udelukkende bestod af genanvendeligt tekstilaffald. Den anden batch bestod af 6,8 tons genanvendeligt tekstilaffald, som var resterne fra en sortering på AffaldPlus' sorteringsanlæg i Næstved. Begge batches repræsenterede en omtrentlig version af den nye affaldsfraktion "genanvendeligt tekstilaffald", for den kommende ordning. Resultaterne er angivet i bilag A og fremgår opsummeret i Tabel 2. En af konklusionerne fra analysen var at NIR-scannerne havde svært ved at identificere mørke tekstiler, hvilket afspejles i fraktionen "low spectral signal" i Tabel 2.

3.2 Tekstilsymbiose Herning

Projekt 'Tekstilsymbiose Herning – tekstilrester og affald som ressource' har kørt i to år med målsætningen om at sikre bedst mulig udnyttelse af tekstilressourcerne, når danskerne skal sortere tekstilaffald. Sorteringsvirksomheden NewRetex, er partner i projektet og har indvilliget i at dele nogle af deres sorteringsdata til internt brug mellem DTU og Miljøstyrelsen. Data i dette notat stammer fra en sortering af 9.1 tons tekstilaffald fra Vestforbrænding, sorteret hos NewRetex i 2022. NewRetex vurderer at fraktionen er repræsentativ for hvad de forventer at modtage så snart den kommunale ordning træder i kraft.

⁴ Miljøstyrelsen 2022, Personlig kommunikation med Bjarke Slater Christensen, MST 7. november 2022.

Når NewRetex modtager tekstilaffaldet gennemgår det først en forsortering, hvor alt ikke-tekstilaffald frasorteres og vejes – dette omfatter bl.a.:

- fodtøj (fraktionen forventes at mindskes når Miljøstyrelsens vejledning er offentliggjort)
- våde/mugne/beskidte tekstiler der ikke egner sig til genanvendelse
- flerlagstekstiler som jakker, dyner soveposer m.m., som NIR sensor ikke kan sortere, da den kun ser overfladen
- øvrigt affald, tasker, plast, elektronik osv.

Ud af de 9,140 kg tekstilaffald var 72 % egnet til genanvendelse. Data er opsummeret i Tabel 2, og fremgår uddybet i bilag B. Newretex oplyser desuden at en stor del af de indleverede tekstiler, er ikke affaldstekstiler og vil derfor kunne genbruges frem for genanvendes. Det vurderes at 25% af tekstilerne egner sig til gensalg på globale markeder, mens omkring 15% af tekstilerne vil egne sig til gensalg i Danmark. NewRetex oplyser desuden at de har mulighed for at udsortere 31 forskellige fraktioner, og at disse baseres på efterspørgslen i markedet⁸.

Tabel 2: Fordelingen af fibersammensætningen i tekstilaffald. Alle analyser er udført i 2022. Bemærk at flere af sorteringsvirksomhederne udsorterer blends af forskellige fibertyper med varierende procenter af hver enkelt fiber, alt efter hvad der efterspørges i værdikæderne.

	Fraktion	Circular Copenhagen, Rødovre	Circular Copenhagen, Næstved	NewRetex Vestforbrænding	Fashion for Good
Vægt analyseret		4900 kg	6840 kg	9140 kg	20523 kg
Naturlige fibre	100% Bomuld	28	48	25	40
	100% Uld	2	2	N/A	2
Syntetiske fibre	100% Polyester	13	14	17	12
	100% Polyamid (nylon)	1	0	2	1
	100% Akryl	1	3	0	5
Semi-syntetiske fibre	Viscose/Modal/Lyocell	2	1	8	4
Blandede tekstiler	Mixed	18 ⁵	14 ⁶	N/A	35 ⁷
Blends	Bomuld-Polyester blends	10	9	18	N/A
	Polyester-Viskose blends	3	2	N/A	N/A
	Silke-Uld-Akryl blends	1	0	7	N/A
	Polyester-Elastan-blend	4	1	N/A	N/A
	Polyamid blends	8	1	N/A	N/A
	Acryl-bomuld-blend	1	1	N/A	N/A
	Bomuld-Elastan + Bomuld-Akryl	N/A	N/A	23	
Low spectral signal		8	4	N/A	N/A
Total		100	100	100	99

⁵ Andet materialer, Circular Copenhagen – ikke nærmere specificeret

⁶ Andet materialer, Circular Copenhagen – ikke nærmere specificeret

⁷ Uspecificerede blends: Bomuld: 12%, Polyester, 9%, Akryl 9%, Viscose 3%, Uld, 2%, Polyamid 1%, Andre fibre 4%

⁸ Personlig kommunikation, Rikke Bech, NewRetex 30. november 2022.

Af øvrige sorteringsanalyser med opgørelser inden for fibertyper bør Fashion for Good (2022)⁹ rapporten også nævnes. Data herfra er ligeledes angivet i Tabel 2 for sammenligning, mens den originale figur findes i bilag C. Det har ikke været muligt at finde sammenlignelige sorteringsanalyser fra vores nordiske nabolande.

Som det ses i Tabel 2, udgør bomuld den største rene fraktion (25-48 %) i samtlige analyser, efterfulgt af polyester (12-17%). For blends udgør den største fraktion målt hos NewRetex, bomuld-elastan + bomuld-akryl (23 %), men denne fraktion er ikke udsorteret i de andre analyser. Af de resterende analyser fremgår det til gengæld at bomuld-polyester er den største blend-fraktion (9-18 %). Ifølge Tabel 2 udgør andelen af naturlige fibre 25-50 %, mens syntetiske fibre udgør 15-19 %, mens resten er blends af naturlige og syntetiske fibre i forskellige blandingsforhold. Energistyrelsen (2022) estimerer at 50 % af det danske forbrændingsegnede tekstilaffald består af fossilt materiale.

Fashion for Good (2022) har baseret deres analyse på to tidsperioder for indsamling: den første i efteråret/vinteren 2021, den anden i foråret/sommeren 2022, for at tage højde for sæsonbestemte ændringer i typerne af beklædningsgenstande, der entrerer sorteringsfaciliteterne. På samme måde må det også forventes at fibersammensætningen i det danske tekstilaffald vil variere i takt med sæsonerne.

Mens bomuld er den dominerende fibertype, der findes i fraktionen, er polyester verdens mest producerede fibertype. Ifølge Textile Exchange's Preferred Fiber and Materials Market Report (2021) tegnede polyester sig for 52 % af verdens fiberproduktion i 2020 og bomuld for kun 24 % (Fashion for Good, 2022).

⁹ Også kaldet "Sorting for Circularity Europe"

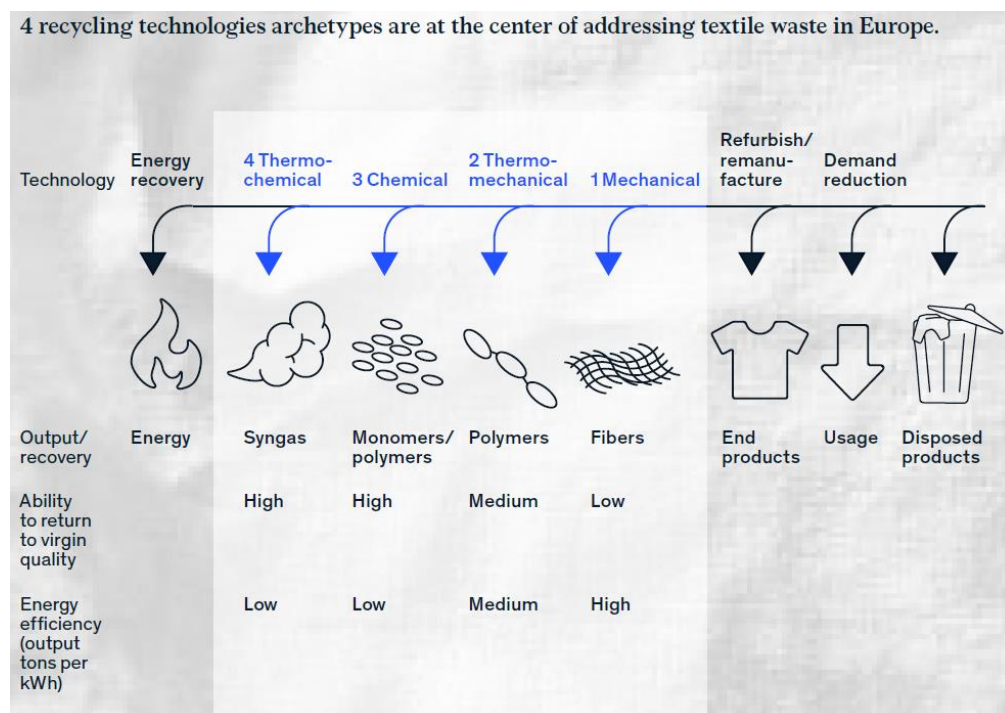
4. Relevante genanvendelsesteknologier til tekstilaffald

Fiber-til-fiber genanvendelse er potentielt en af de mest bæredygtige og skalerbare metoder til at omdanne tekstilaffald til nye fibre (McKinsey & Company, 2022). Her vil fibre fra tekstilaffaldet kunne bruges til at skabe nyt tøj eller andre tekstilprodukter af tilsvarende kvalitet, frem for at genanvendes som f.eks. non-wovens, hyndefyld eller isoleringsmaterialer. Nogle teknologier, såsom mekanisk genanvendelse af ren bomuld, er allerede veletablerede, mens andre, såsom kemisk genanvendelse af polyester stadig er under udvikling og formentlig snart vil kunne kommercialiseres (McKinsey & Company, 2022).

McKinsey & Company (2022) anslår, at så snart teknologierne er fuldt etablerede, vil omkring 70 % af det Europæiske tekstilaffald kunne genanvendes fiber-til-fiber, mens de resterende 30 % kommer til at kræve andre løsninger, såsom genanvendelse i åbent kredsløb eller produktion af syngas gennem termokemisk genanvendelse.

De fleste fiber-til-fiber genanvendelsesteknologier har dog strenge krav til sammensætningen og renheden af deres inputfibre, hvilket er en udfordring, da det betyder, at affald skal scannes og sorteres i overensstemmelse hermed. For eksempel er elastan og forskellige typer af tryk vanskeligt for mange af disse teknologier at håndtere (McKinsey & Company, 2022; Jørgensen et al, 2022).

McKinsey & Company (2022) har beskrevet fire teknologityper inden for genanvendelse af tekstil: Mekanisk genanvendelse, termomekanisk genanvendelse, kemisk genanvendelse og termokemisk genanvendelse (markeret med blå i figur 1).



Figur 1: De 4 typer af genanvendelsesteknologier relevante for genanvendelsen af tekstilaffald i Europa. Gengivet fra McKinsey & Company (2022), Exhibit 6.

De fire typer af teknologier adskiller sig på flere måder, herunder deres energieffektivitet samt deres evne til at bevare eller vende tilbage til jomfruelig kvalitet. Generelt set, er disse to ønskværdige parametre negativt korreleret, og det er således nødvendigt afveje vigtigheden at vende tilbage til jomfruelig kvalitet i forhold til det at være energieffektiv (og dermed omkostningseffektiv) i processen (McKinsey & Company, 2022). Desuden egner nogle genanvendelsesteknologier udelukkende til nogle fibertyper, mens andre er mere bredspektrede (Jørgensen et al., 2022). Den langsigtede løsning for genanvendelse af tekstiler vil højst sandsynligt bestå et samspil af forskellige teknologier rettet mod forskellige nicher i markedet. Også genanvendelsesteknologierne kunne realisere synergier ved at fungere i samspil. For eksempel kan den ikke-spindbare andel af outputtet fra mekanisk genanvendelse genanvendes gennem en kemisk proces.

4.1 Mekanisk genanvendelse

Mekanisk genanvendelse bruger fysiske kræfter til at omdanne tekstiler til brugbare fibre, hvilket gør det til en lavenergi- og omkostningseffektiv metode. Metoden har den fordel, at den genanvender en lang række fibre og blandinger og håndterer små mængder. Der er både "open-loop" og "closed-loop"-anvendelser, hvor open-loop-anvendelserne i øjeblikket er de mest modne markeder for mekanisk genanvendelse (Jørgensen et al., 2022). Disse applikationer står ofte over for udfordringen med kvalitetsforringelse (lavere styrke og tendens til pilling¹⁰), men ved blanding af genanvendte fibre med nye fibre kan kvaliteten forbedres (McKinsey & Company, 2022). Der er også nye teknologier, der kan reducere denne nedbrydning. Alligevel er det i mange tilfælde tilstrækkeligt til almindelig beklædning, men utilstrækkeligt til arbejdstøj. Nogle af de kemikalier, der anvendes ved vådbehandling af tekstiler, såsom farvestoffer og andre tilsætningsstoffer, bliver til forureninger, der ikke kan fjernes i den mekaniske proces, men skal behandles, f.eks. bleges eller overfarves med betydelig brug af vandressourcer. Dette undgår nogle virksomheder delvist ved at farvesortere affaldet inden shredding (Jørgensen et al., 2022).

4.2 Termomekanisk genanvendelse

Termomekanisk genanvendelse anvender en kombination af varme og tryk til at smelte syntetiske tekstiler og genanvende deres polymerer. Teknologien har et relativt lavt energiforbrug, samt potentialet for at opnå lavere nedbrydning af kvaliteten end andre mekaniske genanvendelsesteknologier. Det er en moden teknologi, som har vist sig effektiv i kommerciel skala for ikke-tekstilaffald (fx PET flasker¹¹), selvom der stadig er specifikke tekniske udfordringer, der skal løses for tekstiler (fx viskositetsudfordringer for PET og skrappe krav til indgående råvarer) (Jørgensen et al., 2022).

4.3 Kemisk genanvendelse

Kemisk genanvendelse kan foregå ved hjælp af flere forskellige metoder, afhængigt af teknologi og hvilken fibertype, der skal genanvendes. Forskellige kemikalier bruges til depolymerisation, opløsning eller hydrolyse med vand, alkoholer, glykoler, ioniske væsker, carbamat eller enzymer for at neddele tekstilfibre til monomerer. Cellulosebaserede materialer som bomuld/viscose/hør/hamp kan genanvendes

¹⁰ Pilling, dannelse af små fiberkugler på overfladen af stoffer.

¹¹ Den nye EU strategi for *Sustainable and Circular textiles* som implementeres i 2024 forbyder dog anvendelsen af PET-flasker til tekstiler, så denne kilde vil snart bortfalde.

kemisk ved produktion af cellulosemasse som senere opløses og anvendes til regenererede cellulosefibre, som bl.a. viskose og lyocell. Inputtet til processen skal gerne indeholde < 50 % cellulosemateriale¹². Kemisk genanvendelse af polyamid/nylon (PA6 eller 6.6) eller polyester er generelt en depolymeriseringsproces, hvor polymerer nedbrydes til monomerer, som herefter kan bygges op igen. Teknologierne til kemisk genanvendelse er stadig ikke færdigudviklede, og relativt få virksomheder arbejder med kemisk genanvendelse. Kvaliteten (fx styrke og holdbarhed) af polymerfibre fremstillet af genanvendte monomerer er dog generelt højere end den samme type fiber (hovedsageligt polyester) fra termisk genanvendelse (smeltning), til gengæld kræver processen mere energi end mekanisk genanvendelse (Jørgensen et al., 2022).

4.4 Termokemisk genanvendelse

Termokemisk genanvendelse er en proces der baserer sig på forgasning, hvor der produceres syngas gennem en delvis oxidationsreaktion af polymerer. Selvom processen kan anvendes på alle typer af fibre, er det ikke en "closed loop"-metode specifikt beregnet til tekstiler (McKinsey & Company, 2022). Den producerede syngas vil primært anvendes til methanol, ammoniak, syntetiske brændstoffer, oxoalkoholer til blødgørere, klæbemidler, og byggematerialer. Til trods for at termokemisk genanvendelse findes i kommerciel skala, vil det kræve en vis tilpasning og udvikling før det kan anvendes til behandling af tekstilaffald (McKinsey & Company, 2022).

4.5 Teknologikrav og omkostninger

I Fashion for Good (2022) findes en tabel over forretningsmodel, prisestimat på feedstock for forskellige fiber-til-fiber genanvendelsesteknologier, samt nøglekriterier for disse. Prisestimatet er den forventede pris der betales for feedstock til fiber-fiber genanvendelse¹³ Her fremgår det blandt andet hvordan teknologierne adskiller sig i

Tabel 3. Forretningsmodel, pris for feedstock for forskellige genanvendelsesteknologier, samt nøglekriterier for disse. Gengivet fra Fashion for Good 2022.

	Prisestimat	Feedstock input	Evne til at håndtere disrupters	Farver
Kemisk genanvendelse - Polyester	€ 0,20 /kg	≥ 95 % polyester, < 5 % andet	Ja	Alle
Kemisk genanvendelse - Polyester/bomuld	€ 0,20 /kg	≥ 60 % polyester, < 40 % bomuld, < 10 % andet	Ja	Alle
Kemisk genanvendelse - Bomuld	€ 0,20 /kg	≥ 95 % bomuld, < 5 % andet, ingen protein baserede fibre	Ja	Alle
Mekanisk genanvendelse	€ 0,40 /kg	≥ 80 % bomuld	Kun aftagelige disrupters	Ensfarvet, alle
Mekanisk genanvendelse	€ 0,09 /kg	≥ 95 % akryl	Kun aftagelige disrupters	Ensfarvet, alle
Mekanisk genanvendelse	€ 1,20 /kg	≥ 80 % uld	Kun aftagelige disrupters	Ensfarvet, alle

¹² Jørgensen et al., 2022.

¹³ Da flere af teknologierne ikke er tilgængelige i industriskala endnu, er prisestimatet et kvalificeret bud fra McKinsey & Company (2022).

forhold til krav til feedstock input, men også deres evne til at håndtere "disrupters" (forstyrrende elementer) som fx knapper, lynlåse og stoflapper, samt krav til forudgående farvesortering. Se Tabel 3.

4.6 Tekstilgenanvendelsesvirksomheder i Europa

Jørgensen et al. (2022)¹⁴ har i 2022 udgivet rapporten *Research and identification of textile plants globally - focusing on fibre-to-fibre recycling for the fashion & textile industry*. Her har de identificeret hvilke tekstilgenanvendelsesvirksomheder der findes globalt, samt kortlagt status på de forskellige genanvendelsesteknologier med hensyn til forretningsmodel, input, output, kapacitet og skalerbarhed. Baseret på dette har vi opsummeret de Europæiske tekstilgenanvendelsesvirksomheder i Tabel 4.

Som det fremgår af tabellen, findes der et væld af forskellige genanvendelsesteknologier for tekstiler på det Europæiske marked. Der er dog stor forskel på de forskellige teknologier, både i forhold til forretningsmodel, in- og outputs, og ikke mindst skala. Ud af listens 25 virksomheder, arbejder de 12 med mekanisk genanvendelse, og hele 11 af disse arbejder i kommerciel skala.

Anderledes ser det ud for de kemi- og biokemibaserede genanvendelsesteknologier. Her arbejder 9 af 13 i pilotskala, mens to virksomheder er på operationel skala og yderligere to arbejder i kommerciel skala.

¹⁴ Life Style and Design Cluser

Tabel 4: Overblik over tekstilgenanvendelsesvirksomheder i Europa. Efter Jørgensen et al., 2022.

Navn	Genanvendelsesteknologi	Forretningsmodel	Input	Output	Kapacitet	Skalerbarhed	Founded	Feedstock	Anvendelse	Skala	Land
Ioncell	Kemisk, Lyocell spindeteknologi	Leverandør af regenererede cellulosefibre	Træpulp og/eller forbehandlet præ- eller postforbruger celluloseholdigt tekstilaffald	Regenererede cellulosefibre	Ukendt	Præcis plan ukendt	Ukendt	Bomuld	Beklædning og polstring	Pilot	Finland
Pure Waste	Mekanisk genanvendelse	Integreret værdikæde fra fiber til slutbeklædning	Industriaffald af bomuld, samt præ- og postforbrugeraffald	Garn, stoffer og beklædningsgenstande	Ukendt	Høj, men ikke kendt	2013	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Finland
Infinited Fiber	Kemisk genanvendelse baseret på carbatmatteknologi	Fiberleverandør	Bomuld eller bomuldsrigt præ- og postforbrugsaffald	Infinna™-fibre	Pilotskala 150 tons/år	Planer for 30.000 metriske tons/år, fuld kapacitet i 2025.	2016	Bomuld	Beklædning	Pilot	Finland
Rester	Mekanisk genanvendelse	Materialegevindingsvirksomhed/fiberleverandør	Præ- og postforbrugeraffald: bomuld, PES eller PES/CO-blandinger & polyamid	Genanvendte fibre	Produktionsskala 6.000 tons/an	Høj, men nøjagtig plan ukendt	2019	Bomuld, Polyester	Beklædning og polstring	Kommerciel	Finland
Re:newcell	Kemisk genanvendelse baseret på opløsning	Råvareleverandør	Præ- og postforbruger af bomuld og polyester/bomuld med højt celluloseindhold	Pulp (Circulose)			2012	Bomuld	Beklædning	Operationel	Sverige
Södra	Kemisk genanvendelse baseret på opløsning	Råvareleverandør	Præ- og postforbrugeraffald, Bomuld og Polyester/ Bomuld med højt celluloseindhold	Cellulosemasse 50 % genanvendt indhold	Produktionsskala 2.000 tons/an	Forventet 25.000 tons/år i 2025	2019	Bomuld	Beklædning	Operationel	Sverige
Plast Nordic	Kemisk genanvendelse via Depolymerisation/alkalisk hydrolyse + mikrobølgeknologi	Leverandør af genanvendt PTA og MEG svarende til jomfruelige oliebaseerede monomerer	PET-baseret affald som polyester, PES/CO, plastikflasker, fødevarer beholdere	Genanvendte monomerer (PTA og MEG), byggesten til syntetiske fibre	30.000 tons/an/anlæg	Forventer at dække det nordiske marked inden for 8-10 år	2018	Polyester	Beklædning	Pilot	Norge
Textile Change	Kemisk genanvendelse baseret på depolymerisering til monomerer	Råvareleverandør	Præ- og post forbrugeraffald af polyester og PES/CO	Cellulosemasse og rPET-pellets (f. PES-fibre)	Laboratorieskala	Forventet 15.000 tons/år i 2023	2020	Bomuld, Polyester	Beklædning	Pilot	Danmark
Textile Pioneers	Mekanisk og termomekanisk genanvendelse som underleverandører	Tjenesteudbyder	Præ- og post forbrugeraffald af bomuld og ren polyester	Garn, stoffer eller færdige beklædningsgenstande	Underleverandør	Ja, men ikke specificeret	2015	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Danmark
I:co	Mekanisk genanvendelse	Serviceudbyder m. integreret værdikæde-indsamling, sortering, videresalg og genanvendelse	Præ- og postforbrugeraffald	Fibre	Produktionsskala 11.000 tons/år	Ja, men ingen oplysninger oplyst	2009	Bomuld, Polyester	Beklædning og polstring	Kommerciel	Tyskland
Altex	Mekanisk genanvendelse efter indsamling og sortering	Fiber-, garn- og non-woven-leverandør	Industrielt, præ- og postforbrugeraffald	Fibre, mest tykkere garn til f.eks. tæpper og fibre til non-woven	Produktionsskala 36.000 tons/an	Høj	1989	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Tyskland
VanOtex	Mekanisk genanvendelse	Fiberleverandør	Industrielt syntetisk affald	Fibre, hovedsageligt syntetisk	Produktionsskala, kapacitet ukendt	Høj, men ingen information angivet	1975	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Belgien
Yarn To Yarn	Biokemisk, enzymatisk genanvendelse	Råvareleverandør	Præ- og postforbrugeraffald	Råvarer til garn	Laboratorieskala	Ukendt	2021	Bomuld, Polyester	Beklædning	Pilot	Schweitz
SaXcell	Kemisk genanvendelse baseret på lyocell-teknologi	Fiberleverandør	Præ- og postforbruger bomuldsaffald	Lyocell-fibre	Pilotskala 25 metriske tons/an	Planlagt til 10.000 metriske tons/år i 2022	2015	Bomuld	Beklædning og polstring	Pilot	Holland
Wolkat	Mekanisk genanvendelse	Stofleverandør	Præ- og post-forbrugsaffald	Stoffer	Produktionsskala 250 tons/år	Planlægger at øge kapaciteten til 500 metriske tons/år	2004	Bomuld, Polyester	Beklædning og polstring	Kommerciel	Holland
CuRe	Kemisk genanvendelse baseret på depolymerisering til polymerer	Råvareleverandør	Industrielt, præ- og post-forbruger polyesteraffald	rPET pellets	Pilotskala 320 kg/h	Ja, planlægger 25.000 tons/år og teknologien licenseres	2018	Polyester	Beklædning	Pilot	Holland
CLZ Tex	Mekanisk og kemisk genanvendelse (med HTEX)	Garn, stof og beklædningsgenstande	Post-forbruger arbejdstøj og uniformer	Monomer byggesten (til ny polyester)	Ikke kendt	Høj	Ukendt	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Holland
Carbios	Biologisk genanvendelse baseret på enzymer	Teknologilicensering og salg af enzymer	Præ- og post-forbruger PET-affald (emballage & tekstil)	Monomerer (PTA og MEG) til fremstilling af 100 % genanvendt PET (f.eks. PES-fiber)	Demoanlæg, 100 tons/år	50.000 tons/år i 2025	2011	Polyester	Beklædning	Pilot	Frankrig
Wetum	Mekanisk genanvendelse	Stofleverandør	Præ-forbrugeraffald	Garn og stoffer	Opstartskapacitet ukendt	Ukendt	2020	Bomuld, Polyester	Beklædning	Pilot	Frankrig

Worn Again	Kemisk genanvendelse	PET-harpiks (til PES-fibre) og cellulosemasse (til viskose/lyocell)	Post-forbruger tekstilaffald PES/CO, PET-flasker, plastaffald	PET-harpiks og cellulosemasse	1.000 metriske tons/år tekstilaffald	Ja, ikke beskrevet	2005	Bomuld, Polyester	Beklædning	Pilot	Storbritannien
Refibra	Kemisk genanvendelse baseret på Lyocell-teknologi	Fiberleverandør	Industrielt, præ- og postforbrugsaffald	Cellulosefibre (Tencel og Refibra)	Nuværende produktionskapacitet ikke kendt	Høj, 25.000 tons/år i 2025	2017	Bomuld, Polyester	Beklædning	Kommerciel	Østrig
Rifó Lab	Mekanisk genanvendelse	Leverandør af beklædnings- og boligtekstiler	Præ- og postforbrugsaffald (primært denim og uld)	Beklædningsgenstande og boligtekstiler	Produktionskapacitet ukendt	Høj, men plan ikke kendt	2017	Bomuld, Uld	Beklædning	Kommerciel	Italien
ReVerSo	Mekanisk genanvendelse	Tjenesteudbyder & garn/stof	Industriaffald og post-forbruger 100% uld & kashmir	Genanvendt garn og stol	Ukendt	Høj, men plan ikke kendt	2014	Cashmere, Kamel, Uld	Beklædning og polstring	Kommerciel	Italien
Econyl	Kemisk genanvendelse baseret på depolymerisering til monomerer	Garn- og polymerleverandør	Præ- og postforbrugeraffald	Polyamidgarn og råmateriale polymer	Produktionsskalakapacitet ikke kendt	Høj	2011	Polyamid	Beklædning og polstring	Kommerciel	Italien
Recover	Mekanisk genanvendelse	Leverandør af genanvendte fibre	Postindustrielt til præ- og postforbrugeraffald	Genanvendt RCotton og RColorBlend fibre	Høj/ikke kendt	Høj. I 2026 350.000 tons/år	2015	Bomuld, Uld, Polyester	Beklædning og polstring	Kommerciel	Spanien

5. Datatilgængelighed

Som indikeret af de forrige afsnit er datagrundlaget for gennemførelse af en livscyklusvurdering for håndtering af tekstilaffald meget mangelfuldt.

For at kunne udarbejde en livscyklusvurdering er der behov for yderligere data, særligt for genanvendelsesteknologierne. Der er derfor behov for indledningsvist at udvælge et par konkrete teknologier, så de relevante data kan indsamles eller estimeres jævnt før nedenstående tabel X.

Som udgangspunkt opgøres data for en given håndteringsproces i forhold til en bestemt mængde input til processen, fx 1 kg eller 1 ton tekstilaffald. Alle masse- og energistrømme ind og ud af processen bør opgøres.

Tabel X Eksempel på tabel for opgørelse af data for en proces til håndtering af tekstilaffald.

Opgørelse per	1 kg ELLER ton tekstilaffald		
INPUT	Enhed	Mængde	Noter
Ei	kWh		
Varme	kJ		
Vand	m ³		
Hjælpestof A	kg		
Hjælpestof B	kg		
Hjælpestof C	l		
OUTPUT			
Oparbejdet XXXX	kg		
Udsorteret YYYY	kg		
Restfraktion ZZZZ	kg		
Spildevand	m ³		
DIREKTE EMISSIONER til vand, jord, og luft			
CO2	kg		
XXX	kg		
YYY	kg		
ZZZ	kg		

6. Sammenfatning

Data for det danske tekstilaffald er meget varierende i forhold til hvilke mængder vi kan forvente at se, når de nye kommunale henteordninger træder i kraft fra juli 2023. Samtidig er indholdet i tekstilfraktionen relativt ubeskrevet i forhold til mængder af individuelle materialefraktioner og fibersammensætning. Begge dele forventes dog til at ændre sig, når den nye ordning træder i kraft, og de første reelle mængder og sammensætninger bliver analyseret.

Status er på nuværende tidspunkt, at data til beskrivelse af sammensætning og genanvendelsesteknologier i relation til en livscyklusvurdering ikke er til rådighed på et ønsket niveau. Der er således ikke en fuld beskrivelse af teknologiernes forbrug (ressourcer, hjælpestoffer, osv.), effektivitet og kvaliteten af output. Der vil derfor være behov for estimering af en række data til brug for livscyklusvurdering af håndtering af tekstilaffald.

Data og forudsætninger medtaget i en livscyklusvurdering kan have væsentlig betydning for resultatet af vurderingen. Datakvalitet og usikkerheder bør derfor medtages som en del af livscyklusvurderingen. Det er derfor nødvendigt at afklare en række spørgsmål inden gennemførelse af livscyklusvurderingen, for eksempel:

- Hvilke mængder af tekstilaffald forventes der indsamlet i den kommunale henteordning?
- Hvilken sammensætning forventes tekstilaffaldet at have?
- Hvor stort tab forventes der at være i de forskellige led af håndteringer?
- Hvilke teknologier ønskes undersøgt?
- Hvilke tilgængelige data findes på disse?

Som nævnt i afsnittet om genanvendelsesteknologier er nogle teknologier målrettet bestemte typer af fibre. Derfor forventes det også, at den langsigtede løsning for genanvendelse af tekstiler højst sandsynligt vil bestå et samspil af forskellige teknologier, for at opnå den højeste samlede genanvendelse.

Referencer

Circular Copenhagen: Winberg, Tina (2022): Results from automatic sorting of recyclable textiles *Circular Copenhagen*. <https://circularcph.cphsolutionslab.dk/cc/news/results-from-automatic-sorting-of-recyclable-textiles>

European Environment Agency (2019): Private consumption: Textiles EU's fourth largest cause of environmental pressures after food, housing, transport. *European Environment Agency* <https://www.eea.europa.eu/highlights/private-consumption-textiles-eus-fourth-1>

Energistyrelsen (2022): Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22): Affaldsforbrænding, https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/9a_kf22_forudsætningsnotat_-_affaldsforbraending.pdf

Fashion for Good: van Duijn, Hilde; Carrone, Natalia Papú; Bakowska, Ola; Huang, Qianjing; Akerboom, Marieke; Rademan, Kathleen & Vellanki, Dolly (2022): Sorting for Circularity Europe, *Circle Economy, EigenDraads & Fashion for Good*

Johnsen, Hanne Ørbæk; Hallstrøm, Mikael; Kiørboe, Nikola; Katkjær, Alexandra & Nyegaard, Rasmus (2021) Sortering og indsamling af tekstilaffald fra husholdninger, Miljøprojekt nr. 2169, *Miljøstyrelsen*.

Jørgensen, Poul-Erik; Werner, Anette; Constantinou, Gabriella (2022): Research and identification of textile plants globally - focusing on fibre-to-fibre recycling for the fashion & textile industry, *Lifestyle & Design Cluster*.

Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi (2020): <https://www.regeringen.dk/media/9591/aftaletekst.pdf>

McKinsey & Company: Janmark, Jonatan; Magnus, Karl-Henrik; Strand, Moa; Langguth, Nikolai & Hedrich, Saskia (2022): Scaling textile recycling in Europe—turning waste into value, *McKinsey Apparel, Fashion & Luxury Group*.

Miljøstyrelsens vidensbank for tekstilaffald: <https://mst.dk/affald-jord/affald/affaldsfraktioner/tekstil/vidensbank-tekstilaffald/>

Tekstilsymbiose Herning (2022): Tekstilsymbiose Herning skaber værdi i tekstilaffald, *Lifestyle & Design Cluster*. <https://ldcluster.com/portfolio-item/tekstilsymbiose-herning-ny/>

Textile Exchange (2021): Preferred Fiber and Materials - Market Report, *Textile Exchange* https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report_2021.pdf

Watson, David; Trzepacz, Steffen & Pedersen, Ole Gravgård (2018): Kortlægning af tekstilflows i Danmark, Miljøprojekt nr. 2017, *Miljøstyrelsen*.

Watson, David; Trzepacz, Steffen; Svendsen, Nina Lander; Skottfelt, Simon Wittus; Kiørbo, Nikola; Elander, Maria & Nordin, Hannah Ljungkvist (2020): Mod 2025: Erfaring med separat indsamling og behandling af tekstiler – et nabotjek, Miljøprojekt nr. 2140, *Miljøstyrelsen*, tabel 1.2.

Bilag A Cirkular Copenhagen Sorteringsresultater

Projektbeskrivelse og sorteringsrapporter kan findes på Circular Copenhagen's hjemmeside¹⁵.

Table 1: Material composition of wearable textiles

Category	Material	Weight in kilo Rødovre	Weight in kilo Næstved	Percentage
1	100% cotton	48,2	638,0	28,1
2	100% viscose	8,5	21,7	1,2
3	100% polyester	48,1	429,0	19,5
4	100% Polyamide	1,7	8,3	0,4
5	100% Acrylic	3,0	110,6	4,6
6	100% Wool	4,7	39,2	1,8
7	Polyester-cotton-blend, cotton content < 20%	1,5	22,1	1,0
8	Polyester-cotton-blend, polyester content < 20%	6,1	50,5	2,3
9	Polyester-cotton-blend, other proportions	13,0	146,7	6,5
10	Polyester-viscose-blend, viscose content < 20%	1,0	4,2	0,2
11	Polyester-viscose-blend, polyester content < 20%	0,6	5,1	0,2
12	Polyester-viscose-blend, other proportions	7,3	38,1	1,9
13	Polyester-elastane-blend	1,7	19,2	0,9
14	Polyamide blends	23,9	32,6	2,3
15	Acrylic-wool-blend	0,2	14,6	0,6
16	Acrylic-cotton-blend	2,6	22,0	1,0
17	Other material	56,9	460,9	21,2
18	Low spectral signal	21,1	130,4	6,2
Total		250,1	2193,2	100,0

¹⁵ <https://circularcph.cphsolutionslab.dk/cc/news/results-from-automatic-sorting-of-recyclable-textiles>

Table 2: Material composition of non-wearable textiles.

Category	Material	Weight in kilo Rødovre	Weight in kilo Næstved	Percentage
1	100% cotton	913,0	2138,5	44,6
2	100% viscose	59,0	39,4	1,4
3	100% polyester	401,0	361,1	11,1
4	100% Polyamide	21,3	11,8	0,5
5	100% Acrylic	36,7	71,2	1,6
6	100% Wool	69,7	74,3	2,1
7	Polyester-cotton-blend, cotton content < 20%	15,4	12,2	0,4
8	Polyester-cotton-blend, polyester content < 20%	101,2	71,2	2,5
9	Polyester-cotton-blend, other proportions	210,0	213,0	6,2
10	Polyester-viscose-blend, viscose content < 20%	12,2	4,0	0,2
11	Polyester-viscose-blend, polyester content < 20%	12,0	2,3	0,2
12	Polyester-viscose-blend, other proportions	73,6	42,8	1,7
13	Polyester-elastane-blend	126,0	28,2	2,3
14	Polyamide blends	266,6	49,5	4,6
15	Acrylic-wool-blend	20,5	14,3	0,5
16	Acrylic-cotton-blend	24,3	13,8	0,6
17	Other material*	579,2	372,4	13,9
18	Low spectral signal	267,4	115,2	5,6
Total		3209,1	3635,2	100,0

Table 3: Material composition of waste

Material	Weight in kilo Rødovre	Weight in kilo Næstved*	Percentage
Shoes	472,0	3,7	22,7
Textile waste	195,5	1007,9	57,5
Feathers	140	0	6,7
Municipal waste	106,5	0	5,1
Bags	81,1	0	3,9
Electronic waste	28	0	1,3
Metal	23	0	1,1
Papers/cardboard	15	0	0,7
Foils	13,5	0	0,6
Carpts	3,1	0	0,1
Plastic	3	0	0,1
Total	1080,7	1011,6	100,0

*Den store forskel i data skyldes forskellige indsamlingsmetoder. I Rødovre var der indsamlet kommunalt til forsortering, mens batchen fra Næstved var rester fra en forsortering fra AffaldPlus. Batchen fra Rødovre bestod af hele tekstiler, mens batchen fra Næstved bestod af tekstilstrimler.

Bilag B NewRetex sorteringsresultater

Materialefraktion	Mængde [kg]	Mængde [%]	Mekanisk fiber- genanvendelse	Kemisk fiber- genanvendelse	Downcycling	Ekstern affalds- håndtering
Viscose 100%	175	1,91	X			
Cotton 100%	1687	18,46	X			
Lyocell+Lyocell/Viscose	352	3,85	X			
Cotton/Poly under 60% Cotton	620	6,78	X			
Pan 100% (Acryl)	0	0,00				
Cotton/Elastan+Cotton/Pan	1548	16,94		X		
Cotton/Poly over 60% Cotton	564	6,17			X	
PA (Nylon)	127	1,39		X		
Polyester 100%	1122	12,28		X		
Silke+Uld	446	4,88	X			
Genanvendeligt tekstilaffald i alt	6641	72,66	3280 kg	2797 kg	564 kg	0 kg
Fodtøj	500	5,47				X
Våde/beskidte/mugne tekstiler	625	6,84				X
Multilagstekstiler	624	6,83				X
Andet affald	750	8,21				X
Ikke genanvendeligt tekstilaffald i alt	2499	27,34	0 kg	0 kg	0 kg	2499 kg
Indleveret materiale i alt	9140		3280 kg	2797 kg	564 kg	2499 kg

Tablet 1: Oversigt over indleveringens indhold. Mekanisk genanvendelse foretages i Tyrkiet, Italien, Spanien og Portugal. Kemisk genanvendelse foretages i Sverige og Finland. Et eksempel på downcycling er til kontorskriveborde i Danmark.

NewRetex fremhæver følgende i deres rapport:

En stor del af de indleverede tekstiler, er ikke affaldstekstiler og vil derfor kunne genbruges frem for genanvendes. Det vurderes at 25% af tekstilerne egner sig til gensalg på globale markeder, mens omkring 15% af tekstilerne vil egne sig til gensalg i Danmark. Dette forudsætter dog, at tekstiler bliver vasket, hvilket kan være en besværlig og dyr proces, både økonomisk og ressourcemæssigt.

- Mange af poserne i det indleverede materiale var beskadiget med modtagelse. Dette havde medført af en unødvendig stor del af tekstilerne var beskidte, fugtige eller sågar mugne.
- Der var en relativ stor mængde skumpuder og skumunderlag blandt det indleverede materiale.
- Der var en stor fraktion af ikke-tekstilaffald i det indleverede materiale. Heriblandt var genstande som: CD'er, lamper, tennisbolde og legetøj (se Bilag A). Derudover forekom også del skumpuder og madrasser.

Vi har på baggrund af ovenstående følgende anbefalinger for forbedring indsamling og håndtering af tekstilaffaldet:

- Udvide borgeroplysning så madrasser, puder, sko, tasker og bæltter ikke bliver indleveret i tekstilfraktionen. Oplys desuden at fraktionen er tiltænkt tekstilaffald, og ikke tekstiler som egner sig til gensalg.

- Overvej hvordan materialet håndteres, så der ikke går hul på poserne og så materialet ikke ligger i fugtige områder eller er udsat for regn. Dermed vil en større procentdel af tekstilerne være egnet til genanvendelse.

Bilag C Sorting for Circularity Europe

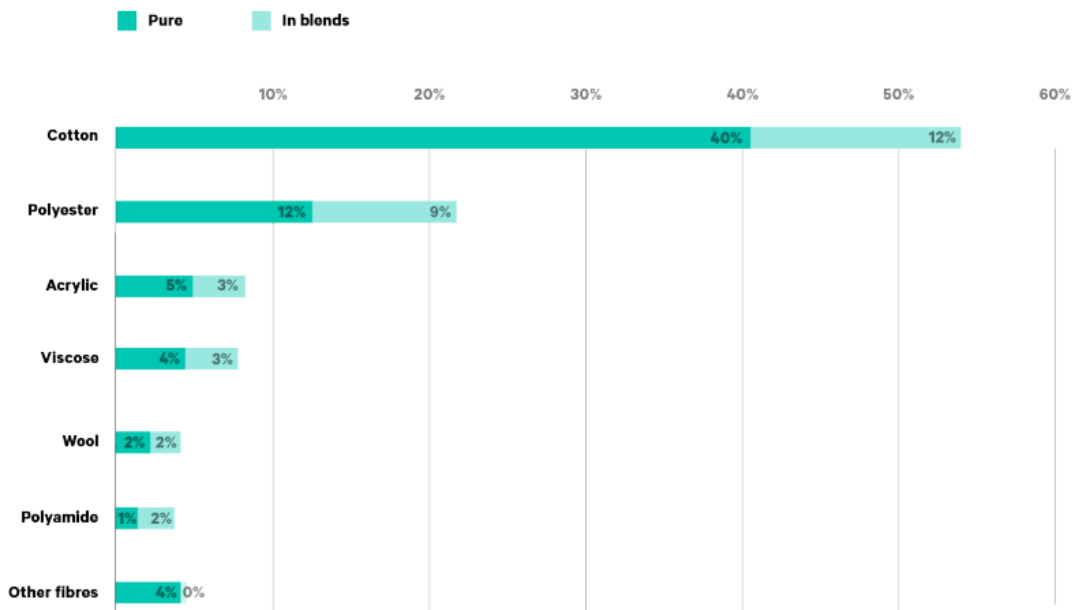


FIGURE 7: PRESENCE OF FIBRE TYPES IN THE FRACTION, OCCURRENCE AS PURE MATERIALS VS. IN BLENDS. SOURCE: CIRCLE ECONOMY AND FASHION FOR GOOD (2022)