

Rapport

SUSTAINABLE INNOVATION

Forfattere: Simon A. Saxegård og Mie Vold**Rapportnr.:** OR. 05.17**ISBN:** 978-82-7520-758-4

Miljøvurdering av tre- og plastpaller distribuert av Norsk Lastbærer Pool

En sammenligningsstudie av tre- og plastpaller

Rapportnr.: OR. 05.17

ISBN nr.: 978-82-7520-758-4

Rapporttype:

ISBN nr.: 978-82-7520-758-4

Oppdragsrapport

ISSN nr.: 0803-6659

Rapporttittel:

Miljøvurdering av tre- og plastpaller distribuert av Norsk Lastbærer Pool

En sammenligningsstudie av tre- og plastpaller

Forfattere: Simon A. Saxegård og Mie Vold

Prosjektnummer: 1813

Prosjekttittel:

Miljøvurdering av tre- og plastpaller
distribuert av Norsk Lastbærer Pool

Oppdragsgivere:

Norsk Lastbærer Pool

Oppdragsgivers referanse:

Kim Louise Soleng

Emneord:

- LCA
- Klimapåvirkninger
- Primærenergi
- Paller
- Sammenligningsstudie

Tilgjengelighet:

Åpen

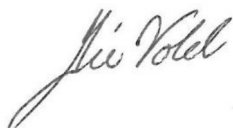
Antall sider inkl. bilag:

42

Godkjent:

Dato: 09.03.2017

Prosjektleder



Forskningsleder



Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
1 Innledning	2
2 Mål for prosjektet	3
3 Forutsetninger og antagelser	4
3.1 Funksjonell enhet.....	4
3.2 Beskrivelse av verdikjedene.....	4
3.3 Forutsetninger og aktiviteter.....	5
3.3.1 Produksjon av råvarer (P1)	7
3.3.2 Produksjon av paller (P2).....	7
3.3.3 Transport av paller til NLP Langhus (T1)	7
3.3.4 På NLP Langhus (P3).....	8
3.3.5 Distribusjon paller til og fra NLP Langhus (T2).....	9
3.4 Distribusjon paller fra industri til grossist til butikk og tilbake til grossist og til industri (T3).....	9
3.4.1 Industri P4, Grossist P5 og Kjøpmann P6	10
3.4.2 Transport til avhending (T4) og Avhending (P7).....	10
3.4.3 Avfallshåndtering og miljønytte (P8).....	10
4 Avgrensninger og datakvalitet.....	12
5 Resultater	13
5.1 Global oppvarmings potensiale (kg CO2-ekvivalenter) per 1000 loops	13
5.2 Primærenergiforbruk (MJ-ekvivalenter) per 1000 loops.....	16
5.3 Sensitivitet for tre og plastpaller 10 år per 1000 loops.....	17
5.4 Andre miljøvurderinger.....	19
6 Diskusjon av resultater.....	20
7 Videre arbeid	22
8 Referanser.....	23
Vedlegg 1 Datainnsamlingsskjemaer	3
Vedlegg 2 Parameteroppsett i SimaPro	9
Vedlegg 3 Parameteroppsett i SimaPro, sensitivitetsanalyser	10
Vedlegg 4 Beskrivelse av LCA (Life Cycle Assessment).....	11
Vedlegg 5 Miljøpåvirkningskategorier	12
Vedlegg 6 Analytisk løsningsforslag for beregning av loops.....	15

Sammendrag

I denne studien er det gjort en sammenligning av globalt oppvarmingspotensial (GWP) og bruk av primærenergi (CED) for Norsk Lastbærer Pools (NLPs) systemer for EURO pall (trepall) og hele plastpaller. Analysene er basert på metodikk for livsløpsvurderinger (LCA).

Studien er en oppdatering og utvidelse av en analyse som ble gjort for NLP i 2008. Den gangen var målet å gi innspill til beslutningsgrunnlag for om plastpaller skulle være satsingsområde for bedriften. Konklusjonen den gang var at plastpaller ville gi lavere klimabelastning enn trepaller i et livsløpsperspektiv. Plastpaller ble innført og NLP har nå tilnærmet 10 år med erfaring bruk av pallene. Denne studien baserer seg derfor på et godt datagrunnlag.

Produktsystemene som er analysert og beskrevet i denne rapporten omhandler hele livsløpet, herunder utvinning av råmaterialer, produksjon av paller, transport av paller til NLP, vedlikehold av paller hos NLP, distribusjon mellom NLP til industri og grossist til NLP, distribusjon mellom industri, grossist og butikk, distribusjon til avhending og selve avhendingen, samt tilleggsopplysninger om mulige effekter ved gjenvinning av pallene.

Sammenligningen viser at levetid og antall loops før pallene fraktes tilbake til NLP for behandling spiller en vesentlig rolle for begge pallenes levetid og miljøprofiler. Trepallene behandles hos NLP etter gjennomsnittlig 4,3 loops og har en levetid på gjennomsnittlig 14 mnd. før avhending. Plastpaller behandles hver 7. loop og de antas, etter dagens erfaringsgrunnlag, å ha en minimum gjennomsnittlig levetid på 10 år før avhending. Denne kan, i henhold til produsenten, heves til 20 år, og det er derfor gjort analyser av begge alternativene i tillegg til et alternativ på 15 år. Den relativt korte levetiden for trepaller fører til at det er behov for vesentlig flere trepaller (116 stk.) enn plastpaller (17,2 stk.) per 1000 loops mellom industri, grossist og butikk.

Resultatene viser at plastpallene uansett antatt levetid, 10 år, 15 år eller 20 år kommer bedre ut med tanke på Globalt Oppvarmings Potensial (GWP) (1083 kg CO₂-ekv. / 1000 loops) enn trepaller med 14 måneders levetid (1201 kg CO₂-ekv. / 1000 loops) med de forholdene lagt til grunn for originalverdiene (analysen gjort med de data oppgitt av NLP). En økning i levetiden til 15 år og 20 år for plastpallene vil redusere GWP-resultatet til respektivt 76,8% og 63% av originalverdien ved 10 år og plastpall 10 års levetid med 90% sammenlignet med trepall. En annen viktig faktor for GWP er distribusjonsavstanden mellom industri og grossist (50 km) og mellom grossist og butikk (100 km). En endring i denne parameteren medfører høyere økning for trepaller enn for plastpaller, og med dagens gjennomsnittlige distribusjonsavstand på 250 km industri, via grossist til butikk og tilbake til grossist samt grossist tilbake til industri (50km) vil plastpaller med 10 års levetid bidra til vesentlig lavere klimapåvirkninger enn for trepaller. Trepallene krever opptil 2,6 ganger så høyt forbruk av primærenergi (CED) som plastpallene. Ingen av de testede parameterne for sensitivitet endrer dette resultatet i vesentlig grad.

Konklusjonen er dermed at plastpaller, uansett realistisk antagelse for levetid, 10 år, 15 år eller 20 år gir de lavest GWP og CED resultater. Konklusjonen støtter altså opp om tidligere resultater for om miljø hvor det, på et mye mer usikkert datagrunnlag, ble funnet ut at plastpaller ville være lønnsomt både økonomisk og klimamessig. De nye resultatene gir derfor et mye mer realistisk og sikkert bilde på klimapåvirkningene sammenlignet med tidligere studie.

1 Innledning

I 2008 ble det gjennomført en studie av potensielle miljøpåvirkninger for håndtering av tre- og plastpall for Norsk Lastbærer Pool. Det ble gjort en sammenligning av EURO pall (herved å betrakte som trepall) mot NLP pall (herved å betrakte som plastpall). NLP distribuerer i dag også halvpall i HDPE plast og 1/3 pall i HDPE plast i tillegg til NLP pall (hel-pall i HDPE plast). Den tidligere studien sammenlignet plast- og trepall i et gjenbrukssystem med hensyn til økonomi, håndtering, innemiljø og ytre miljøpåvirkninger. Studien var en screening-analyse for å avklare om overgang til plastpall kunne forsvares ut i fra et miljømessig perspektiv.

På det tidspunktet var systemene rundt palleepoolen nyetablert, plastpaller var ennå ikke innført og studien ble gjennomført innenfor et kort tidsintervall. Dette medførte at studien hovedsakelig var basert på databasedata, kalkyler og antagelser.

Konklusjonen ble at plastpaller var fordelaktig framfor trepaller ut i fra flere forhold:

- Økonomisk:
 - Flere sykluser for hver pall
 - Færre transporter (færre transporter må innom NLPs terminaler/mer direkte transport fra grossist til industri)
- Håndteringsmessig:
 - Lettere i vekt
 - Bedre ergonomisk i forhold til løfting etc
- Innemiljø:
 - Unngår fliser, støv og puss fra trepaller
- Miljøpåvirkninger
 - Lavere totale CO₂-ekvivalent utslipp som et resultat av færre produserte plastpaller kontra trepaller og lavere vekt i transport.

Etter 10 års drift og økt fokus på miljøpåvirkninger i næringen, ønsket NLP å oppdatere sine miljødata for tre- og plastpaller. Østfoldforskning ble igjen engasjert for å gjennomføre oppdateringen av studien fra 2008.

2 Mål for prosjektet

Oppdateringen skulle, i likhet med analysen fra 2008, gjennomføre livsløpsvurderinger (LCA) for tre- og plastpaller, eid og omsatt av Norsk Lastbærer Pool (NLP) og sammenligne disse. Faktiske driftstall etter innføring av plastpaller og faktiske produksjonstall for pallene skulle legges til grunn for den nye analysen.

Analysen skulle ha to formål;

- I. Gi en miljømessig livsløpsprofil for tre- og plastpaller
- II. Legge grunnlaget for miljøeffektivisering av NLP sitt virke ved å identifisere de største mulighetene for å oppnå miljøbesparelser.

Arbeidet ble gjennomført i tre trinn:

- **Trinn 1:** Datainnsamling av driftsdata for hele verdikjedene til de to produktene tre- og plastpaller.
- **Trinn 2:** Miljøanalyse ved bruk av LCA-metodikk for de to produktene tre- og plastpaller
- **Trinn 3:** Utarbeide et datasett for plastpaller som benyttes til distribusjon av plast kasser som det parallelt med denne studien ble utviklet en EPD for.

Denne rapporten beskriver studiens omfang, antagelser, avgrensninger, resultater og tolkning av disse. Rapporten skal være offentlig tilgjengelig og inngå som del av NLPs markedsstrategi og som bidrag til litteraturen på området.

Studien benytter livsløpsmetodikk (LCA) i henhold til ISO 14040/44, se nærmere beskrivelse i Vedlegg 4 om anvend metode.

3 Forutsetninger og antagelser

I dette kapitlet beskrives de metodiske valgene for de to systemene, hva studien omfatter samt avgrensningene som er gjort i studien.

3.1 Funksjonell enhet

Alle livsløpsvurderinger skal i.h.t ISO 14044:2006 utføres med hensyn på referansemengde basert på en gitt funksjon. I denne studien er den funksjonelle enheten:

«Det antall paller og de aktiviteter¹ som kreves for å oppnå 1000 loops *mellom leddene industri (P4), grossist (P5), butikk (P6) og tilbake til grossist (P5)*»

Den funksjonelle enheten er den samme for begge systemene slik at systemene er sammenlignbare. På grunn av ulik levetid og antall loops inn til NLP lager per 1000 loops er antall paller for de to systemene forskjellig. Se figur 1 for oversikt over verdikjeden og vedlegg 5 for beregninger.

3.2 Beskrivelse av verdikjedene

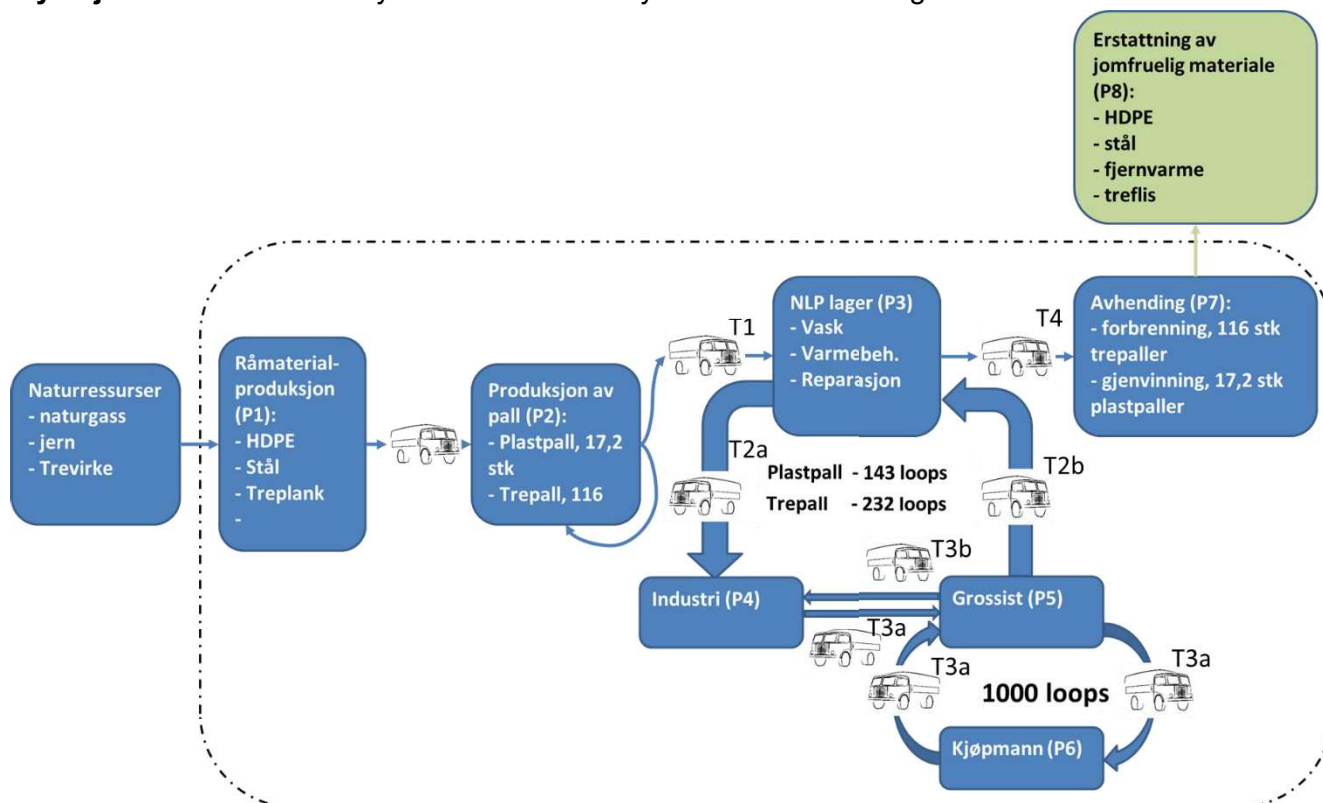
For å sikre fullstendig sammenlignbarhet av de to palltypene (tre- og plastpaller) er det lagt vekt på å inkludere de samme trinnene i verdikjeden og det samme detaljeringsnivå for inngående prosesser for begge systemene. De inkluderte trinnene framkommer i og er:

- P1: Produksjon av råmaterialer
- P2: Produksjon av paller
- P3: Kvalitetssjekk, vask eller varmebehandling, samt reparasjon av paller
- P4: Paller hos industri/ produsent
- P5: Paller hos Grossist
- P6: Paller hos Kjøpmann
- P7: Avhending (EOL) av pallene
- P8: Miljønytte ved gjenvinning

- T1: Transport av ny pall til *NLP lager (P3)*
- T2a+b: Distribusjon paller til *Industri (P4)* og tilbake til *NLP lager (P3)* fra *Grossist (P5)*
- T3a+b: Distribusjon paller fra *Industri (P4)* til *Grossist (P5)* til *Butikk (P7)* og tilbake til *Grossist (P5)* og til *Industri (P4)*
- T4: Transport av ødelagte/utgåtte paller til *Avhending (P7)*

¹ Aktiviteter inkluderer produksjon av paller, distribusjon, rengjøring, vask, annen håndtering, samt avhending.

Flytskjema som beskriver systemet som er analysert er vist under i figur 1.



Figur 1: Flytskjema for tre- og plastpaller (10 års levetid er antatt for plastpallene i denne figuren)

Hvert av trinnene beskriver en avgrenset aktivitet for å oppnå den funksjonelle enheten. I Figur 1 er det lagt inn noen verdier som representerer antall loops og flyten av paller igjennom systemet. Disse representerer systemet for trepaller med levetid på 14 mnd og plastpall med levetid 10 år, og vil variere ettersom parameterne² for hver av pallene endres. Verdiene i sirkelen T2a og T2b representerer antall loops til og fra NLPs lager per 1000 loops i leddet T3a, industri til grossist til kjøpmann og tilbake til grossist.

Se kapittel 3.3 for beskrivelse av forutsetningene tilknyttet de ulike aktivitetene i verdikjeden.

3.3 Forutsetninger og aktiviteter

I dette kapitlet beskrives mengden materialer og energi for hver aktivitet i verdikjeden, samt distanse for hver av transport prosessene. Forklaringene vektlegger bakenforliggende systemforklaringer.

² En parameter er en verdi som beskriver en innsatsfaktor for et produkt eller tjeneste satt i ett system. Eksempelvis levetiden på en pall = 10 år eller antall loops pr. plastpall pr. år = 5,8 loops, er begge eksempler på parameterverdier som kan endres i systemet.

I Tabell 1 listes de viktigste forutsetningene som ligger til grunn for systemene. Systemleddene er videre beskrevet i de etterfølgende delkapitlene. Det vises til vedlegg 5 for detaljert beregningsgrunnlag.

Tabell 1 Overordnede forutsetninger for systemene

	Trepall	Plastpall		
Referansestrøm	1000 loops mellom grossist og butikk			
Pallenes levetid (oppgitt av NLP)	14mnd	10 år	15 år	20 år
Vekt av pall (oppgitt av NLP)	23	14,7	14,7	14,7
Antall paller produsert per 1000 loop mellom grossist og butikk (beregnet)	116	17,2	11,5	8,6
Antall ganger pallen behandles hos NLP per 1000 loop mellom grossist og butikk (beregnet)	232	143	143	143
Hyppighet for behandling	Pr. 4,3 loop mellom grossist og butikk (beregnet)	Pr. 7. loop mellom grossist og butikk (oppgitt av NLP)	Pr. 7. loop mellom grossist og butikk (oppgitt av NLP)	Pr. 7. loop mellom grossist og butikk (oppgitt av NLP)
	1,17 ganger per år	5,8 ganger per år	5,8 ganger per år	5,8 ganger per år
Distanse for import av paller (oppgitt)	600 km	8312 km	8312 km	8312 km
Distanse NLP – Industri (T2a)	50km	50km	50km	50km
Distanse Grossist – NLP Lager (T2a)	50km	50km	50km	50km
Distanse T2 totalt	100km	100km	100km	100km
Distanse Grossist – Kjøpmann (T3a,i)	100km	100km	100km	100km
Distanse Kjøpmann – Grossist (T3a,ii)	100km	100km	100km	100km
Distanse Grossist – Industri (T3a,iii)	50km	50km	50km	50km
Distanse T3 totalt	250km	250km	250km	250km
Distanse til avhending	30%: 530 km 70%: 100 km	350 km	350 km	350 km
Avhending	30%: Flis til Polen 70%: Flis til oppvarming av fjøs	100% material-gjenvinning	100% material-gjenvinning	100% material-gjenvinning

3.3.1 Produksjon av råvarer (P1)

Utvinning av råmaterialer og produksjon av disse er en viktig del av ethvert system. Trevirke til trepallene er utvunnet av boreal barskog. Et europeisk gjennomsnitt ligger til grunn for produksjon av tremateriale til pallene. Det innebærer hogst av skog, transport til sagbruk og prosessering ved sagbruk. Det er ikke tatt høyde for opptak av biogent karbon i vekst av skog.

Andre materialer som inngår i trepallene er stålspiker, tresponklosser, lim og herder. Siden produsentene for disse materialene ikke er kjent, er det brukt et globalt gjennomsnitt for produksjon, med unntak av lim og herder som er neglisjert i denne studien på grunn av små mengder. Transport av råmaterialene til eller i Polen for produksjon av pall er inkludert i datasettene for hver av råvarene i ecoinvent 3.2 databasen, med unntak av spiker der det har blitt satt inn en antatt distanse på 250 km. Alle materialene som inngår i trepallene er oppgitt å være av jomfruelig opprinnelse.

Plastpallene består av 12,9 kg high density polyethylene (HDPE) og 2 kilo stålskiner. Plastpallene lages utelukkende av jomfruelig materiale. Utvinning og produksjon av HDPE-granulat er basert på globale data. Det samme gjelder for utvinning av stål. Transport av råvarer til produksjon av HDPE og stål er inkludert i bakgrunnsdataene som er hentet fra ecoinvent 3.2 databasen. Det samme gjelder transport av HDPE og stål til palleproduksjonen.

3.3.2 Produksjon av paller (P2)

Trepallene produseres i Polen. Det brukes ca. 81 spiker per pall. Det er antatt at det brukes spikerpistol, som krever 1,43 L trykkluft pr. innslått spiker. Elektrisitet til produksjon av trykkluft er basert på polsk elektrisitetsmix med bakgrunn i gjennomsnittsdata fra ecoinvent 3.2 databasen.

Plastpallene produseres i Detroit, USA. I produksjonen støpes HDPE i en form og stålskinnene legges inn som armering. Det er benyttet globale gjennomsnittsdata for produksjon av HDPE paller i en prosess kalt «termoforming with calendering» hvor anvendt elektrisitet og varme er basert på en overordnet gjennomsnittlig amerikansk elektrisitetsmix.

3.3.3 Transport av paller til NLP Langhus (T1)

Trepallene fraktes fra produksjon i Polen (600 km) med lastebiler i EURO 5 klassen.

Plastpallene fraktes med tog fra Detroit til New York (1000 km), hvor det skipes over Atlanteren til Bremenhamnen (6265 km) for omlasting og videre skiping til Moss havn (1027 km). Derfra fraktes pallene til NLP sitt lager på Langhus med lastebiler i EURO 5 klassen (19 km).

I beregningen av transport inngår produksjon av drivstoff (diesel, MGO³, elektrisitet), infrastruktur (vei, bane, havner), selve kjøretøyet (lastebil, skip, tog) og direkteutslipp ved bruk av drivstoffene (diesel, MGO). Disse forutsetningene for transport gjelder for alle transporttyper og for alle transportetappene videre beskrevet i denne rapporten. Fyllingsgraden for lastebiler i databasen ecoinvent 3.2, databasen benyttet i denne studien, er et beregnet gjennomsnitt for all europeisk transport på 50%, dette inkluderer 60% fyllingsgrad på lastede biler og at 20% av bilene kjøres tomme (EcoTransIT World Initiative 2014).

3.3.4 På NLP Langhus (P3)

Trepallene leveres til lager for rengjøring/varmebehandling og reparasjon ved behov. I gjennomsnitt kommer trepallene inn til NLP for varmebehandling og eventuelt reparasjon etter 4,3 loops mellom grossist og butikk. Dette tilsvarer ca. hver 7.mnd. For transport i lagerbygg benyttes håndholdte traller eller semiautomatiske traller. Trepallene gjennomgår en reparasjonsanalyse og varmebehandles deretter når alt er i orden. For de trepallene hvor det er nødvendig med reparasjon, gjøres dette ved bruk av materialer fra utgåtte paller på vei til avhending. Bare spikerne blir byttet ut med nye. Det brukes energi til varmebehandlingen, samt varme og elektrisitet i NLPs lagerbygg. 9,4% av energiforbruket er allokert til trepaller. Av trepallene som kommer til lageret varmebehandles 9,5%, og 58% repareres.

Plastpallene kommer gjennomsnittlig innom NLPs lager hver 7. loop mellom grossist og butikk. Dette tilsvarer gjennomsnittlig 5,8 ganger i året. Der gjennomgår de en reparasjonsanalyse, eventuell reparasjon før de blir rengjort. Årlig blir omtrent 7% av plastpallene reparert med HDPE fusing av lettere skader. Ved større skader som ikke lar seg ikke fuge, tas pallene ut av systemet og sendes til avhending. Dette svinnet av paller er ikke inkludert som egen parameter, og inngår i gjennomsnittlig levetid for pallene. Av antall paller som leveres til NLP hovedlager vaskes kun 56%. Paller som ikke trenger vask går direkte ut på lager etter kvalitetssjekk.

Vasking av plastpall starter med skylling og automatisert fjerning av etiketter og gjenværende emballasje på pallene. Etiketter og emballasjen er ikke inkludert i denne analysen. Pallene blir så vasket trinnvis i motstrøms vann hvor vaskevannet fra renere paller nedstrøms i vaskeprosessen gjenbrukes som forvask til nye skitne paller. Siste vask er gjort med helt nytt vann og vaskemiddel. Vaskemiddelet benyttet er Titan XL levert i 1000L dunker, transport og avhending av disse dunkene er inkludert i analysen. Antatt gjenbruk av dunker er satt til 5 ganger før denne avhendes ved resirkulering.

Pallene tørkes en og en etter vask med varmluft før de stables og fraktes ut i lager av helautomatiserte robottrucker. På grunn av manglende datagrunnlag og antatt bidrag med mindre enn 1% (ISO 14040: 2006b) har produksjon og avhending av robottruck ikke blitt inkludert i denne studien.

Tabell 2: Overordnede forutsetninger for behandling på NLPs lager

³ Marine Gas Oil (MGO) er et vanlig drivstoff for skip.

	Trepall	Plastpall
Energiforbruk (elektrisitet)	0,05 kWh pr pall	0,47 kWh pr. pall
Vannforbruk	-	2,77L pr. pall
Vaskemiddel (Titan XL)	-	0,004 kg pr. pall

Elektrisitet og fjernvarmeforbruk er fordelt i.h.t fordelingsnøkkel:

- 65 % til kassevask,
- 10 % til pallevask,
- 10 % administrasjon og lokaler,
- 15 % hall C (leietaker/trepaller).

65% til kassevask utelukkes i denne analysen. 10% til pallevask er allokert direkte til plastpallene fordelt på antall paller som går til vask hvert år. Ved endring i antall paller inn til NLPs hovedlager, vil energiforbruket knyttet til pallevask endre seg.

Resterende 10% til administrasjon er fordelt på respektive tre- og plastpaller. Fordelingen av administrasjonens 10% er det beregnet 90,6% til plastpallene og 9,4% til trepallene. En mulig feilkilde til dette kan være at kassene som også behandles på NLPs hovedlager skulle vært inkludert i denne allokeringen, men ettersom miljøpåvirkningene fra NLPs hovedlager har vist seg å være langt under >1% er dette ikke endret.

3.3.5 Distribusjon paller til og fra NLP Langhus (T2)

I analysen forutsettes det at pallene distribueres til og fra grossist, via industri ved bruk av stor lastebil (>32t) med EURO klasse 5. Transporten er antatt å være vektbegrenset. Grossistens håndtering og bruk av pallene er neglisjert.

T2 er delt i to etapper

- Fra NLP Langhus til industri (T2a) og
- fra grossist tilbake til NLP Langhus (T2b). For å fremstille resultatene på en mer oversiktlig måte er T2a og T2b slått sammen i T2.

3.4 Distribusjon paller fra industri til grossist til butikk og tilbake til grossist og til industri (T3)

I praksis vil miljøbelastning i dette trinnet variere. Dette skyldes at varer og avstanden mellom industri, grossist og kjøpmann vil variere.

T3 er delt inn i to etapper:

- Transport av lastede paller til grossist og videre distribusjon til kjøpmann samt transport av tomme paller tilbake til grossist (T3a).
- Transport av tomme paller fra grossist til Industri for å hente nye varer (T3b).

Det er beregnet at det antall loops som pallene inn går i T2 trekkes fra T3b for å unngå dobbelttelling av transport til Industri (P4). For trepall er går pallene 768 ganger distansen T3b trepall mens plastpallene, uavhengig levetiden, går 857 ganger T3b for plastpall, se vedlegg 5 for beregninger. For å fremstille resultatene på en mer oversiktlig måte er T3a og T3b slått sammen i T3.

For transport ved frakt av paller i verdikjedeledet T3a+b er det i denne analysen allokert mellom paller og varer ved *partisjonering*⁴. Konklusjonen er at vekten av varene i lastebilen ved å benytte såkalt massedistanse (kgkm) kan ekskluderes. Dette er gjort med begrunnelse i at for en rekke produkter, som for fisk, er lasten vektbegrenset som medfører at en tung pall direkte bidrar til mindre lastekapasitet av matvare (eks. fisk) som igjen fører til at en må kjøre flere biler og med det lengre total transport distanse for å frakte samme last av varer enn ved bruk av en lett pall. Se beskrivelse av resultatene i kapittel 6.

3.4.1 Industri P4, Grossist P5 og Kjøpmann P6

Denne studien tar for seg kun prosesser knyttet direkte opp mot pallene og livsløpsresultatene for disse og derfor er all behandling, lessing og lossing samt lagring hos industri (P4), Grossist (P5) og Kjøpmann (P6) utelukket i denne studien. Det er likevel illustrert at de representerer livsløpssteg hvor pallene inngår, se figur 1.

3.4.2 Transport til avhending (T4) og Avhending (P7)

Avhending av pallene er forskjellig for de to pallesystemene.

Trepallene avhendes på to forskjellige måter:

- 70% går til lokalt nærvarmeanlegg (100 km) for bl.a. oppvarming av hønsehus.
- 30% flises opp og sendes til Polen (530 km).

All spiker sendes direkte til materialgjenvinning etter opphugging av trepallene.

Plastpallene sendes til Sverige (350 km fra NLPs hovedlager) for materialgjenvinning.

3.4.3 Avfallshåndtering og miljønytte (P8)

Av trepallene er det 70% som leveres til lokalt nærvarmeanlegg som flis. Varmen erstatter jomfruelig treflis til nærvarme i Norge. Utslipp av biogent karbon anses som nøytralt og bidrar ikke til GWP. Flis som sendes til Polen (30% av trepallene) erstatter treflis produsert i Polen, uten spesifisert formål. Opphugging er antatt å skje i Norge før den distribueres videre. Resirkulerte

⁴ Partisjonering er et faguttrykk innenfor livsløpsmetodikk som beskriver at en fordeling av miljøpåvirkninger er kommet frem til ved å gå nærmere inn i prosessen hvor det er funnet ut at en kan utelukke en eller flere produkter det tidligere var tiltenkt å fordele miljøpåvirkningene på ved allokering, altså en fysisk oppdeling av systemet og derav unngås allokering.

materialer gir miljøgevinst basert på hvor store miljøpåvirkninger resirkuleringen gir og trekkes i fra miljøpåvirkningene nytt til produksjon av nytt materiale. For å hindre dobbelttelling av denne gevinsten er miljønytt vist som en utskilt del og trekkes derfor ikke fra de totale miljøpåvirkningene. For energigjenvinning av materialer inkluderes miljøpåvirkningene ved forbrenning av avfallet. Det vil si at netto miljønytte ved gjenvinning av trepall er miljøpåvirkning fra opphugging minus miljøpåvirkning ved produksjon av treflis i Polen. Netto miljønytte ved forbrenning av trepall er miljøpåvirkning fra opphugging minus miljøpåvirkning fra fjernvarme produsert av jomfruelig treflis i Norge.

Gjenvinning av stålskinnene og spiker skjer ved smelting av opphugget stål i en lysbueovn⁵ med en gjenvinningsrate på 90,4%. Smelting av stål til resirkulering er tatt med når en skal erstatte smeltet jomfruelig stål.

HDPE sendes til Sverige for gjenvinning. Ved mottak i Sverige kvernes pallene. Til dette medgår 1,25 MJ elektrisitet per kg plast (Davis 2010). For å få med at HDPE skal granuleres etter kverningen, er det antatt at granuleringsprosessen er lik sprøyttestøping⁶. Dette gir usikkerhet for resultatene knyttet til potensiell miljønytte ved å erstatte jomfruelig HDPE. Det er antatt at sprøyttestøping er en mindre energiintensiv prosess enn granulering. En annen kilde til usikkerhet for miljønytte ved resirkulering av plastpaller er at det i denne studien er antatt 100% gjenvinningsgrad.

⁵ Lysbueovn er oftere beskrevet på engelsk som «electric arc furnace» (EAF) som anvendes hovedsakelig til smelting resirkulerbart stål.

⁶ Sprøyttestøping er oftere beskrevet på engelsk som «injection moulding».

4 Avgrensninger og datakvalitet

I dette delkapittelet beskrives de viktigste avgrensningene i studien gjennomført for tre- og plastpaller knyttet til NLPs hovedlager.

Svinn er ikke inkludert i denne analysen ettersom svinnet er med å sette begrensninger for gjennomsnittlig levetid av paller. Det betyr at levetiden til pallene er beregnet ut i fra et gjennomsnitt mellom paller som blir ødelagt eller forsvinner fra systemet før antatt levetid og paller som er i drift i forventet tid og lenger.

Miljøpåvirkninger fra emballasje for inngående materialer til systemet, som vaskemiddel, er inkludert. Emballasje for reparasjonsspiker til trepaller og HDPE reparasjonsmiddel til plastpaller er likevel ikke er inkludert. Dette begrunnes med at mengdene er veldig små (<0,1% av total vekt per pall) og at miljøpåvirkningene helt sikkert ikke bidrar med signifikante miljøpåvirkninger (ISO 14040: 2006a).

Datagrunnlaget anses som godt og detaljert. Det ble utarbeidet et datainnsamlingsskjema som ble besvart i tre runder, som fremkommer i Vedlegg 1. Det ble etterspurt data for samtlige prosess- og transportledd (P1 – P8 og for T1 til T4) for både tre- og plastpallsystemene iht figur 1. Alle etterspurte data ble besvart og med det anses resultatene å reflektere NLPs miljøregnskap for hver av pallene.

For prosesser som produksjon av råmaterialer er det antatt gjennomsnittlige data fra databasen ecoinvent 3.2 (Moreno Ruiz et al. 2015), som er en anerkjent database for LCA beregninger.

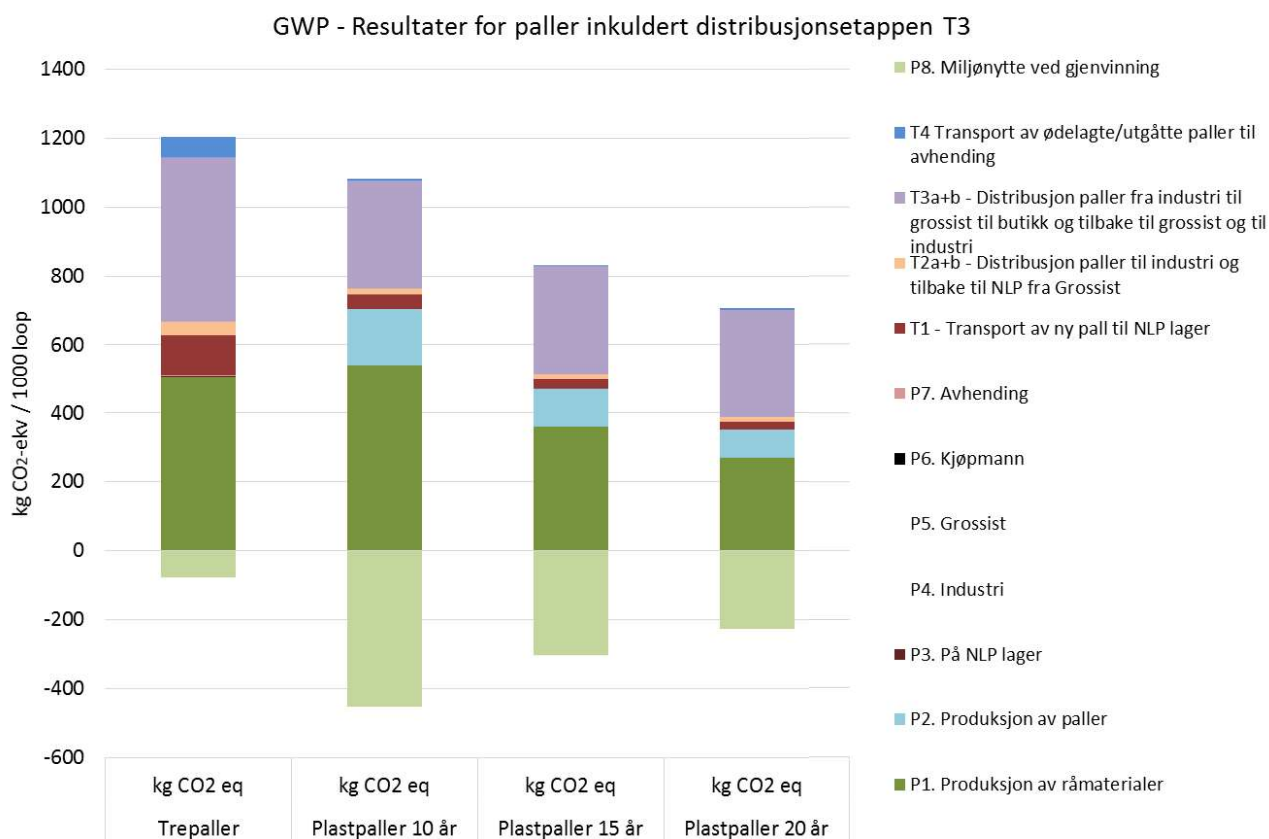
For produksjon av paller er det benyttet generiske globale data etter justert ved å endre energiopprinnelsen til de landene pallene respektivt produseres i, plastpaller i USA og trepaller i Polen. Ettersom det ikke forekommer generiske data for selve trepall produksjonen er det gjort en beregning basert på en antagelse om at det benyttes lufttrykk-spikerpistol til å sette sammen pallene. I følge informasjon om en rekke lufttrykkpistoler er det beregnet at mengden m³ trykkluft som trengs pr. spiker er 1,37m³ i tillegg til antall spiker benyttet per pall (81 stk.). For spikerpistol og energiberegninger er det i likhet med råmaterialene benyttet ecoinvent 3.2 databasedata med Polsk elektrisitet ettersom pallene produseres i Polen.

5 Resultater

I dette kapittelet presenteres miljøprofilen for plast- og trepaller gjennom miljøpåvirkningskategoriene global klimaendring (GWP)⁷ og primærenergiforbruk (CED)⁸. Det er lagt inn tre scenarier for levetid for plast paller (10 år, 15 år og 20 år). Levetiden for trepallene er 14 måneder, tilsvarende 1,17 år.

5.1 Global oppvarmings potensiale (kg CO₂-ekvivalenter) per 1000 loops

Resultatene i viser de totale GWP resultatene som mål på klimapåvirkningene for hele livsløpet til tre- og plastpaller når en tar utgangspunkt i 1000 loops mellom grossist og butikk for begge typene paller. For plastpaller er to scenarier for levetid på pallene vist, henholdsvis 10 og 20 år.



Figur 2: Sammenligning av GWP for trepaller og plastpaller 10- og 20 år, inkludert T3: industri - grossist - butikk – grossist og tilbake til industri (T3a+T3b)

Figur 2 viser at trepallene vil gi 11% høyere utslipp av klimagasser enn plastpaller med en 10 års levetid. Økt levetid til 20 år for plastpall bidrar en betydelig større relativ forskjell for

⁷ Klimapåvirkninger måles i kg CO₂-ekv og refereres oftest til som Global Warming Potential (GWP).

⁸ Primærenergi måles i MJ-ekv. og refereres oftest til som Cumulative Energy Demand (CED).

klimapåvirkninger mellom de to palltypene. Ved en økt levetid til 20 år for plastpallene reduseres GWP resultatene med omtrentlig 35,1% relativt til gjennomsnittlig levetid på 10 år. Hovedårsakene til dette er at en fordobling i levetiden for pallen halverer GWP resultatene fra *Produksjon av råmaterialer (P1)*, *Produksjon av pall (P2)*, *Transport av ny pall til NLP lager (T1)* og *Transport av ødelagte/utgåtte paller til avhending (T4)*, hvorav P1 og P2 har vist å være de to viktigste årsakene til GWP for *plastpall 10 år*.

Sammenligningen viser at produksjonen av råvarene til pallene (P1) og er den mest utslagsgivende prosessen for utslipp av klimagasser i alle systemene.

For plastpall er det produksjon av pallen gir nest største utslippet av klimagasser. Utslipet skyldes i hovedsak høyt energiforbruk knyttet til smelting og utforming av selve pallen. For trepallene er bidraget fra selve prosesseringen nesten neglisjerbar, Tabell 3.

Selv om transporten *grossist – butikk – grossist (T3)* er like lang for systemene, gir den forholdsmessig større utslag for trepaller enn for plastpaller. Dette skyldes at trepallene er tyngre og derfor vil kreve en større andel av den vektbegrensede transporten.

Resultatene viser at *Import pall (T1)* av paller er størst for trepaller, både relativt og i kg CO₂-ekv. Dette gjelder til tross for at trepallene transporteres 600 km med lastebil sammenlignet med plastpaller som transporteres fra USA. En forklaring på dette er at levetid for pallene medfører at 1000 loops krever 2668 kg trepaller, i forhold til plastpaller hvor det er behov for 267 kg pall.

Ettersom plastpallene ikke har vært i drift i mer enn 9 år har en ennå ikke erfaringer med faktisk levetid. Det er antatt at gjennomsnittlig levetid for plastpaller vil ligge et eller annet sted mellom 10 og 20 år. Unngått klimabelastning er størst ved en levetidsøkning fra 10 til 15 år for plastpaller med en gjennomsnittlig besparelse på -50,1 kg CO₂-ekv per økt leve år mens besparelsen er - 25,8 kg CO₂-ekv per år ved økningen fra 15 – 20 år.

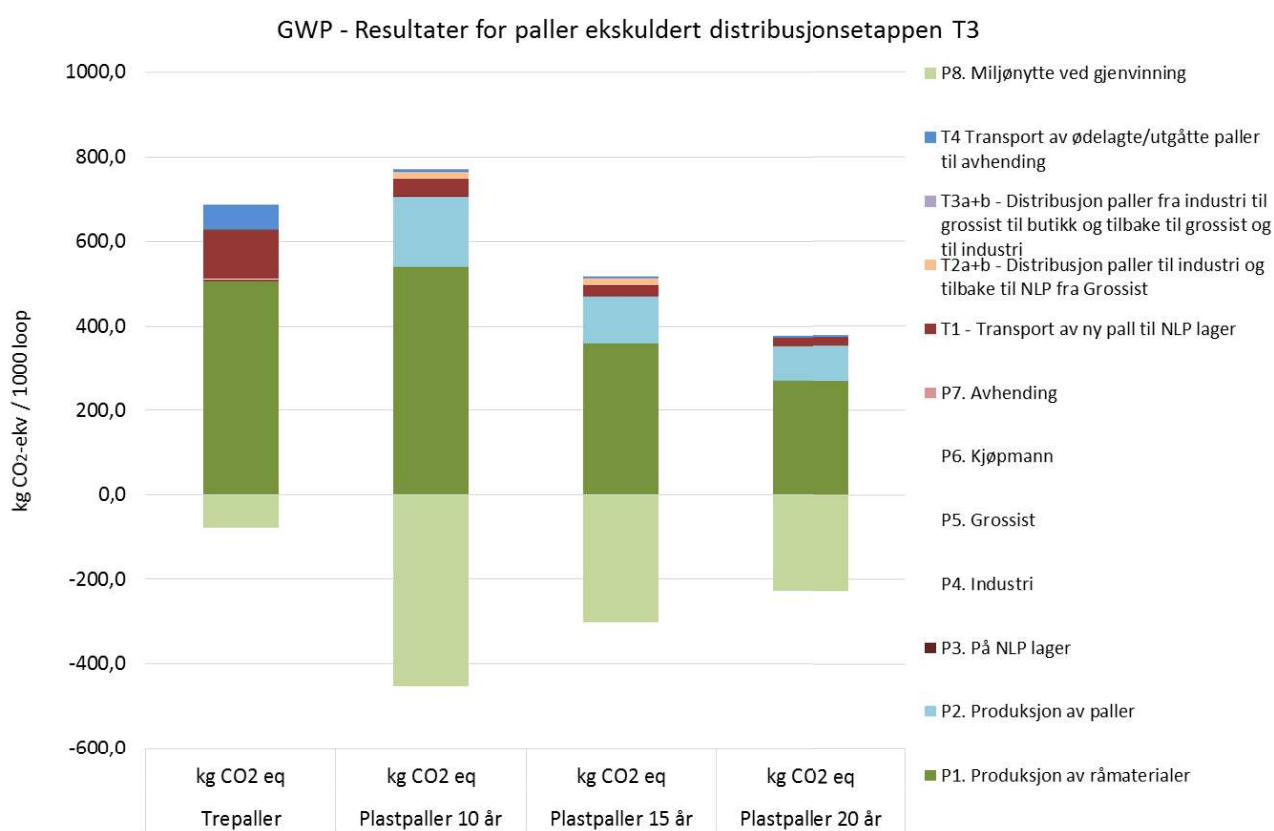
Tabell 3 GWP resultater for trepaller, plastpaller 10år og plastpaller 20år pr. 1000 loops tilknyttet NLP hovedlager.

Livsløpssteg	Trepaller		Plastpaller 10 år		Plastpaller 15 år		Plastpaller 20år	
	kg CO ₂ -ekv	(%)*	kg CO ₂ -ekv	(%)*	kg CO ₂ -ekv	(%)*	kg CO ₂ -ekv	(%)*
Total GWP	1203,6	100 %	1082,9	100 %	831,450135	100,0 %	702,5	100 %
P1. Produksjon av råmaterialer	506,3	42,1 %	540,1	49,9 %	360,1	43,3 %	270,1	38,4 %
P2. Produksjon av paller	1,4	0,1 %	165,0	15,2 %	110,0	13,2 %	82,5	11,7 %
P3. På NLP lager	0,6	0,0 %	0,1	0,01 %	0,1	0,0 %	0,04	0,01 %
P4. Industri	0	0,0 %	0	0 %	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
P5. Grossist	0	0 %	0	0 %	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
P6. Kjøpmann	0,0	0,0 %	0	0 %	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
P7. Avhending	5,2	0,4 %	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
T1 - Transport av ny pall til NLP lager	115,0	9,6 %	42,7	3,9 %	28,5	3,4 %	21,4	3,0 %
T2a+b - Distribusjon paller til industri og tilbake til NLP fra Grossist	38,3	3,2 %	15,3	1,4 %	15,3	1,8 %	15,3	2,2 %
T3a+b - Distribusjon paller fra industri til grossist til butikk og tilbake til grossist og til industri	477,4	39,7 %	313,2	28,9 %	313,2	37,7 %	313,2	44,6 %
T4 - Transport av ødelagte/utgåtte paller til avhending	59,5	4,9 %	6,5	0,6 %	4,3	0,5 %	3,2	0,5 %
P8. Miljønytte ved gjenvinning	-77,7	-6,5 %	-452,9	-41,8 %	-301,9	-36,3 %	-226,5	-32,2 %

*Med (%) menes relativ prosent bidrag til GWP for den gitte prosessen i forhold til total GWP resultatet for pallen de står under.

Miljønyttet ved å erstatte jomfruelig materiale varierer mye mellom tre- og plastpaller, samt ved de forskjellige antagelsene i levetid for plastpaller. Plastpaller 10 år gir størst klimanytte ved materialgjenvinning, mens trepaller som har størst klimabelastning per 1000 loop gir lavest klimabesparelser ved den oppgitte kombinasjonen av material- og energigjenvinning.

Det knyttes ofte stor usikkerhet til de spesifikke anvendelsesområdene hvor pallene benyttes og hvordan de distribueres videre i verdikjeden mellom Grossist og Kjøpmann. Det er derfor gjennomført en sammenligning av pallene uten verdikjedeleddet *Distribusjon paller fra industri til grossist til butikk og tilbake til grossist (T3)* for å illustrere hvordan en slik antagelse påvirker LCA resultatene, se figur 3.

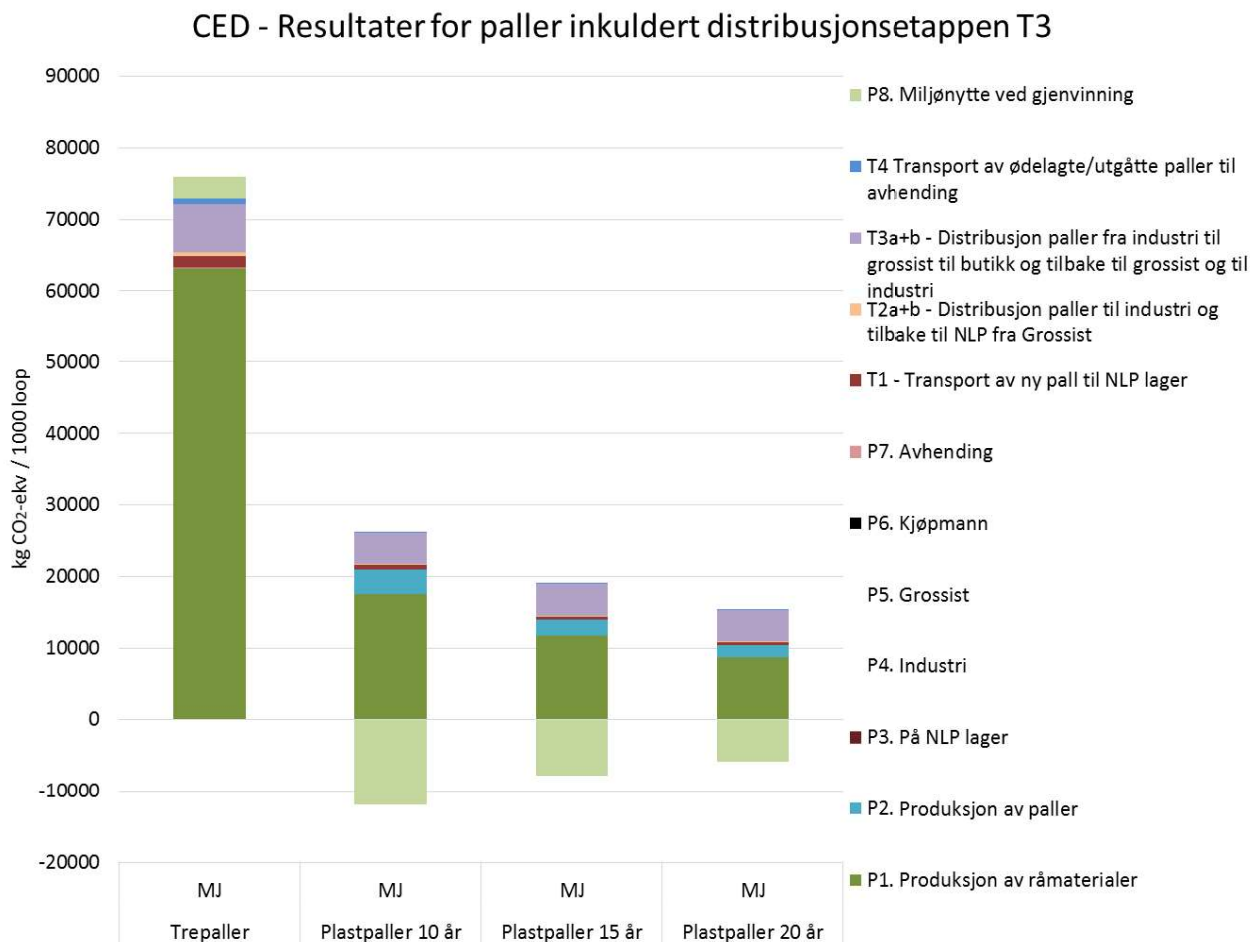


Figur 3: Sammenligning av GWP for trepaller og plastpaller 10- og 20 år, ekskludert T3: industri - grossist – butikk – grossist og tilbake til industri (T3a+T3b)

Antagelsen ved å utelukke T3 har stor innvirkning på resultatene og kan i stor grad påvirke konklusjonen. Ut ifra Figur 3 sees det at trepaller uten leddet T3 kommer bedre ut enn plastpall 10år. Dette er fordi trepaller er tynge og dermed opptar en større andel av en vektbegrenset transport. Differansen i klimavirkning trepall for leddet T3 er + 152% kg CO2-ekv. i forhold til plastpall 10 år og er i dette tilfellet en vesentlig bidragsyter at trepaller med de gitte forutsetningene gir størst klimabelastning. Plastpaller 15 år kommer bedre ut enn trepallene selv ekskludert T3 leddet.

5.2 Primærenergiforbruk (MJ-ekvivalenter) per 1000 loops

Resultatene i Figur 4: viser CED som mål på forbruk av primærenergi gjennom hele livsløpet til tre- og plastpaller når en tar utgangspunkt i 1000 loops for begge typene paller.



Figur 4: Sammenligning av CED for trepaller og plastpaller 10- og 20 år, inkludert T3: industri - grossist - butikk - grossist og tilbake til industri (T3a - T3b)

Figur 4 viser at 1000 loop for trepall har et større forbruk av primærenergi igjennom hele verdikjeden. Det er *Produksjon av råmaterialer (P1)* som er den største bidragsyteren for begge palltypene. Transport leddet T3 bidrar til det nest største forbruket av primærenergi. Samtidig fremgår det i figur 4 at primærenergi knyttet til selve produksjonen av plastpallene er vesentlig større enn for trepaller uansett om levetiden til plastpallen er 10, 15 eller 20 år.

Figur 4 viser at de andre stegene utover P1 og T3 har liten påvirkning for det totale CED resultatet, med unntak av *Produksjon av paller (P2)* for *plastpall*. Ettersom P1 og P2 foregår i henholdsvis i USA og Polen for plastpall og trepall, er det sett i figur 2 og 4 tidlig at det er en sterk korrelasjon mellom CED og GWP. Dette er fordi elektrisiteten i disse landene har et relativt høyt innhold av fossil

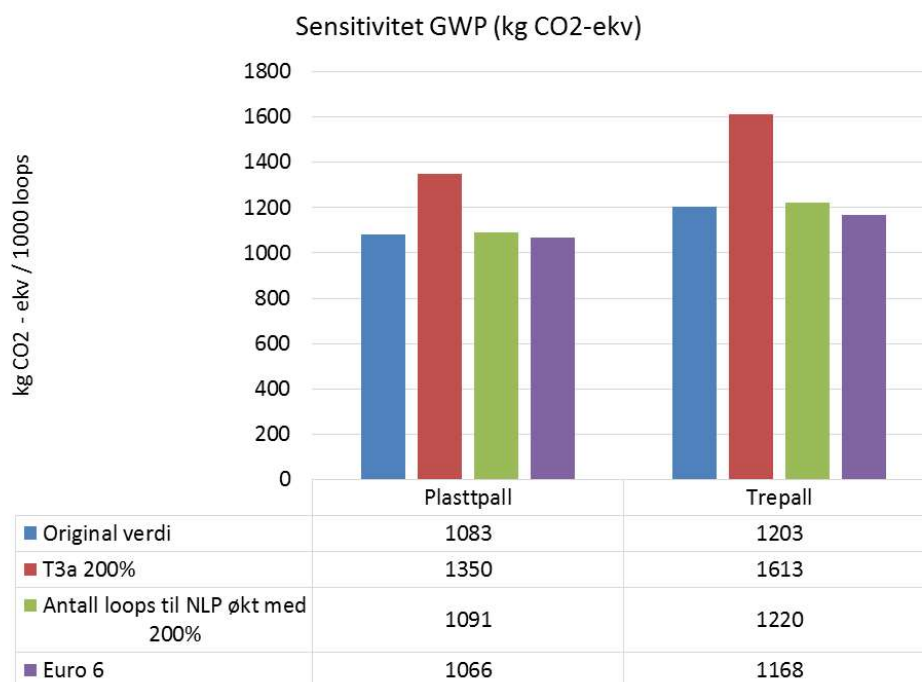
primærenergi. For stegene som skjer i Norge gjelder ikke denne korrelasjonen ettersom norsk forbruksmiks, som ligger til grunn for prosessene i Norge, kommer fra 95,8% vannkraft (SSB 2015).

En viktig forskjell mellom tre og plastpaller er at Miljønytt (P8) for primærenergi gir et positivt bidrag for trepallene men gir et negativt bidrag for plastpallene. Hovedårsaken til at trepallene gir et positivt bidrag til primærenergiforbruket er at det investeres mer energi i opphugging av pallene til flis enn det er flis som går til energigjenvinning. Det betyr også at sett i et primærenergiperspektiv forbrukes det mindre energi til å utvinne flis i polen enn ved å hugge opp trepaller til flis i Norge. Likevel resulterer Miljønytt i negativt bidrag for GWP som vist i figur 2 og tabell 3 fordi energien benyttet til opphugging av flis i Norge er hovedsakelig vannkraft, mens energien benyttet i polen er hovedsakelig kullkraft.

5.3 Sensitivitet for tre og plastpaller 10 år per 1000 loops

For å identifisere effekten av en endring i et system er sensitivitetsanalyser en vel etablert metodikk innen LCA (Klöppfer & Grahl 2014). For dette systemet ble det i samarbeid med NLP kommet fremt til tre ulike parameter eller egenskaper som det er viktig å bekrefte effekten av. I sensitivitetsanalysen er ikke miljønytte ved energi- og materialgjenvinning inkludert. De testede parameterne er:

- (i) En økning i T3a med 200% fra 250 km til 500
- (ii) En økning i antall loops inn til NLP for behandling med 200%
- (iii) En utskiftning av alle lastebiler fra EURO5 klasse til EURO6 klasse



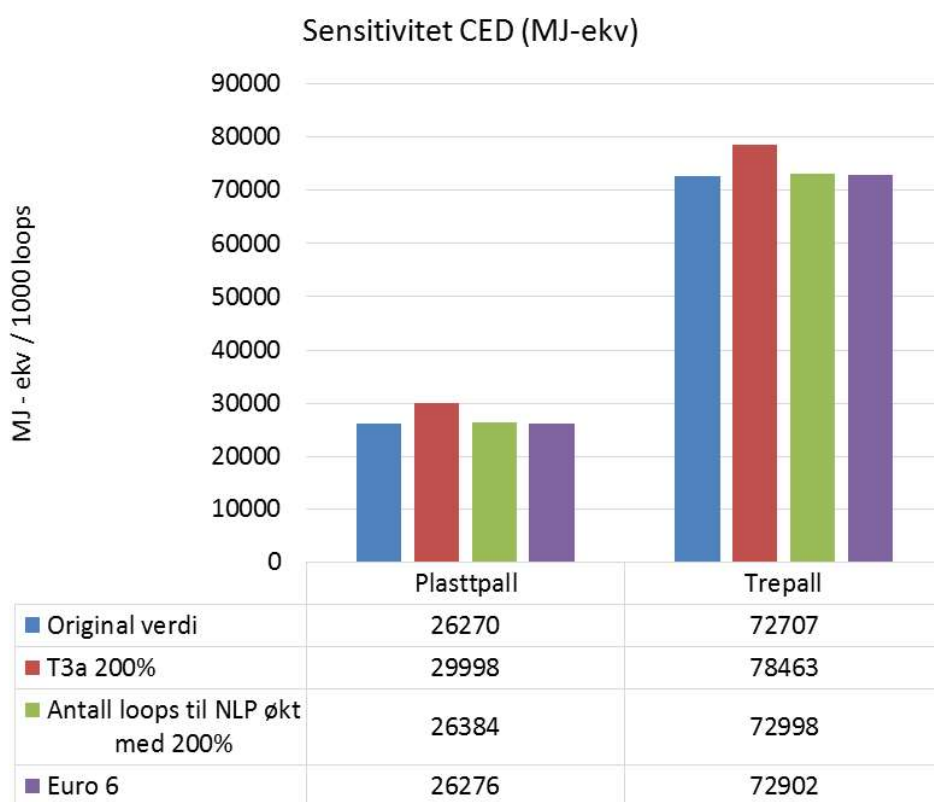
Figur 5. Sensitivitet for GWP for tre- og plastpaller

En økning i T3a til 500km utgjør den største relative forskjellen i GWP for de to systemene. Dette til tross for at økningen i antall loops pallene går inn til NLP (P2) inklusivt prosessering i P3 også er doblet. Når T3 økes til det dobbelte er økningen størst for trepallene som indikerer at generelt lengre transport gir større påvirkning for trepallene enn for plastpallene.

Økning i antall loops inn til NLP for vedlikehold og ny distribusjon gir en relativ økning på +0,7% for plastpaller og +1,6% trepaller i det totale klimaregnskapet. Derfor kan det argumenteres for at en 200% høyere frekvens på vasking og vedlikeholds sjekk av plastpaller 10 år ikke bidrar til store klimabelastninger, men at klimapåvirkningene for trepallene påvirkes i større grad av denne parameteren. Trepallene er altså mer sensitive til en økning i frekvensen inn til NLP enn det plastpallene er.

Ending av kjøretøy til Euro 6 klasse fra Euro 5 reduserer klimapåvirkningene med henholdsvis 1,6% og 2,8% for plast- og trepaller.

Sensitivitetsanalysene viser at både små og store endringer for de analyserte parameteren har stor innvirkning på GWP-resultatene for begge pallestystemene.



Figur 6: Sensitivitet for tre- og plastpaller

Tilsvarende sensitivitetsanalyse er gjort for CED. Disse resultatene reflekterer funnene for GWP. Gjennomgående har trepallene et primærenergiforbruk på mer enn 2,8 ganger det plastpall 10 år krever. Ingen av endringene i sensitivitetsanalysen endrer dette, men følger endringene vist for GWP.

5.4 Andre miljøvurderinger

Det er andre forskjeller som spiller en større rolle enn GWP og CED når en sammenligner EURO5 og EURO6 klasser for transport. For plastpaller gjelder dette deriblant reduksjoner for miljøpåvirkninger som *forsuring* (8,3%), eutrofiering (7,7%), N₂O (8%), karbonmonoksid (3%) samt NO_x (28,84%). For trepallene er reduksjonene gjeldende for de samme kategoriene men en del høyere sett relativt til originalverdiene for trepall; *forsuring* (16,5%), eutrofiering (10,7%), N₂O (5,9%), karbonmonoksid (8%) samt NO_x (44,9%). Dette bekrefter at transporten har en større betydning på de fleste miljøindikatorene for trepaller enn for plastpaller.

Det er ikke gjort noen utvidet analyse av andre miljøpåvirkninger.

6 Diskusjon av resultater

Det kreves flere trepaller enn plastpaller for å oppfylle funksjonen 1000 loops ute hos grossist og butikk. Dette påvirker resultatene for GWP og CED sammenligningen mellom palltypene.

Resultatene viser at trepaller resulterer i gjennomgående større klimabelastning enn plastpaller gjennom livsløpet, selv for antatt minste gjennomsnittlige levetid for plastpallene på 10 år med de systembeskrivelsene gitt av NLP. Ved en økt levetid for plastpallene til 20 år reduseres GWP påvirkningen betraktelig for plastpallene. Selv en økning i antatt levetid til 15 år gir stor klimagevinst. En økning i levetiden har vist seg å gi mest utslag fra 10 års levetid til 15 år. Årsaken til at økt levetid gir mindre fortjeneste per år som levetiden økes er at den relative påvirkningen fra antall paller som må produseres, distribueres og avhendes blir mindre i relasjon til bidrag fra transporten i leddene T2 og T3, spesielt T3a. Bidrag fra transportleddene kan f.eks reduseres ved endret drivstofftype, mer effektive kjøretøy, redusert vekt på pallene. Det er i dag få muligheter for reduksjon i distanse ettersom NLPs lager ligger optimalt sentrert i forhold til distribusjonen av pallene.

Den prosessen som gir størst bidrag til utslippene av klimagasser er produksjon av råvarer til pall (P1). P1 er energiintensiv fordi mye av primærenergien er råvarer i produktene. I tillegg henger CED og GWP sammen ved at energien hovedsakelig kommer fra fossile energikilder, enten direkte gjennom bruk av fossile drivstoff eller indirekte knyttet til forbrenning av fossile energikilder til elektrisitetsproduksjon. For både tre- og plastpaller stammer det nest største bidraget til klimapåvirkninger fra transporttrinn T3. Produksjon av paller (P2) for plastpaller og transport av ny pall T1 for trepaller er også viktig.

Biogent karbon er ikke inkludert i analysen verken i opptak eller beregning av GWP fra forbrenning.

Sensitivitetsanalysene viser at hvis T3 økes til 250km, som er en vanlig transportdistanse i Norge, kommer plastpallene med levetid 10 år ut med lavere GWP resultater enn trepallene. Plastpallene er i denne konteksten å anbefale når en fokuserer på å redusere klimapåvirkninger.

Faktoren (parameteren) som har størst effekt på både GWP og CED er endring i antall loops per år for hver av pallene. Dette forutsetter at levetiden på pallene er begrenset av tiden de opererer og ikke antall loops. En positiv endring i antall loops per år uten utvidet levetid i antall år vil derfor bidra med redusert GWP og CED for begge pallene.

Det har i løpet av datainnsamlingen blitt lagt vekt på at det er stor usikkerhet rundt faktisk levetid for plastpallene og gjennomsnittlig transportdistanse mellom grossist og butikk (T3). Disse to faktorene har vist at plastpaller kan gi de laveste påvirkning på GWP ved lengre distanser og økt levetid.

Sensitivitetsanalysen viser også at overgang fra EURO5 til EURO6 klasse for alle transportetappene har liten påvirkning på både klimagassutslipp eller primærenergiforbruk, men at det er andre miljøindikatorer som gjør seg mer gjeldene.

Konklusjonen

Studien konkluderer med at plastpaller, uansett antagelse for levetid på 10 år, 15 år eller 20 år, gir lavere påvirkning på GWP og CED resultater enn trepaller i det samme systemet. Konklusjonen

støtter opp om tidligere resultater hvor det, på et mer usikkert datagrunnlag, ble konkludert med at bruk av plastpaller vil være lønnsomt ut i fra klimaperspektiv.

Distribusjonen er en viktig bidragsyter i begge kategoriene for miljøpåvirkning som er vurdert for systemene. Vesentlig reduserte distribusjonsdistanser vil kunne endre konklusjon, ved at 10 års levetid på pallene kan gi et større totalt bidrag enn trepaller.

Det er også viktig å påpeke at resultatene i denne analysen kun er gjeldende for systemer der distribusjonen av varer er vektbegrenset. Der vil vekten av paller ha mindre betydning og resultatene kan være annerledes fordi transporttrinnet (T3) vil bli like.

7 Videre arbeid

Denne analysen var en videreutvikling av en forstadieanalyse hvor datagrunnlaget baserte seg på en rekke antagelser og evalueringer. Med en slik bakgrunn har det i dette studiet vært mulig å reflektere over tidligere funn hvorpå resultatet ble et godt besvart datainnsamlingsskjema med god kvalitet på innholdet. Ved at det nå er utarbeidet to sammenhengende studier over tid vil lette videre arbeid for systemutvidelser til nye verdikjeder eller flere analyser for miljøoptimalisering av eksisterende systemer betraktelig.

I dette prosjektet ble det utarbeidet en modell som ble benyttet til å analysere tre og plastpaller samt gjennomføre sensitivitetsanalysen for GWP og CED. Den utarbeidete modellen gir mulig å generere flere analyser, både for miljøoptimalisering av en av palltypene, men også for å analysere flere miljøkategorier som ikke er inkludert i denne studien.

Ved å bruke dagens modell til evaluering av erfaringsbaserte data eller som et optimaliseringsverktøy kan NLP gå videre i dybden på hvor i verdikjeden de bør satse som en miljøbedrift med hensyn til miljøoptimalisering. Modellen tar også for seg strømmen av paller gjennom verdikjeden og det kan gjøres nye analyser for hele NLPs produkt flyt av hele plastpaller og EURO paller. Modellen er også enkel å tilpasse til halve og 1/3 plastpaller samt andre trepaller med andre forutsetninger skulle det være av interesse å gjennomføre miljøanalyser av disse også.

8 Referanser

- Davis, J., 2010. Miljøpåverkan från hel och halv returlåda.
- EcoTransIT World Initiative, 2014. Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports: Methodology and Data Update. *Methodology*, (3), p.106.
- ISO 14040:, 2006a. Environmental management - Lifecycle assessment - principle and framework (ISO 14040). , (14040), p.32.
- ISO 14040:, 2006b. ISO 14040.
- ISO 14044:, 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO 14044:2006).
- Klöppfer, W. & Grahl, B., 2014. *Life cycle assessment (LA) A guide to best practice*,
- Moreno Ruiz, E. et al., 2015. Documentation of changes implemented in ecoinvent Data 3.2. *Ecoinvent*, 0(5), p.70.
- SSB, 2015. Elektrisitet, 2014. Available at: <http://ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar> [Accessed November 22, 2016].