



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2022 30 stp**

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

## **Miljø- og ressurspåvirkning fra innkjøp av og bruk av tekstiler i Oslo kommune**

- **Klimagassregnskap og LCA av  
tekstilforbruket i Oslo kommune  
2019.**

Håkon Bakken Gjørva

Fornybar Energi

## Forord

Masteroppgaven i fornybar energi er avslutning på fem flotte studieår på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Tiden på Ås har vært svært lærerik, og preget av personlig utvikling og akademisk kompetanseløft. Jeg har møtt personer som kommer til å være med meg for resten av livet, og jeg er takknemlig for tiden som har vært. Jeg ser frem til å ta steget ut i arbeidslivet, der arbeid med sirkulærøkonomi og livsløpsmetodikk er sluttmålet.

Jeg vil rette en stor takk til veileder Ole Jørgen Hansen som har vist høy kompetanse, gitt god oppfølging og tilbakemeldinger gjennom masterperioden. Tusen takk til Tonje Nerby og Ingvild Skøien som har vært kontakter i Oslo kommune. Jeg vil utnevne en spesiell takk til min partner Helene Drennan Olsen som har vært en kjær støttespiller både hjemme og som korrekturleser gjennom masterskriveprosessen. En stor takk til mine søstre Marit Bakken Gjørva og Inger Bakken Gjørva som har lest og kommet med tilbakemeldinger knyttet til masteroppgaven. Ytterligere vil jeg takke mine medstudenter på fornybar energi som jeg har delt lesesal og lunsjpauser med de siste månedene. Dere vet hvem dere er.

Gratitude Reciprocates.

Norges Miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 15. Juni 2022

A handwritten signature in black ink, reading "Håkon Gjørva". The signature is written over a horizontal line that spans the width of the page.

Håkon Bakken Gjørva

## Sammendrag

Verden, Europa og Norge står ovenfor store utfordringer knyttet til bærekraft, global oppvarming og ressursmangler. For å ha tilstrekkelig tilgang til kritiske ressurser og en klode med et levedyktig livsmiljø for fremtidige generasjoner er det viktig at det blir gjort progressive endringer til et samfunn som gjør de riktige valgene for de riktige grunnene. Denne masteroppgaven analyserer tekstilforbruket til Oslo kommunes virksomheter. Masteroppgaven sikter mot å besvare på klimafotavtrykket til kommunen og legge frem eksempler for hvordan kommunen kan bli mer bærekraftig. Dette er gjort gjennom en materialstrømanalyse med et datasett fra innkjøpte tekstiler 2019 og en livsløpsanalyse av et arbeidsplass som eksempel på dagens tekstilløsning med 3 scenarier for å dokumentere mulige effekter av forbedring i systemene. Masteroppgavens formål er å være til nytte ved beslutninger knyttet til fremtidige tekstilkonsum beslutninger for Oslo kommunes virksomheter. Livsløpsanalysene og materialstrømanalysen har gitt gode indikasjoner på forbedringsområder og det er foreslått tiltak Oslo kommunes kan implementere i sin virksomhet for å nå et mer bærekraftig konsum.

Resultatene fra analysen av klimagassutslipp for innkjøp av tekstiler 2019 viser til et utslipp på 359 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter fra cradle-to-gate. Livsløpsanalysene med sine forutsetninger gav indikasjoner på hvilke deler av verdikjeden som har størst effekt på miljøeffektene der spesielt utbytte av polyester til resirkulert polyester markerte seg som et godt alternativ. Resultatene indikerer at i et bærekraftig perspektiv er det andre miljøeffekter som bør vurderes, og ikke eksklusivt globalt oppvarmingspotensial som bør vurderes ved innkjøp av tekstiler. Det ble gjort en litteraturstudie på forbedringer knyttet til tekstilverdikjeden med flere kilder som anbefaler lignende eller samme tiltak. Det ble gjort funn av at tilgjengelig data på tekstilverdikjeden er noe manglende. Følsomhetsanalyser på levetid av tekstiler ble gjennomført der resultatene antyder at det er mange faktorer rundt tekstilers levetid og ressurser i kretsløp som er påvirket av spesielt design av produkt og kvaliteten på fiber-til-fiber resirkuleringsteknologi. Europa kommisjonen publiserte nye strategier for tekstilforbruk i løpet av masterperioden som gav god fylde, og viste at tekstil som verdikjede er i endring.

## Abstract

The world, Europe and Norway are standing in front of big challenges concerning sustainability, global warming and resource shortage. To achieve a sustainable earth with resources for the coming generations it is imperative that progressive changes are made towards a society with an aptitude for making the right decisions for the right reasons. This master's thesis will analyze the textile consumption of Oslo municipality activities. This thesis aims to answer the climate footprint of Oslo municipality and research possibilities for more sustainable practice. This has been complete through a material flow analysis and a life-cycle assessment with comparative scenarios. The purpose of the thesis was to be of use in future decisions regarding textile consumption for Oslo municipality. The life-cycle analysis and material flow analysis have given good indications on potential for improvement within Oslo municipality. Further, recommendations have been given regarding how to make Oslo municipalities practices more sustainable.

The results from the material flow analysis shows an accumulated climate emissions of 359 ton CO<sub>2</sub> equivalents from cradle-to-gate. The life-cycle analysis with its prerequisites have given and indications on which areas of the value chain that has the most impacts on the environment and shown that recycled polyester is a good alternative. Further, the analysis highlighted that when considering textile purchases, global warming potential is not exclusively a good singular metric for sustainability and should be considered together with other environmental effects. A literary study was conducted that gathered views from many sources that ultimately came to the same recommendations for the textile value chain. It was also indicated that available sources on textiles are somewhat lacking. A sensitivity analysis was conducted on product life expectancy where the results indicated that there are many factors surrounding lifetime, especially design of product and the quality of fiber-to-fiber recycling technologies. The European commission published new strategies for textile consumption during the thesis writing period and showed that circumstances surrounding textiles are changing.

## Innholdsfortegnelse

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| Forord .....                                                  | i   |
| Sammendrag .....                                              | ii  |
| Abstract .....                                                | iii |
| Innholdsfortegnelse .....                                     | iv  |
| Tabelloversikt .....                                          | vi  |
| Figur liste .....                                             | vi  |
| Ord og definisjoner .....                                     | vii |
| 1. Innledning og Problemstilling .....                        | 1   |
| 1.1 FNs bærekraftsmål. ....                                   | 1   |
| 1.2 EU strategi for bærekraftige og sirkulære tekstiler ..... | 2   |
| 1.3 Avfallspyramiden og sirkulær økonomi .....                | 3   |
| 1.4 Situasjonen i dag .....                                   | 4   |
| 1.5 Problemstilling: .....                                    | 6   |
| 2. Kunnskapsstatus .....                                      | 7   |
| 2.1 Tekstil levetid, eierskap og design .....                 | 7   |
| 2.2 Gjenbruk av tekstil og virkemidler for økt gjenbruk ..... | 9   |
| 2.3 Belastninger ved bruk og vedlikehold av tekstil .....     | 11  |
| 2.4 Hvordan gjøre polyester verdikjeden mer bærekraftig ..... | 12  |
| 2.4.1 Resirkulering av polyester .....                        | 16  |
| 2.5 Bomullstekstil .....                                      | 17  |
| 2.6 EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles .....   | 21  |
| 3. Metode, datagrunnlag og studieobjekt .....                 | 24  |
| 3.1 Forskningsdesign – valg av metode .....                   | 24  |
| 3.2 Kartlegging av innkjøp i Oslo Kommune .....               | 25  |
| 3.3 Datagrunnlag for klimaregnskap .....                      | 26  |
| 3.4 Materialstrømanalyse – Forskningsspørsmål 1 .....         | 27  |
| 3.5 LCA – forskningsspørsmål 2 .....                          | 28  |
| 3.5.1 Mål og Omfang .....                                     | 28  |
| 3.5.2 Funksjonell enhet .....                                 | 28  |
| 3.5.3 Systemgrenser .....                                     | 29  |
| 3.5.4 Forutsetninger .....                                    | 30  |
| 3.5.5 Cut-off .....                                           | 31  |
| 3.5.6 Krav til datakvalitet .....                             | 31  |
| 3.5.7 Svinn .....                                             | 32  |
| 3.5.8 Allokering .....                                        | 32  |

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.9 Scenariobygging og Følsomhetsanalyser .....                                          | 32 |
| 3.6 All data brukt .....                                                                   | 33 |
| 4.Resultater .....                                                                         | 36 |
| 4.1 Forskningsspørsmål 1, Innkjøp .....                                                    | 36 |
| 4.2 Forskningsspørsmål 2 Livsløpsanalyse: .....                                            | 38 |
| 4.3 Forskningsspørsmål 3: Strategier for et mer klimaeffektivt og bærekraftig konsum ..... | 41 |
| 5.Diskusjon .....                                                                          | 47 |
| 5.1 Viktigste erfaringer fra resultater og analyse.....                                    | 47 |
| 5.2 Hvor robuste er funn og data .....                                                     | 50 |
| 5.2.1 Allokering.....                                                                      | 53 |
| 5.3 Anbefaling til Oslo Kommune.....                                                       | 54 |
| 5.4 Tema for oppfølgingsstudie.....                                                        | 56 |
| 6.Konklusjon .....                                                                         | 58 |
| 7. Referanser .....                                                                        | 59 |
| 8. Vedlegg .....                                                                           | 62 |
| Vedlegg 1: Bilde av canvasprosessene i SimaPro flow programmet for basisscenarioet 1. .... | 62 |
| Vedlegg 2: Notater fra intervjuet med Eşref Koçak .....                                    | 62 |

## Tabelloversikt

|                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TABELL 1: UTARBEIDET MED BASIS I FORMIDLING AV SAMLEDE TILTAK FRA RAPPORT (PALACIOS-MATEO ET AL., 2021).                                                                                                                               | 14 |
| TABELL 2: OVERSIKT OVER HVORDAN VAREKATEGORIENE ER LAGT FREM:                                                                                                                                                                          | 25 |
| TABELL 3: OVERSIKT OVER HVA SOM ER LAGT TIL GRUNN FOR HVER VAREKATEGORI (PER ENHET) I VEKT OG MATERIALSAMMENSETNING FOR BEREKNING AV MENGDE OG MATERIALTYPE FORDELT TOTALT. ESTIMERT VEKT OG VEIEFORSØK AV GILLEBERG(GILLEBERG, 2021). | 27 |
| TABELL 4: OVERSIKT OVER DATA MED KILDER BRUKT I MATERIALSTRØMANALYSE OG LCA.                                                                                                                                                           | 33 |
| TABELL 5: TABELLOVERSIKT OVER RESULTATER AV MATERIALSTRØMSANALYSE FOR OSLO KOMMUNES INNKJØP AV TEKSTIL FOR ÅRET 2019.                                                                                                                  | 36 |
| TABELL 6: EN ILLUSTRERT OVERSIKT OVER TOTALE MILJØEFFEKTER FRA DE FORSKJELLIGE SCENARIOENE.                                                                                                                                            | 40 |
| TABELL 7: ILLUSTRERER EN OVERSIKT OVER TOTALE MILJØEFFEKTER FOR BOMULLSKULTIVERINGSMETODEN VED BASIS SCENARIO 1 OG SCENARIO 2 MED ØKOLOGISK BOMULL.                                                                                    | 42 |
| TABELL 8: ILLUSTRERER OVERSIKTEN OVER FORSKJELLENE I MILJØEFFEKTER MELLOM BASISSCENARIO 1 OG RESIRKULERT POLYESTER SCENARIO 3 VED POLYESTERPRODUKSJONEN                                                                                | 43 |
| TABELL 9: FØLSOMHETSANALYSE OVER HVORDAN MILJØEFFEKTENE BLIR PÅVIRKET AV +30% TIL -30% ENDRING AV TOTALT ANTALL VASKESYKLUSER FØR PLAGGET FALLER FRA HVERANDRE VED FU BASISSCENARIO 1.                                                 | 44 |
| TABELL 10: ANTALL VASKESYKLUSER FØR ENDRING TILSVARER MILJØEFFEKTER FOR BASIS SCENARIO 1.                                                                                                                                              | 44 |

## Figur liste

|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGUR 1: FNS BÆREKRAFTMÅL SOM ER RELEVANTE FOR HÅNDTERING AV TEKSTILER. ILLUSTRERT AV: (GILLEBERG, 2021) FRA NETTSIDEN(FN-SAMBANDET, 2022)                                                                                                                                                | 1  |
| FIGUR 2: ILLUSTRERER STEGEN I AVFALLSPYRAMIDEN, OGSÅ BESKREVET SOM AVFALLSHIERARKIET. HVOR MÅLET ER Å FLYTTE ANDELEN AVFALL OPPOVER I HIERARKIET. (GJENVINNING, 2021)                                                                                                                     | 3  |
| FIGUR 3: VISER FOKUSET FOR OSLO KOMMUNE STRATEGI – REDUSERE MATERIELT FORBRUK: REDUSERE, DELE OG SIRKULERE OG ERSTATTE.                                                                                                                                                                   | 5  |
| FIGUR 4: ILLUSTRERER EN OVERSIKT OVER PLAGGS LEVETID FRA FORSKJELLIGE STUDIER GITT I ÅR. LEVETIDEN HER ER IKKE DEN TOTALE ALDEREN TIL KLÆRNE, MEN DET VISER HVOR LENGE KLÆRNE VAR EID AV PERSONEN(LAITALA & KLEPP, 2020).                                                                 | 7  |
| FIGUR 5: ENERGI KONSUM AV FORSKJELLIGE TEKSITLER ILØPET AV LIFSSYKLUSEN DERES. TEKSTILENE ER BLANDINGER AV BOMULL, POLYESTER, NYLON OG VISCOS(YASIN ET AL., 2016).                                                                                                                        | 11 |
| FIGUR 6: ILLUSTRASJON AV POLYESTERVERDIKJEDEN FOR POLYESTER TEKSTILER (PALACIOS-MATEO ET AL., 2021)                                                                                                                                                                                       | 13 |
| FIGUR 7 ENKEL ILLUSTRASJON AV BOMULLSPRODUKSJONSKJEDEN SOM IMPLEMENTERER RESIRKULERING.                                                                                                                                                                                                   | 18 |
| FIGUR 8: VISER HOVEDSTEGENE I BOMULLSPRODUKSJON VED ORGANISK, KONVERSJONELL OG RESIRKULERT METODE.(F.A. ESTEVE-TURRILLAS, 2017)                                                                                                                                                           | 19 |
| FIGUR 9: OVERSIKT OVER TOTALT INNKJØP AV KLÆR I ANTALL ENHETER I 2019, FORDELT PÅ VAREKATEGORI 3.                                                                                                                                                                                         | 25 |
| FIGUR 10: BILDET ILLUSTRERER PRODUKTLØPET TIL TEKSTILPRODUKTER TYDELIGGJORT MED LCA-FASER. SYSTEMGRENSENER VISER MED RØD STRIPET LINJE RUNDT FASE A1-A4. FORSKNINGSSPØRSMÅL 1 FORHOLDER SEG TIL DENNE SYSTEMGRENSEN. TRANSPORTETAPPER ER MARKERT MED LINJE OG PIL. (ILLUSTRASJON, GJØRVA) | 29 |
| FIGUR 11: BILDET ILLUSTRERER PRODUKTLØPET TIL TEKSTILPRODUKTER MED LCA-FASER. SYSTEMGRENSEN VISER MED RØD STRIPET LINE RUNDT FASE A1-D. FORSKNINGSSPØRSMÅL 2 FORHOLDER SEG TIL DENNE SYSTEMGRENSEN. (ILLUSTRASJON, GJØRVA)                                                                | 29 |
| FIGUR 12: TOTAL UTSLIPP VED PRODUKSJON FORDELT PÅ VAREKATEGORI 3                                                                                                                                                                                                                          | 36 |
| FIGUR 13: CO2 UTSLIPP PRODUKSJON FORDELT PÅ STOFFTYPE I TONN CO2 EQ.                                                                                                                                                                                                                      | 37 |
| FIGUR 14: GLOBAL OPPVARMINGS POTENSIAL; KG CO2 EQ PER FU, FORDELT PÅ FASER I LIVSLØPET.                                                                                                                                                                                                   | 38 |
| FIGUR 15: NORMALISERING AV MILJØEFFEKTER VED SIMAPRO FLOWS PROGRAM VEKTING. BILDE KLIPPET FRA SIMAPRO FLOW                                                                                                                                                                                | 39 |
| FIGUR 16: ILLUSTRERER HVORDAN MILJØEFFEKTEN KREFTFREMKALENDE TOKSISITET HOS MENNESKER ER FORDELT VED DE FORSKJELLIGE FASENE I VERDIKJEDEN I KG 1,4-DCB. BILDE KLIPPET FRA SIMAPRO FLOW.                                                                                                   | 39 |
| FIGUR 17: OVERSIKT OVER MILJØEFFEKTENE AV 1 FU VED DE FORSKJELLIGE SCENARIOENE DER SCENARIO 1 I GULT ER REFERANSESCENARIOET.                                                                                                                                                              | 40 |
| FIGUR 18: ILLUSTRERER EN KOMPARATIV FORDELING AV MILJØEFFEKTER MELLOM SCENARIO 1 OG SCENARIO 2 KNYTTET TIL BOMULL KULTIVERING FOR 1 FU DER SCENARIO 1 ER REFERANSESCENARIOET.                                                                                                             | 42 |
| FIGUR 19: OVERSIKT OVER MILJØEFFEKTENE AV 1 FU VED FASE POLYESTERPRODUKSJON (65%) SAMMENLIGNET MED REFERANSESCENARIO 1 FARGET I GULT.                                                                                                                                                     | 43 |
| FIGUR 20: BILDE AV CANVASPROSESSENE I SIMAPRO FLOW PROGRAMMET FOR BASSISSCENARIET 1.                                                                                                                                                                                                      | 62 |

## Ord og definisjoner

GWP - Global Warming Potential

FU - Funksjonell enhet.

LCA - Livsløpsanalyse.

PET - Polyester.

Elastan - Er en svært elastisk syntetisk tekstilfiber laget av polyuretan.

Pellets - Kommersielt brukt samle metode av polyester formet som små runder plastkuler.

Ginning - Prosessen der man separerer bomulls lo fra frø og avfallsmaterial.

Spinning - Prosessen der man fører sammen fibre av ull, silke, bomull eller andre fibre til garn.

Bærekraftig - En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.

Grønnvasking - Er en form for villedende markedsføring der et produkt, tjeneste eller virksomhet fremstilles som bedre enn den faktisk er i forhold til innvirkning på klima, natur og mennesker.

Downcycled – Er en resirkuleringspraksis som involverer å bryte en gjenstand ned til komponenter eller material for så å resirkulere hvis mulig, men oftest til produkter av lavere verdi.

Grønt vann - Reinvann og fuktighet lagret i jord som fordamper iløpet av produksjonsprosessen, hovedsakelig iløpet av avlingsvekst.

Blått vann - Blått vann omtales som overflatevann og grunnvann, ofte brukt ved irrigasjon.

Cradle-to-gate - Karbonfotavtrykket til et produkt fra øyeblikket det blir produsert til det er i butikken.

Cradle-to-grave - Karbonfotavtrykket til et produkt fra øyeblikket det blir produsert til siste stopp i avfallsfasen.

Referanestrøm - Mengden av produkter som kreves for å oppfylle den funksjonelle enheten kvantifiseres og er lik.

European Green deal - Med kommisjonens egne ord er **Green Deal** en vekststrategi som skal transformere **EU** til en moderne, konkurransedyktig økonomi med netto nullutslipp i 2050.

## 1. Innledning og Problemstilling

Verden, Europa og Norge står ovenfor store utfordringer knyttet til bærekraft, global oppvarming og ressursmangler. Dagens marked og drift er håndtert av stadig større fokus på økonomisk vekst, effektivisering og et lineært bruk-og-kast system. For å ha tilstrekkelig tilgang til kritiske ressurser og en klode med et levedyktig livsmiljø for fremtidige generasjoner er det viktig at det blir gjort progressive endringer til et samfunn som gjør de riktige valgene for de riktige grunnene. Sirkulær økonomi er et begrep og filosofi som forsøker å gjennomføre endringer mot et mer bærekraftig samfunn. Ressurser skal gå i kretsløp, helst flere ganger, samtidig som produkter blir designet og omhandlet av brukere, produsenter og samfunnet på en effektiv måte. Dette går inn i det som er problemstillingen for denne masteroppgaven. Tekstiler er et produkt som alle mennesker har et forhold til. Uavhengig om det er klær, plagg, sovesett eller presenning det gjelder så bruker vi mennesker tekstiler til en myriade av funksjoner. Tidligere masterelev Solveig Gilleberg har gjort en analyse av i tekstildataene til Oslo kommune. Gjennom denne masteren skal tekstilforbruket til offentlig sektor, og da spesifikt Oslo kommune ytterligere undersøkes.

Oslo kommune har behov for informasjonsflyt og statistikk for å kunne forbedre dagens situasjon mot de overveiende samfunnsmålene som Norge, Europa og verden har på klima og konsum. Bærekraft er et uttrykk som brukes i mange anledninger av alt fra politikere til markedsføring hos bedrifter. For å unngå misforståelser definerer denne oppgaven bærekraftig begrepet som: **En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov** (DF-Sambandet, 2021).

### 1.1 FNs bærekraftsmål.

Høsten 2015 vedtok FNs medlemsland 17 bærekraftsmål som verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikheter og stoppe klimaendringer innen 2030 (FN-sambandet, 2022). Denne oppgaven vil ikke se på sosiale og økonomiske faktorer, men det skal nevnes at det ikke kan ignoreres i en helhetlig vurdering. Figur 1 viser relevante bærekraftsmål knyttet til tekstil. FNs bærekraftsmål er sentrale for fremtidsrettet planlegging innenfor Norge og EU. I 2021 ble EUs



Figur 1: FNs bærekraftsmål som er relevante for håndtering av tekstiler. illustrert av: (Gilleberg, 2021) fra nettsiden(FN-sambandet, 2022)

tekstilstrategi lagt frem med fokus på sirkulærøkonomi, klimanøytralitet og produkt designet med lang holdbarhet (Regjeringen.no, 2021). Norge gjør tiltak for å etterfølge bærekraftsmålene. Det ble lagt frem konkrete tiltak for å forbedre tekstilindustrien etter COVID-19 (Regjeringen.no, 2021):

- Gjøre tekstilindustrien mer konkurransedyktig
- Anvende prinsipper for sirkulær økonomi på produksjon, produkter, forbruk, avfallshåndtering og sekundære råvarer.
- Fremme innovasjon, forskning og investeringer for tekstilbransjen.
- Økt resirkulering og gjenbruk

Dette ble videreutviklet når EUs strategi for bærekraftige og sirkulære tekstiler ble lagt frem og vedtatt i 2022.

## 1.2 EU strategi for bærekraftige og sirkulære tekstiler

I mars 2022 la europakommisjonen frem: *EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*. Den legger grunnlag for mye av strategien for Europa knyttet til tekstil. Mellom 2000 og 2015 doblet nesten det globale tekstilforbruket seg (Commission, 2022). Konsumet av klær og fottøy er forventet å øke med 63% frem til 2030, fra 62 millioner tonn til 102 millioner tonn. I et globalt livssyklusperspektiv står tekstilkonsumet i EU som det fjerde mest negative påvirkningen for globale klimaendringer og tredje verste knyttet til landareal- og vannforbruk i regionen. Innad i EU blir omtrent 5,8 million tonn tekstil kastet hvert år, tilsvarende et gjennomsnitt på 11kg per person(Commission, 2022). Det norske innkjøpet av tekstiler er beregnet til ca. 80 000 tonn pr år, som tilsvarer 15 kg per person(Watson, 2020). Det anslås at cirka 88% av tekstilinnkjøpet (13,3 kg per person) kommer fra husholdningene, mens de resterende 12% blir delt mellom privat næringsliv og offentlig virksomheter(Watson, 2020). Siden klær er den største bidragsyteren av tekstilkonsum i EU (81%), er trendene ved en verdikjede som skaper et større konsum og plagg som byttes ut under kortere og kortere tidsintervall, problematisk(Commission, 2022). Konsumsmønstrene av overproduksjon og overkonsum er ikke bærekraftig. Mellom 1996 og 2018 har prisen for klær sunket med 30% relativt til inflasjonen. Ytterligere, har økende etterspørsel for tekstil forsterket ineffektivt bruk av ikke-fornybare ressurser, inkludert produksjonen av syntetisk fiber fra fossile kilder.

Disse negative effektene har sitt opphav i den lineære økonomiske modellen, karakterisert av lav andel gjenbruk, resirkulering, reparering og fiber-til-fiber resirkulering av tekstil. Dette samtidig som verdikjeden ikke prioriterer kvalitet, varighet og resirkulering for design og produksjonsfasen til plaggene (Commission, 2022). Innad i EU er tekstil- og klessektoren økonomisk signifikant, og kan spille en viktig rolle i sirkulærøkonomien. I 2019 var mer enn 160 000 firmaer og 1,5 millioner

mennesker knyttet til tekstilbransjen som generert en omsetning på 162 millioner euro i EU (Commission, 2022). Covid-19 pandemien har med sine utfordringer også skapt problemer for tekstilbransjen. Tekstilmarkedet har stått gjennom prøvelser knyttet Covid-19 de siste 2 årene, og har behov for å komme seg etter forstyrrelsene til verdikjeden (Commission, 2022).

*European green deal* har ambisjoner om å gjøre vekst bærekraftig, klimanøytral og energi- og ressurseffektiv. Målet med avtalen er å ha ingen netto utslipp i 2050, økonomisk vekst frakoblet fra ressursbruk og et mål om at alle mennesker og områder blir inkludert (Commission, 2019). Dette går godt overens med en ren sirkulærøkonomi. Tekstil industrien identifiseres som en nøkkelverdikjede med stort potensial for omgjøring til bærekraftige og sirkulærøkonomiske løsninger og business modeller (Commission, 2022). Noen av nøkkel endringene som skal innføres i EU er krav om påbudt økodesign, digitalt produkt pass, forlenget produsent ansvar, stoppe grønnvasking av tekstil produkter samt stopp av produktødeleggelse av usolgte eller returnerte varer.

### 1.3 Avfallspyramiden og sirkulær økonomi.

Avfallspyramiden illustrert i figur 2, viser en pyramide vendt opp ned der bredden av pyramiden illustrerer prioritet av de ulike strategiene og hvor mye tekstiler man ønsker skal inngå i de ulike strategiene. I det sirkulær økonomiske prinsippet ønskes det at ressurser skal bevares og utnyttes i livsløpet sitt så lenge som mulig. Avfallspyramiden primære mål er å redusere avfallsmengden. Deretter vil man sikre ombruk, før avfallet går til materialgjenvinning. Resterende avfall sendes til forbrenning med energiutnyttelse og siste alternativ er forsvarlig deponi der avfallet enten legges på deponi eller forbrenning uten energiutnyttelse. Tiltak som forventes å ha størst effekt bør prioriteres ovenfra og ned. Et eksempel på dette kan være effekten av å kjøpe et plagg som varer

dobbelt så lenger enn et tilsvarende produkt. Årene i forskjell tilsvarer en andel av klimafotavtrykket bespart ved at man ikke kjøper inn et nytt produkt. Ved å redusere avfallet med 10% vil alle de fire andre delene av avfallspyramiden også bli mindre. Selv om avfallshierarkiet har hovedfokus på hva som skjer i slutten av livsløpet til et produkt, er den allikevel nyttig for tankegangen rundt effektivt innkjøp. Det er mye samfunnsnytte i at ressurser blir brukt effektivt, redusere avfallsmengder og fokusere på ombruk og gjenvinning fremfor energiutnyttelse. Man ser derfor veldig mye likheter mellom sirkulærøkonomi og avfallshierarkiet, det er hånd i hanske.



Figur 2: Illustrerer stegen i avfallspyramiden, også beskrevet som avfallshierarkiet. Hvor målet er å flytte andelen avfall oppover i hierarkiet. (Gjenvinning, 2021)

Et forslag til definisjon av sirkulærøkonomi fra Kircher et al, med basis i en litteraturstudie som viste 115 ulike definisjoner av sirkulærøkonomi. Denne oppgaven kommer til å basere seg på det. (Kircher et al., 2017)

**“A Circular economy describes economic system that is based on business models which replace the ‘end-of-life’ concept with reducing, alternatively reusing, recycling materials in production/distribution and consumption processes, with the aim to accomplish sustainable development, which implies creating environmental quality, economic prosperity and social equity, to the benefit of current and future generations.”**

EU kom med egen handlingsplan for sirkulærøkonomi i 2020(Commission, 2020). Handlingsplanen la vekt på sin agenda for bærekraftig vekst. Sirkulærøkonomi er en samfunnsfilosofi som bygger på systematiske bevaring av naturressurser, produkteffektivitet og holde ressurser i kretsløp slik at minst mulig ressurser går tapt. Det handler om å produsere og forbruke på en annen måte enn hva tilfellet er i dagens lineære konsum tilstand. Sentrale temaer er å redusere ressursforbruket, forlenge levetiden og å lukke kretsløpet. Sirkulærøkonomi bidrar til å redusere klimagassutslipp, redusere tapet av naturmangfold, minimere forurensningsbelastning samt bidra til en samfunnsdytt mot grønnere arbeidsplasser og forretningsmodeller. For å nå lavutslippssamfunnet er sirkulærøkonomien en nødvendig overgang, spesielt for å nå FNs bærekraftsmål. Mye av føringene og regelverk vedtatt i EU plikter Norge å være en del av gjennom EØS-avtalen.

#### 1.4 Situasjonen i dag

Gjennom Parisavtalen har Norge forpliktet seg til å redusere sitt klimautslipp med 50-55% sammenlignet med 1990-nivået innen 2030 (Regjeringen.no, 2020). Grønne offentlige anskaffelser er et nøkkelinitiativ for at Norge skal oppfylle forpliktelsene sine på klimafronten. Det overordnede målet er å være et ansvarlig lavutslippssamfunn til 2050. Stortingsmelding 45 i 2016 kom med klare ønsker knyttet til avfall som ressurs (Miljødepartement, 2016). Det vektlegges fokus på avfallsforebygging, økt ombruk og materialgjenvinning. Det knyttes en sterk filosofi mot norsk fremtid som sirkulærøkonomisk.

Byrådet i Oslo la frem byrådssak 249/19, *Framtidens forbruk – strategi for bærekraftig og redusert forbruk 2019-2030* (Bymiljøetaten, 2019). Formålet med strategien var å lage en handlingsplan med visjon og målsetninger for hvordan Oslo som by skulle utvikle seg mot en grønnere og mer bærekraftig by. Det er spesielt lagt fokus på redusert materielt forbruk på en slik måte at man dekker nåværende behov uten å forringe mulighetene for kommende generasjoner. For Oslo innebærer dette å redusere miljøpåvirkninger knyttet til ressurser og energibruk, miljøpåvirkninger fra forbruk og å unngå bruk av sårbare ressurser. Strategien har beskrevet 3 hovedområdet innenfor materiell

forbruk; redusere, dele/sirkulere og erstatte visst i figur 3. Strategien revideres ved behov av byrådet.



Figur 3: Viser fokuset for Oslo kommune strategi – redusere materielt forbruk: Redusere, dele og sirkulere og erstatte.

Riksrevisjonen kom med en rapport sent i 2021 med kritikk ovenfor offentlig anskaffelse (Riksrevisjonen, 2021). Norge har ansvarliggjort seg selv gjennom sine klimaforpliktelser å ta klima på alvor. Undersøkelsen viser til at myndighetene ikke bruker innkjøpsmakten godt nok. Det legges frem grunnlag for at en helhetlig tilnærming for å ivareta klima- og miljøhensyn er fraværende i innkjøps prosessen. Det konkluderes at offentlig anskaffelsespraksis verken bidrar i stor nok grad til å fremme klimavennlige løsninger eller at selve miljøbelastningen blir minimert. Det kritiseres mangel på en helhetlig tilnærming, spesielt med tanke på veiledningsmateriell for offentlig anskaffelser med kjennskaps veiledning for offentlig innkjøpere. Det belyses også en generell mangel på statistikkføring for grønne anskaffelser og forbedringspotensial på koordinering mellom de ansvarlige departementene. Dette er dagsaktuelt for denne oppgaven siden man kan resonnerer seg til at dette også gjelder offentlig anskaffelser av tekstil.

Fokuset for denne oppgaven vil være tekstilforbruket for Oslo kommunes kommunale virksomheter. Kommunen kjøper inn og forbruker store mengder tekstiler hvert år. Det er derfor svært viktig at kommunene gjør riktige valg, og at de har tilstrekkelig informasjon når beslutningene blir tatt. En analyse av offentlig sektors tekstile konsum kan gi nyttig kunnskap i hvordan man kan fremstille bærekraftige tekstiler og bidra til økt fokus på miljø hos leverandør, markedet og kommunale virksomheter.

### 1.5 Problemstilling:

Hovedmålet med denne masteroppgaven har vært å bidra til økt kunnskap om klimagassutslipp og andre miljø- og ressurseffekter knyttet til forbruk av tekstiler i Oslo kommune, som ledd i arbeidet med å realisere en strategi for bærekraftig og redusert forbruk. Oppgaven skal bidra til økt kunnskap om klimaeffekter av innkjøp, om miljø- og ressurspåvirkninger gjennom livsløpet til arbeidstøy som brukes av ansatte i kommunen og om hvilke løsninger som kan bidra til redusert klimagassutslipp. Under følger forskningsspørsmål som masteroppgaven forsøker å svare på.

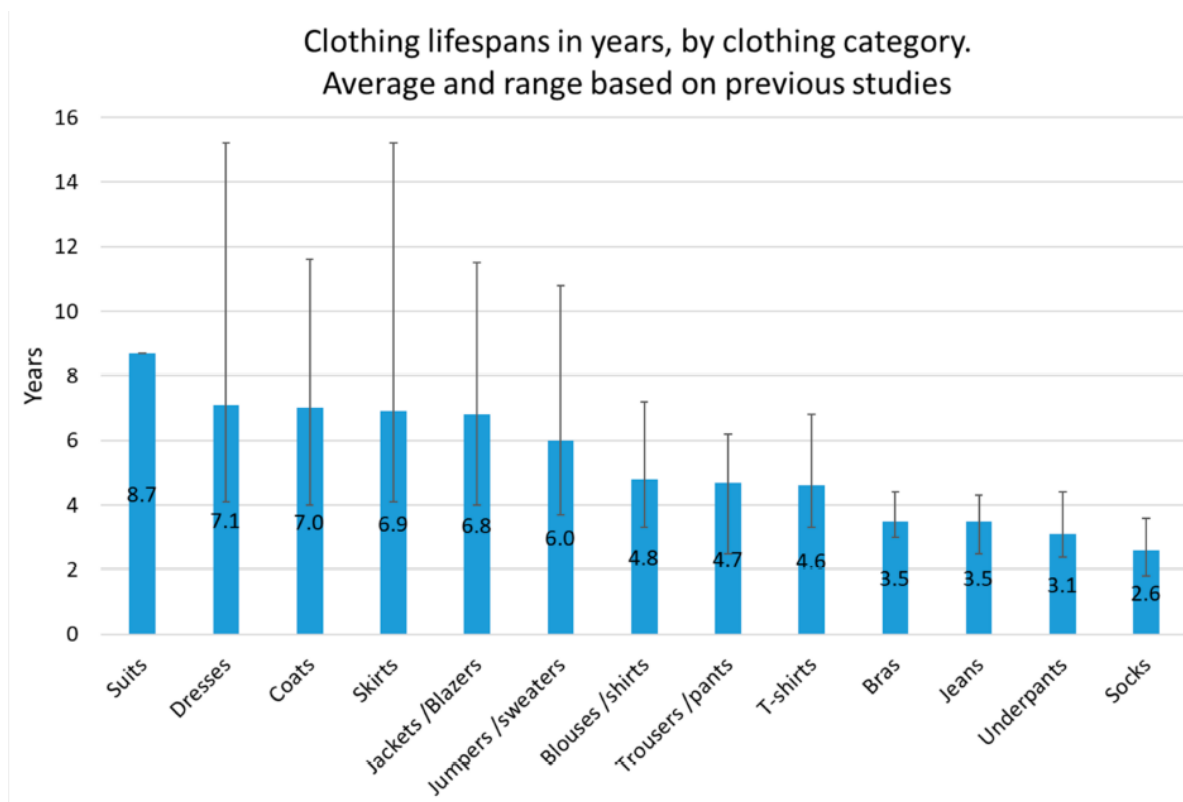
1. Hvor store klimagassutslipp oppstår fra innkjøp av tekstiler til Oslo kommune årlig og hvilke typer tekstiler bidrar med de høyeste utslippene?
2. Hvordan blir miljøeffektene påvirket av å endre tekstilinnholdet i plaggene? Dette skal gjøres ved en LCA-analyse av arbeidstøy til Oslo kommune.
3. Hvordan kan Oslo kommune gjøre beslutninger til egen virksomhet so kan forbedre miljø- og ressurseffektivitet gjennom verdikjeden til tekstilene som skal kjøpes inn.

## 2. Kunnskapsstatus

### 2.1 Tekstil levetid, eierskap og design

Å øke levetiden til klær er en av det beste måtene å senke co2-utslippet, bærekraften og effektiviteten til tekstillivsløpet (Commission, 2022). I samsvar med avfallspyramiden vil klær som lever lenger senke totalkonsumet av klær, og dermed senke den totale effekten tekstilforbruket som helhet har på samfunnet.

Et studie basert på data fra Kina, Tyskland, USA, Japan og Storbritannia viste den gjennomsnittlige levetiden til forskjellige typer plagg illustrert i figur 4 (Laitala & Klepp, 2020)



Figur 4: Illustrerer en oversikt over plaggs levetid fra forskjellige studier gitt i år. Levetiden her er ikke den totale alderen til klærne, men det viser hvor lenge klærne var eid av personen (Laitala & Klepp, 2020).

Det er fire måter å måle levetid til klær, og det er enten i totale år eid som vist i figur 4, ved å regne det opp i antall bruk produktet går igjennom i sin livstid, antall forbrukere i sin levetid og antall vaskesykluser produktet gjennomgår (Klepp et al., 2020). En ser fra figur 4 at forskjellige typer plagg har forskjellig forventet levetid. Artikkelen understreker at den funksjonelle enheten i en LCA bør inkludere antall bruk for alle eiere og servicelivstiden til plagget. Antall bruk er den beste målingsmetoden for vanlige klær, mens antall år passer bedre til plagg kjennetegnet med sporadisk bruk. Det sentrale med slike typer studie er at de er basert på spørreundersøkelser som fører med

seg en viss grad av usikkerhet til resultatene (Klepp et al., 2020). Hvilken type plagg det har også innvirkning på levetiden til plagget. Det er derimot stor variasjon og støy knyttet til plaggets egne kjennetegn og forskjeller innad i forbrukergruppene. Forbrukergrupper som eldre mennesker, menn, personer med lav inntekt, personer av høy sosioøkonomisk rang, de som eier et høyt antall plagg og de som kjøper klær med fokus på levetid er mer sannsynlig å bruke plagg over gjennomsnittet mengde ganger (Klepp et al., 2020). Verdien til forbrukeren er også sentrale, brukere som bruker plaggene sine mindre før de kastes er ofte sterkt interessert i mote og merkeklær (Klepp et al., 2020). Selv om man behandler og tenker annerledes om arbeidsklær enn det man kjøper til privat bruk, så er det sannsynlig at noen av forbruksvanene til forbrukerne vil påvirke valg knyttet til bruk av arbeidsklær. Spesielt med tanke på at forbrukere har et eierskapsforhold til sine arbeidsklær. Det er tilsynelatende lite litteratur å finne angående personlige eierskap til arbeidsklær og forbruker mønster knyttet til dette. Derfor blir dette temaet til en viss grad mindre troverdig og mer hypotetisk knyttet mot offentlige anskaffelser.

Konklusjoner fra rapporten til Laitala og Klepp viser til at det er mange faktorer som påvirker plaggs levetid (Laitala & Klepp, 2020). De viktigste komponentene er: nasjonaliteten til forbrukeren, brukssituasjoner, vaskefrekvens, plaggpris, disponibel grunn, plaggstype, alder på kjøper, fibertype, bruk frekvens, og månedlig forbruk på klær. Merk at graden disse prediksjonene varierer i grad utfra om det er klær levetid i år eller i antall bruk som er testet. Noen av faktorene oppdaget er faktorer som ikke er så lett å endre på, som alder, nasjonalitet og lønn. Fibertypen klærne er laget av har også effekt, der de eldste plaggene oftest er silke eller ull og de som varer kortest er av bomull.

Valg av design ved tekstildesign prosessen er kjent til å potensielt øke eller korte ned på levetiden til produkter (Gwilt, 2017). Produkter med dårlig kvalitet på material og billig produksjonsprosesser har svekket varighet. Vanligvis er forbrukere fornøyde så lenge produktet ivaretar funksjonene sine og besværer seg ikke med å tolke om produktet burde vare lenger. Det er mulig å redusere avfallsmengden fra tekstil ved å skape produkter som er utviklet for lang levetid. Konstruktive endringer på hvordan tekstilprodukter blir designet, og kulturen rundt hvordan forbrukere og entiteter omhandler plaggene, kan forlenge levetiden til tekstilprodukter. Tekstilindustrien har et stort potensial til å forene sirkulærøkonomisk praksis med nye business modeller til å påvirke forbrukernes oppførsel, da spesifikt ved å implementere lang levetid som kjernestrategi. Det er allerede gjort endringer og forsøk ved å lage plagg ved innebygd endringsfunksjoner av størrelse og form samt vedlikeholdsstøtte til forbrukere gjennom kommunikasjon og service etter kjøpet (Gwilt, 2017). Det er derimot langt å gå og store potensial videre for å gjøre verdikjeden mer bærekraftig. Lang levetid som et kriterium for tekstil er fornuftig, men det krever et kulturskifte som kan drives av konsumer-omskolering og markedspromotering. Det identifiseres en pågående frakopling mellom

produsenter og konsumere, om denne kommunikasjonskanalen burde forbedres. Design med tanke på levetid vil derimot være noe dyrere. Det er estimert at kostnadene for plaggene vil øke med 5% og forlenge produksjonsprosessen med opptil 2 uker (Gwilt, 2017).

## 2.2 Gjenbruk av tekstil og virkemidler for økt gjenbruk

Data fra NORSUS rapport viser at 97% av innsamlede brukte tekstiler blir eksportert for sortering, gjenbruk og gjenvinning i andre land (NORSUS, 2021). Resterende 3% går til gjenbruk i Norge, 550 tonn til gjenbruk, 90 tonn til gjenvinning og 375 tonn til energigjenvinning. Når tekstilene er eksporterte fra Norge går de gjennom sortering i pålitelige avfallshåndteringssystemer i EU-land. 6,5% av de sorterte anses som verken gjenbrukbar eller egnet for resirkulering. De resterende 72% gjenbrukes på de globale gjenbruksmarkedet og 21,5% resirkuleres til tekstilprodukter.

Ved innsamling forsøkes først tekstilene solgt for ombruk, men de 700 tonnene som blir igjen årlig blir avhendet. 45% kjedene oppgir at noe av tekstilene som er igjen blir donert til veldedige organisasjoner for gjenbruk (NORSUS, 2021). Kjedene for innsamling rapporterer også mottatt 600 tonn ikke-solgte tekstiler fra forhandlere i 2018. Noe av dette går til forbrenning, men dokumentasjon på disse tallene er lavere enn rapportert grunnet tilbake-holdning av informasjon fra merkevareprodusenter. Det er flere barrierer til stede før bærekraftig praksis av ikke-solgte tekstiler blir mer utbredt. Blant annet, momsregler som fører til forbrenning fremfor gjenbruk og gjenvinning og mangel på tilgjengelige materialgjenvinnings alternativer.

Det antas at mer enn 50% av de brukte klærne i Norge havner i restavfallet istedenfor innsamlingsordninger, for deretter å gå til energigjenvinning (NORSUS, 2021). Mye av problematikken til dette er knyttet til tekstilt avfall fra husholdninger, og det er derfor en fordel som bedrift å kunne drive praksis med tekstilavfall fra egen virksomhet samt mer sentralt og i større kvantum som i offentlig sektor. Rapporten fra NORSUS henviser derimot til at markedet for gjenbrukbare tekstiler av lavere kvalitet og ikke-gjenbrukbare tekstiler viser tegn til metning. Grunnen til dette er at tilbudssiden er økende samtidig som etterspørselen for produktene er stabil. Den ikke-gjenvinnbare fraksjonen av det som blir levert inn står for 30% av levert masse, men resulterer bare i 2% av inntekten for grossistene. Dette gjør det mer og mer utfordrende for innsamlerne som med dette havner under økonomisk press. Ytterligere peker rapporten på at det er manglende data og behov for forbedrende datainnsamling knyttet til gjenbruk og gjenvinning av tekstiler og tekstilavfall (NORSUS, 2021).

Tekstil-til-tekstil-gjenvinning er former for resirkulering der man resirkulerer tekstil til tekstil av tilsvarende eller lik kvalitet som opprinnelses tekstilen. Det er stor oppslutning rundt hva denne teknologien kan oppnå, men det er ikke veldig utbredt i markedet enda, og det er en rekke tekniske,

økonomiske, lovgivningsmessige og markedsmessige barrierer som holder det unna etablering(NORSUS, 2021). Mekanisk og kjemisk gjenvinning krever tilgang på fibertyper som er rene og fri for kjemikalier. Kjemiske gjenvinning har stort potensial, men er fortsatt på utviklingsstadiet. Avfallsløsninger for tekstil som kan sortere tekstil ut av restavfallet er snart god nok til industriell skala. Etterspørselen etter garn og tekstiler med resirkulerte innhold er lav i markedet. Dette henger sammen med at produkter ikke er designet for å være enkle å gjenvinne i «fast fashion» som er dagens praksis. For å oppnå mer bærekraftig gjenbruk er det behov for virkemidler både på tilbud og etterspørsels siden. NORSUS la frem disse forslagene til tiltak på nasjonalt nivå(NORSUS, 2021):

- *«Målrettet, skreddersydd økonomisk støtte til FoU, pilotering og oppskalering til industrielt nivå av automatisert sortering og mekanisk og kjemisk gjenvinning*
- *Økt grønn offentlig anskaffelse av tekstiler med vekt på*
  - *1) miljødesignede tekstiler med fokus på levetid, reparerbarhet, enkel demontering og enkel resirkulering,*
  - *2) sterkere restriksjoner på tillatt innhold av farlige kjemikalier og*
  - *3) tekstiler med innhold av resirkulerte fibre.*
- *Utvikling av kriterier for end-of-waste (EoW) for både usorterte tekstiler ("original") og bearbejdede tekstiler egnet for gjenbruk og resirkuleringsmarkeder .*
- *Utvikling av tydelig veiledning for innsamlere av bruke tekstiler og kommunale avfallsselskaper om juridiske definisjoner på avfall/ikke avfall, eierskap til brukte tekstiler, EoW, etisk retningslinjer for innsamlere etc.-*
- *Økonomisk støtte for innsamling og behandling av ikke-gjenbrukbare tekstiler. Støtte kan komme fra produsenter (via en utvidet produsentansvarsordning) eller kommuner (finansiert av besparelser på kostnader for avfallshåndtering).*
- *Merverdiavgift- eller avgiftsreduksjoner på gjenbruk, reparasjon og upcycling.»*

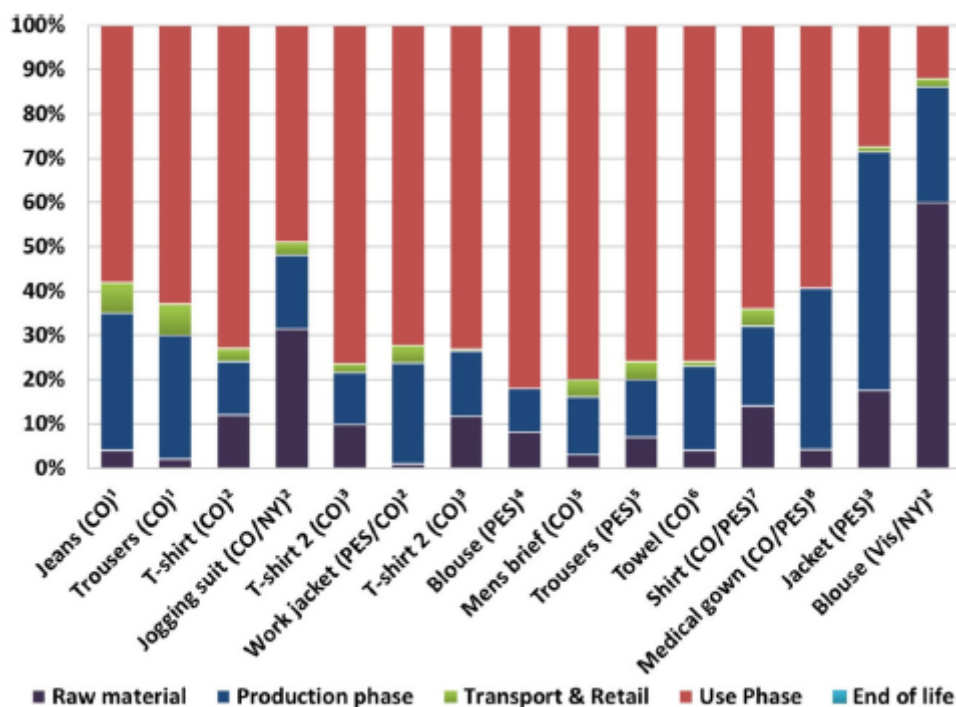
Ved en etablert industri for tekstil-til-tekstil resirkulering vil dette bare delvis løse problemer rundt reduksjon av miljøpåvirkninger fra tekstilsektoren(NORSUS, 2021). Grunnen til dette er at det ikke endrer forbruksmengden og reduksjonen av den som vist i avfallshierarkiet. Det er rom og behov for lover og retningslinjer som sikter mot det øverste nivået av avfallshierarkiet. Rapporten til NORSUS anbefaler 3 tiltak knyttet til dette (NORSUS, 2021):

- *Øke kvaliteten og holdbarheten til tekstiler som blir markedsførte i det Norske markedet.*
- *Oppmuntre og bygge mot forretningsmodeller og delingsøkonomi med fokus på forlenget aktiv produktlevetid.*

- Påvirke forbrukeratferd i retning av kvalitet og bedre håndtering samt vedlikehold og pleie for tekstiler

For å kunne vurdere effekten av tiltak, se at det blir etterfulgte og kontrollere at ting blir gjort så bærekraftig som mulig er det viktig at informasjonen blir logget. Det bør settes opp overvåkningssystemer for kartlegging og oppfølging knyttet til gjenbruk og gjenvinning av innsamlede tekstiler (NORSUS, 2021). Dette gjør at kravene til innsamling- og gjenvinning prosessene bedre blir tilrettelagt for reviderte rammedirektiv for avfall i Norge.

## 2.3 Belastninger ved bruk og vedlikehold av tekstil



Figur 5: energi konsum av forskjellige tekstiler iløpet av livssyklusen deres. tekstilene er blandinger av bomull, polyester, nylon og viscose(Yasin et al., 2016).

Energikonsum i et tekstils produktlivsløp står for nesten 2/3 av total energibehovet (Yasin et al., 2016). Dette er da inkludert oppvarming av vann, vasking og tørking med energidetallene knyttet til vaskemaskinene, sentrifugemaskinene og tørketromler. Vaskemiddel og energibruken er blitt funnet til å øke de økologiske effektene knyttet til menneskelig toksisitet, ferskvanns toksisitet og skade på ozonlaget. Vasking av tekstilprodukt faller inn i to kategorier: energibruk fra mekaniske aktiviteter og oppvarmingsbehovet knyttet til vaskemaskiner, og giftige utslipp fra kjemiske midler. Det må derimot fremheves at mye av disse belastningene blir mindre ved industrielle vaskemetoder. Figur 5 viser antydning til total energibruk fordelt på livsløpet av tekstiler, det skal derimot settes lys på at mange av kildene brukt til denne figuren er fra før 2005, og dette svekker troverdigheten. I dette case studiet ble energiforbruket i produksjonsfasen og bruksfasen normalisert, dette svekker

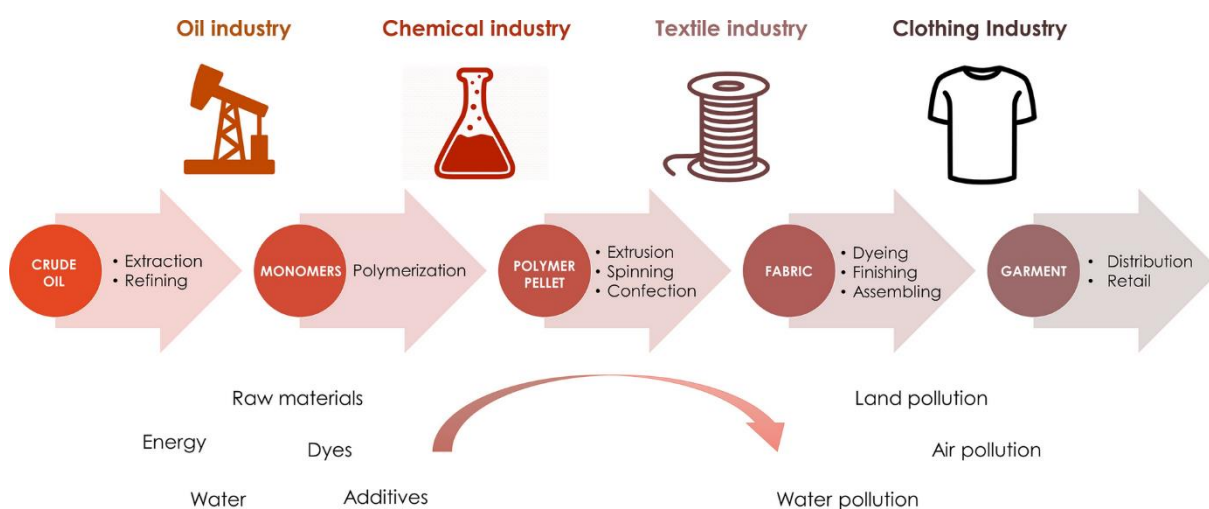
sammenhengen med det faktiske energibruket for Oslo kommune i dag. Det totale energibruken inneholder da energikonsumet for ekstraksjon, produksjon, bruk og avfallshåndtering av produktet.

Samtidig så er det flere geografiske aspekter når det kommer til vaskepraksis av klær. Antall vask, vasketemperatur og vaskeintervall er forskjellig. Disse forskjellene kan anses som i stadig endring og er påvirket av normer knyttet til sosiale, kulturelle og moral(Laitala, 2011). Det er også forskjeller på hvor mye energi som blir brukt i vaskeintervallene til tekstiler basert på hvilken type fiber brukt og vekten til plagget. Fra studiet til Yasin et al vises det til at produkter med 100% bomullsinnhold forbruker 72% mer energi i bruksfasen enn syntetiske fiber produkter(Yasin et al., 2016). Blandede fibere som 50% bomull/ 50% polyester konsumerer 20% mindre enn 100% bomull henholdsvis. Rapporten konkluderer med at å optimalisere normer for klesvask i et land kan ha en stor rolle i å forminske energiforbruket i bruksfasen til tekstilprodukter (Yasin et al., 2016).

## 2.4 Hvordan gjøre polyester verdikjeden mer bærekraftig

Polyesterproduksjon har en lang rekke prosesser. I starten blir råolje drillet og pumpet ut fra undergrunnen, som både skader nærliggende økosystemer og konsumerer energi (Palacios-Mateo et al., 2021). Råoljen er en ikke-fornybar ressurs som inneholder tusenvis av forskjellige organiske forbindelser som hydrokarboner og andre molekyler som inneholder funksjonelle grupper av oksygen, nitrogen, svovel og mineraler. Bygningsblokkene til PET er etylenglykol og teraftalsyre som blir raffinert fra råolje i oljeraffineri. Polymerproduksjonsprosessen som inkluderer oppvarming og destillering av råolje, avkaster skadelige gifter som BTEX-stoffer, svevestøv, nitrogenoksider(NOx) SO<sub>2</sub> og CO (Palacios-Mateo et al., 2021). Videre er olje og kjemikalier brukt ved utvinning av olje ofte sølt. Dette skader alle som er i kontakt med nærgående økosystemer, inkludert mennesker. Den største begrensningen på å forhindre oljesøl er mangel på håndheving av eksisterende forskrifter. På kjemisk nivå har polyester (eller polyetyentereflatat) kjedene en stor aromatisk ring som er bundet sammen med ester bindinger. Denne kjemiske sammenkoblingen gir polyester egenskapene merkelig sterk og stiv, som er kjennetegnet for stoffet som er svært verdifullt i dagens samfunn. Disse egenskapene, kombinert med at kjeden er ryddig organisert gjør polyester svært resistent mot bionedbrytning ved slutten av livsløpet sitt. Ved siste steg blir polyesteret komprimert til pellets og solgt til videre produksjon. Ved tekstilproduksjon blir pelletsene smeltet, ekstrudert og spunnet til filamenter. Deretter blir de termisk behandlet for å forbedre mekaniske egenskaper for så å bli krystallisert til garn (Palacios-Mateo et al., 2021). Garnet blir vevet til stoff ved mønsterkutting og sying. Denne delen av behandlingen har noe svinn, men tekstilindustrien er velutviklet til å resirkulere dette tilbake til kjeden. Ved stoffproduksjon er det mengder mikroplast som blir slippet til luften. Sluttdelen av polyesterproduksjonen sammenfatter farging og etterbehandling. Ved farging er det flere metoder, men prosessen bruker fargestoffer, kjemikalier, dispergeringsmidler med annet

(Palacios-Mateo et al., 2021). Noen av disse kjemikaliene kan være farlige. Avfallsvannet fra denne behandlingen må behandles for å gjenbrukes, men mange land utenfor Europa pumper det forurensede vannet i vannforekomster. I gjennomsnitt konsumerer 1kg tekstil 0,58 kg kjemikalier i løpet av sin produksjonsfase (Palacios-Mateo et al., 2021). Mer enn 15 000 kjemikalier kan bli brukt gjennom tekstilproduksjonsprosessen inkludert vaskemidler, bromerte flammehemmere, flekkavissende midler og tøymykner med annet. Disse stoffene kan bli sluppet ut direkte i miljøer hvor de sprer seg. Mange av disse kjemikaliene er farlige for menneskelig helse.



Figur 6: Illustrasjon av polyesterverdikjeden for polyester tekstiler (Palacios-Mateo et al., 2021)

Illustrert i figur 6 ser man polyester verdikjeden. En lang kjede med store energikrav og utslipp. På øvre del av figuren ser man prosessene som blir gjennomført, mens bunnen av figuren viser ressurser og utslipp knyttet til produksjonen. En ser også sammenhengen mellom forurensing til land, luft og vann fra produksjonen. Nyhetskilden *Inside climate news* mente at den gjennomsnittlige «energien avkastningen» til konvensjonell olje er ca. 25:1. Forholdet av råolje til polyester produksjon er 1,28:1, så det er behov for 1,28 kg råolje for å produsere 1kg PET (Gervet, 2007). Det er en del avvikende data for utslippstallene til produksjonsprosessen til polyester. En artikkel fra 2021 indikerer at fra råolje til ferdig tekstilprodukt er utslippene minimum 27.2 kg co2 eq/ kg polyester (Palacios-Mateo et al., 2021). Det dras eksempelvis frem at fargingsprosessen til polyester har et utslipp på mellom 2,31-4,13 kg CO2 eq/kg ferdig tekstil. Derimot, fra kilden vises det til en generell utslippsmengde på 5,357 kg CO2 eq per kg fiber med en LCA utregning i deres case tilsvarende 5,95 kg co2 eq per kg (Moazzem et al., 2018). Dette kan skyldes at man har estimert forskjellige deler av produksjonsprosessen eller lokasjon med teknologi forskjeller. Uavhengig gjør det at det er behov for ekstra undersøkelser knyttet til hva som er riktig. Det er derimot klart at Kina er det landet som står

for hoveddelen av polyester produksjonen, med estimer 69% av global markedsandel fra 2015(Moazzem et al., 2018).

Analysen til Palacios-Mateo et al henviser videre anbefalinger til hvordan man kan gjøre verdikjeden mer bærekraftig, delt opp i 3 kategorier; produksjonsfase, bruksfase og end-of-life (Palacios-Mateo et al., 2021). Anbefalingene baserer seg på endringer innenfor lovgiving, økonomisk insentiver samt finansiering og omskolering eller kommunikasjon. Merk at mange av anbefalingene er relevante uavhengig av fibertype, spesielt anbefalingene til bruksfasen og end-of-use fasen.

Tabell 1: Utarbeidet med basis i formidling av samlede tiltak fra rapport (Palacios-Mateo et al., 2021).

| Fase                          | Tema                                                           | Beskrivelse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Felles for alle faser:        | Fase ut fossile drivstoff som materialressurs og energiressurs | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Insentivere bruk av fornybare energikilder</li> <li>• Stoppe subsidier av fossile drivstoff</li> <li>• Streng skatter på GHG utslipp</li> <li>• Prioritere resirkulert PET pellets fremfor produksjon av ny polyester.</li> <li>• Vurdere materialer utenom polyester som kan være mer bærekraftige</li> </ul> |
| Produksjonsfase<br>Innputts   | Redusere vannforbruk                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioritere farging og printingsmetoder som krever mindre vann</li> <li>• Oppmuntre til resirkulering av vann.</li> </ul>                                                                                                                                                                                       |
| Produksjonsfase<br>Outputs    | Reduser vannforurensing                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pålegge avfallsvann håndtering</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Produksjonsfase<br>Outputs    | Redusere microfiber utslipp                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioritere kompakte garn strukturer i polyesteret</li> <li>• Prioritere varmebehandling som kuttingsmetode</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |
| Produksjonsfase<br>Outputs    | Redusere avfall                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbedre hvordan man forholder seg til kjemisk avfall</li> <li>• Smart design for å forhindre avklippede deler samt resirkulere disse delene ved avkutting.</li> </ul>                                                                                                                                         |
| Produksjonsfase<br>Design     | Design for levetid og resirkuleringsmuligheter                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruke mer høy kvalitets material</li> <li>• Begrense bruk av farlige kjemikalier og fargestoffer for å øke resirkuleringsmulighet</li> <li>• Prøve å unngå blandinger for å øke resirkuleringsmulighetene</li> </ul>                                                                                           |
| Produksjonsfase<br>Transport  | Verdikjede optimalisering                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimere verdikjeden</li> <li>• Implementere spore-ordninger gjennom digitalisering</li> <li>• Redusere olje, kjemikalie og pellets søl</li> </ul>                                                                                                                                                             |
| Produksjonsfase<br>Varehandel | Gjøre det lettere å kjøpe bærekraftige klær                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementere streng øko-merking.</li> <li>• Inkludere gjenbruk og resirkulerte plagg i butikker</li> <li>• Plassere butikker på tilgjengelige steder.</li> </ul>                                                                                                                                               |

|                                       |                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Produksjonsfase<br>Varehandel         | New business<br>modeller                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systembasert forhåndsbestilling</li> <li>• Mote som en service. Med abonnement eller betaling per bruk.</li> </ul>                                                                                                                       |
| Bruksfasen<br>Ressurser               | Redusere energi<br>konsum                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Øke maskineffektivitet</li> <li>• Vaske ved lavere temperaturer</li> <li>• Unngå tørketrommel bruk</li> </ul>                                                                                                                            |
| Bruksfasen<br>Ressurser               | Redusere<br>ferskvannsforbruk                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbedre og oppmuntre til bruk av resirkulert vann</li> <li>• Bytte til horisont-akse vaskemaskiner</li> </ul>                                                                                                                           |
| Bruksfase<br>Virkemidler              | Produsere mer<br>bærekraftige<br>vaskemidler | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analysere hvilket vaskemiddel som er mest effektiv med tanke på produksjon, pakking, effekter på mikrofiber utslipp og effekter på klimagass utslipp.</li> </ul>                                                                         |
| Bruksfasen<br>Microfiber              | Forhindre mikrofiber<br>utslipp fra tekstil. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaske med fulle vaskemaskiner for å unngå høy tekstil til vann forhold.</li> <li>• Gjøre mer forskning på microplast.</li> </ul>                                                                                                         |
| Bruksfasen<br>Microfiber              | Oppsamlingsløsninger<br>for mikrofiber       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruke filter og teknologi til å samle mikrofiber fra vaskemaskin</li> <li>• Utvikle luftfilter systemer for å fjerne mikrofiber i innendørsluft.</li> </ul>                                                                              |
| End-of-use fasen<br>Før-avfallstadiet | Redusere volumet av<br>kastet tekstil        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promotering av gjenbruk og selvhjelp av plagg.</li> </ul>                                                                                                                                                                                |
| End-of-use fasen<br>Avfall            | Forbedre<br>tekstilnnsamling                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gi informasjon og råd til privatpersoner om hvordan man korrekt skal kaste og resirkulere tekstil.</li> <li>• Fasilitere avfall ved å øke antall innsamlingsområder.</li> <li>• Øke antall butikker med returneringsordninger</li> </ul> |
| End-of-use fasen<br>Avfall            | Forbedre sorterings<br>systemer              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investere i ny sorterings teknologi</li> </ul>                                                                                                                                                                                           |
| End-of-use fasen<br>resirkulering     | Redusere material<br>avslag                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbedre åpenheten angående tilsetningsstoffene som brukes under produksjonsfasene.</li> </ul>                                                                                                                                           |
| End-of-use fasen<br>Bionedbrytning    | Redusere volumet av<br>PET tekstilavfall.    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drive forskning på metoder å gjøre PET bionedbrytbart.</li> </ul>                                                                                                                                                                        |
| End-of-use fasen<br>Forbrenning       | Modernisere<br>forbrenningsanlegg            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forbedre luftforurensings kontrollsystemer.</li> <li>• Implementere energi gjenoppretting både som varme og elektrisitet i hvert anlegg</li> </ul>                                                                                       |

#### 2.4.1 Resirkulering av polyester

Resirkulering av syntetiske tekstiler er et bredt konsept, men alle måter inneholder en grad av nedbrytning. Tanken er at en sekundær kilde til produksjonsmateriale fra nedbrutt produkt som derfor bidrar til å redusere behovet for jomfruelige råvarer. Ved resirkulering unngår man forbrenningsanlegg og deponi virksomheter, som er mindre ønsket løsninger i regi av avfallshierarkiet samtidig som man oppnår sparing av jomfruelige materialer tilsvarende den mengden som resirkuleres. Selv om det man oppnår er mer en forsinkelse av avfallsløsninger enn en total unngåelse. Tekstil resirkulering varierer i hvilken type gjenoppretting man kan nå frem med. Fra ombruk av stoffet til å gjenopprette polymerer og monomerer. Uavhengig av nyttigheten til resirkuleringen er jomfruelige materialer foretrukket i produksjon og for bedrifter pr dagsdato. I 2018 var markedsandelen til resirkulert polyester bare ca. 13% (Palacios-Mateo et al., 2021).

Det er fire måter å resirkulere polyester på, mekanisk resirkulering, enzymatisk bio-resirkulering, kjemisk resirkulering og termisk resirkulering (Palacios-Mateo et al., 2021).

- Mekanisk resirkulering er den mest vanlige resirkulerings metoden på global basis. Dette grunnet billigere utstyr og reagenser. Fibrene blir gjenvunnet ved makulering og trekking, og gjenbrukbarheten varierer på lengden og hvilken kvalitet slutfiberen besitter. Lengre fiber kan brukes sammen med jomfruelige materialer i tepper og filler mens de kortere fibrene oftest downcycled til isolasjon eller fyllingsmaterialer. Tekstil kastet etter kraftig bruk og mange vaskesykluser er dominert av korte fibre av redusert kvalitet. Mekanisk resirkulering er derfor hovedsakelig brukt til downcycling. Uavhengig av bruken til det mekanisk resirkulerte fibrene så kan tilsetningsstoffer bli brakt videre til de neste produktene.
- Enzym bio-resirkulering er en ny teknologi som bruker enzymer til å hydrolysere ester-bindingene i PET (polyester). De naturlige enzymene forsket på til dette bruket er derimot ineffektive, og det var behov for protein manipulering for å oppnå ønsket effekt. Hver syklus tar lang tid med ca. 10 timer. Metoden har derimot noen fordeler ved at temperaturen for reaksjonen er under 100 grader, som krever mindre energi. Videre er det et potensial for å gjenbruke enzymene. Det er også et potensial for enzymdesign slik at tilsetningsstoffene ikke ødelegger resirkuleringsprosessen. Da som en hånd i hanske funksjon der enzymene er designet for å håndtere tilsetningsstoffene. Denne teknologien er fortsatt i utvikling, og er ikke kommersiell pr nå.
- Kjemisk resirkulering er brukt til å reversere polyester blandingen til oligomerer eller monomerer. Dette blir gjort med hydrolyse for monomerer samt methanolysis og glykolyse for oligomerer. For alle metodene blir teksten først kuttet opp og lagt i en

høytemperatures løsning med hensiktsmessige katalysatorer. Tilsetningsstoff og fargestoffer i løsningen må fjernes. Deretter kan de resterende komponentene vaskes og samles opp og satt sammen i pellets og fiber i lik kvalitet som jomfruelig polyester.

Denne teknologien er fortsatt i utvikling, og det gjøres forskning på hvordan man skal gjøre prosessen mer gjennomførbar og ved lavere temperatur. En ny studie fra 2022 viser til en ny kjemisk prosess for resirkulering av polyester ved romtemperatur, der en bruker sink som katalysator for å oppsirkulere polyester kommersielt (Payne et al., 2022).

- Termisk resirkulering er en relativt utbredt teknologi i Europa. Tekstilen blir kuttet opp og granulert til pellets ved høy temperatur over 260 grader og mekanisk sirkulering. Pelletsene kan deretter brukes til spinning og forming ved ekstrudering til nye produkter. Teknologien koster ned på polymer-kjedene slik at sluttproduktet har noe lavere kvalitet. Ytterligere krever prosessen mye energi og tilsetningsstoffene blir ikke skilt ut i prosessen.

Generelt sett er det mye forskning og usikkerheter knyttet til hvilke metoder som utvikler seg til den beste økonomisk og tekniske løsningen. Med forbehold om forsknings- og teknologiendringer.

## 2.5 Bomullstekstil

Bomull er det mest utbredte tekstilfibret i verden (CHEN, 2021). Omtrent 32 millioner hektar landområder i mer enn 75 land blir brukt til å produsere bomullstekstil. Hovedprodusentene globalt er Kina, USA, Brasil og Pakistan som står for  $\frac{3}{4}$  av verdensproduksjonen. Prosessen av bomullsproduksjon er lang og kompleks, inkludert dyrking, innhøsting, rensing, spinning, veving, farging, bruk og avfallsmetode som antydnet i figur 7. Bomull blir ofte sett på som et klimavennlig tekstil grunnet at det blir dyrket og ikke produseres ved industri. Konvensjonell bomullsdyrking har derimot bruk av insektmidler, plantevernmidler, ugressmidler, avlivingsmidler, store arealbehov, gjødslingsbehov og et stort vannbehov som fører til andre miljø- og samfunnsbelastninger (Shah et al., 2018).

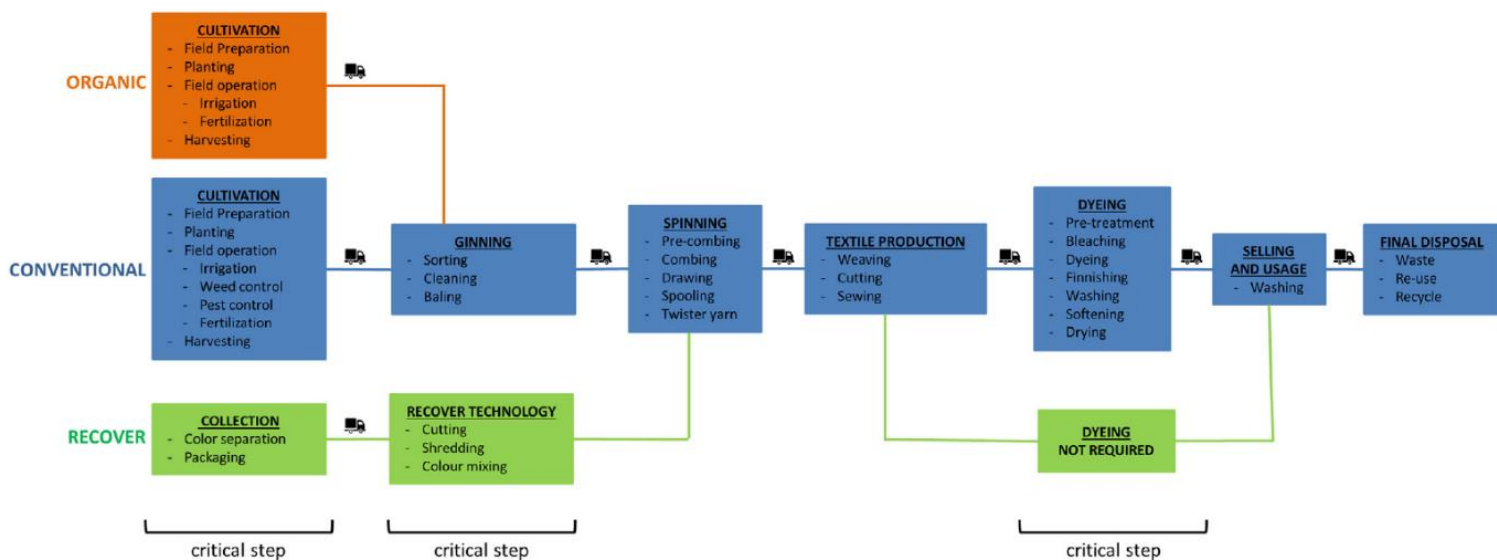


Figur 7 Enkel illustrasjon av bomullsproduksjonskjeden som implementerer resirkulering.

En artikkel fra 2006 henviser til at miljøtilstanden for landområdet er høyt korrelert med vannbruk og avlingsmengde ved bomullsproduksjon (Chapagain, 2006). Land og områder hvor fordampingen er høy kombinert med lite regnfall er mindre egnede for bomullsproduksjon. Vannetterspørselen i disse områdene blir høy, og det kan gå utover miljøbelastningen og lokale vannressurser. De globale best egnede områdene for bomullsproduksjon er i Brasil og USA. Den globale bomullshandelen fører til mesteparten av bomullen blir produsert i en region, men forbrukt i en annen. Dette gjør at mye av vannforbruket til bomulls-verdikjeden indirekte frarøver vann fra dyrkingsregionen. Grunnet dette er det mulig og kanskje ønskelig å tolke det slik at noe av ansvaret for konsekvensene av denne industrien burde falle på de landene som etterspør råvarene.

Bomullsproduksjon i Afrika er spesielt interessant i et klimaperspektiv. Det blir drevet av småskala bønder ved gode kondisjoner i dyrkings-rotasjon med andre vekster. Det er lite bruk av pesticid og gjødsel samtidig som innhøstingen blir gjort for hånd. I et LCA-metodikk perspektiv er denne produksjonsmetoden veldig favorisert grunnet lave klimabelastninger.

Figur 8 viser også hvordan verdikjeden og produksjonen endres ved konvensjonell, organisk og resirkulert bomull. Det er mye tap i produksjonskjeden til bomull (DEN-Z, 2022), et intervju med tekstilingeniør og drifter av den-z nettstedet Eşref Koçak viser til et tap av 30% i spinning, 5% av trådtap og 18% stoff tap ved sammensying (Koçak, 2022). Se vedlegg 2 for notater fra intervjuet. Tapet i spinningen skjer for det meste på grunn av svakere tråder og korte tråder som blir segmentert bort.



Figur 8: Viser hovedstegene i bomullsproduksjon ved organisk, konversjonell og resirkulert metode. (F.A. Esteve-Turrillas, 2017)

Professor Ingun Grimstad Klepp skrev en kronikk i mars 2022 angående hvordan vannforbruket i bomullsverdikjeden er betydelig overdrevet (Klepp, 2022). Hun peker på at falske beregninger av polyesterinteressenter har grønnvasket egen industri og forfalsket tall for bomullsindustrien. Det pekes på at bomull som plante krever mye vann, men at i områder med mye nedbør, omtalt som grønt vann gjør det bedre enn det tall fra interessenter har visst. Ca 45% av bomullen i verden vannes ikke (blått vann), fordi nedbøren er tilstrekkelig i området (Klepp, 2022). Dette gjør at vannforbruket ofte blir feildokumenter i regioner med tilstrekkelig vannforekomst når avrenningen ikke er forurenset. Det pekes også på at områder som dyrker bomull ofte ikke er spesielt egnet for andre vekster, og derfor er det en potensiell mulighetskostnad for bønder i regionen å dyrke annet (Kassatly, 2022). Dette gjør at bomullen ser dårligere ut enn den egentlig er, fordi andre alternativ ikke er gunstige for bøndene. Uavhengig har bomullen også andre fordeler med seg, ved at restene fra avlingen kan brukes til dyrefor og at planten er motstandsdyktig mot tørke (Klepp, 2022). Den uavhengige analytikeren Veronica Kassatly har avkreftet mange av påstandene knyttet til bomull iforhold til vannkonsum, plantevernmidler og lagt frem hvordan disse påstandene er satset på økonomisk og PR-messig fra polyesterinteressenter til egen vinning (Kassatly, 2022). Klepp beskriver alvorligheten av at følgefeil og falskepåstander får leve livet i forskning, politikk og markedsføring

skriver at: «industriene finner «kreative» løsninger slik at det grønne blir det de til enhver til tjener mest på.»(Klepp, 2022)

Bomullsdyrking har merkverdige klimaeffekter. Organisk bomulls-produksjon er gjort uten bruk av syntetiske insektmidler og kjemisk gjødsel. Gjødselen som brukes er fra dyr, og jordkvaliteten blir kontrollert med avlingsrotasjon (Shah et al., 2018). På grunn av disse tiltakene er organisk bomullsproduksjon påstått renere, tryggere og mer bærekraftig samtidig som den senker effekten på miljøet i forhold til konvensjonell bomull. India(51%), Kina(17%), Tanzania(2%), USA(2%), Tyrkia(10%), Tajikistan(5%), Kyrgyzstan(10%) står til sammen for 97% av den globale økologiske bomullsproduksjonen (Kassatly & Baumann-Pauly, 2022). *Textile exchange data* har i en rapport lagt frem data på følgende fordeler ved organisk bomullsproduksjon sammenlignet med vanlig bomull (gGmbH, 2021): en reduksjon på 46% global oppvarming potensial(GWP), 70% redusert forsureningspotensial(AP), 26% redusert eutrofierings potensial(EP), 91% forminsket konsum av overflate og grunnvann og 62% redusert primærenergi behov.

En rapport kalt *The great green washing machine part 2* fra 2022 motsier seg derimot noe av denne informasjonen (Kassatly & Baumann-Pauly, 2022). Første rapport som visste til 91% forminsket konsum av overflate og grunnvann for økologisk bomull ble gjort av Sphera som en LCA i 2014 og på konvensjonell bomull LCA i 2016. Konflikten ligger i at den økologiske analysen var analysert på produksjonssteder med store regnfall i Brasil, mens den konvensjonelle LCA-analysen ekskluderte områder med 100% regndekking. Dette skyver resultatene ukorrekt i økologisk bomulls favør. Det er urovekkende at store deler av dagens tekstil data, markedsføring og industri er regnet ut ifra disse dataene. Rapporten til Kassatly og Baumann-Pauly opplyser videre om at forskjellene mellom økologiske og konvensjonelle bomullsverdikjede er til en viss grad tåkete, og dette kommer ikke frem i komparative analyser av bærekraftig mote som fordømmer konvensjonell bomull (Kassatly & Baumann-Pauly, 2022). Det legges frem 5 anbefalinger knyttet til tekstilkjeden fra rapporten:

- Mote-bedrifter og globale lovgivningsmakter må vurdere den sosioøkonomiske effekten av fiber produksjon og prioritere disse fremst i alle bærekrafts krav, miljøsertifiseringer, miljørangering og verifisering av miljøpåstander.
- Rammeverket rundt tekstilproduksjon må inkludere et godt levebrød for alle deltagerne. Det er ulogisk og ikke forskningsmessig korrekt å bedømme bærekraften til et tekstilprodukt eksklusivt på fibervalg når plagget som undersøkes blir laget av arbeidere uten tilstrekkelig levebrød.

- Regjeringer må kreve at merker gir tilstrekkelige, nøye og verifiserte bærekrafts informasjon til konsumerene sine. Private firmaer kan ikke få lov til å ensidig bestemme klimaeffekten av forskjellige fiber.
- Globale ressurser må bli bedre brukt for å promotere bruken av fiberdyrking og biprodukt fra landbruket.
- Redusere bruken av plastikk fiber.

Resirkulering av bomull kan være et godt alternativ for å minske miljø og klima fotavtrykk. Et studie av Esteve-Turrillas og Guardia sammenlignet klimabelastningen til resirkulert bomull og jomfruelig bomull (F.A. Esteve-Turrillas, 2017). Funnene viser til at resirkulert bomull reduserer de uønskede effektene fra fargingsprosessen og dyrkingen av bomullen. Elektrisitetskonsumet går derimot, opp. Figur 8 illustrerer grafisk stegene i produksjonen, spesielt områdene markert som kritiske er der resirkulert bomull gjør det bra. Totalt konkluderte rapporten med en besparelse på 13,98 kg co2 eq pr kg bomull (GWP) og en vannbesparelse på 5594 kg vann. Det skal derimot understrekes at litteraturen som er grunnlaget for denne analysen er basert på forskjellig region og teknologistatus, så tallene kan være noe overestimerte.

Et LCA-metodikk studie fra Australia undersøkte metoder for å redusere utslipp ved forskjellige gårdsdrift endringer (Hedayati, 2019). Resultatene indikerte at bruk av syntetisk nitrogen utgjorde størstedelen av utslippsprofilen på 46%. Ytterligere gav tiltak til å stabilisere nitrogen balansen, bytte av fossildrevet vannpumper til fornybare og bytte av maskineri til biodrivstoff med mer gav positive effekter. Det legges frem at det er mulig å gjøre klimabesparende tiltak på gårdsdrift.

Forbedring av belastningene mellom bomull og polyester tekstiler er veldig like. Derfor, istedenfor å gjenta så henvises det til forbedringsløsninger i brukerfasen og end-of-use fasen som skrevet i tabell 1.

## 2.6 EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles

EUs strategi for bærekraftige og sirkulære tekstiler legger frem 5 endringer som vil være sentrale for hvordan tekstilindustrien opererer i Europa og Norge (EØS) (Commission, 2022).

- Introducerer pålagt økodesign.
  - Økt varighet vil gi konsumenter tilgang til å bruke tekstil over lengre tid samtidig som de støtter sirkulære business modeller som gjenbruk, leie, reparasjon, returneringsavtaler og gjenbruk på en måte som skaper økonomisk besparelse for beboere.
  - I fabrikker er 25-40% av alt stoff brukt i prosessen kastet eller gått til spille.

- Rundt 20% av innsamlede brukte tekstiler er downcycled til bruk i andre produkter mens resten er tapt.
- Fiber er ofte blandet med andre, som polyester/bomulls blandinger. Dette gjør resirkulering vanskeligere fordi er lite tilgjengelig teknologi som klarer å separere de forskjellige fibre.
- Elastan og andre tilsetningsstoff er ofte lagt til for å gi ønskede funksjoner til plagget. Disse komponentene forurensrer plaggene når de skal resirkuleres og er barrierer til hvilken type teknologi tilgjengelig og kvaliteten på det resirkulerte materialet.
- Tilstedeværelsen av farlige stoffer brukt i tekstilprodukter som har kreftfremkallende stoffer, muterende eller skader reproduksjonen til bruker.
- Det arbeides ved å utvikle kriterier for trygge og bærekraftige kjemikalier og material. Industri som bytter til mindre skadelige kjemikalier, blir støttet.
- Stoppe ødeleggelsen av usolgte og returnerte tekstiler.
  - Informasjonsflyt som krever at store firmaer publiserer antall produkter som de kaster eller ødelegger, inkludert tekstil.
  - Forbud mot å ødelegge usolgte produkter, inkludert usolgte og returnerte tekstiler
  - Redusere karbonutslippet fra elektrisk handel
- Introdusere informasjon påslag og digitalt produkt pass.
  - Tydelig, strukturert og tilgjengelig informasjon i forhold til bærekraftig miljø karakteristikk til produkter.
  - Regulering av tekstilmarkering, som krever at produkter solgt i Europa skal ha detaljer til produktet knyttet til fiberfordeling og hvorvidt noe fra plagget er fra levende dyr.
  - Det vil bli pålagt formidling av informasjon knyttet til bærekraft og sirkulær parameter, produktstørrelse og der det er mulig; hvor i verden produksjonen tar sted.
- Stoppe grønnvasking av tekstil produkter.
  - Nye EU regler som krever at kjøper får informasjon og kommersiell garanti for holdbarhet samt informasjon som er relevant for reparasjon som inkluderer en «reparasjons score».
  - Grønne bærekraftige påstander som «green» og «eco-friendly», «good for the environment», vil bare være lovlig å si dersom man har godkjenning fra anerkjente entiteter basert på EU Ecolab. Denne godkjenningen må gjøres av en tredjepart som ikke er påvirket av godkjenningen.

- Lansere «*Green Claims inisiativ*», en entitet som skal verifisere og kommunisere bærekrafts påstander.
- Redegjøre for om grønne påstander knyttet til resirkulering av PET som ikke kommer fra fiber-til-fiber resirkulering.
- Forlenget bedriftsansvar og forsterke gjenbruk og resirkulering av kastet tekstil
  - Det er et stort potensial i å redusere tekstilavfall og forsterke forberedelsene for gjenbruk og resirkulering av tekstiler.
  - Ansvarliggjøring av produsenter for avfallet produktet deres skaper. Dette er viktig for å frakoble tekstilavfallsgenerering bort fra veksten av sektoren.
  - Europa kommisjonen vil foreslå at en stor del av fortjeneste fra EPR (forlenget bedriftsansvar), vil bli dedikert til å forhindre avfall og forbedre gjenbruk.

### 3. Metode, datagrunnlag og studieobjekt

I dette kapittelet skal det legges frem metode for hvordan analysene og resultatene er lagt frem. Det vil bli lagt frem informasjon om forskningsmetode, datagrunnlag, funn fra tidligere masteroppgave, beskrivelse av materialstrømanalyse, beskrivelse av LCA-analyse og en oversikt over all data hentet fra litteratur.

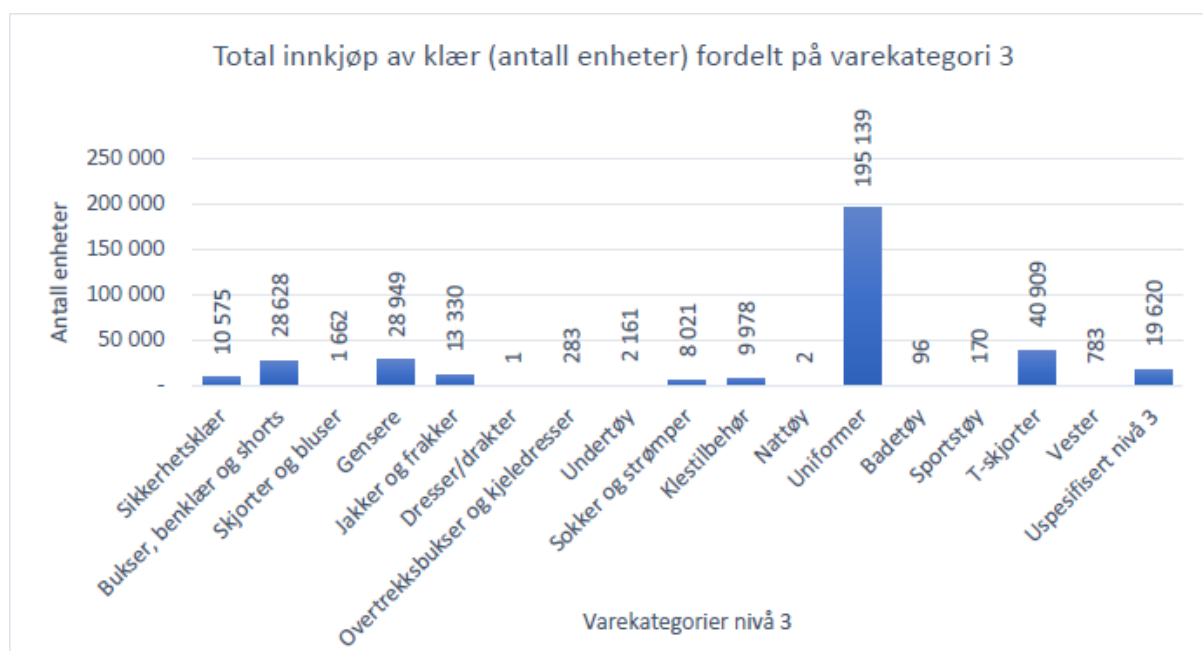
#### 3.1 Forskningsdesign – valg av metode

Studieomfanget er avgrenset til Oslo kommune grunnet samarbeidet og den store offentlige aktiviteten i området. Datagrunnlaget er basert på datainnsamling fra UKE, med geografisk avgrensning Oslo kommune. Ønsket er å avgrense innkjøpene av tekstil i et «cradle-to-gate»-livsmetodikk perspektiv. Kommunen har spesielt ønske om å få innsyn i sitt forbruk av arbeidsklær.

Videre utføres en komparativ LCA, knyttet til bukser, benklær og shorts andelen av innkjøpene der en Bukse fra Bekken og Strøm AS ble valgt som standard. Hele livsløpet blir kartlagt, og det blir sammenlignet med scenarioer med alternative tekstilinnhold. Formålet er å analysere om det er tiltak Oslo kommune kan innføre som er mer bærekraftige når det kommer til innkjøp av benklær

### 3.2 Kartlegging av innkjøp i Oslo Kommune

Resultatene fra Solveig Gillebreggs master viser til et antall av 19 620 enheter som er uspesifiserte på nivå 3 (Gilleberg, 2021). Det vil si at beregningsgrunnlaget mangler en andel som ikke er registrert riktig i fakturasystemet. Figur 9 illustrere dette, og den totale mengden uspesifiserte innkjøp samfatter til ca. 5%. Oversikt over alle varekategoriene og hvordan er organiserte er vist i tabell 2.



Figur 9: Oversikt over totalt innkjøp av klær i antall enheter i 2019, fordelt på varekategori 3.

Tabell 2: Oversikt over hvordan varekategoriene er lagt frem:

| VAREKATEGORIER PÅ NIVÅ 3<br>(FOR PRODUKTGRUPPER) | VAREKATEGORI NIVÅ 4<br>(PRODUKTER SOM INNGÅR I GRUPPERING PÅ NIVÅ 3) |                                    |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| SIKKERHETSKLÆR                                   | Beskyttende bukser                                                   | Refleksklær eller tilbehør         |
|                                                  | Laboratoriefrakker                                                   | Vanntette jakke eller regnjakke    |
| BUKSER, BENKLÆR OG SHORTS                        | Vanntette bukser eller bukser                                        | Nakkegamasje                       |
| SKJORTER, BLUSER OG GENSERE                      | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
|                                                  | Skjorter til menn                                                    | Skjorter eller bluser til kvinner  |
| GENSERE                                          | Gensere til kvinner                                                  | Uspesifisert nivå 4                |
| JAKKER OG FRAKKER                                | Poncho                                                               | Uspesifisert nivå 4                |
| DRESSER/DRAKTER                                  | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| OVERTREKSBUKSER OG KJELEDRESSER                  | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| UNDERTØY                                         | Truser                                                               | Underbukser                        |
|                                                  | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| SOKKER OG STRØMPER                               | Strømper                                                             | Sokker                             |
|                                                  | Strømpebukser                                                        | Tights                             |
| TILBEHØR                                         | Belter eller bukseseler                                              | Slips, skjert eller sjal           |
|                                                  | Hatter                                                               | Hansker eller votter               |
|                                                  | Tørklær                                                              | Pannebånd                          |
|                                                  | Luer                                                                 | Snekke                             |
|                                                  | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| NATTØY                                           | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| UNIFORMER                                        | Militære uniformer                                                   | Forkler* (skrives forklær i tekst) |
|                                                  | Institusjons kokke- eller serveringsantrekk                          |                                    |
|                                                  | Sykepleieruniformer                                                  | Uspesifisert nivå 4                |
| BADETØY                                          | Badetøy til menn                                                     |                                    |
| SPORTSTØY                                        | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| T-SKJORTER                                       | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| VESTER                                           | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |
| USPESIFISERT NIVÅ 3                              | Uspesifisert nivå 4                                                  |                                    |

### 3.3 Datagrunnlag for klimaregnskap

Klimaregnskapet blir beregnet med basis i data fra innkjøpssystemet til Oslo kommune. Antall innkjøpte enheter blir registrert og multiplisert med enhetsvekter. Dette gjøres ved innkjøp registret med EHF (Elektronisk handelsformat)-fakturaer. Dette er en fakturering og registreringsmetode av innkjøp som blir lagret og benyttet av statlige entiteter (SendRegning, 2022). En stor Excel fil med beskrevet datoer, kostnader, enheter, enhetstyper, leverandører, koder, ansvarsnivå og varekategorier blir behandlet til ønskede tekstil data. Tekstilinformasjonen blir skilt ut fra datafilen til antall tekstilprodukter kjøpt gjennom 2019. Deretter blir antall enheter identifisert innenfor varegruppene. Videre blir hvert tekstilprodukt analysert til materialsammensetning. Det forutsettes en gjennomsnittsvekt for deretter å skaffe standardiserte utslippstall for det forskjellige materialene. Informasjon knyttet til materialinnhold undersøkes fra leverandør, hjemmesider og data fra tidligere masterelev. Rådata fra UKE er bearbeidet og analysert i Excel av tidligere masterelev Solveig Gilleberg (Gilleberg, 2021). Dataene brukt i forskningsspørsmål 1 er i hovedsak blitt omgjort av hennes arbeid. Datasettet har mye informasjon som kan sorteres alfabetisk, på produkt og ved kategori. Tekstilene er selektert etter UNSPSC-kategoriene. Datasettet går for alle innkjøp til Oslo kommune for hele 2019, men avgrenset til klær. Sko, belter, vesker og sekker er ikke regnet med som klær. 6 datasett med 2 måneders intervaller ble samlet i pivottabell-funksjonen for å få oversikt over; beløp, ulike leverandører, antall enheter og virksomheter.

Metodegrunnlaget er materialstrømanalyse (MFA) basert på innkjøpsdata, som grunnlag for å beregne forbruk. Deretter LCA for å beregne utslippsfaktorer for tekstiler som kjøpes inn og LCA for å analysere effekter av produksjon, bruk og avhending. Supplerende data som er brukt i studien kommer hovedsakelig fra vitenskapelige forskningsartikler. Det understrekes at det er stor andel sekundær data som brukes. Kilder og data brukt er dokumentert i del 3.7. Dette er viktig fordi ulike kilder kan gi svært ulike data på ulike prosesser. Dersom en kilde er betraktet som svært pålitelig, eller der det finnes liten tilgang på andre kilder, vil den bli ansett som tilfredsstillende. Søkemotorer som *Google scholar*, *Web of science* og *Scopus* ble brukt for å gi gode litteratur- og datakilder. Videre er data og informasjon hentet fra nettsider, dokumenter, personlig kontakter og offentlige ansatte. Produksjonsdetaljer er innhentet fra produsent Bekken og Strøm AS gjennom telefonsamtaler og nettside.

Datasettet er konkretisert mot innkjøpsordninger Oslo kommunes virksomheter utgjorde i 2019. Selve sammensetningen av klær innkjøpt av Oslo kommune er ikke analysert, grunnet manglende data, også hos SSB. Fremstillingene av kriterier ble selekterte i forhold til data tilgjengelig angående klesinnkjøpet. Hovedleverandør og innkjøper fordelte produktkategorier ut fra to kriteriene:

1. **Produkt:** Alt som kan defineres som klær eller tekstilplagg ved «varekategori 4» og oppover i kategoriseringssystemet (se tabell 2).
2. **Antall enheter:** produktinnkjøpet ved de selekterte nivåene skal gjennomføres og sammenfatte 80% av total verdi i pengebeløp og 80% av antall enheter.

### 3.4 Materialstrømanalyse – Forskningsspørsmål 1

Materialstrømanalyse er en analyse der man vurderer materialsammensetningene til produkter i et klimaperspektiv. I dette tilfellet vil det si å fordele totalt materiale av forskjellige type og gjøre rede for klimautslippet i produksjonsfasen av produktet i et cradle-to-gate-perspektiv.

Materialstrømanalyse er ofte brukt for å kartlegge mengde avfallsstrømmer. For å kunne estimere dette trenger man først en fordeling av materialsammensetningene. Videre trenger man utslipp faktorer for produksjonsprosessene og summere. Materialsammensetningen for denne analysen er illustrert i tabell 3, mens utslippsfaktorene er basert på litteratur.

Tabell 3: Oversikt over hva som er lagt til grunn for hver varekategori (per enhet) i vekt og materialsammensetning for beregning av mengde og materialtype fordelt totalt. Estimert vekt og veieforsøk av Gilleberg(Gilleberg, 2021).

| varekategori 3            | antall tonn | Total innkjøp - antall enheter | vekt(kg) per enhet | Materialtype |        |     |
|---------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------|--------------|--------|-----|
|                           |             |                                |                    | polyester    | bomull | ull |
| Gensere                   | 15,9        | 28949                          | 0,55               | 20 %         | 60 %   | 20% |
| Bukser, benklær og shorts | 14,3        | 28628                          | 0,5                | 65 %         | 35 %   |     |
| Jakker og Frakker         | 13,3        | 13330                          | 1                  | 50 %         | 50 %   |     |
| sikkerhetsklær            | 7,7         | 10575                          | 0,613              | 50 %         | 50 %   |     |
| T-skjorter                | 6,1         | 40909                          | 0,15               | 40 %         | 60 %   |     |
| Uniformer                 | 5,4         | 3014                           | 1,166              | 35 %         | 65 %   |     |

Forutsetningene for materialstrømsammensetningen er forenklet noe ved at blandet fiber er tillagt andelen polyester. Sammensetningen er supplert fra litteratur og bedrift. Hvordan denne sammensetningen er konkret, vil variere og utvikle seg over tid i forhold til hva som produseres. Derfor er det viktig å beskrive forutsetningene, fordi en annen prosentfordeling mellom materialene vil kunne gi et annet estimat for klimautslipp. Tallene som er brukt i dette studiet er ikke ment som en fasit, men som et verktøy til å gi et estimat og innsikt i problemstillingen. Når man ekskluderer engangs-forkle som kommunen anser som plast og ikke tekstil inneholder denne tabell 3: 97,2% av det totale tekstilinnkjøpet for 2019.

### 3.5 LCA – forskningsspørsmål 2

LCA (Life-Cycle Assessment på engelsk) er en metode for å vurdere den totale miljøpåvirkningen fra hele verdikjeden til et produkt. Det brukes som en metode for konseptutredning der man redegjør for miljøbelastninger ved ulike konseptvalg. Metoden er særs avhengig av data, og kvaliteten på selve analysen summerer alltid til kvaliteten på brukte data. LCA-en for denne analysen ble gjennomført med programvaren SimaPro Flow. Se vedlegg 1 for canvassoppbygging av scenariene.

#### 3.5.1 Mål og Omfang

Målet bak denne analysen er å finne ut hvordan klimafotavtrykket fra tekstilbruket til Oslo kommune forekommer, og legge frem alternative scenarioer for hvordan man kan endre på det.

Livsløpsvurderings-metodikk brukes for å analysere dette. *Livsløpsvurderinger(LCA) er en anerkjent metode for å kvantifisere miljøpåvirkninger innenfor et bredt utvalg miljøpåvirkninger og gi en dyp forståelse for miljøpåvirkninger, fra vugge til grav (Curran, 2015).* En LCA skal undersøke hele livsløpet til et produkt gjennom alle faser (Curran, 2015). I kronologisk rekkefølge vil disse fasene tilsvare; råvareutvinning, produksjon, transportfaser, bruksfase og fase for end-of-life da inkludert gjenbruk eller avhending. Denne analysen fokuserer hovedsakelig på klimagassutslippet fra verdikjeden, og er med dette ikke en «fullstendig LCA». For denne analysen blir det bare sett på globalt oppvarmingspotensial (GWP – Kg co2-ekvivalenter) basert på materialstrømmen til tekstil. Mengden til materialstrøm er estimert fra tallgrunnlag, dataanalyser og litteratur.

#### 3.5.2 Funksjonell enhet

Et sentralt tema når man skal definere mål og omfang er å definere analysens funksjon og den funksjonelle enheten. Funksjonell enhet kan defineres som:

*“Funksjonell enhet gir et referansepunkt hvor både input og output er relatert. Det vil si at valg av inputs og outputs for å modellere systemet er basert på funksjonell enheten. Referansestrømmen brukes deretter for å beregne input og output hos systemet (Curran, 2015).”*

Beskrivelse:

*“The amount of material or number of items needed to meet the system function. It provides a reference to which the inputs and outputs are related (Curran, 2015).”*

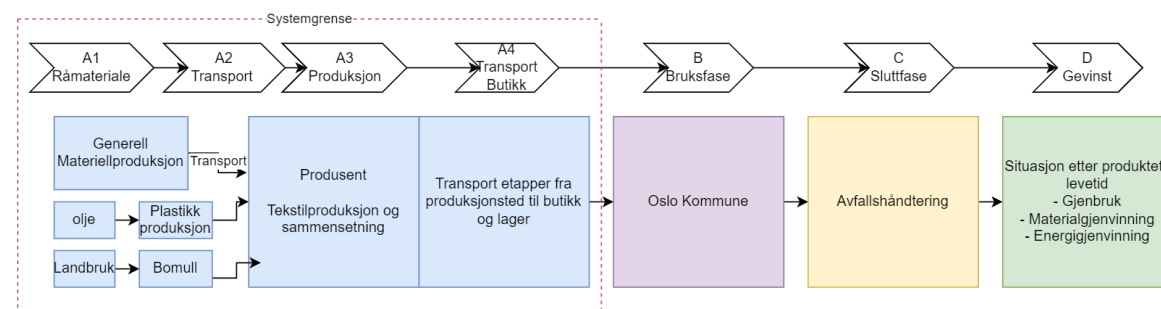
Den funksjonelle enheten for denne analysen er:

**Dekke behovet for arbeidsklær til underkropp for en person som arbeider for Oslo kommunes virksomheter over en periode på 1 år med normal slitasje og levetid på plagget inklusiv avfallsbehandling, vask og nødvendig reparasjon.**

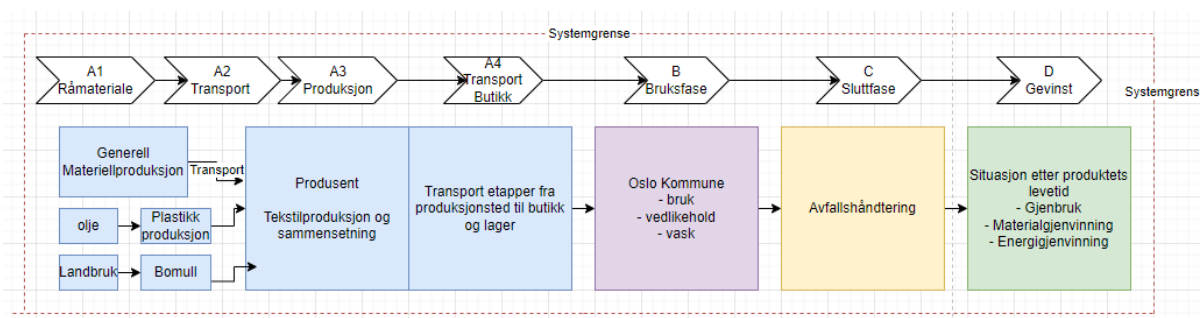
Tanken med å sette FU til 1 person over et år, er anvendbarheten i form av oppskaleres til ønsket mengde kandidater. Den analyserte perioden for denne analysen er data fra året 2019. Det er ikke tatt med årlige endringer i forbruket, da dataen tilgjengelig bare gjelder året 2019.

### 3.5.3 Systemgrenser

Figur 10 og figur 11 under viser systemgrensene for analysene. Figur 10 viser systemgrensene for innkjøpsanalysen, mens figur 11 viser systemgrensene for LCA analysen.



Figur 10: Bildet illustrerer produktløpet til tekstilprodukter tydeliggjort med LCA-faser. Systemgrenser vises med rød stripet linje rundt fase A1-A4. Forskningsspørsmål 1 forholder seg til denne systemgrensen. Transportetapper er markert med linje og pil. (Illustrasjon, Gjørva)



Figur 11: Bildet illustrerer produktløpet til tekstilprodukter med LCA-faser. Systemgrensen vises med rød stripet line rundt fase A1-D. Forskningsspørsmål 2 forholder seg til denne systemgrensen. (Illustrasjon, Gjørva)

I denne analysen, hvor klimagassutslipp skal gis et estimat, er det viktig at bidraget fra utvinning av råmateriale til slutfase er gjort med så god data som mulig. Det sies at en LCA er bare så god som datagrunnlaget man har, og det gjør datainnsamlingsprosessen om til en veldig viktig prosess. Systemgrenser brukes i LCA analyser for å avgrense produktsystemet i forhold til tid, geografiske områder, naturlige systemer og andre systemer (LCA.no, 2002). Systemgrensene viser detaljnivået for produktsystemet som skal studeres. Beslutninger knyttet til utelukkning av livsløpstrinn, data eller prosesser skal begrunnes. Ytterligere legger det frem et kart på hvilke faser i livsløpet som står for klimautslippet. De grunnleggende fasene er A-E, produksjonsfase, prosessering og avfallshåndtering. Simapro Flow bruker Ecoinvent som er basert på cut-off, med «forurensere betaler»- prinsippet. Det

vil si at belastningene fra primærproduksjonen av materialet tildeles den første brukeren av materialet (Sadeleer, 2020). Ved materialgjenvinning vil gevinsten av å bruke det resirkulerte materialet bare tildeles resirkuleringsprosessens belastning.

#### 3.5.4 Forutsetninger

Målet med dette studiet er å benytte utslippsdata viser utslipp fra de ulike delprosessene i livsløpet til tekstiler i co2-ekvivalenter. Det har, derimot, vært vanskelig å finne nøyaktige utslippstall og data knyttet til dette. Forutsetningene og datakildene brukt er utnyttet for å lage et så godt bilde av virkeligheten som mulig. Forskjellig bruk av datakilder i analysen vil ha effekter på resultatene til denne oppgaven, men for enkelhets skyld antas feilmarginen å være neglisjerbar. Beste-tilgjengelige-teknologi prinsippet, eller best available technology på engelsk forkortet til BAT, blir brukt.

Buksen: Hemsedal Bukse Poplin fra Bekken og Strøm AS i str Large blir antatt som standardbuksen til arbeidere. Den er 245g/m<sup>2</sup>, og ved en telefonsamtale til bedriften ble den veid til 620 gram.

Det varierer mye hvordan kjøpte tekstiler brukes innenfor kommunens virksomheter. Avdelinger har forskjellige behov og funksjoner i rollen teksten skal fylle. Det vil da si fra administrasjon, til pleiehjem, til vaktmestere og brannmenn. Grunnet vanskeligheten av å etterfølge forskjeller mellom enkeltplagg for analyse er det satt følgende forutsetninger knyttet til LCA-en:

- Det er brukt funksjoner i SimaPro Flow som sammenfatter forbruk og verdier opp mot sin database. Et eksempel på dette er: forutsatt industriell vask ved bruk av funksjonen til SimaPro Flows ved navn - *washing, drying and finishing laundry*.
- Transportetapper innad i Kina og Russland er satt til 50km med EURO3 lastebil standard, mens distansen fra Kina til Europa og oljetransport fra Russland til Kina er funnet med Google maps. Distansen Russland-Kina er satt til 4640 km. Distansen fra Kina til Hamburg med containerskip er satt til 21164 km og fra Hamburg til Oslo med EURO5 lastebil standard, satt til 925km
- Det er forutsatt at all elektrisitetskonsum brukt i cradle-to-grave prosessene er satt til medium volt elektrisitet fra Kinas statlige nett.
- Til hvert enkelt plagg ble det forutsatt at den vaskes etter hvert 4,5 bruk, der vaske og tørke perioden ikke blir tatt med i tidsperspektivet. Hver bukse, benklær og shorts plagg antas å tåle 50 vaskesykluser før plagget anses som for slitt til å kunne brukes lenger. Dette sammenfatter til 225 bruk per plagg. Forutsetningene til dette basere seg på Klepp og Laitalas rapporter som viser til vaske og forbrukspraksis (Laitala, 2011).
- Et vanlig årsverk til ansatte i Oslo kommunes virksomheter anslås til 5 dager per uke i 45 uker som totalt sett er 225 dager i arbeid. Dette gjør at hvert plagg har et 1:1 forhold til hvor lenge

den varer. Dette er gjort slik at den funksjonelle enheten blir riktig selv om bruken av hvert enkelt plagg vil være lenger enn 1 år i praksis.

- Transport fra og til vasking av klær ble antatt til å være i gjennomsnitt 1 km hver vei. Dette da for å utligne de forskjellige praksisene der noe blir vasket av arbeidere, noe i industrivask med lengre avstand og noe vasket på arbeidsplassen.

#### 3.5.5 Cut-off

Cut-off kriterier omhandler hvilke prosesser som holdes innenfor og utenfor LCA-systemet.

LCA er en komplisert fremgangsmåte med veldig mange innsatsfaktorer. For å forminske arbeidsmengde, segmenteres innputtene som blir ansett med minimal innflytelse. Vanligvis vil dette si at innflytelsen må være mindre enn 1% for at man kan ekskludere det (LCA.no, 2002). Dersom bidraget fra andelen under 1% er signifikant for totalbilde, skal det uansett inkluderes, spesielt hvis det gjelder farlig materiale og stoffer (Curran, 2015). For denne analysen kan det ikke sies med sikkerhet at cut-off kriteriene er oppfylt, grunnet mangel på data i materialstrømmen som vist i delkapittel 3.2. Analysen bygger på resultatene til Gillebergs master som baserer sin analyse på tilgjengelig informasjon, nordiske estimater for tekstil materialblanding og data fra plukkanalyser (Gilleberg, 2021).

#### 3.5.6 Krav til datakvalitet

Det er valgt å bruke data fra litteratur som grunnlag for utregning av klimabidrag fra produksjonsprosessen, bruksfasen og end-of-life stadiet til tekstilen.

Spesifikke tall når de gjelder produksjonsfasen av tekstilene er hentet fra rapporten (Velden et al., 2013) – LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane.

Rapporten legger frem data på ressursbruk knyttet til det forskjellige leddene i produksjonsprosessen. Hvilke prosesser som er brukt er vist i tabell 4.

Det forutsettes at tallene fra Solveigs Gilleberg tidligere analyse stemmer, og at Bekken og Strøm AS sine produksjonstall sammenfaller. Av enkelhets skyld går det ut ifra at all tekstilproduksjon kjøpt av Oslo kommune kommer fra produksjonssystemet til Bekken og Strøm AS fordi de var den største vareleverandøren i 2019.

Forutsetninger knyttet til avfallsløsning er gått ut ifra NORSUS rapport som viser til at lite av dagens tekstil blir resirkulert i Norge, og rapporten «*Gaining benefits from discarded textiles*» som har undersøkt forbrenningsanlegg som avfallsløsning i Norden (NORSUS, 2021) (Schmidt, 2016). Det forutsettes at forbrenningsanlegg i Oslo blir brukt til energigjenvinningstjenesten.

### 3.5.7 Svinn

Svinn i bomullsproduksjonskjeden ble funnet på webside og dokumentert gjennom intervju av Eşref Koçak basert på hans praksis i Usbekistan, Etiopia og Tadsjikistan (Koçak, 2022). Det antas at denne informasjonen er relevant for både konvensjonell og økologisk bomullsproduksjon i Kina også.

Oversikt over svinnet er vist i tabell 4. I polyesterproduksjonen antas det et svinn på 5%. Dette kan være noe lavt, og er satt som en felles sats for å vise til svinn selv om det ikke nødvendigvis er funnet dokumentasjonen på dette. Det vil si at alle leddene for polyesterproduksjonen har individuelt 5% svinn, og ikke hele i en enhet. 5% svinn vil også bli antatt ved end-of-use og bruksstadiene med mindre BAT blir samlet.

### 3.5.8 Allokering

Allokering er en fordelingsprosess innad i produksystemet som undersøkes. Allokering er nødvendig når en enhetsprosess blir påvirket av flere enn ett produkt eller råmateriale, spesielt når prosessene er del av et annet livsløp. Det betyr at det ikke vil være korrekt å allokere miljøbelastningen fra enhetsprosessen til bare ett av produktene, og det må vurderes hvordan denne fordelingen skal utfolde seg. Første prioritet er å unngå allokeringer, men ved nødvendig er de to vanligste metodene økonomisk allokering og masseallokering. Økonomisk allokering gjøres ved å sammenfatte økonomiske goder fra produktene og fordele miljøutslippet ut ifra hvor lønnsomme produktene er (LCA.no, 2002). Masseallokering baserer seg på massestrømmen gjennom enhetsprosessen der miljøbelastningene blir kalkulert ut ifra prosentandelen av massen til hvert produkt. Eksempelvis, et produkt er 56% av vekten til massestrømmen og blir følgelig allokert 56% av miljøbelastningene. Det er brukt allokeringspraksis på bomullskultivering i LCA-en. Fra nettsiden til Cottonaustralia kommer det frem at 35% av bomullen som går inn i eggingsprosessen går videre som bomullslint til videre tekstilproduksjon (Cottonaustralia.com.au). Av de gjenværende 65% er 10% ansett som avfall mens 55% er biprodukt som både brukes i olje, kosmetikk og plastikk produkter samt frø til neste bomullsavling. Grunnet dette ble det brukt masseallokering som tilsvarer:

$$\frac{0,35}{0,9/1} = 38,88 = 38,9\%$$

Dette vil si at 38,9% av ressursbruken fra bomullskultivering skal allokere til tekstilproduksjonen.

### 3.5.9 Scenariobygging og Følsomhetsanalyser

Scenarioanalyser utføres med Simapro Flow for å estimere endringer i klimafotavtrykk og miljøeffekter ved andre livsløpsvalg enn dagens løsning. Det er gjort 3 scenarioer i denne analysen som inkluderer; basisscenarioet, et scenario der bomullsandelen er byttet ut med økologisk bomull og et scenario der all polyester brukt i teksten er resirkulert. Det er gjort analyser og

kunnskapsinnsamling for hvert scenario. De alternative scenarioene er laget for å besvare forskningsspørsmål 3, mens basis scenarioet er for å vise nåværende situasjon.

Følsomhetsanalyse er et analyseredskap som brukes for å sjekke robustheten til analysen. Metoden brukes ofte for å indikere hvilken av faktorene til prosessen som har størst effekt på totalen. Dette gjøres ved å endre noen av basis forutsetningene til analysen for å se hvor mye totalen endrer seg som følge av endringen. Hovedforskjellen mellom følsomhetsanalyse og scenarioanalyse er at i følsomhetsanalyse så endrer man på prosentandeler for situasjonen som er beskrevet, mens i scenarioanalyser så endrer man forutsetninger ved hele analysen ved å bytte ut prosessdelene med andre varianter.

### 3.6 All data brukt

Tabell 4 under viser all data samlet inn fra litteratur knyttet til forskningsspørsmål 1 og 2. Andre inputs i Simapro har egne funksjonsbeskrivelser innad i Simapro Flow programmet. Forutsetninger for transport distanser er generelle, og valg av transportmåte er forenklet.

Tabell 4: Oversikt over data med kilder brukt i materialstrømanalyse og LCA.

| Beskrivelse                                                            | Kilde                    | Tall        | Enhet                                       |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|---------------------------------------------|
| FK1                                                                    |                          |             |                                             |
| Generelle data fra solveig gillebergs master. Se tabell XX             | (Gilleberg, 2021)        |             |                                             |
| Bomulls global average CO2 eq pr kg bomull                             | (CHEN, 2021)             | 1,801       | kg co2-eq pr kg                             |
| Bomulls utslipp Xinjiang with fertilizer                               | Chen                     | 4,43        | kg co2-eq pr kg                             |
| Generell utstlipp fra polyester produksjon                             | (Moazzem et al., 2018)   | 5,357       | kg co2-eq pr kg                             |
| Økonomisk allokering av merinoull                                      | (Eady, 2013)             | 80 %        | % fordeling merinoull                       |
| Greasy wool                                                            | Eady                     | 8,9         | kg co2-eq pr kg                             |
| Merinowool co2 emissions                                               | Eady                     | 28,7        | kg co2-eq pr kg                             |
| FK2                                                                    |                          |             |                                             |
| Svinn i bomullsproduksjon ginning                                      | (Cottonaustralia.com.au) | 65 %        |                                             |
| Masseallokering knyttet til bomullsproduksjon til ginning 0,35/(0,9/1) |                          | 38,89 %     |                                             |
| Svinn i bomullsproduksjon spinning                                     | (Koçak, 2022)            | 30 %        |                                             |
| Svinn i bomullsproduksjon yarn                                         | Eşref Koçak              | 5 %         |                                             |
| Svinn i bomullsproduksjon sammensyng                                   | Eşref Koçak              | 18 %        |                                             |
| 1000kg cotton gros på 2000m <sup>2</sup> crop area                     | Eşref Koçak              | 1:2 forhold |                                             |
| Water usage cotton production                                          | (Chapagain, 2006)        | 2,018       | Virtual water content (m <sup>3</sup> /ton) |
| Ginning: Cotton processer                                              | (Velden et al., 2013)    | Se kilde:   |                                             |
| Yarn manufacturing, rieter ring spinning (including winding)           | Velden                   | Se kilde:   |                                             |
| Fabric manufacturing weaving (veveing)                                 | Velden                   | Se kilde:   |                                             |

|                                                                                 |                     |                          |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| Pretreatment, 40 pet 60 CO stable sice. - bleaching average                     | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Dying, 60% cot/20%pet                                                           | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Eet processing, softening: drying, final fixing 65% cot - 35% PES               | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Fabric manufacturing knitting(strikking) - Fully fashioned flat knitting        | Velden              | 0,85                     | kwh/kg                  |
| Sammensyng av polyester og bomull fine fiber til stoff. 65% pes 35% CO          | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Polyester                                                                       |                     |                          |                         |
| Energy returned on investment for conventional oil                              | (News, 2013)        | .25:1                    |                         |
| Oil needed to produce Polyester                                                 | (Gervet, 2007)      | .1:1,28                  |                         |
| Nonrenewable energy use is 68.6 MJ and 2.00 kg CO2                              | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Fiber + yarn manufacturing: Ring yarn according to formula 100 % synthetic      | Velden              | Se kilde:                |                         |
| PET pellets to filament ("extruder spinning line")                              | Velden              | Se kilde:                |                         |
| POY to DTY, mean for 10 machines eFK with manual doffing system                 | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Fabric manufacturing - Mean og 60 Sultex...                                     | Velden              | 10,88                    | kwh/kg                  |
| Washing of fabric                                                               | Velden              | 0,82                     | kwh/kg                  |
| Drying of fabric                                                                | Velden              | 0,16 og 5,15 natural gas | kwh/kg og MJ/kg         |
| Pretreatment                                                                    | Velden              | 7,1                      | Steam MJ/kg             |
| Dyeing example from nylon                                                       | Velden              | 2,56                     | kwh/kg                  |
| Finishing                                                                       | Velden              | 1,97                     | kwh/kg                  |
| Scenario 3: resirkulert polyester                                               |                     |                          |                         |
| Confidential source 1. pet pellets to staple fiber                              | Velden              | Se kilde:                |                         |
| Scenario 2: økologisk Bomull                                                    |                     |                          |                         |
| Yield                                                                           | (Shah et al., 2018) | 1545,7                   | kg fresh weight (fw)/ha |
| Seeds                                                                           | Shah                | 2180                     | kg/(ha*year)            |
| Compost                                                                         | Shah                | 5000                     | kg/ha*year              |
| Dieselbruk (cultivation + harvest)                                              | Shah                | 25                       | l/ ha*year              |
| Irrigation water used                                                           | Shah                | 605                      | m^3/ha                  |
| Avfallsbehandling                                                               |                     |                          |                         |
| El - returnert energi av forbrenningsnlegg ved tekstilavfallbrenning(polyester) | (Schmidt, 2016)     | 2,5                      | MJ/kg                   |
| Returnert energi av forbrenningsnlegg ved tekstilavfallbrenning(polyester)      | Schmidt             | 15                       | MJ/kg                   |
| El - returnert energi av forbrenningsnlegg ved tekstilavfallbrenning(cotton)    | Schmidt             | 1,7                      | MJ/kg                   |
| Returnert energi av forbrenningsnlegg ved tekstilavfallbrenning(cotton)         | Schmidt             | 12,4                     | MJ/kg                   |
| Transport                                                                       |                     |                          |                         |
| Olje til stasjon russland                                                       | Forutsatt           | 50                       | km                      |
| Russland til Kina                                                               | Google Maps         | 4640                     | km                      |
| Distanser fra bomullskultivering til produksjonsted                             | Forutsatt           | 50                       | km                      |

|                                          |             |         |    |
|------------------------------------------|-------------|---------|----|
| Distanse fra Beijing til Hamburg         | Google Maps | 21164,7 | km |
| Distanse Hamburge Oslo                   | Google Maps | 925     | km |
| Distanse fra oslo virksomhet til vaskeri | Google Maps | 1       | km |
| Distanse til forbrenningsanlegg i Oslo   | Google Maps | 6,6     | km |

## 4.Resultater

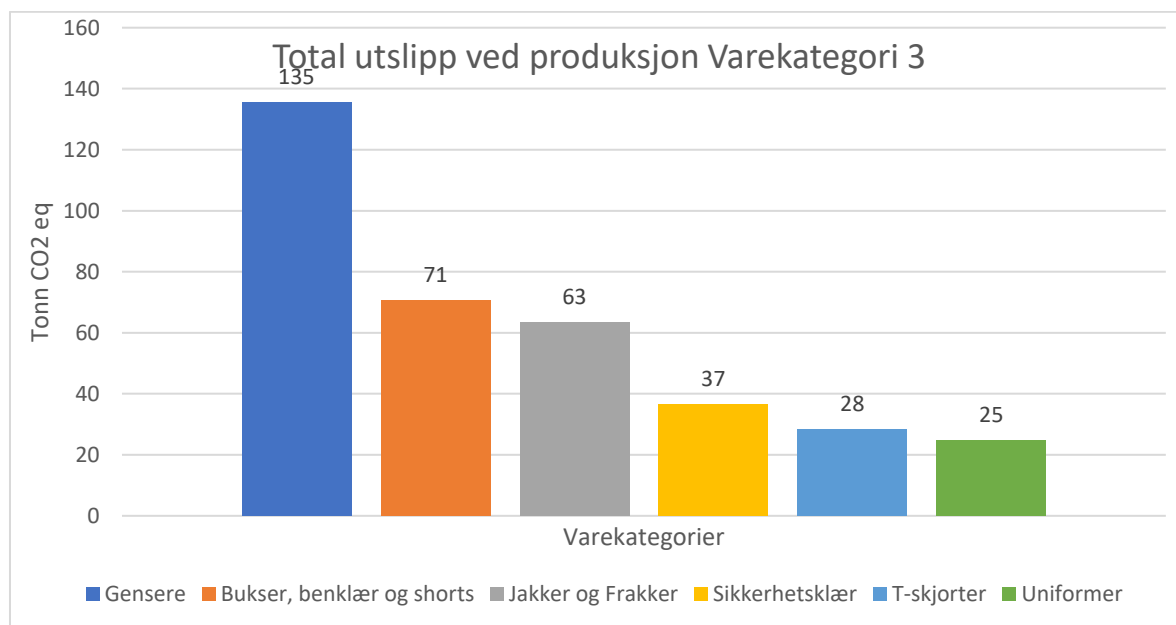
### 4.1 Forskningsspørsmål 1, Innkjøp

Ved materialstrømsanalyse er det gjort en analyse av klimafotavtrykket for innkjøpet av tekstil hos Oslo kommunes virksomheter året 2019. Resultatet vist i tabell 5 sammenfaller til 359,189 tonn co2 ekvivalenter.

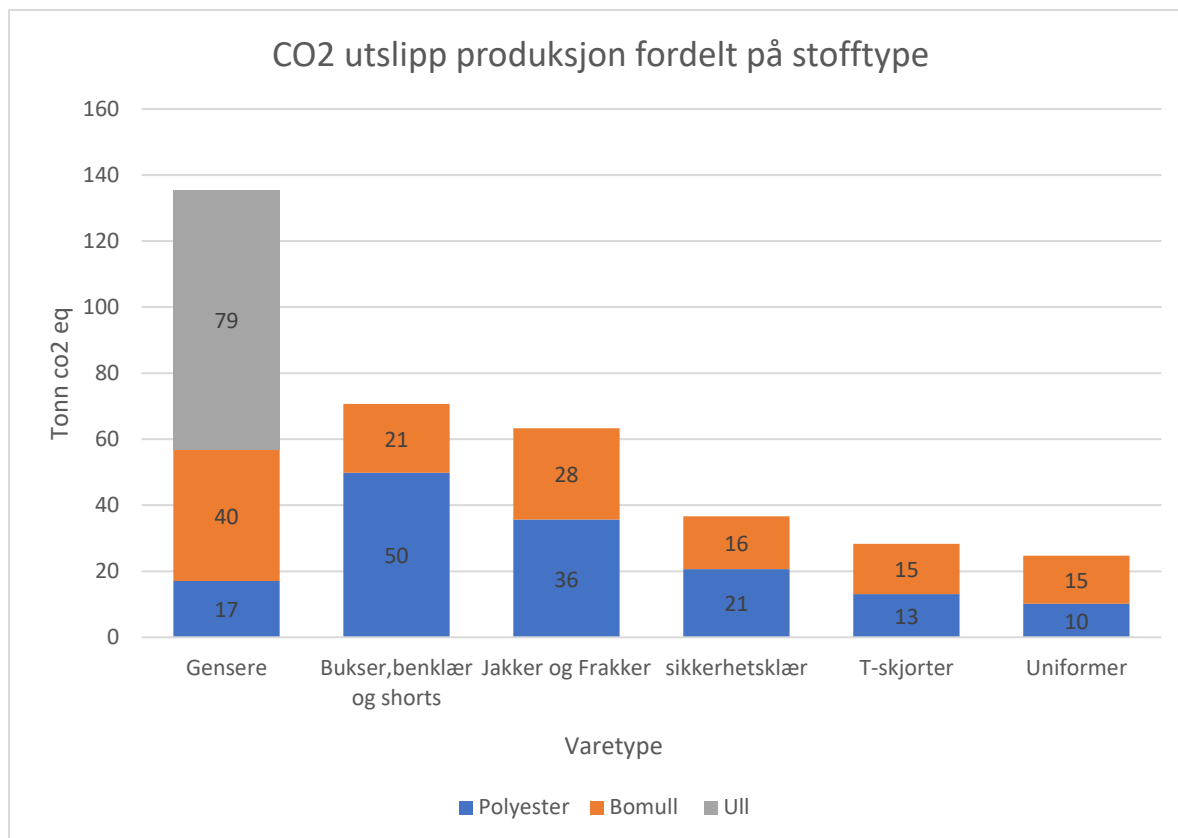
Tabell 5: Tabelloversikt over resultater av materialstrømsanalyse for Oslo kommunes innkjøp av tekstil for året 2019.

| Varekategori 3           | Antall tonn tekstiler | Total innkjøp - antall enheter | Vekt(kg) per enhet | Materialtype |        |      | Utslipp i produksjon (kg CO2 eq) |        |     | Sum (tonn co2 eq) |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------|--------|------|----------------------------------|--------|-----|-------------------|
|                          |                       |                                |                    | Polyester    | Bomull | Ull  | Polyester                        | Bomull | Ull |                   |
| Gensere                  | 15,9                  | 28949                          | 0,55               | 20 %         | 60 %   | 20 % | 17                               | 40     | 79  | 135               |
| Bukser,benklær og shorts | 14,3                  | 28628                          | 0,5                | 65 %         | 35 %   |      | 50                               | 21     |     | 71                |
| Jakker og Frakker        | 13,3                  | 13330                          | 1                  | 50 %         | 50 %   |      | 36                               | 28     |     | 63                |
| Sikkerhetsklær           | 7,7                   | 10575                          | 0,613              | 50 %         | 50 %   |      | 21                               | 16     |     | 37                |
| T-skjorter               | 6,1                   | 40909                          | 0,15               | 40 %         | 60 %   |      | 13                               | 15     |     | 28                |
| Uniformer                | 5,4                   | 3014                           | 1,166              | 35 %         | 65 %   |      | 10                               | 15     |     | 25                |
| Totalt: tonn CO2 eq      |                       |                                |                    |              |        |      | 146                              | 134    | 79  | 359               |

Fordelingen på hver varekategori viser at gensere har størst klimautslipp etterfulgt av bukser, benklær og shorts, jakker og frakker, sikkerhetsklær, t-skjorter og Uniformer illustrert i figur 12. I store trekk faller klimautslippet synkende rekkefølge fra høyeste til laveste mengde tonn innkjøp.



Figur 12: Total utslipp ved produksjon fordelt på Varekategori 3.

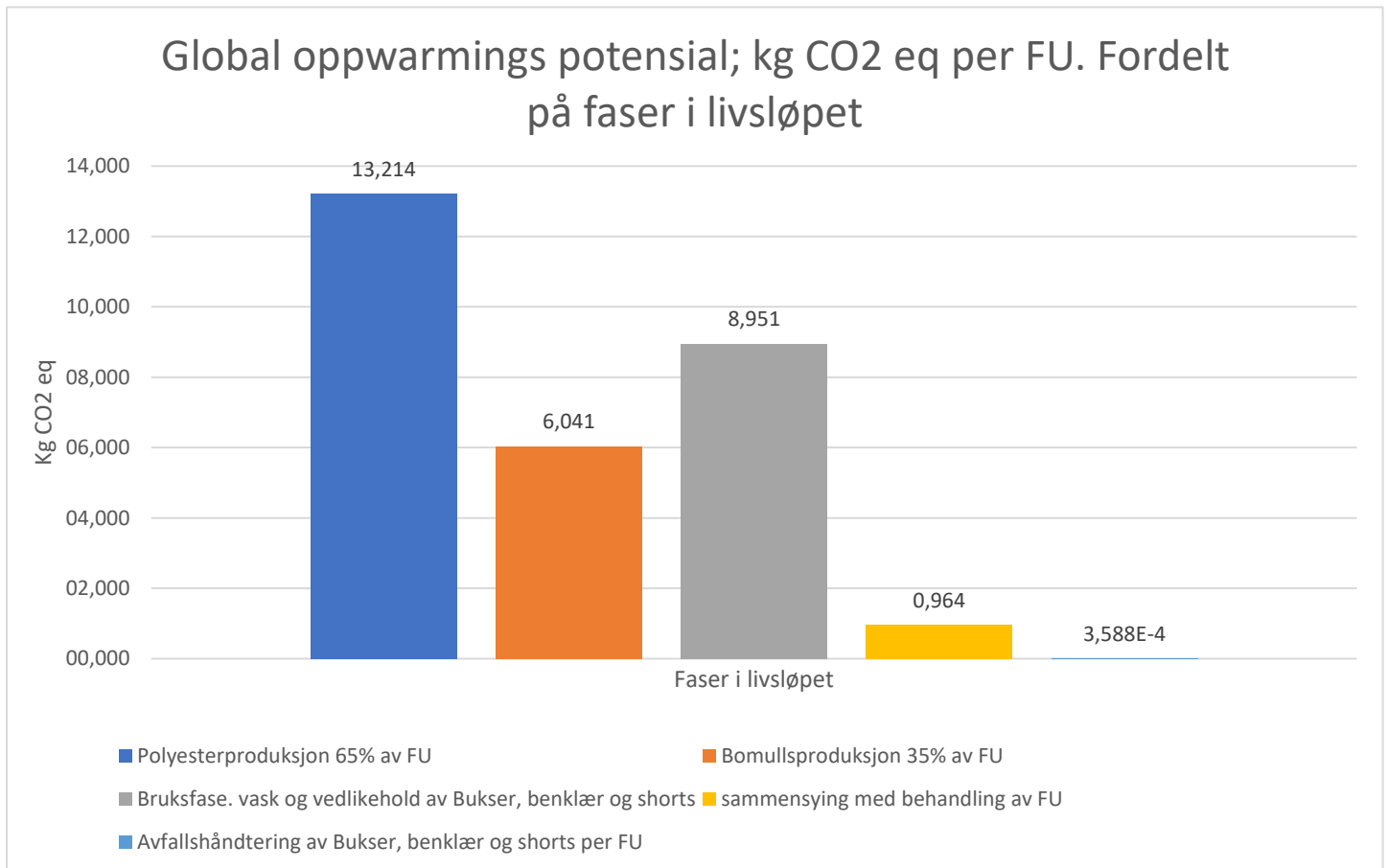


Figur 13: CO2 utslipp produksjon fordelt på stofftype i tonn CO2 eq.

Figur 13 viser hvordan CO2 utslippet speiler seg på hvilket tekstilstoff som brukes. Varegruppen gensere har størst utslipp, etterfulgt av bukser og jakker. Figuren viser at polyester har stor andel i mange av produktene, og at dette slår ut CO2 utslippet i stor grad. Det største enkeltbidraget kommer fra ull i genser varekategorien.

#### 4.2 Forskningsspørsmål 2 Livsløpsanalyse:

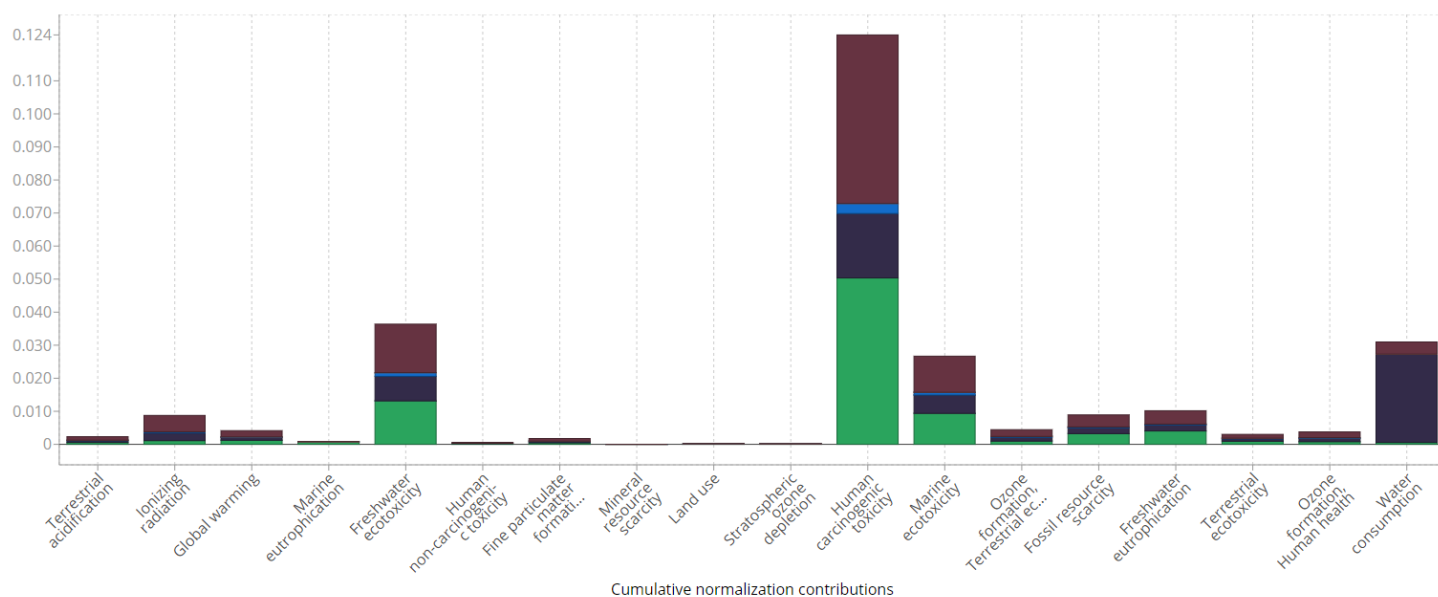
Basis scenarioet; scenario 1 hadde et utslipp på 33,133 kg CO<sub>2</sub> eq per FU. Fordelingen av de forskjellige fasene er illustrert i figur 14. For basisscenario 1 ser man i synkende rekkefølge at polyesterproduksjonsdelen etterfulgt av bruksfasen og bomullsproduksjonsdelen påvirker klimautslippet. Sammensyningen er felles for både polyester og bomull og ble derfor valgt å sette for seg selv. Avfallshåndteringen står frem som av liten betydning for resultatet.



Figur 14: Global oppvarmings potensial; kg CO<sub>2</sub> eq per FU, fordelt på faser i livsløpet.

Figur 15 under viser normaliseringen av miljøeffektene for scenario 1. I figuren ser man spesielt at kreftfremkallende toksisitet hos mennesker er den dominerende effekten. Figurene er normaliserte ved bruk av SimaPro Flows egen programvare som forsøker å vekte effektene. Ecoinvent 3.8 Cut-off er brukt og kalkulerings metoden er ReCiPe 2016 Midpoint (H) 1,05. Y-aksen representerer verdien SimaPro Flow gir ved vekting av miljøeffektene, og har ingen spesifikk enhet. Miljøeffekt nummer 3 fra venstre i figur 15 viser global oppvarming potensial (Global warming). Ved starten av denne masteroppgaven var målet å bare fokusere på det globale oppvarmings potensialet til tekstilinnkjøpet. Etter å ha utført LCA analysen og normalisert resultatet i SimaPro Flow, kom det frem flere andre negative miljøeffekter knyttet til verdikjeden som bør nevnes. Det som derimot er oppsiktsvekkende er hvor lav GWP er normalisert i forhold til andre miljøbelastninger som

### Cumulative normalization contributions



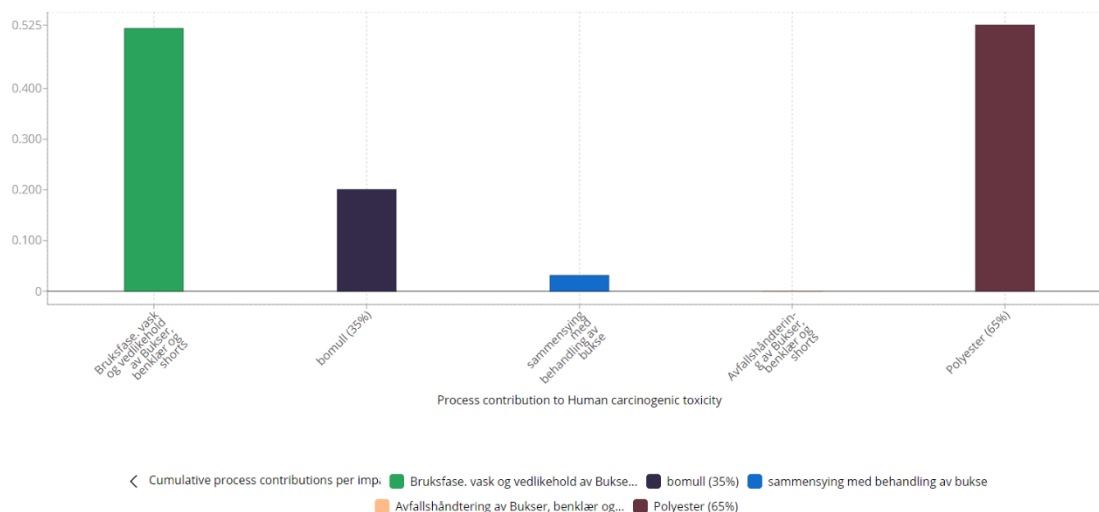
■ Bruksfase, vask og vedlikehold av Bukse... 
 ■ bomull (35%) 
 ■ sammensynging med behandling av bukse 
 ■ Avfallshåndtering av Bukser, benklær og... 
 ■ Polyester (65%)

Figur 15: Normalisering av miljøeffekter ved SimaPro Flows program vekting. Bilde klippet fra SimaPro Flow

vannforbruket (Water consumption), marin økotoksisitet (Marine ecotoxicity), kreftfremkallende toksisitet hos mennesker (Human carcinogenic toxicity), ferskvanns økotoksisitet (Freshwater ecotoxicity) og ioniserende stråling (Ionizing radiation).

Figur 16 under viser hvordan miljøeffekten kreftfremkallende toksisitet hos mennesker er fordelt ved de forskjellige fasene i verdikjeden i kg 1,4-DCB. En ser at bruksfasen i form av vask og påvirkningen fra polyesterproduksjonen er hovedaktørene. Fra figur 15 kan man også se at vannforbruket blir

### Cumulative process contributions



< Cumulative process contributions per imp. 
 ■ Bruksfase, vask og vedlikehold av Bukse... 
 ■ bomull (35%) 
 ■ sammensynging med behandling av bukse 
 ■ Avfallshåndtering av Bukser, benklær og... 
 ■ Polyester (65%)

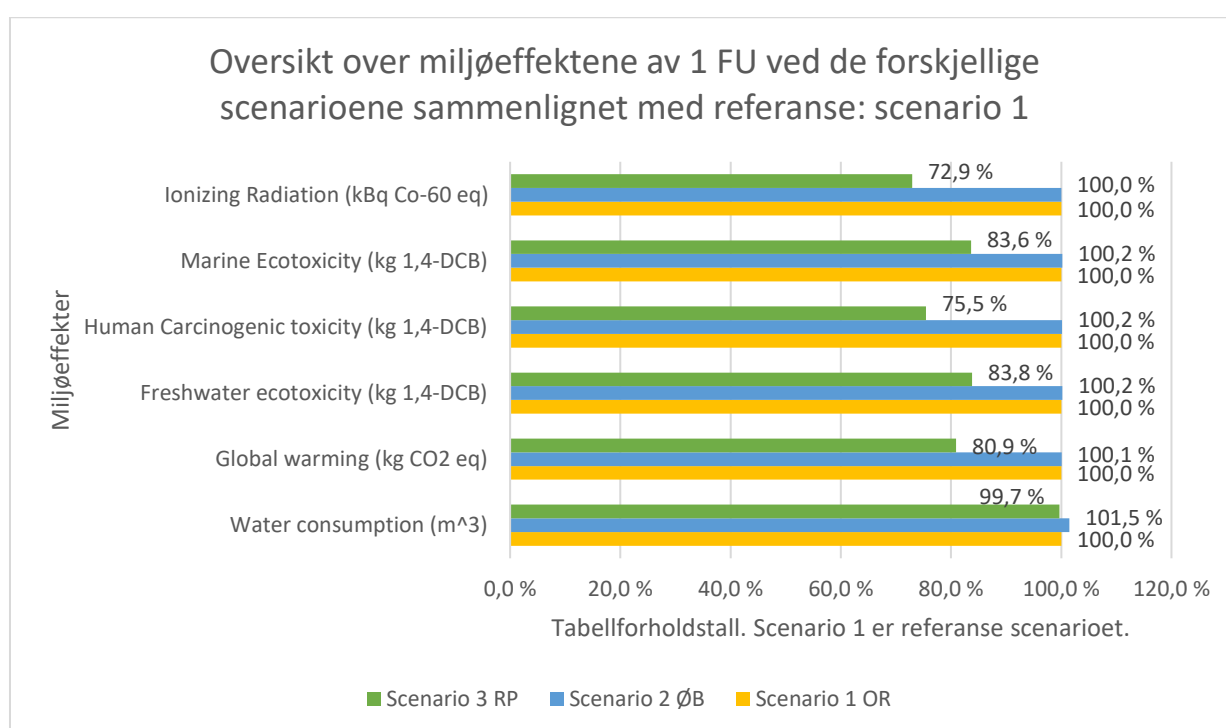
Figur 16: illustrerer hvordan miljøeffekten kreftfremkallende toksisitet hos mennesker er fordelt ved de forskjellige fasene i verdikjeden i kg 1,4-DCB. Bilde klippet fra SimaPro Flow.

hovedsakelig påvirket av bomullsfasen, mens marin- og ferskvanns- økotoksisitet blir påvirket mest

av bruksfasen og polyesterproduksjonen. Ioniserende stråling blir hovedsakelig påvirket av polyesterproduksjonen, og det er en tydelig endring mellom resirkulert og produsert polyester.

Tabell 6: En illustrert oversikt over totale miljøeffekter fra de forskjellige scenarioene.

|               | Water consumption (m <sup>3</sup> ) | Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq) | Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DCB) | Human Carcinogenic toxicity (kg 1,4-DCB) | Marine Ecotoxicity (kg 1,4-DCB) | Ionizing Radiation (kBq Co-60 eq) |
|---------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Scenario 1 OR | 8,263                               | 33,119                                 | 0,916                               | 1,276                                    | 1,16                            | 4,212                             |
| Scenario 2 ØB | 8,387                               | 33,138                                 | 0,918                               | 1,278                                    | 1,162                           | 4,212                             |
| Scenario 3 RP | 8,238                               | 26,802                                 | 0,768                               | 0,963                                    | 0,97                            | 3,072                             |



Figur 17: Oversikt over miljøeffektene av 1 FU ved de forskjellige scenarioene der scenario 1 i gult er referansescenarioet.

Tabell 6 viser miljøeffektene for de forskjellige scenarioene. Figur 17 viser hvordan miljøbelastningene samsvarer mot hverandre i riktig enhet der scenario 1 er referanseverdiene sammenlignet med scenario 2 og 3. Scenario 2 er scenario med økologisk bomull og scenario 3 er med resirkulert polyester. Resultatene fra disse scenarioene belyses i delkapittel 4.3. Resultatene viser til at scenario 3 gjør det betydelig bedre på globalt oppvarmingspotensial med 26,8 kg CO<sub>2</sub> eq sammenlignet med scenario 1 og scenario 2 som begge ligger over 33 kg CO<sub>2</sub> eq. Samme kan beskrives om ferskvanns økotoksisitet, kreftfremkallende toksisitet hos mennesker og marin økotoksisitet der scenario 3 gjør det merkbart bedre med 0,768 kg 1,4-DCB sammenlignet 0,918 og 0,916 kg 1,4-DCB. Vannforbruket er tilnærmet likt over de 3 scenarioene. Ioniserende stråling

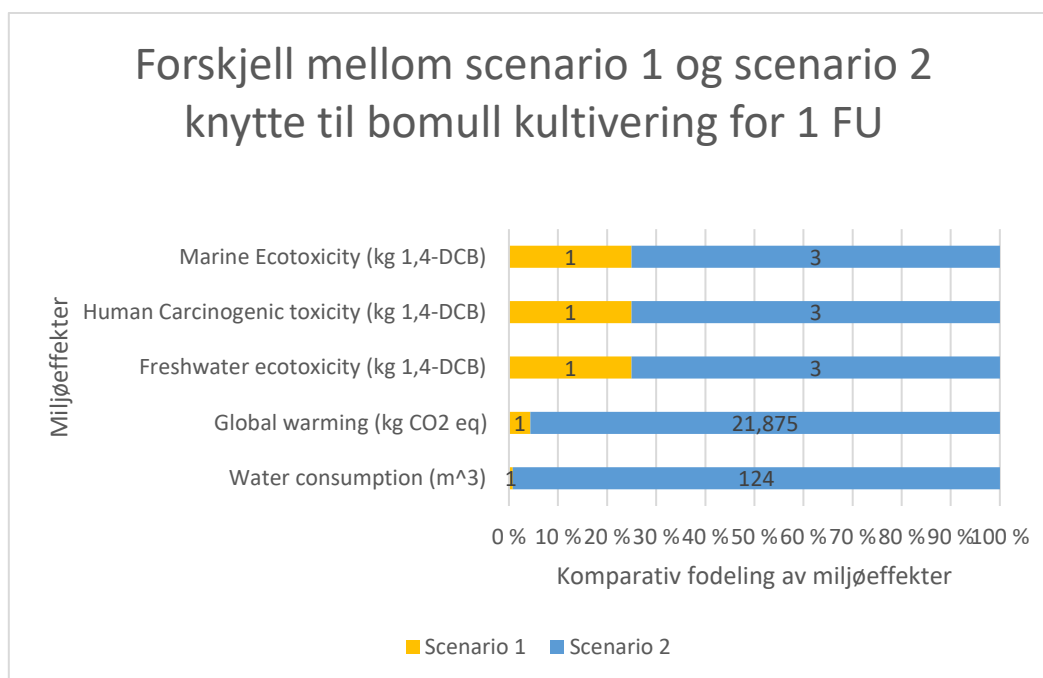
miljøeffekten er spesielt bedre for det resirkulerte polyester scenarioet grunnet at man unngår råolje utvinning som både scenario 1 og 2 baserer seg på.

#### 4.3 Forskningsspørsmål 3: Strategier for et mer klimaeffektivt og bærekraftig konsum

Det ble utført 2 komparative analyser av basisscenarioet for å undersøke mulige forbedringer i verdikjeden. Et scenario der konvensjonell bomull ble utbyttet med økologisk bomull (scenario 2) og et scenario der polyester andelen av plagget ble byttet ut med resirkulert polyester (scenario 3).

Tabell 7: Illustrerer en oversikt over totale miljøeffekter for bomullskultiveringsmetoden ved basis scenario 1 og scenario 2 med økologisk bomull.

|            | Water consumption (m <sup>3</sup> ) | Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq) | Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DCB) | Human Carcinogenic toxicity (kg 1,4-DCB) | Marine Ecotoxicity (kg 1,4-DCB) |
|------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|
| Scenario 1 | 0,001                               | 0,016                                  | 0,001                               | 0,001                                    | 0,001                           |
| Scenario 2 | 0,124                               | 0,35                                   | 0,003                               | 0,003                                    | 0,003                           |

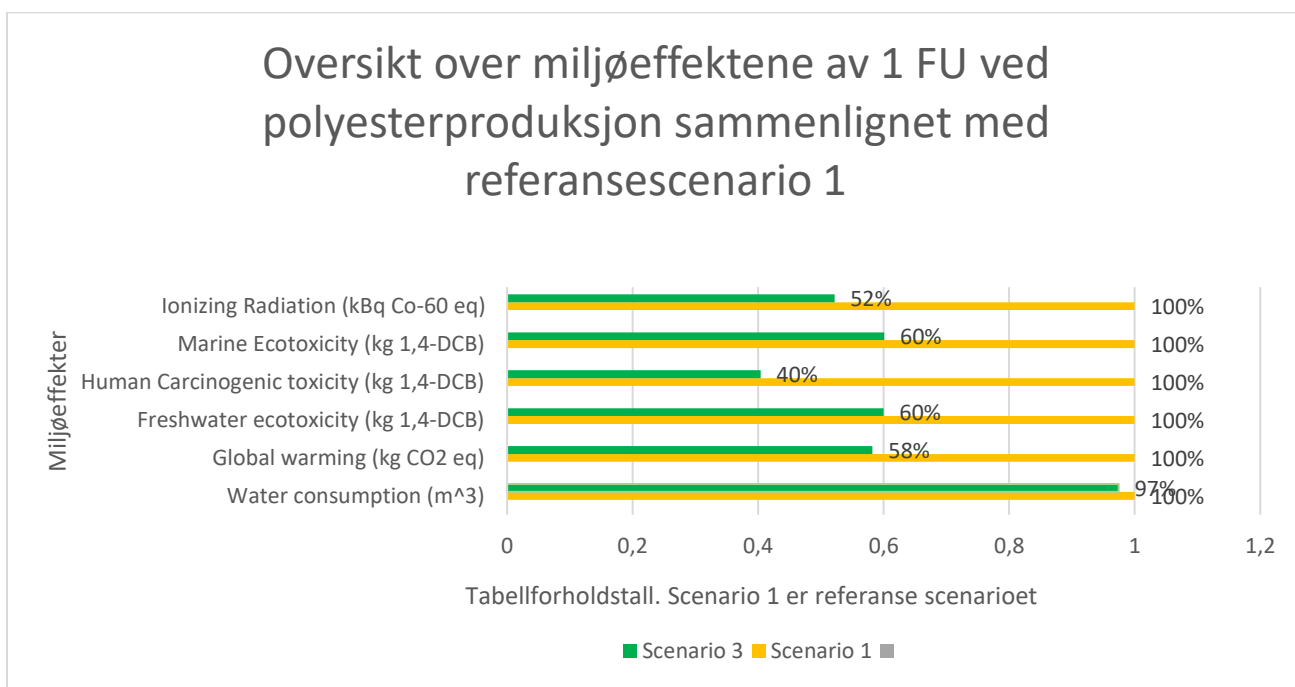


Figur 18: Illustrerer en komparativ fordeling av miljøeffekter mellom scenario 1 og scenario 2 knyttet til bomull kultivering for 1 FU der scenario 1 er referansescenarioet.

Tabell 7 viser en oversikt over forskjellen mellom miljøeffektene til de to scenarioene. Figur 18 viser hvordan forskjellen i kultiveringsmetode mellom vanlig bomullsproduksjon(s1) og økologisk bomullsproduksjon(s2). Merk at eneste endring mellom scenarioene forekommer i kultiveringsprosessen, og ved videre produksjonsmønster er det antatt at produksjonen i form av ginning, spinning med mer er identiske. Datakvaliteten knyttet til dette resultatet er svært usikker, og hovedforskjellen i resultatet kommer fra at økologisk bomull er satt til et mye høyere vannforbruk enn konvensjonell.

Tabell 8: Illustrerer oversikten over forskjellene i miljøeffekter mellom basisscenario 1 og resirkulert polyester scenario 3 ved polyesterproduksjonen

|            | Water consumption (m <sup>3</sup> ) | Global warming (kg CO <sub>2</sub> eq) | Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DCB) | Human Carcinogenic toxicity (kg 1,4-DCB) | Marine Ecotoxicity (kg 1,4-DCB) | Ionizing Radiation (kBq Co-60 eq) |
|------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Scenario 1 | 0,981                               | 15,122                                 | 0,370                               | 0,525                                    | 0,476                           | 2,383                             |
| Scenario 3 | 0,956                               | 8,805                                  | 0,222                               | 0,212                                    | 0,286                           | 1,243                             |



Figur 19: Oversikt over miljøeffektene av 1 FU ved fase polyesterproduksjon (65%) sammenlignet med referansescenario 1 farget i gult.

Tabell 8 viser miljøeffektverdiene knyttet til de to forskjellige scenarioene. Figur 19 viser forskjellene mellom produsert polyester(s1) og resirkulert polyester scenario(s3) der scenario 1 er referanseprosessen. Fra tabelloversikten kan man se at scenario 3, resirkulert polyester, gjør det bedre over alle miljøeffektene. Kreftfremkallende toksisitet hos mennesker blir mer enn halvert, vannkonsumet er relativt likt mens de resterende 4 miljøeffektene har bortimot halvering av effekter. Merk at scenario 3 ikke er allokeret noe som helst av råolje-produksjonen, og bare står for resirkuleringsprosess og ny produksjon av pellets fra resirkulert polyester. Alt etter produksjonen av pellets er antatt likt fra spinning til etterbehandling.

Følsomhet scenarioer ble gjennomført for å etablere mer informasjon om analysen.

Tabell 9: Følsomhetsanalyse over hvordan miljøeffektene blir påvirket av +30% til -30% endring av totalt antall vaskesykluser før plagget faller fra hverandre ved FU basisscenario 1.

| Antall vaskesyklus plagget tåler         | 65    | 60    | 55    | 50    | 45    | 40    | 35    |
|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Endring:                                 | 30 %  | 20 %  | 10 %  | 0 %   | -10 % | -20 % | -30 % |
| Water consumption (m <sup>3</sup> )      | 5,78  | 6,61  | 7,44  | 8,26  | 9,09  | 9,92  | 10,74 |
| Global warming (kg CO2 eq)               | 23,18 | 26,50 | 29,81 | 33,12 | 36,43 | 39,74 | 43,05 |
| Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DCB)      | 0,64  | 0,73  | 0,82  | 0,92  | 1,01  | 1,10  | 1,19  |
| Human Carcinogenic toxicity (kg 1,4-DCB) | 0,89  | 1,02  | 1,15  | 1,28  | 1,40  | 1,53  | 1,66  |
| Marine Ecotoxicity (kg 1,4-DCB)          | 0,81  | 0,93  | 1,04  | 1,16  | 1,28  | 1,39  | 1,51  |
| Ionizing Radiation (kBq Co-60 eq)        | 2,95  | 3,37  | 3,79  | 4,21  | 4,63  | 5,05  | 5,48  |

Tabell 9 viser en forenklet følsomhetsanalyse av hvordan miljøeffektene endrer seg ved

+30% til - 30% endring av forventet antall vaskesykluser et plagg tåler før det faller fra hverandre.

Videre viser tabellene til at det er store fordeler i å prosjektere mot tekstiler med lenger levetid. En ser at endringene har en ren 10% endring per steg grunnet at basis scenarioet med forutsetning 50 vaskesykluser og 4,5 bruk per vask sammenfatter til et årsverk på 225 arbeidsdager. Dette resulterer i et 1:1 forhold. Tabell 10 viser i den oransje kolonnen hvor mange vaskesykluser plagget tåler før miljøeffektene tilsvarer basis scenario 1. Gjennomsnittet kom på 41,4 vask som forenklet antyder at dersom det resirkulerte polyester produktet tåler mindre enn 41,4 vaskesykluser så er det ikke bedre enn scenario 1. Tall for s1 og s3 er hentet fra tabell 6.

Tabell 10: Antall vaskesykluser før endring tilsvarer miljøeffekter for basis scenario 1.

|                                          | Antall vaskesykluser før endring tilsvarende s1 |           |        |                |                       |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|--------|----------------|-----------------------|
|                                          | s3                                              | 1-(s3/s1) | s1     | 50 * 1-(s3/s1) | (50 * 1-(s3/s1)) - 50 |
| Water consumption (m <sup>3</sup> )      | 8,238                                           | 0,3 %     | 8,263  | 0,2            | 49,8                  |
| Global warming (kg CO2 eq)               | 26,802                                          | 19,1 %    | 33,119 | 9,5            | 40,5                  |
| Freshwater ecotoxicity (kg 1,4-DCB)      | 0,768                                           | 16,2 %    | 0,916  | 8,1            | 41,9                  |
| Human Carcinogenic toxicity (kg 1,4-DCB) | 0,963                                           | 24,5 %    | 1,276  | 12,3           | 37,7                  |
| Marine Ecotoxicity (kg 1,4-DCB)          | 0,97                                            | 16,4 %    | 1,16   | 8,2            | 41,8                  |
| Ionizing Radiation (kBq Co-60 eq)        | 3,072                                           | 27,1 %    | 4,212  | 13,5           | 36,5                  |
| Gjennomsnitt                             |                                                 |           |        |                | 41,4                  |

Strategiene beskrevet i kunnskapsgrunnlaget fra NORSUS, Europa kommisjonen, Kassatly & Baumann-Pauly, og Palacio-Mateo et al anses som verdifulle, og det oppmuntres til Oslo kommune å undersøke mulighet for etterfølgelse av forslagene i egen praksis. Noen av de viktigste tiltakene vil bli presentert under, mens videre anbefaling blir beskrevet i diskusjon. Resultatet ønsker å summere opp tiltak kort fremfor å omskrive noe som er godt beskrevet i kapittel 2 kunnskapsgrunnlag.

- Økodesign
  - Produktpass som informerer forbrukere om innhold og produksjonsprosess
  - Designfokus på lengre levetid, mulighet for å reparere, enkel demontering og enkel resirkulering.
  - Oppmuntre og bygge mot forretningsmodeller og delingsøkonomi med fokus på forlenget aktiv produktlevetid.
  - Påvirke forbrukeratferd i retning av kvalitet og bedre håndtering samt vedlikehold og pleie for tekstiler
  - Økt grønn anskaffelse av produkter som faller innenfor kategori økodesignet.
- Produksjonsfase
  - Fase ut fossile drivstoff som materialressurs og energiresurs
  - Redusere vannforbruk og vannforurensinger
  - Optimalisere produksjonsprosess til høyere maskineffektivitet og mindre svinn
  - Anvende prinsipper for sirkulær økonomi på produksjon slik det bruker resirkulert materiale
  - Forminske bruk av kjemikalier
- Bruksfase
  - Redusere energiforbruk og vannforbruk.
  - Produsere mer bærekraftige vaskemidler
  - Forhindre microfiber utslipp fra tekstil
- End-of-life fase
  - Redusere volum av kastet klær
  - Forbedre tekstilnnsamling
- Forlenget bedriftsansvar
  - Ansvarliggjøring av produsenter for avfallet produktet deres skaper.
  - Gjøre det ulovlig å kaste usolgte eller returnerte varer.
  - Krav om offentliggjøring av informasjon
- Lovgivende eller statlige tiltak

- Merverdiavgift- eller avgiftsreduksjoner på gjenbruk, reparasjon og upcycling
- Målrettet, skreddersydd økonomisk støtte til FoU, pilotering og oppskalering til industrielt nivå av automatisert sortering og mekanisk og kjemisk gjenvinning
- Fremme innovasjon, forskning og investeringer for tekstilbransjen spesielt med tanke på resirkuleringsteknologi.
- Nye business modeller, med støtte for å implementere hyppigere.
- Generelle
  - Øke resirkulering og gjenbruk
  - Redusere bruk av plastikkfiber
  - Rammeverket rundt tekstilproduksjon må inkludere et godt levebrød for alle deltagerne
  - Motebransjen og globale lovgivningsmakter må vurdere den sosioøkonomiske effekten av fiber produksjon og prioritere disse fremst i alle bærekrafts krav, miljøsertifiseringer, miljørangering og verifisering av miljøpåstander.

## 5.Diskusjon

### 5.1 Viktigste erfaringer fra resultater og analyse

Klimaregnskapet for Oslo kommunes tekstilkonsum per år ble regnet til å være 359,189 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Rapporten: *Bærekraftig og redusert forbruk i Oslo kommune – indirekte klimagassutslipp fra innkjøp av varer*, fra NORSUS gjorde lignende utregninger for andre varekategorier med cradle-to-gate perspektiv (NORSUS, 2022). Resultatene var for Oslo kommune og basert på UKE innsamlingsdata på lik linje med denne oppgaven. Resultatene viste:

- Plastinnkjøp på 50,9 tonn- i 2018 og 38,6 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter i 2019
- Matinnkjøpet økte fra 10000 tonn- i 2017 til 12000 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter i 2019
- Elektronikk innkjøp hadde store variasjoner fra 9300 tonn- i 2017 til 5000 tonn- i 2018 og 7300 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter i 2019
- Møbler og interiør med 1300 tonn- i 2018 og 1800 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter i 2019.

Når man sammenligner resultatene fra denne analysen med NORSUS rapporten så ser man sammenhenger mellom varegruppene. Fra høyest til lavest, faller da tekstilforbruket inn på fjerde største utslipp totalt i det som blir undersøkt bak møbler og interiør. Det er derimot en indikasjon på at det er variasjoner mellom år som ikke blir tatt høyde for når tekstildataen bare er registrert over 1 år og ikke flere. Det har vist seg å være stor variasjon i innkjøp for hvert år for noen av de fire andre varegruppene, og det er derfor naturlig å kunne se en lignende trend for tekstil. Tekstiler er derimot mer driftet og er på den måten mer i omløp en møbler og elektronikk, så man kan se for seg at innkjøpene per år er mer faste og mindre varierte. En ser derimot at større fraksjoner som mat og elektronikk er mye høyere i total utslipp mengde. NORSUS rapporten hadde også med tekstiler, men det ble ikke lagt frem resultater. Det kommenteres fra NORSUS at det ikke er like gode utslippsfaktorer tilgjengelig for tekstil som det er for andre varekategorier.

Livsløpsanalysen tok for seg 3 scenarioer av livsløpet til en bukse der; basis scenarioet ble sammenlignet med scenario 2 med konvensjonell bomull byttet ut med økologisk bomull, og scenario 3 der polyesterandelen ble byttet ut med resirkulert polyester. Tabell 6 med korrelerende figur 19 illustrerer dette. Den funksjonelle enheten til 1 eksemplar underkropp arbeidsplass er et valg gjort under metodiske forutsetninger. Prosessen bak LCA-en har gitt interessante resultater. Resultatene fra den normaliserte figuren av miljøeffektene visst i 4.2 viser til flere andre miljøeffekter som blir vektet høyere sammenlignet med klimagassutslipp. Det er et behov for å identifisere flere elementer til bærekraft samlet sett når man ser på en livsløpsanalyse. Resultatene indikerer at globalt oppvarmingspotensial alene ikke er en god indikator på bærekraft for tekstilproduksjon. Andre

miljøpåvirkninger fra verdikjeden bør vurderes, som forekomst av kreftfremkallende stoffer, ferskvanns samt marin økotoksisitet, vannforbruk og ioniserende stråling med potensielt flere. Tekstil verdikjeden påvirker store deler av verdens befolkning, når man bruker tekstil, vasker tekstil, kaster tekstil, fikser tekstil og er med på å lage det. Bærekraftmålene fokuserer ikke eksklusivt på miljø ettersom de inkluderer sosiale og økonomiske faktorer også. Dette indikerer at nåværende beslutningsprosessen for kjøp av tekstil i Oslo kommune bør endres mot en mer helhetlig prosess som implementerer andre miljøindikatorer også.

Resultatene fra LCA-analysen under gitte forutsetninger viser til at resirkulert polyester resulterer i et mer bærekraftig konsum for Oslo kommune. Den største svakheten i denne indikasjonen er hvorvidt de resirkulerte plaggene tåler det fysiske aspektet av 50 bruk før de faller fra hverandre. I samtale med Bekken og Strøm ble det nevnt fra bedrift at produkter med resirkulerte polyester ved dagens resirkuleringsteknologi resulterte i produkter med kortere levetid, dette grunnet kortere fiber som betyr at produktet rakner fortere. Utenom dette besparer resirkulert polyester for mye kjemikalier, energi og miljøet ved å ikke bruke råolje i sin verdikjede. Dette scenarioet er bare et godt alternativ så lenge resirkuleringsteknologien for fiber-til-fiber er av tilstrekkelig kvalitet. Eksempelvis, hvis et resirkulert plagg hadde tålt 35 vaske sykluser sammenlignet med 50, så ville miljøeffektene ha blitt økt fordi man da trengte 1,3 bukser for å oppfylle FU, og nullet ut fordelene som resultatene til LCA-en indikerer.

Klærs levetid har et fysisk aspekt og et menneskelig aspekt. Det fysiske aspektet er hvorvidt plaggets levetid er påvirket av bruk, vaskesykluser og bruksområdet. Når man subtraherer det ned til en enhet, betyr det hvor mange bruk plagget tåler før det er ødelagt. Det menneskelige aspektet omhandler hvor lenge personen ønsker å bruke plagget. Dette kan endre seg over tid etter personlige preferanser, mye som beskrevet fra Klepp og Laitalas forskning (Laitala & Klepp, 2020). Det å forbruke et plagg til det holder på å falle fra hverandre er noe de aller færreste praktiserer. Det viktigste må være at det legges opp til at produkter skal ha så mange bruk i seg som mulig for så å drive kulturendrende virksomhet for å forsøke å holde ressursene i kretsløp så lenge som mulig. Det fysiske aspektet blir da en del lettere; gjør det som holdbart som overhodet mulig. Der nest må samfunnet jobbe for å skape kulturer som oppmuntrer til å konsumere mindre.

Avfallsbehandlingsmetoden knyttet til forbrenningsanlegg har tilsynelatende ingen effekt på LCA-en. Trolig er dette grunnet at den utbytter en relativt klimanøytral norsk strømmiks. Bomull anses som naturlig material og har derfor utslippsfaktor 0, men utslippet fra polyester per FU er ikke inkludert. Dette er en svakhet, men SSB har brukt utslippsfaktor på 2 708 kg CO<sub>2</sub> per tonn brent plast og dette tilsvarer at scenarioenes GWP ville økt med ca. 1 kg CO<sub>2</sub> eq per FU (Fedoryshyn, 2015). Polyester har

også noe annerledes branneffekter. Denne feilen ble funnet for sent til å gjøre korrelerende endring i scenarioene. Andre miljøeffekter vil også bli påvirket av dette, men det er uklart i hvor stor grad.

Litteratur og undersøkelser fra flere tiltrovekkende kilder har foreslått endringer for tekstilindustrien som er implementerbare. Mange av kildene anbefaler de samme tiltakene. Eksempelvis som økodesign eller en versjon av beskrivelsen blir funnet hos flere kilder. Spørsmålet er hvordan forslagene skal iverksettes for å oppnå rask effekt i markedet. Litteratursøket understreker at det er mange faktorer som må vurderes før det bærekraftige sluttmålet. Alle aktører som lovgivende etat og bedrifter har behov for forbedring og etterfølging for å nå målene. Økonomiske incentiver, forbrukerkulturendringer med omskolering og lovgiving er alle virkemidler som må vurderes for å nå sluttmålet. Det sentrale poenget er at det må gjøres endringer fra flere retninger på tekstilproduktene, det er en kollektiv endringsprosess som krever samarbeid og innsats fra hele verdikjeden.

Forlenging av produsentansvar er et steg i riktig retning, fordi dette vil gjøre at bedrifter ikke kan frasi seg ansvaret og bare legge det på konsumenten i like stor grad som før. Det å stoppe produktødeleggelse av usolgte varer og returnerte varer er også ekstremt viktig. Strategien fastslår at det skal være informasjonsflyt fra store firmaer til markedet om hvor mye produkter de kaster og ødelegger, inkludert tekstil. Dette gjør at det blir et PR spørsmål, som tvinger bedriftene til å være mer bærekraftige eller lide under markedets misnøye. Store mengder med fullt levedyktige produkter blir kastet hvert år fordi bedrifter taper verdi ved å gi bort uønskede produkter. Dette er et enormt ressurstap, og det er nyttig at EU endrer denne praksisen. I et samfunn bygget på sirkulærøkonomiske prinsipper er det viktig å holde ressursene i kretsløpet slik at minst mulig av ressursene går tapt.

Kartleggingen og kontrollen av tekstilen som går inn i Europa med påkrevd økodesignkrav, produktpass og forlenging av produsentansvar er fokus for å gjøre kjeden mer bærekraftig. En fremtid der det er ulovlig å selge tekstiler uten at de har vært økodesignet virker som et steg i riktig retning, dog lenger frem i tid. Produktpassene vil sammen med kriminalisering av grønnvasking gjøre det enklere for forbrukere å plassere hvilke bedrifter som passer for dem samtidig som det blir vanskeligere å lyve for selgere. Til syvende og sist ønsker mennesker å føle seg bra om de konsumerer. Grunnet dette ønske om å gjøre konsum mer miljøvennlige fråtser uærlige bedrifter på menneskers samvittighet og tjener penger på det. Det at mennesker ønsker å gjøre noe godt er bra, men det at de blir lurt til å bruke det på noe som er forgrønnet er ikke bra for samfunnet og noe det er positivt at EU vil straffe.

Teknologiutvikling og effektivisering av verdikjeden viser til store forbedringspotensial for kjeden. Spesielt i hvordan teknologien for resirkulering utvikler seg. Utviklingen til kjemisk og bio-enzym resirkulering er sentralt i dette. Termisk og mekanisk resirkulering har svakheter i form av høyt energibehov og ødeleggelse av varigheten til produktet etter prosess. Disse metodene er mest brukt i produksjonen av produkter med lavere kvalitetskrav som madrasser eller isolasjon. Det er behov på innovasjon som videre kan kommersialisere seg til hovedmarkedet og etablere seg som en kjerneteknologi i sirkulærøkonomien. En teknologi som avkaster resirkulert materiale i høy kvalitet. Som nevnt tidligere er dette parallelt avhengig av produkter er økodesignet med tanke på at det skal resirkuleres etter første forbruksliv.

Bedrifter omtaler at bruk av resirkulert materialet svekker verdikjeden deres fordi produktet produsert fra resirkulert materiale er av dårligere kvalitet enn jomfruelig, eksempelvis som ved bruk av mekanisk resirkulering (Palacios-Mateo et al., 2021). Dette kan være fargestoff eller kjemikalier som er vanskelig å få bort i resirkuleringsprosessen, eller at fibre har for kort varighet. Det er derimot lavt fokus på sammenhengen om hvorfor det er slik. Grunnen til at de resirkulerte produktene er dårligere er fordi råmaterialet de er resirkulerte fra har for mange komponenter i seg, og er ikke laget med tanke på at produktet skal vare lenger enn første forbruker. Det er et høna og egget problem, der det ene må endres for at det andre skal løses. Økodesign og det å ta beslutninger tidligere i verdikjeden med tanke på resirkulering, levetid og ressurseffektivitet er en viktig endring for å løse dette.

Det er for tidlig å si hva følgene av «*EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles*», blir fremover år for år. Det setter derimot krav til land, stater, hele verdikjeden og internasjonale partnere til å gjøre en omstilling for å iverksette endringer.

## 5.2 Hvor robuste er funn og data

Det bør også stilles spørsmål til kildene knyttet til produksjonsprosessen i LCA-en. Noe av litteraturen brukt har antydning at dataene deres kan være mindre troverdige. I noen situasjoner har det heller ikke vært mulig å finne spesifikke tall for produksjonen, og da er globalt gjennomsnitt blitt brukt for å supplere. Generelt sett er det flere potensielle feilkilder å finne i mangel på kvalitetssikret data i LCA-analysen. Det ønskes at resultatene skal bli tatt som indikatorer på et resultat fremfor et resultat med to streker under svaret. Gjennom litteratur søk er det svært vanskelig å finne data på utslipp eller konsum som er konsekvente. Det er store sprik mellom kilder på hva som blir skrevet. Eksempelvis som hos polyester der indikasjonene på utslipp fra produksjonen er fra mellom 5-28 kg CO<sub>2</sub> eq pr kg tekstil. Dette gir stor usikkerhet i resultatene, og supplementært med nyere informasjon fra Klepps kronikk med mer gir et bilde av at man ikke får vite hele sannheten når det gjelder kjeden.

Er økologisk bomull mer miljøvennlig enn konvensjonell? Det og flere spørsmål sitter man igjen med etter et dypdykk i litteraturen, spesielt tilgangen på data, dette nevner NORSUS rapporten også (NORSUS, 2022). Dette er en barriere for videreutvikling av tekstilverdikjeden og gjør at den mister kredibilitet.

Det er svakheter i innkjøpsdatasettet fra UKE. Dette var første forsøket på å gjennomføre en systematisk innhenting av data, og det oppstod flere utfordringer til beregningene underveis. Ønsket var at systemet skulle beregne endringer i årlig forbruk og klimagassutslipp over tid. Datasettet er bare for 2019, og det er derfor vanskelig å sammenligne med andre resultater. Kapittel 3.2 og figur 9 viser til at ca. 5% av total innkjøpte tekstilenheter var registrert i fakturasystemet som uspesifiserte. Dette gjør resultatene ikke dekker hele vareinnkjøpet og dermed har en viss usikkerhet. Det er uklart rundt hvorfor disse enhetene ikke er lagt inn riktig. Informasjonssystemet som UKE har brukt bærer preg av at systemet aldri var laget for å gjøre klima og miljø analyser. Det er derfor endringer i praksis for hvordan dette forekommer, og det gjør at systemet må brukes mer for å luke ut feilene og forbedre redskapet. Dataen brukt for denne analysen er 3 år gammel, og det er sannsynlig at systemet allerede har blitt bedre i dag. Av det som ble analysert er det 97,2% (tabell 5) av tekstil innkjøpet som er representert basert på vekt, og dette er en tiltrokkende andel.

Det ble forutsatt at produksjonsdetaljer fra den største produsenten ville bli ansett som representativ for materialstrømanalysen der Bekken og strøm AS sto for 46,4% av innkjøpet basert på kronebeløp. Det ble identifisert ved personlig kontakt med produsent Bekken og Strøm at 70% av polyestern fra deres produkter kommer fra Kina, mens de resterende 30% er produsert i Europa. Det ble ikke funnet noen gode kilder på utslippsfaktor ved europeisk polyester produksjon, så det ble derfor forutsatt at 100% av polyestern ble produsert i Kina. Rapporten til Moazzem et al la frem at dette resulterte i 5,357 kg CO<sub>2</sub> eq pr kg ferdig polyester. Bomull ble identifisert av Bekken og Strøm AS til regionfordeling 90% Kinesisk og 10% europeisk produksjon. Chen et al 2021 la frem at dette resulterte i 4,43 kg CO<sub>2</sub> eq per kg tekstil ved produksjon i Kina, og et globale gjennomsnitt av 1,801 kg CO<sub>2</sub> eq per kg tekstil ble brukt for europeisk region. Dersom man sammenligner med andre studier og annen litteratur så virker disse tallene noe lave. Spesielt den globale CO<sub>2</sub> gjennomsnitt bomullsutslippet virker noe lav. Det anses som klokt å se på resultatene fra materialstrømanalysen med kritiske øyne, og heller se på det som et estimat innenfor gitte forutsetninger.

Bomullskultiverings sammenligning mellom s1 og s2 bærer preg av store sprik i dataene brukt. Resultatene knyttet til vannforbruk, ferksvanns- og marin- økotoxisitet har stor differanse grunnet vanndataene brukt. Grunnen til dette er at det har vært svært utfordrende å finne kilder knyttet til vannforbruket til bomull. Studiet Chapagain fra 2006 viser til vanndata som tilsvarer mindre enn 1

liter vann tilført per kilo bomull kultivert. Dette er trolig mye lavere enn det det burde være, men det er brukt grunnet mangel på bedre kilde. Dette kombinert med at studiet Shah et al 2018 viser til økologisk bomullsproduksjon fra India med 124 liter vann/FU, som er ekstremt mye høyere enn den andre kilden. Det er forutsatt at tallene er gyldige for produksjonen i Kina. Det er trolig forskjellige forutsetninger og beregningsmetoder som er kommet frem på forskjellige svar som gir lavere kvalitet når de blir sammenlignet i en komparativ LCA. Dette er en av de større feilkildene knyttet til analysen, og gjør resultatene mindre robuste.

Forskjellen i GWP skyldes at det er brukt større mengde diesel i redskap ved den økologiske bomulls kultiveringen kilden fremfor den konvensjonelle som er basert på SimaPro Flow prosesser. Utenfor det bærer funnene i denne analysen på ingen særlige forskjeller mellom økologisk og konvensjonell bomull, spesielt hvis man ser bort ifra vann. Det er derimot forutsett at alt annet en kultiveringsprosess frem til ginningen er helt lik, og hvorvidt denne forutsetningen stemmer er uklart spesielt i forhold til forutsetninger og ratioen av grønt vann til blått vann forbruk. Det er et stort behov for bedre og mer kvalitetssikrede data som grunnlag for å sammenlikne alternative løsninger. Forskjellige kilder oppgir konsekvent forskjellig data, noe som er til en viss grad naturlig gitt hvor mange områder i verden som produserer bomull. Når man har et sprik på 0,8 til flere hundre liter per kilo bomull fra forskjellige tilsynelatende gode kilder så sår det tvil. Det ble vurdert å forutsette at alt vannforbruk ble ansett som grønt vann, og at man med det skulle forutsette at produksjonen ble gjort i områder med tilstrekkelig regnvann. Dette ble ikke gjort siden det også hadde vært uriktig i store trekk og det ville tatt bort noe av fylden. Rapporten til Kassity og kronikken til Klepp legger frem gode indikasjoner på at vannforbruksdataene med annen informasjon tilgjengelig ikke er til å stole på, og er basert på falsk forskning fra interessenter.

Det vises til at funksjonen valgt til vaskepraksis for FU er «washing, drying and finishing laundry», fra SimaPro Flow funksjonene. Den er basert på et globalt perspektiv og er ikke lagt til i et norsk forbruksperspektiv. Dette antyder at utregningene er gjort ved dårligere tilstander og maskinkvalitet enn det man kunne forvente fra praksis i Norge. Dette er en svakhet, og det er trolig at forbruket knyttet til bruksfasen er noe høye grunnet dette. Hvorvidt forutsatt distansen til og fra vask på 1km er troverdig kommer an på. Gjennom samtale med Oslo kommune kommer det frem at mange virksomheter har egne avtaler, vasking hjemme eller vasking på stedet. Det ble ansett som et ok estimat fra kontaktperson.

Olje raffinering mangler i LCA-en, funksjonen i SimaPro Flow var ikke tilgjengelig. Dette er en svakhet, fordi påvirkningen mest sannsynlig ville ha større effekt enn det man kan kutte bort. Det er også mye kjemikaliebruk innenfor tekstilproduksjonen som ikke kommer frem fra LCA-analysen. Informasjonen

og detaljene av dette er ikke funnet, men effekten av dette er trolig mye større enn det 1% cut-off tilsier. Dette gjelder da spesielt kjemikaliene brukt i polyesterproduksjonskjeden som vaskemidler, bromerte flammehemmere, flekkavisende midler og stoff-mykner-midler som beskrevet i C. Palacios-Mateo et al (Palacios-Mateo et al., 2021). Grunnet dette kan man argumentere for at mange av miljøeffektene knyttet til økotoksisitet og kreftfremkalling burde være gradert enda høyere.

Hvor lenge et produkt varer er et viktig element i livsløpet til et plagg. Følsomhetsanalysene i 4.3 tar opp denne dynamikken, uavhengig om man måler levetid i år, vaskesykluser eller antall bruk. For analysen var det en forutsetning at FU tålte 50 vask med 4,5 bruk per vask som sammenfattet til et årsverk på 225 dager. Følsomhetsanalysen i tabell 9 forsøkte å se hvordan miljøeffektene ble påvirket av å variere levetiden fra 35 til 65 vask. Resultatene antyder at det er store miljøbesparelser i å øke mengde vaskesykluser et plagg tåler før avhending. Metoder for å øke levetiden til plagg bør etterprøves og iverksettes i praksisen til Oslo kommune for å bruke ressurser effektivt og bespare miljøet. Tabell 10 visste scenarioene opp mot hverandre. Hvis det resirkulerte plagget har dårligere varighet så ble det lagt frem et resultat på at dersom det tåler 8,6 vaskesykluser mindre enn basis scenarioet så nuller det ut fordelene med endringen. Dette er et nyttig funn som gjør det marginalt og målbart hvorvidt et alternativ er bedre enn et annet.

#### 5.2.1 Allokering

Allokeringene gjort for materialstrømanalysen anses som gode. Økonomisk allokering av ull produsert fra Australia, kommer fra en tillitsverdig kilde. Ull har et bredt spekter av kvaliteter utover hvilken sau art det er og hvor de kommer fra på sauen med flere faktorer. Grunnen til at det allokeres er at det er forskjell på merinoull som er brukt i tekstilene og fet ull som er et biprodukt. Ull som fiber produkt i høy kvalitet er høyt etterspurt med høyere pris, og en 80% allokering metode anses som troverdig. I figur 13 vises det at Ull var det største utslaget på klimagassutslipp for gensere. Dersom allokeringen hadde vært lavere mellom fet ull og merinoull, ville ull potensielt sett bedre ut. Allokering av bomullsproduksjonen til 38,9% anses som troverdig. To kilder viser til at bomulls lo er mellom 35-40% av total vekten til bomullsproduktet etter ginning. Av de resterende 65%, blir 55% brukt til avling, mat til husdyr og oljeproduksjon mens resterende blir kastet (se tabell 4). Dette antas som godt begrunnede antagelser for analysen. Denne allokeringen har en betydelig effekt på sluttresultatet. Dette grunnet at det er mye svinn fra bomullsplanten til ferdig bomullstøy, som gjør at høyere allokering ville hatt ringvirkninger i hvor mye ressurser prosessene tar. Allokering er en vanskelig praksis, nettopp fordi man må sette forutsetninger og vurderinger knyttet til hvordan man skal dele effekten på biproduktene fra prosessen.

### 5.3 Anbefaling til Oslo Kommune

Tiltak som Europa kommisjonen prøver å få igjennom, som påbudt økodesign, digitalt produkt pass, forlenget produsent ansvar, stoppe grønnvasking av tekstil produkter samt stopp av produktdeleggelse av usolgte eller returnerte varer er høyest relevant for Norge og Oslo kommune. Et godt tiltak hadde vært å etterfølge disse endringene og implementere dem så fort som mulig, også forut EØS-krav. Resultatene fra forskningsspørsmål 3 og 2 indikerer også dette. En god mulighet er å starte disse kravene med Oslo kommunes virksomhet som kjerne. Ved å starte en endret kommune drift der alle tekstilinnkjøp skulle falle innom kriteriene, for deretter å videreutvikle dette. Folk har trolig ikke identiske forhold til arbeidsklær som de har sine egne personlige investerte plagg. Det er derimot sannsynlig at noen av vanene eller uvanene som man gjør knyttet til eget kleskonsum vil speiles i forbruket, vedlikeholdet og vaner forbundet med arbeidsklær. Det kan videre være en mulighet for Oslo kommune å lage et eget program for innkjøp og bruk av plagg i arbeid. Eksempelvis ved å sette krav om miljøsertifisering og forsøke implementering av kulturendringer knyttet til forbruk i egen befolkning. Dette ved å fokusere på innkjøp av produkter som er økodesignet for lang levetid, gjenbrukbarhet, resirkulering og fokus på bærekraftig produksjon. Dette komplimentert med selvfikingsguide og potensielt satt av arbeidstid til å ordne på eventuelle plaggskader. Det er derimot økonomiske begrensninger for hvorvidt det heller er bedre å sette vedlikehold til ekstern praksis, men dette kommer på bekostning av ønsket kulturendring. Ytterligere kan det være vanskelig å motivere arbeidere til en slik ordning. Planlegging av hvordan man kan bevare teksten ved slitevennlige vaskeløsninger bør også undersøkes. Dette uavhengig om det betyr å prioritere produkttyper med høyere generell slitestyrke eller produktvarianter som er motstandsdyktige mot slitasje fra vaskesykluser. Ved å sette krav om det til offentlige virksomheter vil det videre skape samfunnsendringer ved å skape et eierskap til klær forhold som kan viderekobles til ansattes forbrukskultur i personlige liv. Man står da frem som et eksempel for sine ansatte som forhåpentligvis drar dette med seg som praksis i egne liv, bidrar til kulturendringer og samfunnsnormer. Dette da ved nødvendige unntak for plagg knyttet til sikkerhet eller forurensing som renovasjon- eller brann-uniformer.

Det er sterke paralleller med materialstrømanalysen og NORUS rapporten (NORSUS, 2022). NORSUS rapporten legger frem fire indikator for å forbedre måling av endring og forbruk i Oslo kommunes virksomheter fremover. Disse tiltakene inneholder da: Mengde tekstiler innkjøpt per år for Oslo kommune med fordeling på etater og bydeler i tonn eller antall enheter over lengre tid. Mengde tekstilinnkjøp som er klassifisert som bærekraftige gjennom kriterier satt i innkjøpssystemet, av total mengde innkjøpt årlig. Utslipp av klimagasser fra samlet tekstilforbruk fordelt på etat og bydel med endring over tid. Indikator brutt ned per ansatt og/eller bruker avhengig av hvem som tar

innkjøpsbeslutningen, for å indikere endring i innkjøpsaktivitet over tid. Implementering av disse indikatorene vil gi bedre omstendigheter for forbedring i fremtiden, også på tekstil.

Det er muligheter for å bruke kjøpekraften til å utøve noe godt. Det å komme med forbrukerkrav er en av de beste måtene å gjøre endringer på egen virksomhet og på markedet med egen etterspørsel. Eksempelvis som å kreve at produksjonen til kjøpte tekstiler er laget med elektrisitet fra fornybare kilder eller å kreve en prosentandel resirkulert polyester i polyestertekstil. Ved etterspørsel skapes også en åpning i markedet som gjør at bedrifter kan peile seg inn på mer bærekraftig etterspørsel. Det er mye besparelse på miljø å hente ved å være selektive til leverandører og underleverandører.

Litteraturen viser veldig sterkt til at man kan bespare mye miljøbelastning ved å produsere bomull i områder der det egner seg godt. Områder med mye nedbør og høy fuktighet bør prioriteres over mindre egnede områder. En god løsning knyttet til dette kan være at Oslo kommune krever at bomullsproduktene de kjøper skal være laget på 100% grønt vann. Dette vil skape insentiver til tekstilprodusenter og gjøre produksjonen mer bærekraftig.

Det anbefales videre at Oslo kommune, med sine ressurser, støtter forskning og bedrifter som videreutvikler resirkuleringsmetoder, da spesielt kjemisk og enzym bio-engineering. En av de største barrierene for tekstilbransjen er dårlige resirkuleringsløsninger, derfor bør dette satses på. Resultatet fra LCA-analysen indikerer at resirkulert polyester er bedre for miljøet over alle miljøeffektene fremhevet.

Det kan anbefales å bare kjøpe tekstiler som ikke er blandingstekstiler og der minimale eksterne tilsetningsstoff som elastan er tillagt. Det er viktig å vurdere dette opp mot levetid som kan bli kortere ved endrede tekstilinnhold. Det vil være lettere å resirkulere tekstilene ved 100% polyester, bomull eller ull. Nøkkelen er å velge ut ønsket produkt etter hvor egnet det er til å resirkuleres. Dette vil ha flere positive effekter med seg, spesielt at ressursene blir i kretsløpet lenger. Kortsiktig kan det være nyttig å prioritere homogene plagg i starten for så å velge blandingstekstiler med flere ønskede egenskaper hvis resirkuleringsteknologien har utviklet seg til å kunne resirkulere disse effektivt. Grunnen til dette er at et plagg med tekstilrester, med innhold og design som varer mer enn 2 ganger, vil mulig være mer effektive og bespare miljøet sammenlignet med et produkt som er god i en livssyklus før avhending. Ved flere sykluser vil ressurser bli brukt mer effektivt. Det er derimot klart en slik endring i strategi må undersøkes grundig. Som visst i tabell 9 og 10 så kan man bare godta en viss prosentandel dårligere varighet på tekstilprodukter før blandingsprodukt gjør det bedre som helhet. Det er også en mulighet å lage en strategisk plan med mellomløsninger der man endrer innkjøpstrategien trinnvis i takt med kvaliteten på utviklet resirkuleringsteknologi. Eksempelvis at man prioriterer homogene produkter med høy slitestyrke de første årene frem til

resirkuleringsteknologien er moden for så å ta imot blandede fiberprodukter som har bedre funksjon i praksis. Hvordan denne potensielle trinnvise planen skal legges frem er opp til virksomhetene i Oslo kommune. Det er derimot indikert fra litteratur at kvaliteten på fiber-til-fiber resirkulering og design av tekstiler med formål om resirkulering er flaskehalser for ønsket endring.

I nært forstående fremtid anbefales at Oslo kommune avventer beslutninger knyttet til tekstilprodukter laget av bomull. Det er behov for en klargjøring etter informasjonen delt av Kassity og Klepp for å være sikre på problemstillingen rundt økologisk bomull og konvensjonell bomull. Dette er da uavhengig av hvilken tidshorisont dette løper utover, og hvilke investeringer som kreves for å få forskningsresultater på feltet uten bedrift påvirkning. Det er mulig at den etablerte sannheten rundt økologisk bomull som har svirret i media og academia de siste årene ikke er redelig.

#### 5.4 Tema for oppfølgingsstudie

Elefanten i rommet for enhver LCA er datagrunnlaget man har. Jeg mener at datagrunnlaget for denne analysen mangler kvalitet for å gi robuste resultater, og ved potensial for videre arbeid hadde jeg brukt ressurser på å kvalitetssikre data. Det er derimot to metoder man kunne gjort dette på: Gjøre egne fysiske beregninger i felt, det vil si gjøre egne bomulls/polyester produksjonskjeder eller være avhengig av undersøkelser fra andre entiteter. Grunnet tid og ressurser hadde egne beregninger nesten alltid vært utenfor rekkevidde. Et videre og dypere litteratursøk hadde derimot vært nyttig, en må derimot ha nok ressurser til å kvalitetssikre tilstrekkelig at dataen man får tak i er god nok. Det er derimot barrierer mot å få data som er rå og ikke behandlet av andre. Et godt eksempel på dette ser man i kilden til Velden et al der store deler av de mest interessante produksjonsverdiene presentert er fra skjulte kilder som ikke ønsker å stå frem offentlig.

Jeg hadde forsøkt å endre på den funksjonelle enheten slik at den ble for hvert bruk istedenfor hver bukse. Det er forutsatt at en bukse i LCA-analysen tåler 225 bruk, men dette er ikke undersøkt godt nok til å være sikker. Rapporten til Kassatly nevner at å gjøre LCA for antall bruk et plagg tåler er mer korrekt. Dette krever større dybde i analysen enn det som er gjort i denne LCA-analysen og det hadde vært interessant å undersøke om antall bruk er en bedre funksjonell enhet for tekstilprodukter.

Ved videre arbeid kunne det vært spennende å gjøre en nærmere vurdering om hvorvidt allokeringen fra bomullsproduksjonen hadde vært annerledes og mer riktig ved økonomisk allokering. Ginningsprosessen har 3 biprodukter; bomulls lo, oljer som er brukt i kosmetikk og matlaging samt husdyrsmat. Det hadde vært interessant å sammenligne økonomisk fortjeneste fra bomullstekstilproduksjon, besparelsen ved å bruke bomullsplanterester til husdyrsmat og fortjenesten av oljene for å se om allokeringen hadde blitt annerledes.

Ved potensial for videre arbeid hadde jeg ønsket å reise til Kina for å se produksjonsprosessene med egne øyne. Dette for å se om man kan dra inn det menneskelige aspektet av hvorvidt arbeidere i denne industrien får tilstrekkelig levevilkår av jobben de gjør. Det virker sannsynlig for meg at neste steg i økodesign og miljøsertifisering med mer er at etter alle produsenter i verden er «miljøvennlige» i sin produksjon, så kan neste etterspørsel fra markedet være hvorvidt arbeiderne som lager produktene har et godt levebrød og levestandard. Bedrifter som Fairtrade er allerede på banen knyttet til dette (Fairtrade, 2022). Ved å besøke disse stedene hadde det vært interessant å se om levealderen og helsen til arbeiderne er kortere og lavere i forhold til standarden. Hvis man skal se alt i sammenheng, så er effekten fra produksjonene i det lange løp noe som burde legges opp mot alle personer som blir påvirket av verdikjeden og ikke bare forbrukeren i Norge.

Ved videre arbeid kunne det vært nyttig å lage flere scenarioer for LCA-analysen. Eksempelvis som et scenario med resirkulert bomull, et med tekstilfibret Tensig og scenarioer med homogent fibertekstil som 100% bomull. Dette ville videreutviklet analysen og vist flere alternativs varianter til Oslo kommune som kunne passet bedre til forskjellige virksomheter.

Det hadde vært interessant om det ble forsket mer på forbrukervaner knyttet til arbeidsklær. I hvor stor grad er personlige preferanser og trender som visst i Klepp og Laitalas undersøkelser relevant for tekstilforbruket til arbeidere i offentlig sektor. Spesielt da i forhold til når arbeidere ønsker og forsøker å fornye arbeidsklærne deres. Er nasjonaliteten til forbrukeren, brukssituasjoner, vaskefrekvens, plaggpris, disponibel grunn, plaggtype, alder på kjøper, fibertype, bruk frekvens, månedlig forbruk på klær, alder og lønn i like stor grad indikasjoner på forbrukervanene til arbeidsklær? Dette kunne vært nyttig i lys av å se om dette er noe man omskolere eller pålegge motgående tiltak som minimale antall bruk før kast eller kontroll fra arbeidstaker før nytt plagg er innvilget.

## 6.Konklusjon

Formålet til denne masteroppgaven var å analysere klimafotavtrykket, utslipp knyttet til innkjøp og forbruk av tekstilprodukter. Effektiv ressursbruk, bærekraft og hvordan man kan redusere tekstilforbruket er sentrale temaer i analysen. Formålet med oppgaven har båret preg av å endre seg over tid, spesielt med tanke på at resultatene sterkt antyder at CO2 utslipp ikke er den viktigste faktoren når det kommer til tekstilkonsum, spesielt hvis bærekraft er sluttmålet. Miljøbelastninger som vann konsum, marin økotoksisitet, kreftfremkallende toksisitet hos mennesker, ferskvanns økotoksisitet og ioniserende stråling identifiseres som viktige faktorer i verdikjeden når man skal gjøre en helhetlig vurdering. Det er tilgjengelig endringer som vil ha positive effekter på klimafotavtrykket og hvor bærekraftig Oslo kommunes virksomheter er. Anbefalinger om hvordan man kan forbedre miljøpåvirkningen sin er materialisert. Det er store muligheter for Oslo kommune å tilrettelegge egne virksomheter til et mer bærekraftig konsum.

Resultatene fra materialstrømanalysen viser til et utslipp på 359 tonn CO2 ekvivalenter fra cradle-to-gate. Livsløpsanalysene med sine forutsetninger gav indikasjoner på hvilke deler av verdikjeden som har størst effekt på miljøeffektene. Det ble gjort en litteraturstudie på forbedringer knyttet til tekstilverdikjeden med flere kilder som anbefaler lignende eller samme tiltak.

## 7. Referanser

- Bymiljøetaten. (2019). Framtidens forbruk – strategi for bærekraftig og redusert forbruk 2019-2030.
- Chapagain, A. H., Arjen & Savenije, Hubert & Gautam, R. (2006). The Water Footprint of Cotton Consumption: An Assessment of the Impact of Worldwide Consumption of Cotton Products on the Water Resources in the Cotton Producing Countries. *Ecological Economics.*, 60. 186-203. 10.1016/j.ecolecon.2005.11.027. .
- CHEN, F. J., XIANG & CHU, JIANG & XU, PINGHUA & Wang, Laili. (2021). A review: life cycle assessment of cotton textiles. *Industria Textila.* 72. 19-29. 10.35530/IT.072.01.1797.
- Commission, E. (2019). *A European Green Deal*: European Comission. Tilgjengelig fra: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en) (lest 26.04.2022).
- Commission, E. (2020). *Circular economy action plan*. Tilgjengelig fra: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en) (lest 05.04.2022).
- Commission, E. (2022). EU Strategy for Sustainable and Circular Textiles. *Brussels*, 30.3.2022 COM(2022) 141 final.
- Cottonaustralia.com.au. *Processing: from Gin to Fabric*. Tilgjengelig fra: [https://cottonaustralia.com.au/assets/general/Education-resources/CA-resources/CEK\\_Chap\\_7\\_Processing\\_From\\_Gin\\_To\\_Fabric.pdf](https://cottonaustralia.com.au/assets/general/Education-resources/CA-resources/CEK_Chap_7_Processing_From_Gin_To_Fabric.pdf).
- Curran, M. A. (2015). *Life cycle assessment student handbook*. John Wiley & Sons, Inc: Bohoken, New Jersey, Scrivener Publishing LLC.
- DEN-Z. (2022). *True cost of a cotton t-shirt*. Tilgjengelig fra: <https://den-z.com/blog/water-foot-print-of-cotton-t-shirt/> (lest 25.03.2022).
- DF-Sambandet. (2021). *Bærekraftig utvikling*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>.
- Eady, S., Sanguansri, Peerasak, Bektash, Roger, Ridoutt, Brad, Simons, Lloyd, Swiergon, Piotr. (2013). CARBON FOOTPRINT FOR AUSTRALIAN AGRICULTURAL PRODUCTS AND DOWNSTREAM FOOD PRODUCTS IN THE SUPERMARKET.
- F.A. Esteve-Turrillas, M. d. I. G. (2017). Environmental impact of Recover cotton in textile industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 116: 107-115.
- Fairtrade. (2022). *Choosing Fairtrade textiles makes a difference*. Tilgjengelig fra: <https://info.fairtrade.net/product/textiles> (lest 12.05.2022).
- Fedoryshyn, N. (2015). *Beregning av CO2-faktor for utslipp fra fossil del av avfall brent i forbrenningsanlegg*: SSB. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/attachment/216702?ts=14b3a6839a0> (lest 12.05.2022).
- FN-sambandet. (2022). *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>.
- Gervet, B. (2007). THE USE OF CRUDE OIL IN PLASTIC MAKING CONTRIBUTES TO GLOBAL WARMING
- gGmbH, G. S. (2021). *NEW LCA FROM TE: ORGANIC COTTON PROVEN TO CAUSE LESS ENVIRONMENTAL DAMAGE THAN CONVENTIONAL COTTON*. Tilgjengelig fra: <https://global-standard.org/news/new-lca-from-te-organic-cotton-proven-to-cause-less-environmental-damage-than-conventional-cotton> (lest 07.03.2022).
- Gilleberg, S. J. (2021). Tekstilhåndtering i Oslo kommune. Forbruk og muligheter - Analyse av klesforbruk og en beregning av potensiell klimateffekt ved økt utsortering av tekstiler fra husholdning og kommunale virksomheter.
- Gjenvinning, L.-S. f. K. o. (2021). *Avfallshierarki*. Store norske leksikon: Snl.no. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/avfallshierarki>.
- Gwilt, A., Pal. (2017). Conditional garment design for longevity. *Plate: Product lifetimes and the Environment*.

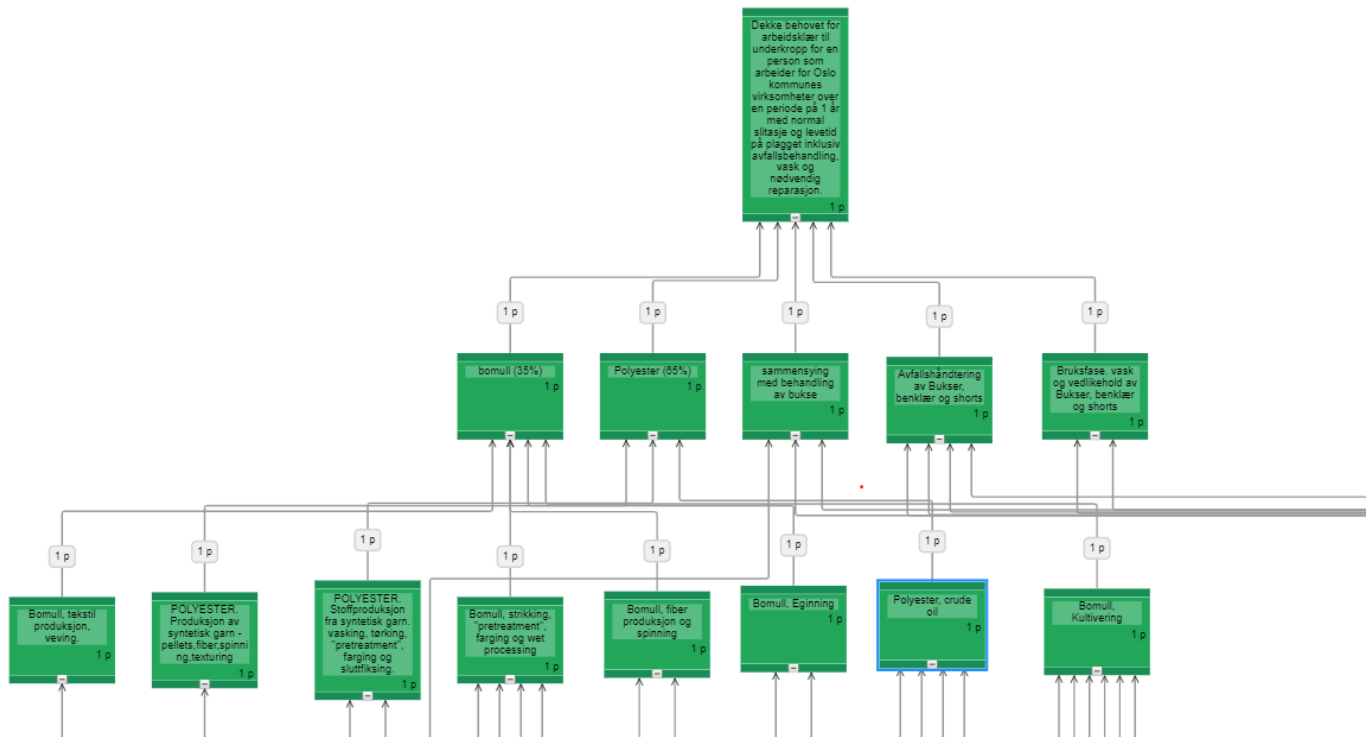
- Hedayati, M. B., Philippa M.; Nachimuthu, Gunasekhar; Schwenke, Graeme;. (2019). Farm-level strategies to reduce the life cycle greenhouse gas emissions of cotton production: An Australian perspective.
- Kassatly, V. (2022). *The Aral Sea - Cotton Story, or Yet another tragedy of the Commons?* <https://www.veronicabateskassatly.com/>. Tilgjengelig fra: <https://www.veronicabateskassatly.com/read/the-aral-sea-cotton-story-or-yet-another-tragedy-of-the-commons> (lest 30.04.2022).
- Kassatly, V. B. & Baumann-Pauly, D. (2022). The Great Green Washing Machine Part 2: The use and Misue of sustainability metrics in fashion. *Geneva center for business and human rights*.
- Kircher, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A. & Hekkert, M. (2017). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, 150: 9.
- Klepp, I. G., Laitala, K. & Wiedemann, S. (2020). Clothing Lifespans: What Should Be Measured and How. *Sustainability*, 12 (15): 6219.
- Klepp, I. G., Sigaard. (2022). *Bomulls vannforbruk er betydelig overdrevet*. forskersonen.no. Tilgjengelig fra: <https://forskersonen.no/forbruk-kronikk-meninger/bomulls-vannforbruk-er-betydelig-overdrevet/2002419> (lest 30.04.2022).
- Koçak, E. (2022). *Loss in cotton production chain*. Gjørva, H. B. (red.). Personal contact.
- Laitala, K. & Klepp, I. G. (2020). What Affects Garment Lifespans? International Clothing Practices Based on a Wardrobe Survey in China, Germany, Japan, the UK, and the USA. *Sustainability*, 12 (21): 9151.
- Laitala, K., Boks, C. and Klepp, I.G. (2011). Potential for environmental improvements in laundering. *International Journal of Consumer Studies*, 35: 254-264.
- LCA.no. (2002). *LCA-kurs - en innføring i livssyklusvurderinger*. Tilgjengelig fra: <http://www.sto-projects.com/lcakurs/index6.asp> (lest 18.04).
- Miljødepartement, D. K. K.-o. (2016). Meld.St.45.
- Moazzem, S., Crossin, E., Daver, F. & Wang, L. (2018). Baseline Scenario of Carbon Footprint of Polyester T-Shirt. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 11: 1-14.
- News, I. C. (2013). *Oil Sands Mining Uses Up Almost as Much Energy as It Produces*. Tilgjengelig fra: <https://insideclimatenews.org/news/19022013/oil-sands-mining-tar-sands-alberta-canada-energy-return-on-investment-eroi-natural-gas-in-situ-dilbit-bitumen/> (lest 03.04.2022).
- NORSUS. (2021). *Kartlegging av brukte tekstiler og tekstilavfall i Norge*: NORSUS. Tilgjengelig fra: <https://norsus.no/kartlegging-av-brukte-tekstiler-og-tekstilavfall-i-norge/> (lest 06.04.).
- NORSUS. (2022). Bærekraftig og redusert forbruk i Oslo kommune – indirekte klimagassutslipp fra innkjøp av varer
- Palacios-Mateo, C., van der Meer, Y. & Seide, G. (2021). Analysis of the polyester clothing value chain to identify key intervention points for sustainability. *Environmental Sciences Europe*, 33 (1): 2. doi: 10.1186/s12302-020-00447-x.
- Payne, J. M., Kamran, M., Davidson, M. G. & Jones, M. D. (2022). Versatile Chemical Recycling Strategies: Value-Added Chemicals from Polyester and Polycarbonate Waste. *ChemSusChem*, n/a (n/a): e202200255. doi: <https://doi.org/10.1002/cssc.202200255>.
- Regjeringen.no. (2020). *Norges Klimamål under Parisavtalen*. Regjeringen.no. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/andre-dokumenter/kld/2021/norges-klimamal-under-parisavtalen/id2784617/>.
- Regjeringen.no. (2021). *EU tekstilstrategi*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2021/mars/eu-tekstilstrategi/id2841989/> (lest 05.04.2022).
- Riksrevisjonen. (2021). Riksrevisjonens undersøkelse av grønne offentlige anskaffelser. 3:5: 117.
- Sadeleer, I. d., Baxter, J., Askham, C., Stensgård, A. E. & Raadal, H. L. . (2020). Substitusjonsverktøy for engangsartikler av plast - Bakgrunnsrapport: Østfoldforskning.
- Schmidt, A., Watson, D., Roos, S., Askham, C. & Poulsen, P. B. (2016). Gaining benefits from discarded textiles. *norden.diva-portal.org: Nordic Council of Ministers*.

- SendRegning. (2022). *Hva er EHF-Faktura?*: SendRegning. Tilgjengelig fra: <https://www.sendregning.no/hjelp/hva-er-ehf-faktura/> (lest 04.03.22).
- Shah, P., Bansal, A. & Singh, R. K. (2018). Life Cycle Assessment of Organic, BCI and Conventional Cotton: A Comparative Study of Cotton Cultivation Practices in India. I: Benetto, E., Gericke, K. & Guiton, M. (red.) *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies: From Science to Innovation*, s. 67-77. Cham: Springer International Publishing.
- Velden, N. M. v. d., Patel, M. K. & Vogtländer, J. G. (2013). LCA benchmarking study on textiles made of cotton, polyester, nylon, acryl, or elastane. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19: 331-356.
- Watson, D., Trzepacz, S., Rubach, S. & Johnsen, F. M. . (2020). Kartlegging av brukte tekstile og tekstilavfall i Norge. *PlanMiljø og Østfoldforskning (NORSUS)*.
- Yasin, S., Behary, N., Rovero, G. & Kumar, V. (2016). Statistical analysis of use-phase energy consumption of textile products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21. doi: 10.1007/s11367-016-1129-2.

## 8. Vedlegg

### Vedlegg 1: Bilde av canvasprosessene i SimaPro flow programmet for basisscenarioet 1.

Det er valgt å ta bort noen deler av canvassen i tilfelle det strider imot det jeg har lisens til å dele (SimaPro prosesser brukt).



Figur 20: Bilde av canvasprosessene i SimaPro flow programmet for basisscenariet 1.

### Vedlegg 2: Notater fra intervjuet med Eşref Koçak

Merk at intervjuet ikke ble tatt opp og at dette er notatene skrevet under samtalen med vedkommende. I tillegg ble intervjuet gjennomført på engelsk, og det kan ha forekommet miskommunikasjon.

Esref - started textile business in tusjbeksitan. projects in usbekistan in many years. 2009 in etiopia. set up a spinning mill, weaving mill and ginning mill there. most of the data comes from Esrefs working experience. checking efficiency every month. During the projects, interviewd local farmers, main water usage --> areal sea(?) bad irrigation systems in this area. its better in pakistan etc 18 tonns per kg cotton(india pakistan the average) in usbekistan its 16 tonns. Turrky has on average 12 tonns pr kg cotton. irrigation system in the Turkey from the 1990s.

USA and australia is the most civil site to produce cotton now. Been to USA for cotton, is mechanized. Really good. average of 8 tonns water pr kg. Cotton is the best fibers for human, because its skincare, can use in any area. one of the best fibers.

Systems need to be upgraded, all around the world.

lint cotton, cotton on farms, needs to be moved to ginning mill: cotton has seeds and alot of leaves inside. must move this out of cotton plant, this is done by ginning. need to do this for the industrial phase. during ginning period 3 teknologies. sawing, cuts the cotton , roller, rolls the cotton and last is

rotorbar system which is a blend of the two technologies. Out of 1000kg cotton, 400kg industrial cotton textiles.

in Uzbekistan they cook with oil. not so good. feed the animal with the leaves so its reusable and well make the seeds to oil (for baking) and leaves to animals.

Combed cotton 30% loss. buy from zara, made from cotton yarn, 30 biowand comb. you need to remove short fibers from the total role material to spin better quality. shining. lose 30% of raw material.

Esref company collects industrial waste from garment production. we lose fabrick, (ist precieuse) we lose 18-20% with AI. at cutting fase of garment production. erfans company collects and restors and recycle it.

recycling cotton is really good atm. Need alot of improvements, but the sector needs to orginaze everyone to do this.

Product mapping is a solution that i offer to people, if we know what to produce as we need at final point. most waste ar enot recycled right now, mst companies does not know what to do about that. if its rubbish and not "moneyvalue"it gets thrown. but the product can be used for isolation and carpets etc etc. Can produce bags aswell for consumers and etc etc. ( bag production)

Textileindustry and all type of industry should do things with purpouse now. consumption is getting higher. erfans was surprised with email. always welcome to come and how a look what erfans is doing. since 40s 50s the purpouse was set to sell sell sell. we are offerign to reuse, its against economical growth.

in Istanbul now, Erfan is collecting students from 3-4 university grade textile engineering to develop a new place for research and deelopment. collaboration with a big garment producer. give the exams and we will approve it. FOr recycling TURKEY ahs good oppurtunities.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway