



# Livscykelanalys av en ekologisk bomullsskjorta

- Miljöpåverkan från vagga till grav -

Ida Leander  
Therese Axelson  
Miljövetarprogrammet  
Högskolan i Halmstad

Examensarbete 22,5 hp  
Handledare Eja Pedersen  
Examinator Marie Mattsson  
Datum 2009-05-20

## Sammanfattning

Den här studien innefattar en livscykelanalys, LCA, på en ekologisk bomullsskjorta för företaget Reflective Circle som designar etiskt och ekologiskt producerade kläder.

Till en början studerades bomullsodling och textiltillverkning för att få en grundläggande kunskap om processtegen. Eftersom skjortan är tillverkad på ett ekologiskt vis i hela ledet, studerade vi vad ekologisk produktion innebär, men även hur det kan se ut vid konventionell tillverkning. Detta för att sedan kunna diskutera skillnader och likheter mellan skjortans tillverkning och allmän konventionell tillverkning.

När LCA:n påbörjades lades vid odlingen fokus på växthusgasutsläpp från gödslet. Därefter studerades processteg som plockning, ginning, kardning, spinning, vävning och sömnad. Plockningen sker förhand, men resterande steg sker maskinellt och förbrukar därmed elenergi. Detta ger emissioner i form av exempelvis koldioxid, metan och dikväveoxid. Odling och textiltillverkning sker i Peru och därifrån skickas tyget via Sverige till Estland för att sys upp till en skjorta. Detta innebär att långa transporter sker, vilka även de bidrar till emissioner, vilket redovisas och diskuteras.

Analysen beskriver den exakta miljöpåverkan för just skjortans produktion, med undantag för vissa delar där data har tagits från andra källor. Detta och hur andra antaganden som gjorts påverkar resultatet ingår i en osäkerhetsanalys.

Det vi kom fram till i vår studie är att skjortan påverkar miljön på flera sätt. De delar som påverkar mest är utsläpp av växthusgaser vid odling samt elenergiförbrukning på grund av de maskiner som används, vilket även det leder till utsläpp av växthusgaser vid produktion av elen. Tvätt hos konsument bidrar till en stor del av elenergiförbrukningen, men det är mycket beroende av antalet tvättar som sker.

Studien avslutas med en diskussion kring vårt resultat, hur tillförlitligt det är och vilka slutsatser vi dragit.

## **Abstract**

This study includes a life cycle assessment, LCA, on an ecological produced cotton shirt for the company Reflective Circle, which designs ethical and ecological clothes.

Initially were cotton farming and textile production studied to gather basic knowledge about the processes. Since this shirt is being ecological produced in the whole production chain, we studied what an ecological production means, but also how a conventional production works. When this was done we could start to discuss the differences and similarities between the production of the shirt and general conventional production.

When the LCA was first initiated, the main focus was on the green house gas emissions from the manure at the cultivation. Thereafter the process steps such as picking, ginning, carding, spinning, weaving and sewing were being studied. The picking is done by hand, but the rest of the processes are handed by machines which consumes energy. This conduce emissions like carbon dioxide, methane gas and nitrous oxide. The cotton farming is settled in Peru, and from there the textile is sent via Sweden to Estonia to become a shirt. This also conduce emissions, which is shown and discussed.

The assessment describes the exact influence on the environment during the production of the shirt, with just a few exceptions when data has been taken from other sources. This and how other presumptions are affecting the result are discussed in the chapter where insecurity is refereed.

Our result shows that the production of the shirt is affecting the environment in many ways. The most affected parts are emissions of green house gases from the farming and the use of electricity from the machines in the processes which also gives emissions of green house gases. When the shirt is laundered by the user, he or she is contributing to the use of energy, but this depends on how many times they do it.

The study ends up with a discussion about our results, how trustworthy it is and what our conclusions are.

## **Tack**

Vi vill tacka Eja Pedersen för hennes hjälp och stöd genom detta arbete och Maria Berglund som tålmodigt hjälpt oss med våra frågor. Torunn Renhammar på Miljöbron som förmedlade detta arbete till oss och stöttade oss under arbetets gång. Alla leverantörer som ställt upp med information om deras produktion, men även de företag som bidragit med information trots att de inte har med produktionen av skjortan att göra.

Vi vill även passa på att ge en guldstjärna till Miljöbron som gör det möjligt för studenter att knyta kontakt med företag på detta sätt, och även de företag som väljer att förmedla sina uppdrag genom Miljöbron, däribland Reflective Circle.

## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	7
2. Syfte.....	8
3. Metod.....	9
3.1 Val av metod.....	9
3.2 LCA-metodiken.....	9
3.3 Tillvägagångssätt.....	10
4. Funktionell enhet.....	12
5. Avgränsningar.....	12
6. Bakgrund.....	14
6.1 Från odling till textil.....	14
6.2 Ekologisk produktion.....	16
6.3 Konventionell produktion.....	17
7. Inventering.....	21
7.1 Odling.....	21
7.2 Transporter.....	23
7.2.1 Bränsleförbrukning.....	25
7.3 Energiförbrukning.....	26
7.3.1 Ginning, kardning och spinning.....	26
7.3.2 Vävning.....	26
7.3.3 Sömnad.....	27
7.3.4 Tvätt.....	27
7.3.5 Sluthantering.....	27
7.3.6 Total energiförbrukning.....	28
7.3.7 Emissioner.....	28
7.4 Avfall.....	30
8. Miljöpåverkansbedömning.....	31
9. Osäkerhetsanalys.....	34
9.1 Odling.....	34
9.2 Transporter.....	34
9.3 Energiförbrukning.....	34
9.4 Emissioner.....	35
9.5 Tvätt.....	35
9.6 Avfall.....	35
9.7 Övrigt.....	36
10. Datakvalitet.....	37

11. Diskussion.....	38
11.1 Tillförlitlighet.....	41
11.2 Slutsats.....	41
12. Referenser.....	42
Bilaga 1 - Odling.....	46
Bilaga 2 - Transporter.....	48
Bilaga 3 - Energiförbrukning.....	51
Bilaga 4 - Emissioner.....	54
Bilaga 5 - Avfall.....	56
Bilaga 6 - Import av 42 000 ton bomullskläder.....	57

# 1. Inledning

Vi konsumerar allt mer kläder i Sverige. På bara ett decennium har klädkonsumtionen gått upp med närmare 60 %<sup>1</sup>. Klädindustrin är en industri som ger miljöeffekter, men oftast syns inte dessa för oss svenskar, då produktionen till stor del sker i länder långt bort från oss.

En aspekt som påverkar miljön i textiltillverkning är användningen av kemikalier. Exempel på kemikalier som kan finnas i textilier är azofärgämnen, formaldehyd, perflourerade ämnen, nickel och ftalater<sup>2</sup>. Användningsområdena för kemikalierna är bland annat färgning, blekning, tryck, impregnering och antibakteriell behandling. Detta är behandlingar som ger negativa effekter på människa och miljö. En del av dessa kemikalier har lång nedbrytningstid och stannar därför kvar länge i ekosystemen. På grund av dålig rening och direkta utsläpp i recipient, som oftast är vatten, bidrar det till att vattendrag förorenas, fisket dör ut och den biologiska mångfalden hotas. Utsläppen kan också leda till försämrat dricksvatten för befolkningen i vattnets avrinningsområden<sup>1</sup>.

Kemikalierna har inte bara negativ inverkan på miljön, utan har även allvarliga hälsoeffekter. En del av ämnena som används är så kallade CMR-ämnen. Det innebär att de är cancerogena, mutagena och reproduktionsstörande och alla dessa påverkar cellen på olika sätt<sup>3</sup>. Det kan vara genom att förändra cellernas DNA som sker genom mutationer. Cellerna kan också förändras av cancerogena ämnen, som kan ge upphov till cancer<sup>4</sup>, eller genom att de påverkar könscellerna vilket gör att individen får problem med fortplantningen<sup>5</sup>. Exempel på reproduktionsstörande kemikalier i textilier är ftalater som används som mjukgörare i tryck<sup>6</sup>.

Men det är inte bara kemikalierna som bidrar till negativa miljöeffekter. Att producera textilier är en resurskrävande process. Det går åt energi för olika ändamål, till exempel för att driva de maskiner som används. Bekämpnings- och gödningsmedel utnyttjas vid bomullsodlingen. Vatten är också en resurs som förbrukas flitigt, både vid odling och i olika tillverkningsprocesser som färgning och kryptvätt<sup>1</sup>.

I vårt examensarbete har vi tagit reda på och diskuterat om det går att minska dessa miljöeffekter genom ekologisk klädproduktion och se om den är bättre ur miljösynpunkt än konventionell. Genom att göra en livscykelanalys, LCA, av en ekologisk skjorta har vi kunnat få fram data för ett specifikt ekologiskt plagg. Skjortan är certifierad av Control Union Certifications i enlighet med standarden Global Organic Textile Standard. Detta gör att man kan använda sig av märkningar som till exempel KRAV och Naturland<sup>7</sup>.

Studien har gjorts för Josefin Lassbo, som är grundaren och ägaren till företaget Reflective Circle. Reflective Circle, som har sitt säte i Göteborg, är ett företag som riktat in sig på att designa och sälja kläder med ekologiskt och etiskt ursprung. Kontakten förmedlades via Miljöbron, som är en organisation som verkar för ökat samarbete mellan student och arbetsmarknad.

## 2. Syfte

Syftet med vår studie var att ta fram konkreta fakta och siffror på hur den ekologiska produktionen av Reflective Circles ofärgade bomullsskjorta ser ut, och vilka miljöfördelar alternativt nackdelar den har jämfört med konventionell klädproduktion.

Vi ville med vår studie reda ut följande frågeställningar;

- Hur skiljer sig den ekologiska bomullsodlingen från den konventionella?
- Vilken skillnad är det i kemikaliehanteringen mellan den ekologiska och den konventionella klädproduktionen?
- Finns det någon väsentlig skillnad i hur man utnyttjar transporter inom den ekologiska respektive konventionella klädproduktionen?
- Vilka är miljöfördelarna med ekologisk klädproduktion jämfört med konventionell totalt sett över hela produktionsledet? Finns det ens några miljöfördelar?
- Hur ser tillverkningen för skjortan ut?

För att vi på ett överskådligt sätt skulle kunna reda ut dessa frågor, arbetade vi i vår studie fram ett flödesschema över skjortans produktion.



### 3. Metod

Metoden vi använde oss av var livscykelanalys, LCA, vilket innebar att vi studerade en skjortas miljöpåverkan från vagg till grav. Definition av vaggan är när marken har gödslats, och graven definierades som när skjortan går till sluthantering. LCA:n gjordes på en skjorta som ej har massproducerats än, utan där endast en styck har sytts upp, och genom den spårade vi dess bakgrund för att göra en miljöpåverkansbedömning.

Arbetet fortskred genom att vi sökte fakta om bakgrunden till plagget, ritade upp ett flödesschema över produktionskedjan och skaffade data om hur de olika processerna fungerar. Detta skedde med hjälp av böcker, rapporter, energi- och emissionsdatabaser och genom kontaktpersoner. För att kunna tråckla upp garnet så att ett flödesschema skulle kunna ritas upp på det utvalda plagget var kontakt med leverantörerna till företaget av stor vikt. Därigenom fick vi information om avfall, utsläpp, energianvändning och transporter. Data som inte gick att få av leverantörerna tog vi reda på genom andra källor.

Vi beskrev även processmetoder, materialets ursprung och dess påverkan på miljön för att ge grundläggande information .

#### 3.1 Val av metod

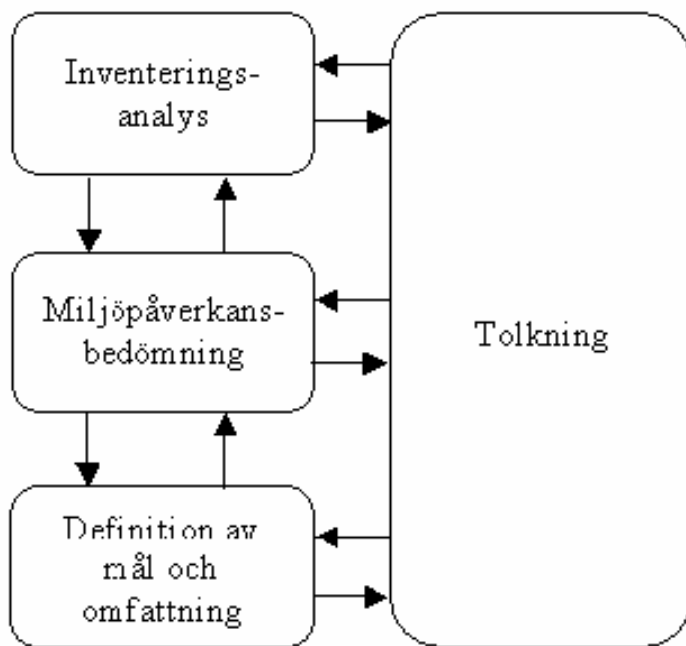
LCA valdes som metod då den är användbar vid granskning av en produkts livscykel. Genom att sätta systemgränser kan man avgränsa granskningen av produktens livscykel och studera de delar som anses vara väsentliga beroende på vad det är för produkt och till vad den används, men också efter uppdragsgivarens intention med LCA:n. Metoden är också bra på så sätt att det finns en tydlig struktur över hur man går tillväga, se nedan.

#### 3.2 LCA-metodiken

LCA är en metod där man studerar en produkts miljöpåverkan under dess livscykel. Man avgränsar omfattningen av studien i form av systemgränser som till exempel kan vara från vagg till grind, från grind till grind, grind till grav eller från vagg till grav. När systemgränsen från vagg till grav används startar undersökningen vid tillverkningen av grundmaterialet och slutar vid avfallshantering.

I början av studien bestäms en funktionell enhet för att det man studerar ska få en siffermässig funktion. Man kan sedan relatera miljöpåverkan till den funktionella enheten.

Metoden innefattar fyra steg. Steg ett innebär definition av mål och omfattning. Man beskriver varför analysen görs och vad den ska användas till. Ett produktsystem ritas upp och man bestämmer avgränsningar och anger vilka miljöproblem man inriktar sig på. Steg två är inventeringsanalys där datainsamling sker och beräkningar görs. I tredje steget bedöms hur produktsystemet påverkar miljön med hjälp av beräkningsfaktorer. Det fjärde och sista steget innebär tolkning. LCA är en iterativ process, vilket innebär att man i alla steg går tillbaka och tolkar sina resultat. Under arbetets gång går man tillbaka och kan omformulera sitt mål då det exempelvis kan vara svårt att få tag på realistisk data. Därför är tolkningsfasen viktig för att studiens mål och omfattning ska vara relevant<sup>8</sup>.



Figur 1. Livscykelanalysens struktur<sup>9</sup>.

De resultat man får fram från inventeringen ska sammanställas för att ge en bild av produktens miljöpåverkan. I en miljöpåverkansbedömning ingår delarna klassificering, karakterisering och viktning. Då man gör en klassificering sorterar man inventeringsdata i miljöeffektkategorier såsom försurning, växthuseffekt och övergödning. Data från inventeringen multipliceras även med en specifik karaktäriseringsfaktor för att kunna relatera de olika emissionernas miljöpåverkan till varandra. Detta är karaktärisering. Vid viktning väger man samman inventeringsresultaten till ett tal för att kunna bedöma det relativa bidraget från olika miljöpåverkanskategorier. Det finns olika metoder att göra detta på. Man kan själv bestämma hur upplägget på miljöpåverkansbedömningen ska se ut, och alla delar behöver inte finnas med<sup>10</sup>.

### 3.3 Tillvägagångssätt

Under arbetets gång har vi först satt oss in i textilindustrin, från bomullsodling till tyg till plagg. Det har skett genom information från internet, från diverse rapporter, från böcker och från kontaktpersoner.

Vi lärde oss grunderna inom LCA-metodiken i en kurs som ingick i vårt program, Miljövetenskap på Högskolan i Halmstad. Under arbetets gång har vi nyttjat kunskaperna från kursen och läst på för att komplettera kunskapsluckor och även haft kontakt med en expert på området, referensnummer 11.

De första två veckorna användes till att träffa företaget, definiera målet och bestämma omfattningen på studien. Därefter följde inventeringsanalysen där datainsamling skedde parallellt med inläring av produkttillverkning. Detta var en tidskrävande process. Allteftersom vi lärde oss mer och fick in data kunde vi börja göra beräkningar. Då all data var insamlad och alla beräkningar gjorda, påbörjade vi miljöpåverkansbedömningen och avslutade till sist med att diskutera vårt resultat.

## 4. Funktionell enhet

Den funktionella enhet vi valt för vår analys är en styck skjorta.

## 5. Avgränsningar

Nedan följer de avgränsningar vi gjort i LCA:n. Hur detta påverkar slutresultatet tas upp i osäkerhetsanalysen, avsnitt 9.

Bomullsplagget studeras från vagga till grav. Vaggan har vi valt att definiera från det att gödsling skett. Alla eventuella maskiner som används på gården vid plöjning, gödsling och så vidare har avgränsats i brist på information. Data skulle kunna var möjligt att ta från annat håll, men då det enligt rapporten ”Jordbrukets klimatpåverkan”, referensnummer 12, rekommenderas att använda uppgifter från gården eftersom det kan skilja sig betydligt från gård till gård. Att använda data från annat håll anser vi inte påverkar vårt resultat realistiskt. Graven för ett klädesplagg kan innebära antingen att plagget slängs i hushållsavfall och går till förbränning, eller att det inlämnas till en second hand-verksamhet och återanvänds. Den procentuella fördelningen av denna grav har fördelats på skjortan, se vidare under avsnitt 7.3.5.

Vi avgränsar oss mot andra produkters livscyklar, som till exempel tillverkning av kemikalier, lastbilar, jordbruksmaskiner, symaskiner med mera. Då avgränsas även det slitage som uppkommer samt det underhåll som krävs av transportmedlen och de övriga maskinerna som används under plaggets livscykel.

Vid odlingen av den bomull som används till skjortan förbrukas bekämpningsmedel vid behov, och de mängder som eventuellt används är försumbara, enligt leverantören<sup>13</sup>. Medlen som används på odlingen är biologiskt nedbrytbara och miljöanpassade<sup>7</sup>. Leverantören vill inte ange vilka medel de använder, vilket inte heller övriga plantager vi kontaktat vill. Den mängd stärkelse som används vid vävning har vi avgränsat då uppgifter från leverantören anger att den är försumbar<sup>13</sup>.

På skjortans odling valde vi att studera miljöpåverkan från gödslingen. Detta för att det ger en betydande påverkan i form av växthusgas. Andra aspekter som skulle kunna tas upp är bevattningen. Den sker på ett sett som gjorts i 4000 år<sup>14</sup> med inkaindianernas Nenn Ya kanaler. Då bevattningen sker med hjälp dessa kanaler, som oavsett om det legat en bomullsodling där eller inte, skulle ha tillfört vatten till platsen, sker det på ett hållbart sätt. Försök har gjorts för att få mätdata på mängden vatten som går åt, men det har inte funnits att tillgå från odlingen.

Avgränsningar av transportsträckor mellan försäljningsställe och konsument, konsument till klädsamling respektive förbränningsstation har gjorts. Detta för att avståndet däremellan skiljer sig från konsument till konsument.

Resursen bränsle för fartyg och färjor har vi valt att avgränsa på grund av bristfällig information.

De beräkningar som gjorts på elektriciteten som förbrukas under skjortans livscykel är baserade på den elsammansättning som finns i respektive land. De energislag som utgör mindre än 1 % har exkluderats från studien. Vi har valt att avgränsa elförbrukningen för uppvärmning av lokaler, belysning och ventilation på grund av att vi valt att studera energi som används direkt till skjortans produktion, och inte indirekt.

Vi har valt att exkludera krymptvätten av den anledning att relevant information ej har kunnat fås på varken hur mycket vatten som förbrukas och inte heller på elanvändningen för processen.

Knapparna på skjortan exkluderas från studien då de står för en försumbar del av skjortan och att de på så sätt inte har någon betydande miljöpåverkan. Vikten på knapparna understiger 1 gram av skjortans totala vikt på 243 gram.

Vi har valt att fokusera på de aspekter som bidrar till växthuseffekten och resursförbrukning, då dessa utsläpp/resurser är höga i jämförelse med de övriga, och även har störst total miljöpåverkan. Vi visar även de utsläpp i skjortans livscykel som bidrar till andra miljöeffektkategorier, men karakteriserar ej dessa.

## 6. Bakgrund

Bomull är en av de viktigaste jordbruks- och industriprodukterna i världen. Den odlas i över hundra länder, främst i utvecklingsländer. De sex största producenterna av bomull är Kina, USA, Indien, Pakistan, Brasilien och Uzbekistan. Dessa länder står för nästan 80 % av världens bomullsproduktion. Nästan alla de övriga odlingsländerna är relativt små producenter, men bomullen står ändå för en mycket stor och viktig del av dessa länders exportinkomster<sup>15</sup>.

Bomull odlas på ungefär 2,5 % av världens jordbruksmark. Denna yta, som motsvarar ungefär 30 miljoner hektar har legat på samma nivå sedan 50-talet. Men trots att inte ytan ökat, har produktionen ökat från drygt sex miljoner ton bomull på 50-talet till dagens 25 miljoner ton per år. Att avkastningen ökat på detta sätt beror på att bomullssorter med högre avkastning förädlats fram och effektivare produktionsmetoder används<sup>15</sup>.

Bomullsplantan tillhör Malva-familjen, *Malvaceae*, där den vanligast använda arten är *Gossypium Hirsutum*<sup>15</sup>. Den blir ca 1 -2 meter hög vid odling<sup>16</sup>. Plantorna är både törstiga och trivs i näringsrik och väl-dränerad jord. De är även fleråriga, perenna, men på odlingarna används de som ettåriga växter<sup>15</sup>. Det beror på att man på så sätt minskar risken för att skadeinsekter och svampangrepp överlever till nästa säsong<sup>14</sup>. När det är dags att gå i blom slår vita blommor ut som kan skifta åt det gula hållet. Blomman pollinerar sig själv och därefter övergår den till rosarött. Den rosaröda färgen signalerar att den har blivit pollinerad och att insekterna inte behöver sätta sig på den. Blomman vissnar och kronbladen ramlar av för att blottlägga en grön, omogen frökapsel. Från fröna växer bomullsfibrer och frökapseln ökar i storlek tills den spricker upp och blottar bomullsfibern. Det har nu tagit ca sju månader sedan fröet såddes och det är dags att plocka bomullen<sup>16</sup>.

Bomullsplantan har genom tiderna förädlats fram, vilket innebär att man tagit frön från plantorna med de bästa och finaste egenskaperna och sått till nästa säsong<sup>14</sup>. På så sätt har man fått fram bomull med de kvalitéerna man vill ha. Det kan vara att den är helt vit eller har långa fina fibrer vilket ger högre kvalitet på garnet<sup>15</sup>. När plantan har förädlats fram och fiberkvalitet och avkastning har varit de goda egenskaperna man grundat förädlingen på, har det lett till att plantan blivit mer känslig för skadedjursangrepp<sup>16</sup>.

Det finns bomullssorter som ger färgad bomull naturligt. Det utnyttjade till exempel inkaindianerna på sin tid, men använde sig även av växtfärgning. Exempelvis finns bomullssorter som ger brun och röd bomull. När ett tyg av den typen av bomull utsätts för sol och tvättas, helt enkelt används, så mörknar färgen och framträder mer<sup>14</sup>.

### 6.1 Från odling till textil

Det tar ca sju månader från sådd till att bomullen skördas<sup>16</sup>. Under odlingen behöver plantan stora mängder vatten. Det finns uppgifter på att varje kvadratmeter odlad bomull behöver 550-950 liter vatten. Då bomullen odlas i länder med så vitt skilda klimat, behöver den i de länder där klimatet inte är optimalt, konstbevattnas. 53 % av världens bomullsfält konstbevattnas, övriga odlas med till exempel regn som enda vattenkälla eller med kanaler byggda på ett sätt som inte påverkar vattnets ekosystem. De konstbevattnade odlingarna ger i regel högre avkastning<sup>15</sup>.

Det vanligaste är att man låter fälten svämma över genom att leda in vatten i kanaler från vattendrag, sjöar och liknande. Att använda grundvatten för bevattningsändamål är en annan vanlig metod. Övrigt vatten som inte tas upp av växterna försvinner genom avdunstning och läckage. De här metoderna ger inte en anpassad mängd vatten till grödorna<sup>15</sup>. Det finns dock effektivare metoder. Dessa är dyrare men kan ge en effektivitetsgrad på upp till 98 %. Plantorna kan sprayas med vatten från en traktor, vilket ger en hög effektivitetsgrad. Denna metod används på en liten del av världens bomullsfält, främst i USA och Australien. Droppbevattning är en annan metod som innebär att tunna platsrör doserar rätt mängd vatten till plantornas rötter, och den största delen av vattnet kommer plantorna till nytta. Detta gör att vattenförbrukningen kan minska med en tredjedel jämfört med de vanligare metoderna. Droppbevattning används på cirka 1 % av världens bomullsfält. Metoden är dyr, men är under utveckling för att bli billigare<sup>15</sup>.

Bomullsplantan trivs i näringsrik och väl-dränerad jord. Detta gör att man måste tillföra tillförlig näring genom att gödsla marken, antingen med konstgödsel eller med stallgödsel. Den är också känslig mot skadeinsekter och svampangrepp<sup>15</sup>. Detta gör att bomullsodling är en kemikalieintensiv process där bekämpningsmedel används för att motverka dessa. Genom att använda organiskt nedbrytbara medel, feromoner eller genom att plocka bort angripna plantor kan man minska användningen av bekämpningsmedel som har negativ påverkan på miljön<sup>14</sup>. Feromoner är en kemisk substans som utsöndras av djur och växter för att attrahera eller repellera motsatt kön respektive fiender<sup>17</sup>.

Bomullen plockas antingen för hand eller maskinellt<sup>15</sup>. I USA plockas all bomull maskinellt, vilket är vanligt även i Australien och Brasilien<sup>16</sup>. Vid mekanisk plockning avlövas plantan först, antingen kemiskt eller genom sänkt temperatur. Avlövning med hjälp av låg temperatur sker naturligt genom att klimatet är gynnsamt för den typen av metod, alltså att frosten kommer<sup>18</sup>. När bomullen är plockad och orensad, vilket innebär att frö och eventuella löv finns kvar, kallas den för råbomull<sup>14</sup>.

Textiltillverkningen börjar med att råbomullen går in i en process som kallas ginning. Det kan ske på plats på odlingen eller packas för att skickas till en annan ort. Ginning är en rensningsprocess där bomullsfibrerna skiljs från fröet och eventuella löv rensas bort<sup>19</sup>. Man räknar med att 70 % av skörden består av frö och resterande 30 % är bomullsfibrer<sup>20</sup>. I nästa steg förbereds bomullen för att kunna spinnas till garn. Det görs genom att man bearbetar bomullsfibrerna i så kallade kardor<sup>19</sup>. Där faller korta fibrer och eventuellt smuts ut och fibrerna läggs parallellt och en vadd bildas<sup>15</sup>. Därefter sträcks och spinns vadden<sup>21</sup>. Det innebär att fibrerna sammantvinnas till garn<sup>14</sup>. Det kan användas spinnoljor, dock i små mängder, för att fibrerna ska klara påfrestningarna som blir större ju snabbare och effektivare maskinerna som används är<sup>15</sup>. Garnet skickas sedan till tygberedning och kan där stickas och bli en så kallad trikå eller vävas. Om tyget ska vävas används kemikalier med en klistrig, stärkande egenskap som gör att varpen klarar påfrestningarna i vävprocessen. I stickningsprocessen åstadkommer maskinen öglor av garnet och stickar på så sätt ihop det till ett tyg. Denna process är inte lika påfrestande som vävningen och där behövs inget klistret. När tyget är färdigvävt eller stickat kan det färgas. Färgning kan även ske av garnet. Det färdiga tyget eller garnet förbehandlas först i ett förbehandlingssteg där eventuella klister och vaxer tas bort så att tyget blir rent. Därefter färgas det i ett färgbud och kan beroende på hur stark färgen ska vara behöva gå igenom flera bud. Tyget kan även blekas vilket görs för att färgförändringen inte ska bli för stor när det har nått konsumenten och används. Därefter tvättas det för att få bort överflödet av kemikalier<sup>15</sup> och krymptvättas för att minska risken att plagget krymper för mycket när konsumenten tvättar det<sup>13, 15</sup>.

I dessa våta processer används stora mängder vatten. Det finns siffror som anger att det går åt ca 200 liter vatten att tillverka ett kg textil<sup>15</sup>, andra siffror anger att det krävs 350 liter eller mer. Att vattenanvändningen är riklig kan bero på att det dels behövs mycket i de olika behandlingsbaderna, att det i tvätten går åt mycket för att få bort överflöd av färgämnen och dylikt, och att det i vissa fall används nytt, rent vatten till alla processerna. De våta processerna är även energikrävande. Energin förbrukas till största delen då vatten ska värmas upp, och hur mycket energi som går åt beror på hur tekniskt avancerade maskinerna är<sup>21</sup>.

## 6.2 Ekologisk produktion

När odling av bomull sker ekologiskt innebär det att produktionen går till på ett hållbart sätt. Med det menas att bevattning inte får ske på ett sätt som dränerar ut sjöar, vattendrag och grundvatten<sup>22</sup>. Ett exempel på detta är den ekologiska bomullsodlingen i Peru där bomullen till den skjorta vi studerat odlas, där inkaindianernas Nenn Ya kanaler används<sup>13</sup> som de en gång i tiden byggde för bevattning. Den typen av konstbevattning sinar inte ut grundvattnet och fungerar på ett hållbart sätt, då vattnet passerar platsen oavsett om det ligger en bomullsodling där eller inte<sup>14</sup>.

Plantorna får inte besprutas med icke godkända bekämpningsmedel. Godkända medel kan vara biologiska bekämpningsmedel som till exempel neemolja, men kan också vara feromoner<sup>23</sup>. Neemolja är en naturprodukt framställd av fröna från neemträdet<sup>24</sup>. På odlingen i Peru varvas korn och majs mellan bomullsplantorna, vilket gör att behovet av bekämpningsmedel minskar då det håller skadedjur borta<sup>13</sup> och dessutom förbättrar mullhalten i jorden<sup>15</sup>. De här aspekterna gör att bönderna får en bättre arbetsmiljö där de inte exponeras för hälsoskadliga kemikalier. Man får inte heller ett vatten förorenat med miljö- och hälsoskadliga kemikalier som i sin tur drabbar flora och fauna<sup>1</sup>.

Gödning av jorden ska ske med stallgödsel och inte med konstgödsel<sup>22</sup>.

Vidare i den ekologiska produktionen plockas sedan bomullen antingen för hand eller mekaniskt. Den kan plockas mekaniskt om man först avlövar plantan, vilket kan ske om klimatet är kallt och en temperatursänkning sker normalt<sup>18</sup>, eller med mineralsalter som kalciumklorid, magnesiumklorid och natriumklorid som är tillåtna på vissa ekologiska odlingar. Dessa ämnen påverkar inte plockarnas hälsa negativt<sup>15</sup>.

Vid spinning och vävning behövs ibland spinnoljor och vävklister. Dessa ska vara godkända, och man kan till exempel använda sig av naturlig stärkelse<sup>13</sup>. Det färdiga garnet vävs sedan för att gå vidare i processen. Det är dags att färga tyget om så önskas och det måste ske med godkända färgmedel, som till exempel kan vara växtfärgning<sup>14</sup>. Tyger som ska vara ofärgade går direkt efter vävningen till krymptvätt<sup>13</sup>.

Efter skörd skärs buskarna ner och rötterna tas upp för att undvika mögelangrepp och försvåra för skadeinsekter att överleva säsongen till nästa<sup>14</sup>.

I ekologisk bomullsproduktion får inte heller Genetisk Modifierade Organismer, GMO, förekomma<sup>22</sup>.

### 6.3 Konventionell produktion

En konventionell odling bidrar till en negativ miljöpåverkan i flera led. Processerna är desamma som i ekologisk produktion, men dock används ofta mer resurser, som till exempel vatten. Kemikalieanvändningen är i regel större och där finns heller inga hårda regler för vad som får användas eller inte. I det här avsnittet kommer den konventionella tillverkningen att beskrivas samt dess olika miljöpåverkningar.

Den höga vattenanvändningen är ett vanligt problem på bomullsodlingar. Det förbrukas idag på många fält mer vatten än vad som egentligen behövs, genom att man utnyttjar metoder där mycket av vattnet inte tas upp. I Tirupur i Indien måste vatten transporteras till odlingarna och fabrikena eftersom det inte finns tillräckligt med vatten att tillgå på plats. Grundvattnet är även så förorenat av kemikalier att det inte ens är tjänligt för industrin<sup>1</sup>. Ett annat exempel på en ej hållbar vattenanvändning är Aralsjön som ligger mellan Kazakstan och Uzbekistan. För att bomullsodlingarna där skulle få tillräckligt med vatten så dirigerade man om två floder. Det var de floderna som försåg Aralsjön med vatten. Det ledde till att vattnet via kanalsystem leddes ut till stäpper och öknar för att bevattna bomullsodlingarna och på så sätt fick inte Aralsjön den naturliga tillförseln av nytt vatten. Detta har gjort att den från 60-talet har minskat till hälften i yta och med två tredjedelar i volym<sup>25</sup>. Det ser inte ut så här på alla konventionella odlingar. I en del fall används det mer effektiva metoder, vilka beskrivs i avsnitt 6.1.

Ett annat problem med bevattningen är att vatten alltid innehåller en viss del salter, och då vattnet avdunstar stannar saltet kvar i marken. Dräneras inte marken ordentligt leder det till att saltet stannar kvar i marken och täpper till jordens porer. Genomsläppligheten minskar, marken kan bli vattentät, och vatten kan inte skölja genom jorden vilket gör att salterna stannar kvar. 8 % av världens åkermark har övergivits på grund av ett intensivt jordbruk som i många fall lett till försaltade marker. Detta gäller dock inte bara där bomull odlats, utan jordbruksmark överlag<sup>15</sup>. Detta skulle även kunna ske på ekologiska odlingar. Dock har certifieringsorganen krav på odlarna att arbeta på ett hållbart sätt så att sådana situationer undviks.

Bekämpningsmedel används på den konventionella odlingen, och de är ofta starka medel och därmed inte lika miljöanpassade som de som används på ekologisk odling. Detta för att de på ett effektivt sätt ska få bort skadeinsekter och svampangrepp. Användningen av denna typ av bekämpningsmedel har gjort att det 2007 var 500 insektsarter, 180 ogrässorter och 150 svampar som var resistenta mot de bekämpningsmedel som framställts för att motverka dem. Det i sin tur leder till att man behöver bespruta fler gånger och/eller använda starkare medel<sup>16</sup>. Många av bekämpningsmedlen har kända cancerogena, hormonstörande och neurologiska effekter vilket kan innebära allvarliga hälsoeffekter på människor, då främst för de som plockar bomullen för hand och de som utför besprutningen då de exponeras för kemikalierna direkt<sup>15</sup>. Exempel på bekämpningsmedel som används är endosulfan<sup>26</sup>. Det är en insekticid som används på odlingar för att bekämpa flertalet insekter och spindeldjur som kvalster<sup>27</sup>. Det finns även ämnen som aldicarb och deltametrin som även de är insekticider<sup>26</sup>. Den sistnämnda är inte lika farlig för människan som de två andra, men kan ge effekter som rodnad, brännande känsla, yrsel, kramper och magsmärtor<sup>28</sup>. De tidigare nämnda ger däremot allvarligare symptom. Aldicarb används, precis som endosulfan och deltametrin för att bekämpa flertalet insekter och spindeldjur och kan ge svettningar, illamående, svaghet, yrsel och kan vid höga doser slå ut respirationssystemet<sup>29</sup>. Endosulfan är enligt kemikalieinspektionen klassat som giftigt vid hudkontakt, vid förtäring och för vattenlevande



organismer. Den är en fettlös, klorerad förening som bioackumuleras, de ansamlas alltså i den utsatta organismen. Den kan absorberas via mag-tarmkanalen, genom inhalation och även via huden, dermalt. Symptom som kan uppkomma vid exponering av är exempelvis huvudvärk, krampanfall, ryckningar, yrsel, irritation, förvirring m.m. Kroniska toxicitetssymptomen är flertalet. Dels är det de tidigare nämnda, men kan även vara nedsatt mental kapacitet, sömnsvårigheter, synrubbingar, epileptiska anfall, medvetlöshet, ångest, depression, utslag, sluddrigt tal med mera. Vid en längre tids exponering är det främst levern och njurarna som drabbas hårdast<sup>27</sup>. Enligt uppgifter utgörs 35 % av insekticiderna på odlingar i Kina av endosulfan, vilket innebär ca 1500 g/ha<sup>15</sup>.

Bekämpningsmedlen sprids för hand på hälften av världens bomullsodlingar. På 35 % sker besprutningen med hjälp av traktor och på övriga sker det med flygplan. Spridning med flygplan ger, förutom den miljöpåverkan ett flygplan orsakar i form av emissioner, en inexact spridning av bekämpningsmedlen. Detta gör att hela den mängd som sprids inte utnyttjas<sup>15</sup>.

Bomullsplantan behöver som tidigare nämnt en näringsrik jord för att kunna växa bra och ge en god avkastning. Tillförsel av gödsel ger plantorna den näring de behöver. I konventionell odling är det vanligt att man använder konstgödsel just för att det ökar avkastningen<sup>16</sup>. Det innehåller en kombination av näringsämnen, exempelvis kväve, fosfor och kalium som gör att plantorna växer bra och på så sätt ger en god avkastning. Konstgödsel kan även innehålla tungmetaller som till exempel kadmium, som vid användning kan komma i omlopp i ekosystemen. Konsekvenserna av gödsling, både på konventionell och ekologisk odling, kan vara att det tillsätts mer näring än vad jorden och växterna på plantagen kan eller hinner ta hand om. Överflödigt näring kan då urlakas och bidra till övergödning<sup>15</sup>.

En annan negativ faktor vid användning av konstgödsel är att det är en energikrävande process att framställa gödslet<sup>15</sup>. Vid tillverkning släpps även dikväveoxid, lustgas, och koldioxid ut och bidrar på så sätt till växthuseffekten. Även vid användning av gödsel, både konst- och stallgödsel, blir det utsläpp av kväve i form av dikväveoxid som är en effektiv växthusgas<sup>12</sup>.

Bomullen ska plockas innan den går vidare i kommande processteg. Det kan som nämnt ske manuellt eller mekaniskt. Eftersom konventionell bomull är besprutad med ofta hälsoskadliga kemikalier så utsätts plockaren för detta då det görs för hand. Mekanisk plockning är på så sätt ett bättre alternativ ur hälsosynpunkt. För att plocka mekaniskt måste plantorna först avlövas. Avlövnings kan ske naturligt med hjälp av frost, eller med kemikalier om bomullsodlingen ligger på en plats där klimatet inte är gynnsamt i det avseendet. Kemisk avlövnings sker på ungefär 15 % av världens bomullsodlingar och innebär att plantorna besprutas med ett medel som gör att de tappar löven<sup>15</sup>. Som nämnts i stycke 6.2 kan avlövnings ske med mineralsalter, men ofta används det inom den konventionella odlingen mer miljö- och hälsoskadliga kemikalier<sup>16</sup>.

I processerna spinning och vävning, men även färgning och efterbehandling, används kemikalier. I spinningen kan oljor användas för att minska risken att fibrerna slits av. Ju snabbare spinprocessen är, desto större påfrestningar på fibrerna<sup>15</sup>. Detsamma gäller i vävningsprocessen, där tråden förbehandlas med ett klister för att motverka påfrestningarna. Klistret kan vara baserat på stärkelse<sup>13</sup> eller på syntetiska ämnen. Det kan också innehålla till exempel mjukgörare och antimögelmedel<sup>15</sup>, vilket kan vara allergiframkallande<sup>5</sup>. Tråden kan även stickas till tyger till en så kallad trikå. Denna process sliter inte lika hårt på tråden som vävning gör, och därför behöver inte tråden behandlas med klister. Däremot behövs en viss

mängd stickolja för att minska friktionen<sup>15</sup>.

Om man önskar en viss färg på tyget eller garnet istället för den naturliga, kommer det att gå igenom ett antal kemiska behandlingar. Eftersom det i den konventionella tillverkningen ofta används kemikalier i hela produktionskedjan så innehåller tyget oljor, klister, vax men även smuts. Detta tvättas bort i ofta flertalet bad. Efter rengöring av tyget kan mercerisering ske, vilket är en förbehandling som ger en glansigare yta samt gör att mer färg fastnar i tyget. Detta görs med natriumhydroxid, NaOH, som är en basisk lösning som måste neutraliseras med syror innan den släpps ut för att inte skada biologiska reningssteg<sup>15</sup>.

Det är även vanligt att tyget bleks av olika anledningar. Önskas ett helt vitt tyg bleks det av den anledningen. Om tyget ska färgas bleks det först för att färgnyansen inte ska ändras för mycket med tiden. Ett tyg som ser oblekt ut, kan vara blekt. Eftersom bomull har den egenskapen att färgen djupnar med tiden så bleker man tyget och färgar det istället med en ljus färg som gör att det ser oblekt ut. Blekningen försvagar fibrernas styrka och på så sätt även hållfastheten. I processen används flertalet klorbaserade ämnen som ibland kombineras med väteperoxid, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. De här ämnena är hälsoskadliga både för människan och för vattenlevande organismer. Processen förbrukar en stor mängd vatten eftersom blekningskemikalierna måste tvättas ur ordentligt så att det inte finns rester kvar som kan påverka färgningen<sup>15</sup>.

Färgning kan ske av garnet eller av tyget. De flesta färgpigment är syntetiska, och till dessa behövs även hjälpkemikalier som till exempel salter och syror<sup>21</sup>. Salter används för att fixera färgen<sup>1</sup>, är billigt och används i riktiga mängder. Syrornas funktion är till för att neutralisera pH i färgbadet, men även vid tvättning och vid blekning. Pigmenten som används kan vara giftiga, men behöver inte vara det. Azofärgämnen används för att få klara färger. Av ca 3000 stycken är 22 stycken förbjudna och får inte finnas i varor som tas in i Sverige. De här ämnena är vattenlösliga och kan lätt tas upp av huden<sup>21</sup>, de är cancerogena och giftiga för vattenlevande organismer<sup>1</sup>. I en del färgämnen används även tungmetaller som kadmium, bly, koppar, krom, zink och nickel. Dessa kan påverka flora och fauna negativt när de kommer i omlopp i naturen. Utsläpp av salter ger ökad salinitet i vattendragen, syrorna sänker vattnets pH och färgämnen kan ha lång uppehållstid i ekosystemen. Dessa faktorer påverkar dels möjligheten att använda vattnet som tjänligt dricksvatten, men även djur och växter när deras normala levnadsmiljö förändras<sup>21</sup>. Utsläpp av färgpigment i vattendrag kan göra att vattnet färgas och på så sätt hindrar solljus att tränga ner i vattnet och förändrar därmed levnadsförutsättningarna i vattnet. Pigment innehållande tungmetaller gör att de kommer i omlopp i miljön.

Naturfärger är ett alternativ till de syntetiska färgämnen. Då de har svårare att fästa i bomullen och ge de nyanser som syntetiska ämnen ger, så används de ihop med tungmetaller för att öka fixeringen. Naturfärger behövs dock användas i stora mängder på grund av låg pigmentkoncentration<sup>15</sup>.

I den konventionella odlingen är det vanligt att reningsprocesser inte fungerar bra och på så sätt ger förorenade utsläpp. Problemen ligger inte bara i att reningsverken inte är tillräckligt effektiva, utan det finns uppgifter som säger att de endast används vid inspektion för att på så sätt göra besparingar. Många av kemikalierna ger skador på flora och fauna, och eftersom vattnet inte heller renas är risken större att de gör skada. Reningen är ett problem i den konventionella textiltillverkningens värld. En del länder har inte de krav som finns på rening av vatten i Sverige. Däremot finns det leverantörer som ställer krav på sina underleverantörer på både kemikalieanvändning och att vattnet som använts ska renas. För ett flertal tillverkare

är detta dyrt att åtgärda, vilket kan medföra att de måste höja priset på sin produkt, och på så sätt kan de förlora kunder<sup>1</sup>.

## 7. Inventering

Bomullen till skjortan i vår studie odlas i Peru. Där sker även alla processer fram till dess att den blivit ett vävt tyg. De processer som ingår är ginning, kardning, spinning, vävning och krymptvätt. Då skjortan är ofärgad, genomgår den inte några blek- eller färgbad. När alla processer i Peru är avklarade, skickas tyget till Estland för sömnad och sedan till Sverige för saluföring. Resultatet från vår inventering av dessa processer presenteras nedan.

### 7.1 Odling

Bomullsodlingen gödslas med fast höns gödsel från gården<sup>13</sup>. Gödsel innehåller kväve och fosfor i olika föreningar<sup>30</sup>. När kväve omsätts i marken kan det bildas dikväveoxid, även kallad lustgas, som avges till luften<sup>11</sup> och därmed bidrar till växthuseffekten och nedbrytning av ozonlagret<sup>31</sup>. Kväve kan även förloras som ammoniak, vilket bidrar till försurning och eutrofiering då det kommer ut i naturen<sup>32</sup>. En del av ammoniaken omvandlas till dikväveoxid i nitrifikation- och denitrifikationsprocessen<sup>12</sup>, och bidrar därmed indirekt till växthuseffekten<sup>33</sup>.

Vi har baserat våra beräkningar på höns gödsel med en torrs substanshalt på 30 %, vilket räknas som fast gödsel<sup>12</sup>. Då data inte funnits tillgänglig om hur mycket gödsel som används på den odling i Peru där bomullen till skjortan i studerar odlas, har vi använt oss av information från The Rodale Institute<sup>34</sup>. The Rodale Institute är ett institut i USA som ägnar sig åt forskning, utbildning och certifiering av ekologisk produktion<sup>35</sup>. Informationen vi fått därifrån är att mängden gödsel som används per hektar är cirka 4,9 ton. Detta ger en siffra på 1,46 kg gödsel per skjorta.

Vi har också använt oss av information från en rapport om ammoniakavgång från kyckling gödsel gjord av Institutet för jordbruks- och miljöteknik<sup>36</sup>, där vi tagit siffror på ammoniakavgång från kyckling gödsel som är lagrat och nedbrukat efter fyra timmar. Dessa siffror har vi använt oss av i brist på samma typ av fakta om höns gödsel. Enligt en expert på området, referens nr 33, är dessa siffror att betrakta som likvärdiga.

Från gödsel avgår gaserna dikväveoxid, ammoniak och metangas<sup>12</sup>. Dikväveoxid bidrar som tidigare nämnt till växthuseffekten. Avgången av ammoniak är relevant då en del av detta omvandlas till dikväveoxid. Ammoniak bidrar även till försurning och eutrofiering<sup>32</sup>, men dessa miljöeffekter studeras inte närmre i denna LCA. Avgången av metangas är inte relevant vid studier av skjortans livscykel då detta avgår från flytgödsel<sup>33</sup>, och bomullen på den odling vi studerar gödslas med fast gödsel<sup>13</sup>.

Enligt en rapport gjord av Jordbruksverket<sup>30</sup> innehåller höns gödsel 1,18 % total kväve, och av detta avgår 1 % som  $N_2O$ <sup>12</sup>. Cirka 60 % av total kvävet är i form av  $NH_4-N$ .  $NH_4-N$  är en beteckning på mängden kväve i  $NH_4$ . Gödslet innehåller totalt 0,71 %  $NH_4-N$  av vilket 21,8 % avgår<sup>36</sup>. 1 % av detta omvandlas sedan i andra biologiska system<sup>11</sup> till  $N_2O-N$ , vilket kan räknas om till mängd  $N_2O$  som avges<sup>33</sup>.

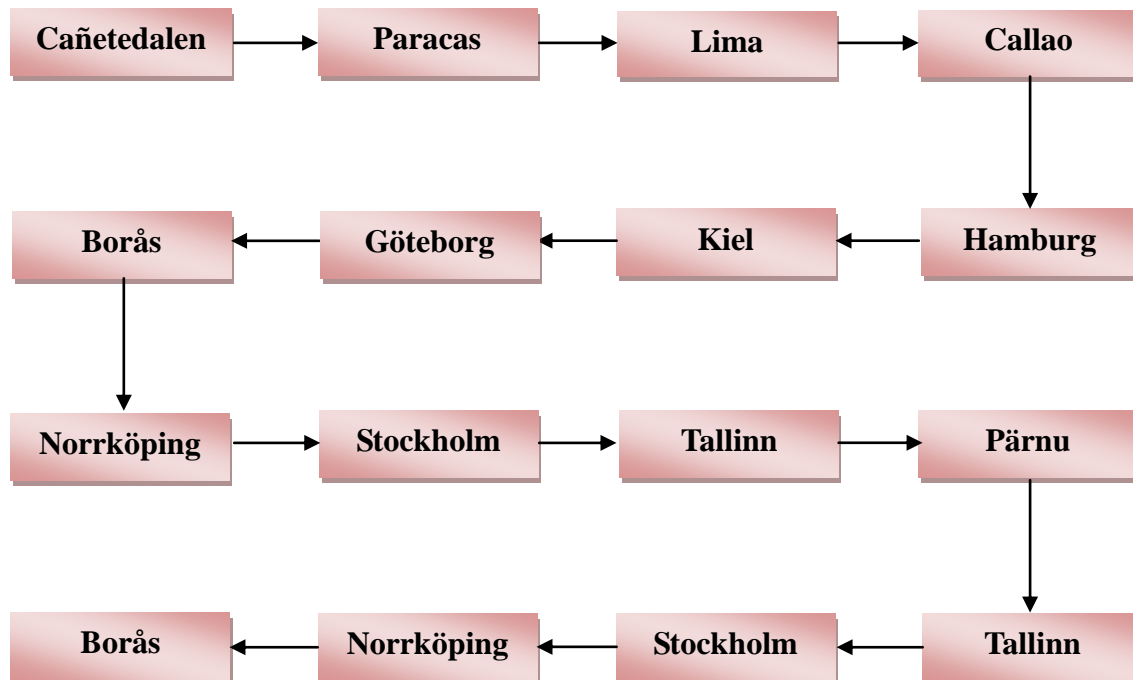
Med dessa siffror som bas för våra beräkningar, som återfinns i bilaga 1, fick vi fram de värden som illustreras i tabell 1. Värdena visar vad den gödsel som krävs till bomullen för en skjorta släpper ut efter att gödsling har skett.

*Tabell 1. Dikväveoxidutsläpp från gödsel motsvarande en skjorta.*

<b>N<sub>2</sub>O från tot-N</b>	0,272 g
<b>N<sub>2</sub>O från NH<sub>4</sub></b>	0,0357 g
<b>Totalt N<sub>2</sub>O</b>	0,3077 g

## 7.2 Transporter

Produkten fraktas ett antal gånger från det att bomullen odlas till dess att en färdig skjorta producerats. Eventuella transporter som sker vid odlingen har avgränsats och därmed startar transportkedjan då bomullen fraktas från odlingen. Nedan visas ett flödesschema över de orter skjortan fraktas genom, figur 2.



*Figur 2. Flödesschema över skjortans transportväg.*

Odling och ginning sker i Cañetedalen i västra Peru. Därifrån fraktas bomullen nio mil med lastbil västerut till kustorten Paracas där kardning och spinning sker. Garnet skickas sedan drygt 20 mil norrut till huvudstaden Lima där det vävs till ett tyg. Fem kilometer därifrån ligger hamnstaden Callao därifrån det färdiga tyget skickas cirka 1200 mil med fartyg till hamnen i tyska Hamburg. I Hamburg fraktas tyget knappt 10 mil via lastbil till Kiel, därifrån det skickas med färja drygt 40 mil till Göteborgs hamn. I Sverige fraktas tyget med lastbil till Stockholm via Borås och Norrköping, en sträcka på sammanlagt cirka 50 mil. Sömnaden av tyget till en färdig skjorta sker i estländska Pärnu, dit tyget fraktas med färja från Stockholm till Tallinn, och sedan vidare med lastbil till Pärnu. Denna sträcka är cirka 55 mil lång. Då tyget sytts till en skjorta i fabriken i Pärnu skickas den samma väg tillbaka till Borås, där försäljning till konsument sker.

Transportmedlen släpper ut emissioner av olika slag, vilka vi sammanställt i tabell 3 längre fram. Emissionsberäkningar har utförts med hjälp av verktyget NTMCalc som finns på Nätverket för Transport och Miljö, NTM:s, hemsida<sup>37</sup>. Man fyller där i ett antal parametrar såsom transportslag, fyllnadsgrad och sträcka, och får ut en tabell över de emissioner transporterna bidrar till.

Transportslag och fyllnadsgrad varierar för de olika sträckorna, liksom vikten på den funktionella enheten då det uppstår spill vid de olika processerna. Fyllnadsgraden på de sträckor där tyget/skjortan fraktas med fartyg respektive färja är lägre än övriga sträckor. Detta för att dessa transportslag fraktar mer gods än bara tyg och kläder, för vilket vi inte känner till densiteten. Dessutom rekommenderar NTM denna fyllnadsgrad på denna typ av transportslag. Vi har även valt två olika motortyper på lastbilarna, Euro 2 på lastbilarna i Peru, och Euro 3 på övriga lastbilar. Detta för uppgifter från leverantören säger att lastbilarna i Peru är av äldre modell, medan övriga är relativt nya, vilket påverkar motortypen.

I tabell 2 visas transportslag, fyllnadsgrad och vikt på den funktionella enheten för varje sträcka. I bilaga 2 finns även en heltäckande beskrivning över varje transportslag avseende fyllnadsgrad, bränsle- och motortyp, bränsleförbrukning och svavelhalt i bränslet.

**Tabell 2.** *Transportslag, avstånd, fyllnadsgrad och vikt på FE för varje sträcka.*

<b>Sträcka</b>	<b>Transportmedel</b>	<b>Avstånd</b>	<b>Fyllnadsgrad</b>	<b>Vikt på FE</b>
Cañetedalen – Paracas	Lastbil, 8,5 ton	90 km	70 %	296,2 g
Paracas – Lima	Lastbil, 14 ton	209 km	70 %	278,4 g
Lima – Callao	Lastbil, 14 ton	5 km	70 %	270 g
Callao – Hamburg	Fartyg, 8000 dwt	11 910 km	60 %	270 g
Hamburg – Kiel	Lastbil, 14 ton	96 km	70 %	270 g
Kiel – Göteborg	Färja	437 km	60 %	270 g
Göteborg – Borås	Lastbil, 14 ton	65 km	70 %	270 g
Borås – (Norrköping) – Stockholm	Lastbil, 14 ton	411 km	70 %	270 g
Stockholm – Tallinn	Färja	414 km	60 %	270 g
Tallinn – Pärnu	Lastbil, 14 ton	129 km	70 %	270 g
Pärnu – Tallinn	Lastbil, 14 ton	129 km	70 %	243 g
Tallinn – Stockholm	Färja	414 km	60 %	243 g
Stockholm – (Norrköping) – Borås	Lastbil, 14 ton	411 km	70 %	243 g

**Tabell 3.** Vad transport av en skjorta orsakar för utsläpp. Siffror i gram<sup>37</sup>.

Transportslag	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM	SO <sub>2</sub>
Lastbil 1	0,0033	$3 \cdot 10^{-5}$	$0,55 \cdot 10^{-5}$	$0,38 \cdot 10^{-5}$	$0,049 \cdot 10^{-5}$	$0,083 \cdot 10^{-5}$
Lastbil 2	0,0052	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$0,87 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$0,078 \cdot 10^{-5}$	$0,13 \cdot 10^{-5}$
Lastbil 3	0,00012	$0,11 \cdot 10^{-5}$	$0,02 \cdot 10^{-5}$	$0,014 \cdot 10^{-5}$	0	0
Lastbil 4	0,017	$11 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$0,43 \cdot 10^{-5}$
Lastbil 5	0,012	$7,7 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$0,14 \cdot 10^{-5}$	$0,3 \cdot 10^{-5}$
Fartyg	0,050	$140 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$84 \cdot 10^{-5}$
Färja 1	0,0071	$16 \cdot 10^{-5}$	$0,32 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$0,46 \cdot 10^{-5}$	$0,46 \cdot 10^{-5}$
Färja 2	0,0031	$7 \cdot 10^{-5}$	$0,14 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$0,2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
<b>Totalt</b>	0,0978	$182,6 \cdot 10^{-5}$	$13,1 \cdot 10^{-5}$	$8,49 \cdot 10^{-5}$	$7,73 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$

CO<sub>2</sub> = Koldioxid

NO<sub>x</sub> = Kväveoxider

HC = Kolväten

CO = Kolmonoxid

PM = Partiklar

SO<sub>2</sub> = Svaveldioxid

I tabellen benämns transportererna med ett nummer. Detta för att underlätta vid beräkningar med verktyget NtmCalc. Det är på de sträckor där parametrarna transportmedel, fyllnadsgrad och vikt på FE sammanfaller, som beräkningarna slagits samman. I bilaga 2 kan man utläsa vilka sträckor som motsvarar vilket nummer.

### 7.2.1 Bränsleförbrukning

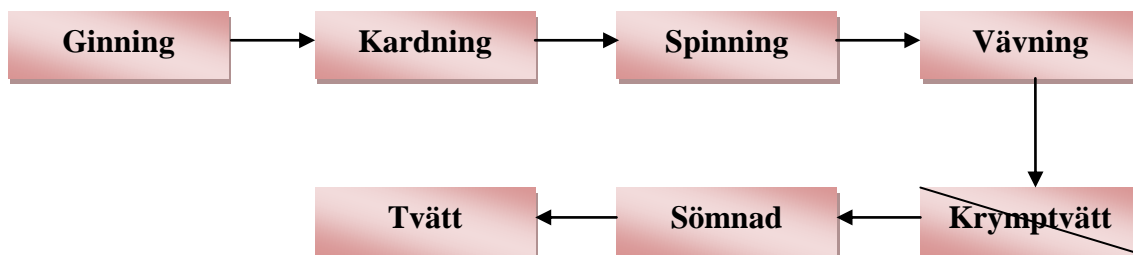
Det bränsle som åtgår vid transport av skjortan faller in under miljöeffektkategorin resursförbrukning. Den diesel som lastbilarna förbrukar är 14,03 mL per skjorta. Den mängd bränsle som övriga transportslag förbrukar har avgränsats, se avsnitt 5.



## 7.3 Energiförbrukning

För att tillverka skjortan åtgår elenergi. De processer som förbrukar elenergi under skjortans livscykel som vi studerat är ginning, kardning, spinning, vävning, sömnad och tvättning hos konsument. Hänsyn har tagits till att det uppstår spill vid varje process, vilket gör att den funktionella enheten, FE, varierar i vikt vid de olika processerna.

När skjortan når slutet av sin livscykel, lämnas den antingen till second hand-verksamhet eller går till förbränning via hushållssoporna. Den energivinst som görs vid sluthanteringen har tagits i beaktning vid beräkningar av skjortans totala energiförbrukning.



*Figur 3. Flödesschema över de processer som sker.*

De processer som finns med i flödesschemat ovan är de vi har studerat elenergiförbrukningen inom. De fyra första processerna sker i Peru, sömnaden sker i Estland och tvätt hos konsument sker i Sverige. Krymptvätten sker även den i Peru, men den har vi på grund av brist på information valt att avgränsa. Hur detta påverkar slutresultatet finns beskrivet i osäkerhetsanalysen. För beräkningar till nedanstående processer, se bilaga 3.

### 7.3.1 Ginning, kardning och spinning

Ginningen sker maskinellt vid bomullsodlingen. Därefter fraktas bomullen till Paracas för kardning och spinning, som även det sker maskinellt. För att tillverka skjortan krävs 296,2 gram bomull. Den elenergi ginningmaskinen, kardan och spinnmaskinen förbrukar, är baserade på siffror från en LCA utförd på en ekologisk T-shirt, då uppgifter ej funnits tillgängliga om de maskiner som tillverkar just den skjorta vi studerar. Den elenergi som åtgår vid ginning, kardning och spinning av bomullen till en skjorta är **1,61 Wh**<sup>38</sup>. Spillet uppgår i dessa processer till 6 %<sup>13</sup>. Detta medför att mängden bomull som går in i nästa process är 278,4 gram.

### 7.3.2 Vävning

Efter kardning och spinning fraktas garnet till Lima för maskinell vävning till ett tyg. 278,4 gram bomull vävs till 2,06 m<sup>2</sup> tyg i vävmaskinen<sup>39</sup>. Beräkningarna är baserade på en vävmaskin med effekten 483,4 W och att det tar knappt fyra minuter att väva en längdmeter tyg med bredden 1,5 meter<sup>40</sup>. Elenergiförbrukningen är baserad på uppskattningar gjorda av det svenska väveriet Bogesunds väveri, då uppgifter ej funnits tillgängliga om den vävmaskin

som tillverkar skjortan. Den elenergi som åtgår vid vävning av tyget till en skjorta är **39,04 Wh**. Spillet uppgår i denna process till 3 %<sup>41</sup>, vilket är en siffra uppskattad av det svenska väveriet Insjöns väveri. Detta medför att mängden bomull som går in i nästa process är 270 gram och tyget är 2,0 m<sup>2</sup> stort.

### 7.3.3 Sömnad

Tyget skickas efter vävning till Pärnu i Estland, där det sys till en färdig skjorta. Beräkningarna är baserade på en symaskin med en effekt på 600 W, och att det tar 20 minuter att sy skjortan. Detta enligt uppgifter från det svenska företaget Syverket<sup>42</sup>. Den elenergi som åtgår vid sömnad av en skjorta är **199,8 Wh**. Spillet uppgår i denna process till 10%<sup>39</sup>. Detta medför att skjortan får en slutlig vikt på 243 gram.

### 7.3.4 Tvätt

Den elenergi- och vattenförbrukning som sker vid tvätt hos konsument är baserad på att skjortan under sin livscykel tvättas hundra gånger i 40 grader i en fullmatad tvättmaskin av märket Whirlpool, modell AWO/D 4730. Denna maskin är en typisk hushållstvättmaskin avseende energiklass (A) och tvättkapacitet (5 kg)<sup>43</sup>. Den elenergi och vattenmängd som åtgår vid tvätt av en skjorta kan utläsas ur tabell 4.

**Tabell 4.** Energi- och vattenförbrukning vid tvätt av en skjorta.

<b>Energiförbrukning</b>	2916 Wh
<b>Vattenförbrukning</b>	213,84 L

I tvätten används även tvättmedel. Den mängd som åtgår under skjortans livscykel är **243 mL**. Detta baseras på att vattnet är mjukt, vilket 80 % av Sveriges befolkning har<sup>44</sup>, och att det används 500 mL tvättmedel till 5 kg tvätt<sup>45</sup>.

### 7.3.5 Sluthantering

15 % av de kläder som säljs i Sverige lämnas till någon form av second hand-verksamhet<sup>46</sup>. Övriga 85 % hamnar tillslut i hushållsavfallet vilket i Sverige innebär att de sedan förbränns i ett värme- eller kraftvärmeverk där energin tas tillvara till värme- eller elproduktion. Energiinnehållet i hushållsopor är 2,92 kWh/kg, vilken vi har baserat våra beräkningar på då vi inte funnit mer specifik data på energiinnehållet i tyg<sup>10</sup>. I ett värme- och kraftvärmeverk uppkommer förluster. Dessa förluster kan dock variera från verk till verk och vi har därför bortsett från dessa<sup>47</sup>. Den energivinst som görs vid förbränning av en skjorta är **603,2 Wh**.

### 7.3.6 Total energiförbrukning

Tabell 5 visar den totala elenergiförbrukningen under skjortans livscykel, samt den energivinst som görs vid förbränning.

*Tabell 5. Total energiförbrukning för en skjorta.*

Process	Energiförbrukning
Ginning, kardning och spinning	1,61 Wh
Vävning	39,04 Wh
Krymptvätt	Ingen uppgift
Sömnad	199,8 Wh
Tvätt (konsument)	2916 Wh
Sluthantering	- 603,2 Wh
<b>Totalt</b>	<b>2553,3 Wh/2,55 kWh</b>

### 7.3.7 Emissioner från elproduktion

Vid produktion av el uppstår emissioner. Det uppstår olika mycket emissioner beroende på från vilken källa elen är producerad. Då vi räknat på de emissioner som skjortans elförbrukning förorsakar, har vi räknat bort de energislag som utgör mindre än 1 % av landets elsammansättning. Detta leder till att våra beräkningar är baserade på att Perus el produceras från 78,5 % vattenkraft, 9,5 % naturgas, 8,4 % olja och 2,9 % kol, Estlands el från 90,3 % kol och 8,0 % olja och Sveriges el från 46,7 % kärnkraft, 43,1 % vattenkraft, 5,4 % bioenergi, 1,4 % kol och 1,2 % olja<sup>48</sup>. Beräkningar återfinns i bilaga 4.

De emissioner som tagits i beaktning är koldioxid, dikväveoxid samt metan. Det uppstår fler emissioner än dessa vid elproduktion<sup>49</sup>, men då vi inte haft tillgång till relevant fakta för dessa, har de uteslutits.

I tabell 6 kan man se skillnaderna i emissioner från elproduktion i de olika länderna.

*Tabell 6. Mängd emissioner som uppstår vid produktion av 1 kWh el.*

	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
<b>Peru</b>	124,185 g	36,86 · 10 <sup>-4</sup> g	0,24724 g
<b>Estland</b>	903,68 g	467,5 · 10 <sup>-4</sup> g	3,3708 g
<b>Sverige</b>	25,287 g	7,48 · 10 <sup>-4</sup> g	0,05045 g

I Peru åtgår 0,04065 kWh el vid ginning, kardning, spinning och vävning. I Estland används 0,1998 kWh el vid sömnad, och i Sverige åtgår 2,916 kWh till tvätt av skjortan. Tabell 7 visar de emissioner som uppstår vid produktion av den el som åtgår vid produktion av en skjorta.

*Tabell 7. Emissioner som uppstår vid produktion av den el som åtgår vid produktion av en skjorta.*

	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>
<b>Peru</b>	5,048 g	$1,498 \cdot 10^{-4}$ g	0,01005 g
<b>Estland</b>	180,6 g	$93,41 \cdot 10^{-4}$ g	0,6735 g
<b>Sverige</b>	73,74 g	$21,81 \cdot 10^{-4}$ g	0,14711 g
<b>Totalt</b>	259,39 g	$116,72 \cdot 10^{-4}$ g	0,83066 g

## 7.4 Avfall

Under skjortans livscykel uppstår avfall. Avfallet består av bomullsspill samt av förpackningsmaterial i form av wellpapp och plast. Wellpappkartonger används vid två tillfällen. Dels då tyget skickas från Peru via Sverige till Estland, dels då den färdiga skjortan skickas från Estland till Sverige. I Peru packas 40 kg tyg per wellpappkartong. Kartongen väger 3 kg tom<sup>13</sup>. I Estland packas 50 plagg i varje wellpappkartong vilken väger 1,5 kg tom. Vid frakt från Estland till Sverige används även plastmaterial, då var och ett av plaggen packas i en plastpåse om 6,7 gram innan de placeras i wellpappkartongen<sup>50</sup>.

Bomullsspill uppkommer i flera processer under skjortans livscykel. Under ginning, kardning och spinning uppkommer 6 % spill. I spinneriet kan det uppkomma upp till 25 % spill, men detta återanvänds till största delen, vilket gör att spillet som avfall endast blir 6 % för de tre processerna<sup>13</sup>. Vid vävning uppkommer 3 % spill<sup>41</sup> och vid sömnad 10 %<sup>39</sup>.

Tabell 8 visar hur mycket avfall som uppkommer totalt under skjortans livscykel. För beräkningar, se bilaga 5.

*Tabell 8. Det avfall som uppkommer totalt under skjortans livscykel.*

<b>Wellpapp</b>	50,3 g
<b>Plast</b>	6,7 g
<b>Bomullsspill</b>	53,2 g

## 8. Miljöpåverkansbedömning

Här redovisas alla aspekters utsläpp och de klassas in i respektive miljöeffektkategori. Alla de miljöeffektkategorier som påverkas av skjortans livscykel visas i tabell 9, och de vi valt att fokusera på har karakteriserats med hjälp av karakteriseringsindex, se tabell 10 och 11.

*Tabell 9. De miljöeffektkategorier som påverkas av aspekter i skjortans livscykel.*

Aspekt	Utsläpp	Miljöeffektkategori
Gödsel	-	Resursförbrukning
	NH <sub>4</sub>	Förurning, övergödning
	N <sub>2</sub> O	Växthuseffekt
Transporter	CO <sub>2</sub>	Växthuseffekt
	NO <sub>x</sub>	Förurning, marknära ozon, övergödning
	HC <sup>51</sup>	Marknära ozon, växthuseffekt
	CO	Marknära ozon
	PM	Hälsa
Elenergi	SO <sub>2</sub>	Förurning
	-	Resursförbrukning
	CO <sub>2</sub>	Växthuseffekt
	CH <sub>4</sub>	Växthuseffekt
Bomullsmaterial	N <sub>2</sub> O	Växthuseffekt
	-	Resursförbrukning
Wellpapp	-	Resursförbrukning
Plast	-	Resursförbrukning
Vatten	-	Resursförbrukning
Tvättmedel	-	Resursförbrukning
Diesel	-	Resursförbrukning

*Referens: Övriga<sup>52</sup>*

Vi har valt att fokusera på de aspekter som bidrar till växthuseffekten och resursförbrukning, då dessa utsläpp/resurser är höga i jämförelse med de övriga, och även har störst total miljöpåverkan. Av de emissioner som redovisas kommer det mesta från gödslet och elproduktionen, och transporterna står endast för en liten del. För att se hur mycket av skjortans utsläpp som bidrar till växthuseffekten multipliceras mängden av de växthuseffektbidragande emissionerna med en karakteriseringsfaktor. Varje ämne har en speciell faktor beroende på hur stor inverkan den har på växthuseffekten. Faktorerna är relativa koldioxidens inverkan på växthuseffekten som har faktor 1. Vilken faktor varje ämne har redovisas i tabell 10, och de motsvarar den potentiella klimatpåverkan ämnena har under ett 100 års perspektiv.

**Tabell 10.** Karakteriseringsfaktorer för ämnena.

Emission	Karakteriseringsfaktor
CO <sub>2</sub>	1
N <sub>2</sub> O	298
CH <sub>4</sub>	25
HC	11 <sup>53</sup>

Referens: Övriga<sup>12</sup>

Ämnena dikväveoxid, metan och kolväten är effektivare växthusgaser än koldioxid. Dikväveoxid är den mest effektiva växthusgasen av de fyra emissionerna och ger därför ett större bidrag än de andra, vilket kan ses i tabell 11. I tabell 11 visas även den totala mängd koldioxidekvivalenter som släpps ut under skjortans livscykel.

**Tabell 11.** Det totala utsläppet av koldioxidekvivalenter under skjortans livscykel.

	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	HC
<b>Mängd</b>	259,49 g	0,31937 g	0,83066 g	13,1 · 10 <sup>-5</sup> g
<b>CO<sub>2</sub>-ekvivalent</b>	259,49 g	95,17 g	20,77 g	144,1 · 10 <sup>-5</sup> g
<b>Totalt</b>	375,43 g			

I tabell 12 visas hur mycket resurser som förbrukas totalt under skjortans livscykel, vilka påverkar miljöeffektkategorin resursförbrukning.

**Tabell 12.** De resurser som förbrukas under skjortans livscykel.

Resurs	Mängd
Elenergi	2,55 kWh
Bomullsmaterial	296,2 g
Wellpapp	50,3 g
Plast	6,7 g
Vatten	213,84 L
Tvättmedel	243 mL
Diesel	14,03 mL
Gödsel	1,46 kg

Den elenergi som åtgår förbrukas av de maskiner som tillverkar skjortan samt av tvättmaskinen hos konsument. Den elenergi som förbrukas av krymptvätten bortfaller som tidigare nämnt, vilket gör att den siffra vi fått fram är lägre än om krymptvätten inkluderats.

Detsamma gäller vattenförbrukningen som också verkar lägre både på grund av att kryptvätten exkluderats, men även på grund av att vi inte har med det vatten som åtgår vid odling av bomullen. Vi anser dock att det vatten som används vid odlingen inte passar in under resursförbrukning då det ändå skulle passerat den plats där odlingen är belägen, oavsett om det funnits en bomullsodling där eller inte.

I mängden bomullsmaterial som åtgår är spillet inkluderat. Spillet uppgår till 18 % av den totala mängd bomull som förbrukas, och därmed uppstår det under skjortans livscykel 53,2 gram avfall i form av bomull. Det övriga avfall som uppstår är wellpapp och plast.

De resterande resurser som åtgår i skjortans livscykel är tvättmedel, diesel och gödsel.

Nedan sätter vi in skjortan i ett större perspektiv för att visa hur mycket klädkonsumtionen i Sverige kan bidra till miljömässigt. I Sverige importerades 84 000 ton kläder under 2007<sup>1</sup>. Av dessa utgjordes hälften av bomullskläder<sup>15</sup> vilket ger en siffra på 42 000 ton.

Den miljöpåverkan denna mängd ekologiska bomullskläder ger visas i tabell 13. Uträkningar återfinns i bilaga 6.

**Tabell 13.** Möjlig miljöpåverkan från Sveriges importerade bomullskläder.

Resurs/Emission	En skjorta	42 000 ton kläder
CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	375,43 g	64 950 ton
El	2,55 kWh	441,18 GWh
Bomullsmaterial	296,2 g	51 246 ton
Wellpapp	50,3 g	8 702 ton
Plast	6,7 g	1 159 ton
Vatten	213,84 L	36 996 500 m <sup>3</sup>
Tvättmedel	243 mL	42 041 500 m <sup>3</sup>
Diesel	14,03 mL	2 427 m <sup>3</sup>
Gödsel	1,46 kg	252 595 ton

Tabellen visar hur miljöpåverkan skulle kunna se ut vid import av 42 000 ton bomullskläder. Dock stämmer inte dessa siffror helt, eftersom våra siffror är framtagna specifikt för den skjorta vi studerat, men det ger en uppfattning om hur mycket det skulle kunna påverka. Dessa 42 000 ton är dock inte import av enbart ekologiska kläder, utan en blandning av ekologiska och konventionella, vilket betyder att siffrorna skulle kunna skilja sig betydligt från verkligheten. Den största skillnaden är att kemikaliemängden i realiteten är en mycket betydande del av resursförbrukningen och miljöpåverkan, men detta framkommer inte i vår tabell då den baseras på de siffror vi kommit fram till i vår LCA av en ekologisk skjorta, där kemikalieanvändningen är mycket låg.



## 9. Osäkerhetsanalys

I vår osäkerhetsanalys diskuterar vi hur våra resultat i LCA:n har påverkats av de val och avgränsningar vi gjort.

### 9.1 Odling

Vi har gjort uppskattningar vad gäller gödslet vilket kan påverka slutresultatet då de fakta vi använt oss av inte är exakta för just skjortans livscykel. De uppskattningar som gjorts har dock gjorts i samråd med experter på området, vilket gör att siffrorna är att betrakta som välunderbyggda och väsentliga även för skjortans livscykel. Det sätt slutresultatet eventuellt påverkas på är att dikväveoxidavgången kan vara antingen mer eller mindre i vår analys än i det verkliga fallet, vilket i sin tur påverkar skjortans bidrag till växthuseffekten då dikväveoxid är en stark växthusgas<sup>54</sup>.

Vi har inte haft tillgång till mätdata på hur mycket vatten som tillförs bomullsplantorna på odlingen, och valde att inte heller uppskatta en sådan siffra, då vi ansåg att det skulle ge ett missvisande resultat. Detta för att mängden vatten som krävs är beroende på bland annat klimat och avrinning, vilket gör det svårt för oss att bedöma vilket mängd som är realistisk. Vi tyckte inte heller att det vatten som bomullsplantorna kräver på odlingen passade in under miljöeffektkategorin resursförbrukning, då vattnet ändå passerar odlingen i Cañetedalen.

### 9.2 Transporter

Vi har fått information om att godset fraktas med både lastbil och fartyg. Informationen har dock inte varit heltäckande vad gäller typ av lastbilar och fartyg, bränsleförbrukning och fyllnadsgrad. Vi har därför fått göra rimliga antaganden på dessa parametrar. Detta påverkar de resultat vi fått fram över de emissioner transporterna bidrar med. Vi bedömer att denna påverkan på slutresultatet är liten, då transporterna bidrar med en så pass liten del av den totala miljöpåverkan från skjortan.

Då vi räknade ut hur stor bränsleåtgång transportmedlen som transporterar skjortan har, avgränsade vi bränsleåtgången hos fartyget och färjorna på grund av brist på information. Detta påverkar slutresultatet på så sätt att det ser ut att åtgå mindre bränsle per skjorta än det i praktiken gör. Vi bedömer dock att skillnaden inte är signifikant, men det är bra att ha i åtanke då man läser avsnitt 7.2.1 samt utläser tabell 12.

### 9.3 Energiförbrukning

Den elenergi som förbrukas under skjortans livscykel i processerna ginning, kardning, spinning, vävning och sömnad är uppskattad. Siffrorna har uppskattats med hjälp av information från olika företag samt en livscykelanalys på en ekologisk T-shirt<sup>38</sup>, då vi inte fått någon information från de fabriker där skjortan tillverkas. De siffror vi grundar våra beräkningar på kommer alltså från maskiner som liknar de som används vid tillverkning av skjortan. Detta kan påverka slutresultatet då energiförbrukningen kan variera beroende på vilken modell och ålder maskinparkerna har. Våra beräkningar ger därför en ungefärlig uppfattning om hur energiförbrukningen kan se ut, men är inte någon exakt beskrivning för

skjortan.

Avgränsningen vi gjort avseende krymptvätten tror vi påverkar slutresultatet, då det är en process som förbrukar vatten och energi för uppvärmning av vattnet. Detta måste man ha i åtanke då man tolkar resultatet av vår analys, då det påverkar både den totala resursförbrukningen och de totala emissioner som släpps ut under skjortans livscykel. Därmed bortfaller den del som krymptvätten bidrar med till växthuseffekten i vårt slutresultat.

## 9.4 Emissioner

Då vi beräknade de emissioner som uppstår vid elproduktion bortföll de emissioner som uppstår utöver koldioxid, dikväveoxid och metangas, eftersom vi inte hade någon relevant fakta att tillgå på området. Detta påverkar slutresultatet då de totala emissioner som uppstår under skjortans livscykel inte är fullständiga. De valda emissionerna är dock tre av de viktigaste växthusgaserna<sup>52</sup>, och då vi valt att fokusera på just växthuseffekten är dessa de mest betydande som uppstår vid elproduktion, och därmed påverkas inte vår bedömning av hur växthuseffekten påverkas under skjortans livscykel betydligt.

## 9.5 Tvätt

De beräkningar vi gjort avseende elenergi- och vattenförbrukning vid tvätt av skjortan hos konsument, har baserats på att skjortan tvättas 100 gånger. Detta antal kan variera beroende på hur många gånger konsumenten väljer att tvätta sin skjorta. Därmed kan elenergi- och vattenförbrukningen variera mycket beroende på konsumenten. En annan del som väger in är om konsumenten tvättar full maskin eller inte. Vi har gjort antagandet att så är fallet, vilket drar ner elenergi- och vattenförbrukningen per skjorta. Då tvätt hos konsument står för en stor del av skjortans totala elenergi- och vattenförbrukning, kan de val vi gjort avseende antal tvättar och mängd tvätt per gång, påverka slutresultatet betydligt avseende vattenförbrukning, elenergiförbrukning och därmed vilka emissioner som släpps ut.

## 9.6 Avfall

Det avfall som uppstår under skjortans livscykel i form av förpackningsmaterial och spill är uppskattat av dels leverantörerna, och dels av svenska företag som ägnar sig åt samma typ av produktion som den vi studerar. De siffror som angetts av leverantörerna är naturligtvis de bästa vi kan använda oss av, men de är dock uppskattningar och inte exakt uppmätta värden. Detta kan påverka slutresultatet något, men vi gör bedömningen att denna eventuella påverkan är försumbar. Detsamma gäller de siffror vi använt oss av som kommer från svenska företag, vilka vi betraktar som användbara även för skjortans livscykel.

I vår analys har vi räknat på att 85 % av kläderna går till via hushållsavfallet till förbränning och 15 % lämnas till second hand-verksamhet. Det finns dock andra vägar det uttjänta plagget kan gå, som till exempel att de används som trasor eller läggs på kompost<sup>14</sup>, men denna andel antar vi är så pass liten att det har liten inverkan på slutresultatet. Dessutom hamnar de plagg som använts till trasor förmodligen i hushållsavfallet i slutändan.

De beräkningar vi gjort på energivinsten som görs vid förbränning av skjortan är baserade på energiinnehållet i hushållssopor. Då energiinnehållet i kläder antagligen skiljer sig från denna

siffror påverkas slutresultatet. Även det val vi gjort att inte räkna med de förluster som görs vid fjärrvärmeverket påverkar vårt resultat. Dessa aspekter bedömer vi kan ha en betydande påverkan på slutresultatet, men tycker ändå att de beräkningar vi gjort är tillämpliga.

## 9.7 Övrigt

Den avgränsning vi gjort avseende tillverkning, transport och användning av de olika bekämpningsmedel som används vid odling av bomullen samt det vävklister som används vid vävning, påverkar slutresultatet i energianvändning, emissioner från transporter samt den miljöpåverkan bekämpningsmedlen och vävklister bidrar till vid användning. Det används dock, enligt leverantören, en försumbar mängd av dessa produkter<sup>13</sup>, vilka dessutom är biologiskt nedbrytbara, vilket gör att den totala miljöpåverkan från skjortan inte påverkas nämnvärt av att denna miljöpåverkan avgränsas.

## **10. Datakvalitet**

Uppgifter till studien har hämtats från rapporter, hemsidor, litteratur och från personlig kontakt via mejl och telefon med leverantörer, företag och organisationer med kunskap inom området. Källornas pålitlighet har bedömts från fall till fall med hänseende på författare, organisation och objektivitet men även beroende på vad företaget arbetar med, lokalisering, klimat och så vidare. På grund av bristande information från direkta leverantörer i skjortans led har aspekter som landets klimat fått stå över, men alla sådana undantag diskuteras i osäkerhetsanalysen. All data som använts i rapporten har bedömts som trovärdig och relevant för studien.

## 11. Diskussion

Vår studie visar att klädtillverkning påverkar miljön. All typ av produktion ger miljöpåverkan, eftersom man utnyttjar jordens resurser. Eftersom kläder är en så eftertraktad produkt världen över produceras bomull och textilier i riktiga mängder för att mata marknaden, vilket ger en betydande miljöpåverkan. Resultatet av vår LCA visar hur stor skjortans miljöpåverkan är och att kemikalieanvändningen inom ekologisk produktion fungerar på ett hållbart sätt och är i det hänseendet därför bättre än konventionell produktion. De övriga resultaten vi fick fram i vår LCA kan vi inte påstå om de är bättre eller sämre än konventionell produktion, då vi inte gjort någon fallstudie på ett konventionellt producerat plagg. Vår studie går däremot att använda i en vidare jämförelse mellan ett ekologiskt och ett konventionellt plagg.

Uppgifter visar att den mängd vatten som används på odlingen är starkt beroende av vilken teknik som nyttjas, hur bomullen bevattnas. På en ekologisk odling ska vattenhanteringen fungera på ett hållbart sätt för att de ska få sin certifiering, vilket kontrolleras regelbundet av kontrollorgan. Det betyder att även om stora mängder vatten används, så ska det användas på bästa sätt. Den ekologiska textiltillverkningen har även krav på att rena sitt vatten från de våta processerna, vilket gör att vattnet kan recirkulera i processerna och på så sätt minska vattenförbrukningen. Även om det i en konventionell produktion ställs krav på rening, dels från landets lagar och dels från leverantörer, så är det inte alltid en garanti att det sköts korrekt just för att fokus läggs på att kostnadseffektivisera produktionen.

Eftersom bomullsodlingarna och likaså färg- och tvättbaden kräver mycket vatten, så är det viktigt att användningen av denna resurs sker på ett hållbart sätt för att minimera miljöpåverkan. Väljer man då ekologiska tyger till sitt plagg som designer eller ett ekologiskt plagg som konsument så kan man bidra till att använda denna resurs på ett bättre sätt. Konventionell produktion behöver inte alltid vara ett sämre alternativ än ekologisk produktion avseende vattenförbrukning. Men väljer man ett ekologiskt plagg är chansen större att det är producerat på ett mer hållbart sätt än ett konventionellt.

Eftersom skjortan som vi studerat produceras i Peru där tidigare utgrävda Nenn Ya kanaler används till bevattningen, innebär det att vattnet ändå passerar odlingen och vattenanvändningen därför fungerar på ett hållbart sätt. Skjortan har därför inte en särskilt betydande påverkan vad gäller vattenanvändningen vid odlingen. Leverantören av tyget till skjortan renar sitt färg- och tvättvatten, men eftersom skjortan är ofärgad faller denna aspekt bort. Vid tvättningen används ett godkänt medel och rening sker. Skulle skjortan istället produceras konventionellt skulle troligtvis vattenanvändningen ha en högre miljöpåverkan och ordentlig rening av processvattnet skulle inte med säkerhet ske.

Väljer man ett ekologiskt plagg som konsument bidrar man till en obefintlig kemikalieanvändning vid odlingen. De bekämpningsmedel som används vid skjortans bomullsodling är miljöanpassade och biologiskt nedbrytbara, till skillnad från de kemikalier som används vid en konventionell odling, vilka påverkar både människa och miljö negativt. Det används även en mängd kemikalier i den vidare beredningen av bomullen till tyg inom den konventionella produktionen, vilka ofta släpps ut direkt i naturen på grund av den tidigare nämnda dåliga reningen.

Ytterligare något som ofta har en mer negativ miljöpåverkan inom den konventionella än den ekologiska bomullsodlingen är användningen av konstgödsel. På en ekologisk odling får inte

konstgödsel användas, medan det på en konventionell odling ofta används konstgödsel då detta ökar avkastningen. Konstgödsel har ofta ett innehåll av tungmetaller vilka sprids i naturen vid användning. Det är även en energikrävande process att tillverka konstgödsel. På skjortans bomullsodling har det alltså inte använts konstgödsel vilket därmed drar ner de emissioner som uppstår från produktion av den el som krävs för att tillverka konstgödsel, samt att skjortan inte bidrar till att det kommer ut tungmetaller i naturen.

I vår analys av skjortans livscykel har vi studerat vilka transporter som sker. Från det att bomullen odlas till dess att den färdiga skjortan kommer till försäljningsstället i Sverige, har skjortan transporterats från Peru till Tyskland och vidare via Sverige till Estland och sedan tillbaka till Sverige. De transporter som sker inom Peru är relativt korta, en sträcka på sammanlagt 30 mil. Detta för att de platser där de olika processerna sker ligger nära varandra. Vi kan inte påstå att detta är vanligare inom den ekologiska än inom den konventionella produktionen, men kan åtminstone konstatera att detta påverkar skjortans livscykel positivt. De transporter som följer är däremot längre. Det som är positivt här är att skjortan fraktas med fartyg från Peru till Tyskland. Att frakta med fartyg är ett avgjort bättre alternativ än att frakta med flyg. Inte heller här kan vi påstå att frakt med fartyg istället för flyg är vanligare inom den ekologiska än den konventionella produktionen, men återigen då ger det en positiv inverkan på den miljöpåverkan skjortan bidrar med.

Det som går att diskutera är att skjortan hade bidragit till en mindre miljöpåverkan om bomullen hade producerats i ett land närmre Sverige. Det finns exempelvis ekologiska odlingar i Grekland<sup>55</sup>, vilket skulle vara ett närmre alternativ. Hur de övriga miljöaspekterna ser ut på de ekologiska odlingarna i Grekland är dock inget vi vet något om. Bevattningen kanske sker på ett sämre sätt ur miljösynpunkt där än i Peru, vilket i slutändan kanske resulterar i att Peru är ett bättre alternativ.

Att sömnaden är förlagd i Estland gör att skjortan fraktas en omväg. Hade sömnaden varit förlagd i exempelvis Tyskland, som skjortan ändå fraktas genom, hade denna omväg kunnat undvikas och transportsträckan hade kortats. Vi diskuterar dock bara skjortans miljöpåverkan i denna diskussion, och den ekonomiska betydelsen av att förlägga sömnaden i Tyskland istället för i Estland bortses. Självklart går det inte att bortse från den ekonomiska betydelsen i realiteten.

I vårt slutresultat av skjortans miljöpåverkan har transporterna en relativt liten inverkan i jämförelse med gödsling och elenergianvändning. Det går dock inte på grund av detta att bortse helt från transporterna och mena att dessa inte spelar någon roll. Det är här viktigt att sätta skjortans livscykel i ett större perspektiv och inse att ett större antal av plagget naturligtvis ger en större miljöpåverkan. Därför är punkterna som diskuterades ovan ändå viktiga, trots den lilla inverkan transporterna har på skjortans livscykel.

Ytterligare något som påverkas om sömnaden hade förlagts i ett annat land än Estland är de emissioner skjortans livscykel bidrar till på grund av elenergiförbrukning. I Peru och Sverige används relativt ”ren el”, producerad av stor del vattenkraft och i Sverige också kärnkraft. I Estland däremot produceras elen av kol och naturgas, vilket ger höga utsläpp av växthusgaser. Hade sömnaden varit förlagd i ett annat land än Estland som använder sig av renare el, hade denna aspekt haft en mindre betydande miljöpåverkan. Det måste nämnas att vi inte heller här väger in vilken ekonomisk betydelse detta kan ha.

Vid sluthantering av skjortan har vi valt både förbränning och återanvändning av skjortan som grav och fördelat dessa på skjortan. Det ser i vår rapport ut som att det är positivt att slänga skjortan i soporna då den därmed bidrar till att producera värme och el, och därför minskar den totala elenergikostnaden i livscykel. Det är dock ett bättre alternativ att återanvända skjortan, alltså lämna in den till second hand-verksamhet, då man därigenom kan minska både elenergiförbrukningen, samt de övriga miljöaspekter som uppkommer vid odling och transport, för vad en hel skjorta bidrar med. Då man lämnar in sin skjorta för återanvändning bidrar man ju indirekt till att en helt ny skjorta inte behöver tillverkas, och därmed gör man en resursbesparing.

Det som framkommit i vår LCA är att gödslet och elförbrukningen har störst miljöpåverkan. Detta kan man anta gäller även inom konventionell produktion, utöver kemikalieanvändningen. Om man vill få ner miljöpåverkan vid produktion av kläder är det alltså dessa aspekter man bör fokusera på. Man bör gödsla endast den mängd som behövs för ändamålet för att inte ge onödiga kväveemissioner. För att påverka elförbrukningen i positiv riktning kan man i första hand se över maskinparken som används. Är den mer energislukande än den behöver vara? Som konsument kan man använda sig av en så snål tvättmaskin som möjligt. Som producent kan man också tänka på i vilket land kläderna produceras i och välja ett land där elen är så ren som möjligt, eller helt enkelt göra ett aktivt val att använda sig av enbart el från förnyelsebara källor.

De övriga aspekterna kan tyckas små, men som visades i tabell 13 ger självklart även de en stor miljöpåverkan ju större produktionen är. Det är alltså viktigt att som producent beakta även dessa. Men gödslet och elen är som sagt de aspekter som väger tyngst.

## 11.1 Tillförlitlighet

Eftersom skjortan har följts bakåt till sin vagga så är resultatet specifikt för just Reflective Circles skjorta. Eftersom viss data inte har kunnat fås relevant eller överhuvudtaget betyder det att en del miljöpåverkan inte framkommer i rapporten. Däremot ger den en bra uppfattning om vad som påverkas och på vilket sätt. Brist på information är ett typiskt exempel på en svaghet med LCA-metodiken. Detta gör även att det är en tidskrävande process att få fram relevant data. Analysen bör inte användas för att ange miljöpåverkan av andra plagg, eftersom det är beroende på många delar i tillverkningen. Det kan exempelvis vara beroende på var bomullen odlas, vad för typ av gödsel som används, hur det bevattnas, på hur moderna maskiner som används och om plagget är färgat eller inte. Resultatet är användbart för Reflective Circle då företaget kan analysera eventuella förändringar i produktionskedjan och på så sätt se om det ger en mindre miljöbelastning, men kan även användas av företaget i marknadsföringssyfte. Detta är en av de starka sidorna som LCA frambringar. Resultatet kan även användas av någon som jämförande motvikt vid en LCA på ett konventionellt plagg.

## 11.2 Slutsats

Skjortan påverkar miljön på flera områden, men ger samtidigt inte de belastningar som ett konventionellt tillverkat plagg ofta ger. Det är därför bättre att investera i ett ekologiskt tillverkat plagg för allas del. Man bidrar då till en bättre tillverkning och sparsammare vattenanvändning, att människorna i tillverkningen inte utsätts för hälsorisker, men även att man själv inte utsätts för farliga kemikalier i de kläder man använder eller att de hamnar i avloppen och tillslut i miljön.

Resultaten från vår LCA är svåra att bedöma i jämförelse med ett konventionellt plagg, då uppgifter från ett sådant saknas. Däremot visar vår LCA att kemikalieanvändningen är mindre belastande än inom konventionell tillverkning, då den i skjortans livscykel är mycket låg. Vår LCA visar även att det är gödslet och elförbrukningen som är de tyngsta miljöaspekterna i skjortans livscykel.



## 12. Referenser

1. *Den blinda klädimporten – Miljöeffekter från produktionen av kläder som importerar till Sverige*, SwedWatch rapport nr 21, 2008, PDF
2. Kemikalieinspektionen  
[www.kemi.se/templates/Page\\_5003.aspx](http://www.kemi.se/templates/Page_5003.aspx) Hämtad 09-02-03
3. Kemikalieinspektionen  
[www.kemi.se/templates/Page\\_3695.aspx](http://www.kemi.se/templates/Page_3695.aspx) Hämtad 09-05-15
4. Nationalencyklopedin  
[www.ne.se/lang/cancerogena-ämnen](http://www.ne.se/lang/cancerogena-ämnen) Hämtad 09-05-15
5. *Kemikalier i textilier – råd till dig som importerar och säljer textilier*, Kemikalieinspektionen, 2009, PDF
6. *Kemikalier i textilier*, Kemikalieinspektionen, faktablad april 2009
7. Referens 1 (sekretess), Hämtad 09-04-15
8. *Livscykelanalys - Ringar på Vattnet*, R Carlson, A-C Pålsson, SIS Förlag 2008
9. Swerea IVF AB  
<http://extra.ivf.se/lcae/Bilder%5CLCA-element.gif> Hämtad 09-03-11
10. *Livscykelanalys – En metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, C-J. Rydh, M. Lindahl, J. Tingström, Studentlitteratur 2002
11. Maria Berglund, Hushållningssällskapet Halland, möten, mailkontakt, 09-05-11
12. *Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar*, delrapport i JOKER-projektet, Hushållningssällskapet Halland, 2009, PDF
13. Leverantör 1 (sekretess), mail- och telefonkontakt, 09-04-15
14. *The White Treasure*, S. Bergman, 1995, Borås Frang AB
15. *Tyg eller otyg? Faktaunderlag för miljövänliga veckan 2007*, Naturskyddsföreningen, 2007, PDF
16. *Bomull – En ren naturprodukt?* Världsnaturfonden WWF, 2005, PDF
17. *Ekologi – för miljöns skull*, I. Hjorth, Liber 2002
18. Texas Organic Cotton Marketing Cooperative, TOCMC  
[www.texasorganic.com](http://www.texasorganic.com) Hämtad 09-04-09

19. Nationalencyklopedin  
[www.ne.se](http://www.ne.se) Hämtad 09-04-02
20. Livsmedelsverket  
[www.livsmedelssverige.org/livsmedel/vegetabilier/oljevaxter/viktiga.htm](http://www.livsmedelssverige.org/livsmedel/vegetabilier/oljevaxter/viktiga.htm)  
Hämtad 09-03-19
21. *Textilier med ett smutsigt förflutet – Miljöpåverkan vid tillverkningen av hemtextilier som importeras till Sverige*, SwedWatch rapport nr 17, 2007, PDF
22. KRAV  
[www.krav.se/sv/Foretag/Certifiseringar/Livsmedel/Certifisering-av-textil-enligt-KRAVs-regler/](http://www.krav.se/sv/Foretag/Certifiseringar/Livsmedel/Certifisering-av-textil-enligt-KRAVs-regler/) Hämtad 09-05-14
23. Bergmansweden AB  
[www.bergmansweden.com](http://www.bergmansweden.com) Hämtad 09-03-19, 09-03-30
24. Greenspot  
[www.greenspot.se/neem.htm](http://www.greenspot.se/neem.htm)
25. Svenska aralsjösällskapet  
[www.aralsjön.nu](http://www.aralsjön.nu) Hämtad 09-05-05
26. Environmental Justice Foundation EJF – Pesticides and Cotton,  
[www.ejfoundation.org/page332.html](http://www.ejfoundation.org/page332.html) Hämtad 09-05-16
27. *Endosulfan*, Christina Esbjörnsson, Redovisning från nationell miljöövervakning, Naturvårdsverket, 2002 PDF
28. *Deltametrin*, kemikalieinformation, Kemikalieinspektionen, 1997  
<http://apps.kemi.se/bkmregoff/bkmblad/Deltamet.pdf>
29. Wikipedia  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Aldicarb> Data hämtad 09-05-16
30. *Gödselmedel för ekologisk odling 2009 – Specialgödselmedel och stallgödsel*, Jordbruksverket, 2009, PDF
31. Miljöforskning  
<http://miljoforskning.formas.se/formas/jsp/document.jsp?idocument=545>  
Hämtad 09-04-27
32. *Emissioner av metan, lustgas och ammoniak vid lagring av avvattnat rötslam*, Sveriges Lantbruksuniversitet 2002, PDF
33. Lena Rodhe, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, mailkontakt, 09-04-27
34. Genevieve Slocum, The Rodale Institute, mailkontakt, 09-04-11

35. The Rodale Institute  
[www.rodaleinstitute.com](http://www.rodaleinstitute.com) Hämtad 09-03-21
36. *Kycklinggödsel tillsallat och vitkål - ammoniakförluster och växtnäringsutnyttjande*, JTI-rapport Lantbruk och Industri 269, 2000, PDF
37. Nätverk för transport och miljö  
[www.ntm.a.se/ntmcalc](http://www.ntm.a.se/ntmcalc) Hämtad 09-04-22
38. *Underlag för miljöstrategi för Dem Collective – Livscykelanalys av t-shirt 2006*, Marcus Wendin, Miljögiraff, 2007, PDF
39. Josefin Lassbo, Reflective Circle, mailkontakt, 09-05-17
40. Anna-Karin Borgström, Bogesunds Väveri, mailkontakt, 09-04-16
41. Roland Jacobs, Insjöns väveri, mailkontakt, 09-04-15
42. Johan Käll, Syverket, mailkontakt, 09-04-01
43. Whirlpool – Innovativa hushållsprodukter  
[www.whirlpool.se](http://www.whirlpool.se) Hämtad 09-03-15
44. Naturskyddsföreningen – ideell miljöorganisation med kraft att förändra  
[www.naturskyddsforeningen.se/gron-guide/vara-rad-och-tips/i-hemmet/vatten/](http://www.naturskyddsforeningen.se/gron-guide/vara-rad-och-tips/i-hemmet/vatten/)  
Hämtad 09-05-12
45. Green Care tvättmedelspaket
46. Nina Adler, Myrorna, mailkontakt, 09-03-27
47. Energisystem i dagsläget, Vallentuna kommun, PDF  
[www.vallentuna.se/dok/publikationer/energiplanfrsla\\_/energiplanfakta\\_/faktabilagas19/Faktabilagas1-9.pdf](http://www.vallentuna.se/dok/publikationer/energiplanfrsla_/energiplanfakta_/faktabilagas19/Faktabilagas1-9.pdf) Hämtad 09-05-05
48. International Energy Agency (IEA)  
[www.iea.org](http://www.iea.org) Hämtad 09-04-26
49. Energirådgivningen – energi och miljö  
[www.energiradgivningen.se/index.php?option=com\\_content&task=view&id=52&Itemid=30](http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=30) Hämtad 09-05-07
50. Leverantör 2 (sekretess), 09-03-30
51. *Miljöpåverkan av godstransporter på landsväg*, Thomas Mejtoft, Umeå Universitet, 2002, PDF
52. EFFEKTIV  
[www.effektiv.org/miljobel/forklaring.asp](http://www.effektiv.org/miljobel/forklaring.asp) Hämtad 09-05-04

53. Industriell ekologi, KTH  
[www.ima.kth.se/im/3c1320/projektbeskrivnLCAvt05.htm](http://www.ima.kth.se/im/3c1320/projektbeskrivnLCAvt05.htm) Hämtad 09-05-05
54. Agr Dr. Helena Elmquist  
[www.krav.se/Documents/klimat/Interfood\\_4-09-2007\\_IIIKomprimerad.ppt](http://www.krav.se/Documents/klimat/Interfood_4-09-2007_IIIKomprimerad.ppt)  
Hämtad 09-05-15
55. Susanne Vestergaard Laursen, Joha, mailkontakt, 09-04-07
56. Whirlpool, mailkontakt, 09-03-03

## Bilaga 1 - Odling

$$4942 \text{ kg gödsel/ha}^{34}$$

$$4942 \text{ kg} \cdot 0,0118 = 58,31 \text{ kg tot-N/ha}^{30}$$
$$0,01 \cdot 58,31 = 0,583 \text{ kg N avgår som N}_2\text{O/ha}^{12}$$

$$1000 \text{ kg bomull/ha}^{13}$$
$$583 \text{ g N/1000000 g} = 0,000583 \text{ g N/g bomull}$$
$$0,000583 \cdot 296,2 \text{ g} = 0,173 \text{ g N/FE}$$

0,173 gram N motsvarar följande mängd N<sub>2</sub>O:

$$\text{Molmassa, N} = 14,01 \text{ g/mol}$$
$$\text{Massa} = 0,173 \text{ g}$$
$$\text{Mol} = 0,173/14,01 = 0,012348 \text{ mol}$$

$$\text{Molmassa, O} = 16,0 \text{ g/mol}$$
$$\text{Mol} = 0,5 \cdot 0,012348 \text{ mol} = 0,006174 \text{ mol}$$
$$\text{Massa} = 16,0 \cdot 0,006174 = 0,0988 \text{ g}$$

$$0,173 \text{ g} + 0,0988 \text{ g} = 0,272 \text{ g N}_2\text{O/FE}$$

$$4942 \cdot 0,0071 = 35,09 \text{ kg NH}_4\text{-N/ha}$$
$$0,218 \cdot 35,09 = 7,65 \text{ kg NH}_4\text{-N avgår per ha}^{36}$$
$$0,01 \cdot 7,65 = 0,0765 \text{ kg N blir till N}_2\text{O-N/ha}^{33}$$

$$1000 \text{ kg bomull/ha}^{13}$$
$$76,5 \text{ g N}_2\text{O-N/1000000 g} = 0,0000765 \text{ g N}_2\text{O-N/g bomull}$$
$$0,0000765 \cdot 296,2 \text{ g} = 0,0227 \text{ g N}_2\text{O-N/FE}$$

0,0227 g gram N<sub>2</sub>O-N motsvarar följande mängd N<sub>2</sub>O:

$$\text{Molmassa, N} = 14,01 \text{ g/mol}$$
$$\text{Massa} = 0,0227 \text{ g}$$
$$\text{Mol} = 0,0227/14,01 = 0,00162 \text{ mol}$$

$$\text{Molmassa, O} = 16,0 \text{ g/mol}$$
$$\text{Mol} = 0,5 \cdot 0,00162 \text{ mol} = 0,00081 \text{ mol}$$
$$\text{Massa} = 16,0 \cdot 0,00081 = 0,0130 \text{ g}$$

$$0,0227 \text{ g} + 0,0130 \text{ g} = 0,0357 \text{ g N}_2\text{O/FE}$$

Total mängd N<sub>2</sub>O som avges per skjorta (FE):

$$0,272 \text{ g} + 0,0357 \text{ g} = 0,3077 \text{ g/FE}$$

Mängd gödsel per skjorta (FE):

4942 kg gödsel/ha/1000 kg bomull/ha = 4,942 kg gödsel/kg bomull  
4,942 kg · 0,2962 kg = 1,46 kg gödsel/FE

## Bilaga 2 - Transporter

På de sträckor där parametrarna transportmedel, fyllnadsgrad och vikt på FE sammanfaller, har beräkningarna slagits samman. Nummer har givits till varje beräkning, där vissa står för sammanslagna sträckor och andra enskilda. Detta har gjorts för att underlätta beräkningarna med verktyget NtmCalc.

### Sträcka

1. Cañetedalen – Paracas
2. Paracas – Lima
3. Lima – Callao
4. Callao – Hamburg
5. Hamburg – Kiel
6. Kiel – Göteborg
7. Göteborg – Borås
8. Borås – Stockholm
9. Stockholm – Tallinn
10. Tallinn – Pärnu
11. Pärnu – Tallinn
12. Tallinn – Stockholm
13. Stockholm – Borås

Nedan en sammanställning över de olika parametrar vi valt vid våra beräkningar med NtmCalc. LCI-data för bränslet är inräknat i alla beräkningar.

#### **Lastbil 1 (Sträcka 1)**

Lastbil, maxlast 8,5 ton  
Fyllnadsgrad: 70 %  
Diesel: Mk 1  
Motortyp: Euro 2  
Tätort: 0 km  
Bränsleförbrukning: 2,75 L/mil  
Godsvikt: 296,2 g  
Sträcka: 90 km

#### **Lastbil 2 (Sträcka 2)**

Lastbil, maxlast 14 ton  
Fyllnadsgrad: 70 %  
Diesel: Mk 1  
Motortyp: Euro 2  
Tätort: 0 km  
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Godsvikt: 278,4 g  
Sträcka: 209 km

#### **Lastbil 3 (Sträcka 3)**

Lastbil, maxlast 14 ton  
Fyllnadsgrad: 70 %  
Diesel: Mk 1  
Motortyp: Euro 2  
Tätort: 0 km  
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Godsvikt: 270 g  
Sträcka: 5 km

#### **Lastbil 4 (Sträcka 5, 7, 8 och 10)**

Lastbil, maxlast 14 ton  
Fyllnadsgrad: 70 %  
Diesel: Mk 1  
Motortyp: Euro 3  
Tätort: 0 km  
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Godsvikt: 270 g  
Sträcka: 701 km

**Lastbil 5** (Sträcka 13 och 11)  
Lastbil, maxlast 14 ton  
Fyllnadsgrad: 70 %  
Diesel: Mk 1  
Motortyp: Euro 3  
Tätort: 0 km  
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Godsvikt: 243 g  
Sträcka: 540 km

**Fartyg 1** (Sträcka 4)  
Fartyg, större än 8000 dwt  
Svavelhalt: 2,6 viktprocent  
Fyllnadsgrad: 60 %  
Godsvikt: 270 g  
Sträcka: 11910 km

**Färja 1** (Sträcka 6 och 9)  
Färja  
Svavelhalt: 0,5 viktprocent  
Fyllnadsgrad: 60 %  
Godsvikt: 270 g  
Sträcka: 851 km

**Färja 2** (Sträcka 12)  
Färja  
Svavelhalt: 0,5 viktprocent  
Fyllnadsgrad: 60 %  
Godsvikt: 243 g  
Sträcka: 414 km

### **Dieselförbrukning, lastbilar**

#### **Lastbil 1**

Vikt, last:  $8,5 \text{ ton} \cdot 0,70 = 5,95 \text{ ton} = 5950000 \text{ g}$   
Bränsleförbrukning: 2,75 L/mil  
Sträcka: 90 km  
Bränsleåtgång:  $9 \text{ mil} \cdot 2,75 \text{ L/mil} = 24,75 \text{ L}$   
 $24,74 \text{ L}/5950000 \text{ g} = 416 \cdot 10^{-8} \text{ L/g}$   
 $416 \cdot 10^{-8} \text{ L/g} \cdot 296,2 \text{ g} = 0,001232 \text{ L/FE}$

#### **Lastbil 2**

Vikt, last:  $14 \text{ ton} \cdot 0,70 = 9,8 \text{ ton} = 9800000 \text{ g}$   
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Sträcka: 209 km  
Bränsleåtgång:  $20,9 \text{ mil} \cdot 3,3 \text{ L/mil} = 68,97 \text{ L}$   
 $68,97 \text{ L}/9800000 \text{ g} = 704 \cdot 10^{-8} \text{ L/g}$   
 $704 \cdot 10^{-8} \text{ L/g} \cdot 278,4 \text{ g} = 0,001960 \text{ L/FE}$

#### **Lastbil 3 och 4**

Vikt, last:  $14 \text{ ton} \cdot 0,70 = 9,8 \text{ ton} = 9800000 \text{ g}$   
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Sträcka:  $5 \text{ km} + 701 \text{ km} = 706 \text{ km}$   
Bränsleåtgång:  $70,6 \text{ mil} \cdot 3,3 \text{ L/mil} = 232,98 \text{ L}$   
 $232,98 \text{ L}/9800000 \text{ g} = 2377 \cdot 10^{-8} \text{ L/g}$   
 $2377 \cdot 10^{-8} \text{ L/g} \cdot 270 \text{ g} = 0,006418 \text{ L/FE}$

#### **Lastbil 5**

Vikt, last:  $14 \text{ ton} \cdot 0,70 = 9,8 \text{ ton} = 9800000 \text{ g}$   
Bränsleförbrukning: 3,3 L/mil  
Sträcka: 540 km  
Bränsleåtgång:  $54 \text{ mil} \cdot 3,3 \text{ L/mil} = 178,2 \text{ L}$



$$178,2 \text{ L}/9800000 \text{ g} = 1818 \cdot 10^{-8} \text{ L/g}$$

$$1818 \cdot 10^{-8} \text{ L/g} \cdot 243 \text{ g} = 0,004418 \text{ L/FE}$$

Total bränsleåtgång per FE:

$$0,001232 \text{ L} + 0,001960 \text{ L} + 0,006418 \text{ L} + 0,004418 \text{ L} = 0,014028 \text{ L/FE}$$

## Bilaga 3 - Energiförbrukning

### Ginning, kardning och spinning

Energiförbrukning, ginningmaskin och karda: 250 Wh för 164,4 kg råbomull<sup>38</sup>  
Energiförbrukning, spinnmaskin: 4,72 Wh för 1,22 kg bomull<sup>38</sup>

Energiförbrukning för 296,2 gram bomull (FE):

Ginning och kardning:  $250 \text{ Wh}/164400 \text{ g} = 0,00152 \text{ Wh/g}$   
 $0,00152 \text{ Wh/g} \cdot 296,2 \text{ g} = 0,4502 \text{ Wh}$

Spinning:  $4,72 \text{ Wh}/1220 \text{ g} = 0,0039 \text{ Wh/g}$   
 $0,0039 \text{ Wh/g} \cdot 296,2 \text{ g} = 1,1552 \text{ Wh}$

$0,4502 \text{ Wh} + 1,1552 \text{ Wh} = 1,61 \text{ Wh/FE}$

Spill vid ginning, kardning och spinning: 6 %<sup>13</sup>

### Vävning

Effekt, vävmaskin: 483,4 W/längdmeter tyg  
Tidsåtgång: 3,53 min/längdmeter  
1 längdmeter = 1,5 m<sup>2</sup><sup>40</sup>

Spill 6 % från ginning, kardning och spinning leder till att den mängd bomull som ska vävas är:

$296,2 \text{ g} \cdot 0,94 = 278,4 \text{ g}$

Det krävs 2,0 m<sup>2</sup> tyg för att tillverka skjortan<sup>39</sup>. Spillet uppgår i vävprocessen till 3 %<sup>41</sup> vilket innebär att det tyg som vävs är av storleksordningen:

$2,0 \cdot 1,03 = 2,06 \text{ m}^2$

Energiförbrukning för 278,4 gram bomull eller 2,06 m<sup>2</sup> (FE):

$3,53 \text{ min}/60 \text{ min} = 0,0588 \text{ h} \rightarrow 3,53 \text{ min} = 0,0588 \text{ h}$   
 $0,0588 \text{ h} \cdot 483,4 \text{ W} = 28,42 \text{ Wh}/1,5 \text{ m}^2$   
 $28,42 \text{ Wh}/1,5 \text{ m}^2 = 18,95 \text{ Wh/m}^2$   
 $2,06 \text{ m}^2 \cdot 18,95 \text{ Wh/m}^2 = 39,04 \text{ Wh/FE}$

## Sömnad

Effekt, symaskin: 600 W

Tidsåtgång: 20 min<sup>42</sup>

Energiförbrukning för en skjorta (FE):

20 min/60 min = 0,333 h → 20 min = 0,333 h

600 W · 0,333 h = 199,8 Wh/FE

Spill vid sömnad: 10 %<sup>39</sup>

## Tvätt hos konsument

Tvättmaskin: Whirlpool AWO/D 4730

Energiförbrukning, 40 grader bomull: 600 Wh<sup>56</sup>

Vattenförbrukning, 40 grader bomull: 44 liter<sup>56</sup>

Tvättkapacitet: 5 kg<sup>43</sup>

Antal tvättar per livscykel: 100 tvättar

Spill 3 % från vävning samt 10 % från sömnad leder till att vikt på skjortan vid tvätt är:

278,4 g · 0,97 = 270 g

270 g · 0,90 = 243 g

Beräkningarna baseras på en fullmatad tvättmaskin.

Energiförbrukning för en skjorta (FE):

600 Wh/5000 g = 0,12 Wh/g

0,12 Wh/g · 243 g = 29,16 Wh/FE

29,16 Wh · 100 tvättar = 2916 Wh/livscykel

Vattenförbrukning för en skjorta (FE):

44 L/5000 g = 0,0088 L/g

0,0088 L/g · 243 g = 2,1384 L/FE

2,1384 L · 100 tvättar = 213,84 L/livscykel

Mängd tvättmedel per skjorta (FE):

Mängd tvättmedel: 50 mL till 5 kg tvätt

Antal tvättar per livscykel: 100 tvättar

50 ml/5000 g = 0,01 mL/g

0,01 ml · 243 g = 2,43 mL/FE

2,43 ml · 100 tvättar = 243 mL/livscykel

## Sluthantering

Energiinnehåll i hushållsavfall:  $2920 \text{ Wh/kg}^{10}$   
85 % går till brännbart<sup>46</sup>

Energivinst vid förbränning av en skjorta (FE):

$243 \text{ g}/1000 \text{ g} = 0,243 \%$

$0,243 \cdot 2920 \text{ Wh} = 709,6 \text{ Wh}$

$0,85 \cdot 709,6 \text{ Wh} = 603,2 \text{ Wh/FE}$

## Bilaga 4 - Emissioner

### Ländernas elsammansättning<sup>48</sup>.

Energislag	Peru	Estland	Sverige
Vattenkraft	78,5 %	-	43,1 %
Naturgas	9,5 %	8,0 %	-
Olja	8,4 %	-	1,2 %
Kol	2,9 %	90,3 %	1,4 %
Kärnkraft	-	-	46,7 %
Bioenergi	-	-	5,4 %

### Utsläpp av CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O och CH<sub>4</sub> i gram per kWh<sup>12</sup>.

Energislag	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Vattenkraft	5	0	0
Naturgas	460	0,02	1,5
Olja	580	0,004	0,004
Kol	960	0,05	3,6
Kärnkraft	4	0	0
Bioenergi	16	0	0

### Emissioner i gram från 1 kWh i varje land:

#### Peru

##### CO<sub>2</sub>

$0,785 \cdot 5 = 3,925$   
 $0,095 \cdot 460 = 43,7$   
 $0,084 \cdot 580 = 48,72$   
 $0,029 \cdot 960 = 27,84$   
 Summa: 124,185

##### N<sub>2</sub>O

$0,095 \cdot 0,02 = 19 \cdot 10^{-4}$   
 $0,084 \cdot 0,004 = 3,36 \cdot 10^{-4}$   
 $0,029 \cdot 0,05 = 14,5 \cdot 10^{-4}$   
 Summa:  $36,86 \cdot 10^{-4}$

##### CH<sub>4</sub>

$0,095 \cdot 1,5 = 1425 \cdot 10^{-4}$   
 $0,084 \cdot 0,004 = 3,36 \cdot 10^{-4}$   
 $0,029 \cdot 3,6 = 1044 \cdot 10^{-4}$   
 Summa:  $2472,36 \cdot 10^{-4}$

#### Estland

##### CO<sub>2</sub>

$0,08 \cdot 460 = 36,8$   
 $0,903 \cdot 960 = 866,88$   
 Summa: 903,68

##### N<sub>2</sub>O

$0,08 \cdot 0,02 = 16 \cdot 10^{-4}$   
 $0,903 \cdot 0,05 = 451,5 \cdot 10^{-4}$   
 Summa:  $467,5 \cdot 10^{-4}$

##### CH<sub>4</sub>

$0,08 \cdot 1,5 = 0,12$   
 $0,903 \cdot 3,6 = 3,2508$   
 Summa: 3,3708

## Sverige

CO<sub>2</sub>

$$\begin{aligned}0,431 \cdot 5 &= 2,155 \\0,012 \cdot 580 &= 6,96 \\0,014 \cdot 960 &= 13,44 \\0,467 \cdot 4 &= 1,868 \\0,054 \cdot 16 &= 0,864 \\ \text{Summa: } &25,287\end{aligned}$$

N<sub>2</sub>O

$$\begin{aligned}0,012 \cdot 0,004 &= 0,48 \cdot 10^{-4} \\0,014 \cdot 0,05 &= 7 \cdot 10^{-4} \\ \text{Summa: } &7,48 \cdot 10^{-4}\end{aligned}$$

CH<sub>4</sub>

$$\begin{aligned}0,012 \cdot 0,004 &= 0,48 \cdot 10^{-4} \\0,014 \cdot 3,6 &= 504 \cdot 10^{-4} \\ \text{Summa: } &504,48 \cdot 10^{-4}\end{aligned}$$

### Emissioner från en skjorta (FE):

#### Peru

Elenergiförbrukning för ginning, kardning, spinning och vävning:  $1,61 + 39,04 = 40,65 \text{ Wh} = 0,04065 \text{ kWh}$

$$\underline{\text{CO}_2}: 0,04065 \text{ kWh} \cdot 124,185 \text{ g/kWh} = 5,048 \text{ g}$$

$$\underline{\text{N}_2\text{O}}: 0,04065 \text{ kWh} \cdot 36,86 \cdot 10^{-4} \text{ g/kWh} = 1,498 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$\underline{\text{CH}_4}: 0,04065 \text{ kWh} \cdot 2472,36 \cdot 10^{-4} \text{ g/kWh} = 100,5 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

#### Estland

Elenergiförbrukning för sömnad:  $199,8 \text{ Wh} = 0,1998 \text{ kWh}$

$$\underline{\text{CO}_2}: 0,1998 \text{ kWh} \cdot 903,68 \text{ kWh/g} = 180,6 \text{ g}$$

$$\underline{\text{N}_2\text{O}}: 0,1998 \text{ kWh} \cdot 467,5 \cdot 10^{-4} \text{ kWh/g} = 93,41 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$\underline{\text{CH}_4}: 0,1998 \text{ kWh} \cdot 3,3708 \text{ kWh/g} = 0,6735 \text{ g}$$

#### Sverige

Elenergiförbrukning för tvätt:  $2916 \text{ Wh} = 2,916 \text{ kWh}$

$$\underline{\text{CO}_2}: 2,916 \text{ kWh} \cdot 25,287 \text{ g/kWh} = 73,74 \text{ g}$$

$$\underline{\text{N}_2\text{O}}: 2,916 \text{ kWh} \cdot 7,48 \cdot 10^{-4} \text{ g/kWh} = 21,81 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

$$\underline{\text{CH}_4}: 2,916 \text{ kWh} \cdot 504,48 \cdot 10^{-4} \text{ g/kWh} = 1471,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$$

## Bilaga 5 - Avfall

### Wellpapp

3 kg wellpapp till 40 kg tyg<sup>13</sup>

$$3 \text{ kg}/40 \text{ kg} = 0,075 \text{ kg/kg}$$

$$0,075 \text{ kg/kg} \cdot 0,270 \text{ kg} = 0,0203 \text{ kg/FE} = 20,3 \text{ g/FE}$$

1,5 kg wellpapp till 50 plagg<sup>50</sup>

$$1,5 \text{ kg}/50 \text{ st} = 0,030 \text{ kg/FE} = 30 \text{ g/FE}$$

$$20,3 \text{ g} + 30 \text{ g} = 50,3 \text{ g/FE}$$

### Plast

$$6,7 \text{ g/FE}^{50}$$

### Bomullspill

Ginning, kardning och spinning, 6 % spill<sup>13</sup>

$$296,2 \text{ g} \cdot 0,06 = 17,8 \text{ g/FE}$$

Vävning, 3 % spill<sup>41</sup>

$$296,2 \text{ g} - 17,77 \text{ g} = 278,4 \text{ g}$$

$$278,4 \text{ g} \cdot 0,03 = 8,4 \text{ g/FE}$$

Sömnad, 10 % spill<sup>39</sup>

$$278,4 \text{ g} - 8,4 \text{ g} = 270 \text{ g}$$

$$270 \text{ g} \cdot 0,10 = 27 \text{ g/FE}$$

$$17,8 \text{ g} + 8,4 \text{ g} + 27 \text{ g} = 53,2 \text{ g/FE}$$

## Bilaga 6 - Import av 42 000 ton bomullskläder

$$243 \text{ g} / 42000000000 \text{ g} = 0,00000000578 = 578 \cdot 10^{-11}$$

$$375,43 \text{ g} / 578 \cdot 10^{-11} = 6,495 \cdot 10^{10} \text{ g}$$

$$2,55 \text{ kWh} / 578 \cdot 10^{-11} = 441,18 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

$$296,2 \text{ g} / 578 \cdot 10^{-11} = 5,1246 \cdot 10^{11} \text{ g}$$

$$50,3 \text{ g} / 578 \cdot 10^{-11} = 8702 \cdot 10^6 \text{ g}$$

$$6,7 \text{ g} / 578 \cdot 10^{-11} = 1159 \cdot 10^6 \text{ g}$$

$$213,84 \text{ L} / 578 \cdot 10^{-11} = 3,6995 \cdot 10^9 \text{ L}$$

$$243 \text{ mL} / 578 \cdot 10^{-11} = 4,20415 \cdot 10^{10} \text{ mL}$$

$$14,03 \text{ mL} / 578 \cdot 10^{-11} = 2427 \cdot 10^6 \text{ mL}$$

$$1,46 \text{ kg} / 578 \cdot 10^{-11} = 252595 \cdot 10^3 \text{ kg}$$