



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Elias Orava

# SANDWICH-PANEELEIDEN PAKKAUSMATE- RIAALIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Ruukki Construction

Konetekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

|                    |   |
|--------------------|---|
| Tekijä             | Elias Orava   |
| Opinnäytetyön nimi | Sandwich paneelien pakkausmateriaalien ympäristövaikutukset |
| Vuosi              | 2021  |
| Kieli              | suomi   |
| Sivumäärä          | 55 + 4 liitettä   |
| Ohjaaja            | Asseri Laitinen   |

---

Ympäristöystävällisyys on yhä enemmän esillä yritysmaailmassa ja sen merkitys tulevaisuudessa tulee vielä kasvamaan. Opinnäytetyössä arvioidaan nykyisiä Ruukin Sandwich-paneelin pakointimateriaaleja ja selvitetään, onko paketissa selviä epäkohtia liittyen hiilidioksidipäästöihin tai millä muutoksilla olisi merkittävät vaikutukset päästöjen osalta. Ympäristöarvioon kuului pakkausmateriaalien päästöt raaka-aineesta aina loppukäsittelyyn saakka.

Ympäristöarvio toteutettiin selvittämällä jokaiselle pakkausmateriaalille päästökerroin tutkimalla materiaalien alkuperää ja hyödyntämällä valmistajien tekemiä ympäristöarviota. Kaikille materiaaleille se ei ollut mahdollista ja näissä tapauksissa käytettiin yleistä arviota.

Opinnäytetyön tuloksena löydettiin pakointimateriaaleja, joihin tulisi keskittyä ensisijaisesti päästöjen vähentämiseksi. Muutoksien käyttöönotto ei ole yksinkertaista. Kustannukset rajoittavat muutoksia ja paketin käytännöllisyyden asiakkaalle tulee säilyä.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Konetekniikka

## ABSTRACT

|                    |   |
|--------------------|---|
| Author             | Elias Orava   |
| Title              | Environmental Effects of Packaging Materials in Sandwich Panels |
| Year               | 2021  |
| Language           | Finnish   |
| Pages              | 55 + 4 Appendices   |
| Name of Supervisor | Asseri Laitinen   |

---

Being environmentally friendly is more and more present with companies, and even more so in the future. This thesis estimates if there are flaws and unnecessary emissions in the packaging of Ruukki's Sandwich-panels. Environmental evaluation considers all emissions from raw material to waste disposal.

Environmental evaluation was made by finding an emission factor for every packaging material. This was done by researching origins of the materials and using the manufacturers' environmental evaluations. Some manufacturers do not have any environmental evaluation for their product. In those cases, common estimates were used.

As a result of this thesis some materials were found that should be prioritized when making changes to the packaging. Implementing these changes are not easy. The price dictates what is possible, and the packaging should not lose practicality from the customers point of view.

---

Keywords                      Carbon dioxide, packaging, waste disposal and emissions

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO.....                                | 9  |
| 2 | HIILINEUTRAALIUS .....                       | 11 |
|   | 2.1 Käytetyt standardit .....                | 11 |
|   | 2.2 Elinkaarinäkökulma.....                  | 11 |
|   | 2.2.1 Jätteenkäsittely .....                 | 12 |
| 3 | SANDWICH-PANEELIN PAKETOINTI.....            | 14 |
|   | 3.1 Paketointiprosessi.....                  | 14 |
|   | 3.2 Paketointityylit.....                    | 14 |
| 4 | PAKKAUKSESSA KÄYTETYT MATERIAALIT .....      | 16 |
|   | 4.1 Muovi .....                              | 16 |
|   | 4.1.1 LDPE.....                              | 16 |
|   | 4.1.2 LLDPE .....                            | 17 |
|   | 4.1.3 Polyesteri (PET) .....                 | 19 |
|   | 4.1.4 Styrokksi (EPS).....                   | 21 |
|   | 4.2 Aaltopahvi .....                         | 22 |
|   | 4.3 Teräsohutlevy (Kuumasinkitty teräs)..... | 23 |
|   | 4.4 Sahattu puutavara .....                  | 24 |
|   | 4.4.1 Alustat .....                          | 24 |
| 5 | HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN .....            | 26 |
|   | 5.1 Päästökertoimet.....                     | 26 |
|   | 5.1.1 LDPE.....                              | 27 |
|   | 5.1.2 LLDPE .....                            | 29 |
|   | 5.1.3 Polyesteri (PET) .....                 | 29 |
|   | 5.1.4 Stryrokksi (EPS) .....                 | 30 |
|   | 5.1.5 Aaltopahvi .....                       | 30 |
|   | 5.1.6 Pelti (teräs) .....                    | 31 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.1.7 | Sahattu puutavara.....                        | 31 |
| 5.1.8 | Alustat .....                                 | 31 |
| 5.2   | Kulutuksen mittaaminen.....                   | 31 |
| 5.3   | Mittauksien epätarkkuuksia .....              | 32 |
| 5.3.1 | Teräsohutlevystä valmistetut suojakulmat..... | 32 |
| 5.3.2 | Pakkausvanne.....                             | 33 |
| 5.3.3 | Päätymuovi.....                               | 33 |
| 5.4   | Kollikohtaiset päästöt .....                  | 33 |
| 5.4.1 | Suojakulma.....                               | 33 |
| 5.4.2 | Aaltopahvi .....                              | 34 |
| 5.4.3 | Konekiriste .....                             | 34 |
| 6     | TULOKSET .....                                | 36 |
| 6.1.1 | LDPE – Päätymuovi.....                        | 36 |
| 6.1.2 | LLDPE – Konekiriste .....                     | 37 |
| 6.1.3 | Polyesteri PET – Pakkausvanne.....            | 39 |
| 6.1.4 | Styroksi EPS .....                            | 39 |
| 6.1.5 | Aaltopahvi .....                              | 40 |
| 6.1.6 | Teräsohutlevy.....                            | 41 |
| 6.1.7 | Sahattu puutavara – Laudat.....               | 42 |
| 6.1.8 | Sahattu puutavara – Alustat .....             | 43 |
| 6.2   | Kollikohtaiset tulokset .....                 | 44 |
| 7     | KUSTANNUSARVIO .....                          | 47 |
| 7.1   | Kustannusarvion tekeminen .....               | 47 |
| 7.1.1 | Teräs ohutlevy.....                           | 47 |
| 7.1.2 | Pakkausvanne.....                             | 47 |
| 7.1.3 | Alustat .....                                 | 48 |
| 7.2   | Tulokset.....                                 | 48 |
| 8     | MUUTOKSET/EHDOTUKSET.....                     | 49 |
| 8.1   | Pahvi.....                                    | 49 |
| 8.2   | Peltinen suojakulma.....                      | 49 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 8.3 Styroksi.....  | 50 |
| 8.4 Alustat.....   | 50 |
| 9 YHTEENVETO ..... | 52 |
| LÄHTEET .....      | 53 |
| LIITTEET .....     | 56 |

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

|   |    |
|---|----|
| <b>Kuva 1.</b> Sandwich-paneeli (Ruukki Construction).....                                | 10 |
| <b>Kuva 2.</b> Paketoitu täyskolli.....   | 15 |
| <b>Kuva 3.</b> Erilaisia pyramidikolleja. ....  | 15 |
| <b>Kuva 4.</b> Wrap.org.uk malli muovikalvon puhalluslinjasta /31/.....                   | 17 |
| <b>Kuva 5.</b> Tyypillinen konekirstekalvo.....   | 18 |
| <b>Kuva 6.</b> Mercamerin toimittama tekninen seloste konekirsteestä. ....                | 19 |
| <b>Kuva 7.</b> Signoden valmistama pakkausvanne.....                                      | 20 |
| <b>Kuva 8.</b> Leikkaamaton EPS pala. ....  | 21 |
| <b>Kuva 9.</b> Kaksikerroksinen aaltopahvi. ....  | 22 |
| <b>Kuva 10.</b> Ruukin käyttämä kuumasinkitty suojakulma.....                             | 23 |
| <b>Kuva 11.</b> Sahattu lauta.....  | 24 |
| <b>Kuva 12.</b> 60 cm x 80 cm kuormalava. ....  | 25 |
| <b>Kuva 13.</b> Ruukin kuumasinkittyjen rakennustuotteidentuotteiden moduulijaottelu..... | 27 |
| <b>Kuva 14.</b> Raniplast LCA 2019 -raporttiin perustuva grafiikka.....                   | 28 |
| <b>Kuva 15.</b> CO2-ekv päästöt pakkausmateriaalien mukaan. ....                          | 36 |
| <b>Kuva 16.</b> Materiaalien kustannusten vuosittainen osuus. ....                        | 48 |
| <br>  |    |
| <b>Taulukko 1.</b> LDPE hiilijalanjälki. ....   | 37 |
| <b>Taulukko 2.</b> LLDPE hiilijalanjälki.....   | 38 |
| <b>Taulukko 3.</b> PET hiilijalanjälki.....   | 39 |
| <b>Taulukko 4.</b> EPS hiilijalanjälki.....   | 40 |
| <b>Taulukko 5.</b> Aaltopahvin hiilijalanjälki. ....                                      | 41 |
| <b>Taulukko 6.</b> Teräsohutlevyn hiilijalanjälki. ....                                   | 42 |
| <b>Taulukko 7.</b> Hiilijalanjälki sahattu puutavara – laudat. ....                       | 43 |
| <b>Taulukko 8.</b> Hiilijalanjälki Sahattu puutavara – Alustat.....                       | 44 |
| <b>Taulukko 9.</b> Neliökohtaiset CO2-ekv päästöt eri Panel-elementti paksuuksilla...     | 45 |

**Taulukko 10.** Neliökohtaiset CO2-ekv päästöt, jos suojakulmat jätetään huomiotta..... 46

**Taulukko 11.** Panel-elementti paketin CO2-ekv päästöt paketin pituuden mukaan. Paneelin paksuus ei vaikuta tulokseen. .... 46

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Panel-pakkaukset eri elementin pituuksilla. .... 56

**LIITE 2.** Alustojen punnituksessa käytetty pumppukärry vaaka, tarkkuus 1 kg.... 57

**LIITE 3.** Pakkausmateriaalien punnituksessa käytetty vaaka, tarkkuus 1 g. .... 58

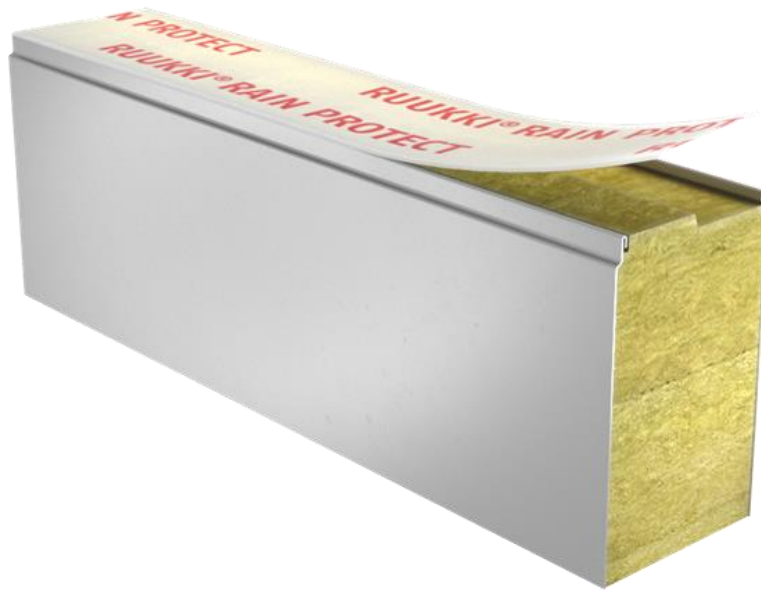
**LIITE 4.** Haastattelulista - Elina Pollari..... 59

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Ruukki Construction Oy:n Alajärven toimipisteelle. Ruukki Construction on SSAB:n omistama tytäryhtiö. Ruukki tarjoaa rakentamisen tuotteita ja palveluita, esimerkiksi kattoja ja kuorirakenteita /1/.

Ruukin Alajärvellä sijaitseva tehdas valmistaa Sandwich-paneeleja (Kuva 1). Sandwich-paneeleja käytetään pääasiassa teollisuusrakennusten julkisivuissa ja väliseinissä. Sandwich-paneeli koostuu kahdesta maalipinnoitetusta teräsohutlevystä, joiden välissä on mineraalivillaeriste /2/.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laskea paneelin pakkaukselle hiilijalanjälki, jossa on mukana tuotteen koko elinkaari. Tällöin saadaan mahdollisimman todenmukainen näkemys tuotteen ympäristövaikutuksesta /3/. Tuloksia hyödynnetään paketoitiprosessin kehittämiseen. Tuloksista voidaan havaita suurimmat ongelmakohdat ja keskittyä niiden ratkaisemiseen. Opinnäytetyö tehdään tukemaan Ruukin sustainability-kampanjaa. Ympäristöarvion lisäksi laskettiin pakkauksen kustannukset. Laskut auttavat selvittämään mitkä muutokset ovat mahdollisia. Kustannukset sekä tuotantomääriin liittyvät tarkat luvut on jätetty julkaisematta Ruukin pyynnöstä. Työssä laskettiin eri pakkauksien neliökohtaiset sekä vuoden 2020 päästöt ja kustannukset.



**Kuva 1.** Sandwich-paneeli (Ruukki Construction).

## 2 HIILINEUTRAALIUS

Hiilineutraalius ja ympäristöystävällisyys ovat yhä useamman yrityksen tavoitteena. Kuluttajat ovat ympäristötietoisempia, ja lainsäädäntö ajaa yritysten tuotteita vähäpäästöisempään suuntaan. Suomi on asettanut tavoitteen olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä /4/. Hiilineutraalius tarkoittaa sitä, että rajatun alueen kokonaispäästöt eivät ylitä alueen hiilensidontakykyä. Tämä ei ole sama kuin päästötön tilanne, vaan sitä että päästöt eivät johda kokonaishiilen määrän kasvuun ilmakehässä. Suomen tilanteessa hiilineutraalisuustavoite tarkoittaa Suomen rajojen sisällä tuotettujen päästöjen saamista samalle tasolle kuin Suomen hiilinieluihin sitoutuu. Yritysten osalta hiilineutraalius tarkoittaa sitä, että organisaation sisällä päästöt ja mahdolliset hiilinielut ovat tasapainossa. Yritykset voivat kompensoida alueensa päästöt alueen ulkopuolella aiheutetuilla päästövähennyksillä. Kompensoitujen päästöjen suhteen pitää täytyä lisäisyyden periaate /5/. Päästöjen vähentäminen voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti keskittymällä epäkohtiin. Ympäristöystävällisyydellä voidaan saavuttaa taloudellisia hyötyjä sekä tulevaisuuden kysynnän turvaamisella että turhien kulujen karsimisella.

### 2.1 Käytetyt standardit

Hiilijalanjäljen laskemiseen on kehitetty standardeja, jotka auttavat hiilijalanjäljen laskennassa. Tässä työssä apuna on käytetty standardeja ISO 14067:2018, joka antaa raamit hiilijalanjäljen laskennalle, ja standardia ISO 14025, joka on ympäristöselite, missä tuotteen päästöt ovat eroteltu elinkaaren eri vaiheille /6/.

### 2.2 Elinkaarinäkökulma

Kun lasketaan tuotteen hiilijalanjälkeä, otetaan huomioon sen koko elinkaari. Tämä sisältää raaka-aineiden hankinnan, tuotannon, kuljetukset, käytön ja loppukäsittelyn /7/. Tämän kaltaista elinkaariarviota kutsutaan nimellä cradle-to-grave. Kyseessä on täysi elinkaariarvio. Vaikka elinkaariarviointia pidetään luotettavana

menetelmänä, siinä on useita epätarkkuuksia. /3. Toimittajien ja valmistajien ympäristöarviot perustuvat usein keskiarvoihin, ne ovat puutteellisia, tai puuttuvat kokonaan. Tässä työssä joudutaan tekemään useita rajauksia ja oletuksia. Jos toimittajalla on ISO14025 ympäristöarvio, käytetään siinä olevaa GWP (Global Warming Potential) arvoa. Jos tietoa ei ole saatavilla niin käytetään tuotteelle yleistä arvoa, tai muuta samalla tasolla olevan valmistusprosessin arviota.

Tulokset on ilmoitettu hiilidioksidiekvivalenttina, CO<sub>2</sub>-ekv. Hiilidioksidiekvivalentti tarkoittaa kaikkia syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä muutettuna hiilidioksidi määräksi, jolla on sama ilmasto lämmittävä vaikutus /7/. Tulokset ovat per kilogramma tuotetta.

### **2.2.1 Jätteenkäsittely**

Paketin elinkaari päättyy jätteenkäsittelyyn. Se miten jätteenkäsittely hoidetaan, riippuu työmaasta, minne paketti päätyy. Työmaiden jätteenkäsittelyä selvitettiin tutkimalla aiheesta tehtyjä opinnäytetöitä, vierailemalla Wasaconin työmaalla, seuraamalla nettiseminaaria aiheesta muovien kierrätys rakennustyömailla ja pohjautuen henkilökohtaiseen työkokemukseen rakennustyömaalta, missä käytiin Ruukin Sandwich-paneeleita.

Laskuissa oletettiin, että jätteenkäsittely hoidetaan jätteenpolttolaitoksella, paitsi jos materiaalin valmistajalla on sertifikaatissa laskettu jätteenkäsittelylle arvo. Metallit ja puut usein erotellaan, mutta muovi ja pahvi päätyvät poltettavaan jätteenseen. Tämä oletamus perustuu omiin kokemuksiin rakennustyömailla työskentelestä (Vaasan jäähalli - Rakennuskultti 2019) ja rakennustyömaan jätteenkäsittelystä tehtyyn opinnäytetyöhön /8/.

Vierailulla Wasaconin työmaalle haastateltiin työmaainsinööri Elina Pollaria. Haastattelussa kysyttiin työmaan jätehuollosta ja paketoitumateriaaleista mahdollisesti aiheutuvista ongelmista. Kyseessä on Vaasan Klemetilässä sijaitseva Lidlin rakennustyömaa. Klemetilä sijaitsee Vaasan keskustan vieressä. Työmaalla on

erittäin vähän ylimääräistä tilaa. Tämän takia jätteen lajittelu oli rajoitettua. Puulle ja rakennusjätteelle oli omat vaihtolavat. Lassila & Tikanoja hoitaa jätteenkäsittelyn kyseisellä työmaalla. Haastattelussa myös kysyttiin, onko jätteenkäsittelyyn tulossa muutoksia. Pitkäaikaisia muutoksia ei ollut tiedossa, mutta kun työmaan varastotilanne sallii, otetaan työmaalle enemmän vaihtolavoja mahdollistaen tarkemman jätteen lajittelun.

### 3 SANDWICH-PANEELIN PAKETOINTI

#### 3.1 Paketointiprosessi

Sandwich-paneelit pakataan tuotantolinjan loppupäässä. Kun pakkaamaton sandwich-paneelipaketti, eli kolli, saapuu pakkauspisteelle, siihen lisätään suojapahvi, peltiset suojakulmat ja kollin tiedot A3-paperilla. Kolli jatkaa liukuhihnalla styroksin syöttöön, missä laitetaan pitkien kollien alle styroksipalaset tukemaan kollin päitä. Tämän jälkeen paketointikone lisää kollin päätyyn muovin. Kone pyörittää konekiristekalvoa kollin ympärille (Kuva 5). Kun kolli on lähes koko matkalta suojattu, lisätään toisen päädyn muovi. Tämän jälkeen loputkin kollista peitetään konekiristeellä. Kolli jatkaa tästä seuraavalle pisteelle, missä lisätään paketin alle alusta kuljettamista varten. Kollin päälle tulee lautoja alustan ja styroksipalasiin kohdalle. Laudat suojaavat kollia jäljitä, kun kolli sidotaan sen ympärille tulevilla muovivanteilla. Valmis kolli siirretään varastoon tai pihalle odottamaan toimistusta.

#### 3.2 Paketointityylit

Jokainen paketti ei ole samanlainen. Paketteja on eri kokoja ja muotoja. Ruukilla on useita erikoispaketteja, mutta tässä tapauksessa keskitytään kahteen yleisimpään paketointityyliin. Nämä ovat pyramidi- tai täyskolli. Käytössä on kuusi erilaista paketointityyliä riippuen alimman elementin pituudesta.

Täyskollit ovat kolleja, joissa ylin ja alin paneeli ovat saman pituisia, näin ollen paketin muoto on suorakulmio (Kuva 2). Pyramidikolleilla ylimmät paneelit ovat lyhyempiä kuin alin paneeli. Näin on mahdollista, että paneelit muodostavat pyramidia muistuttavan muodon (Kuva 3). Kolleja ei erotella sen tarkemmin, vaan kaikki kollit, joissa paneelin pituus muuttuu, kutsutaan pyramidiksi. Pyramidikollista saadaan niin monta eri variaatiota, että keskitymme täyskolleihin, kun laskeetaan pakettikohtaista hiilijalanjälkeä.



**Kuva 2.** Paketoitu täyskolli.



**Kuva 3.** Erilaisia pyramidikolleja.

## 4 PAKKAUKSESSA KÄYTETYT MATERIAALIT

### 4.1 Muovi

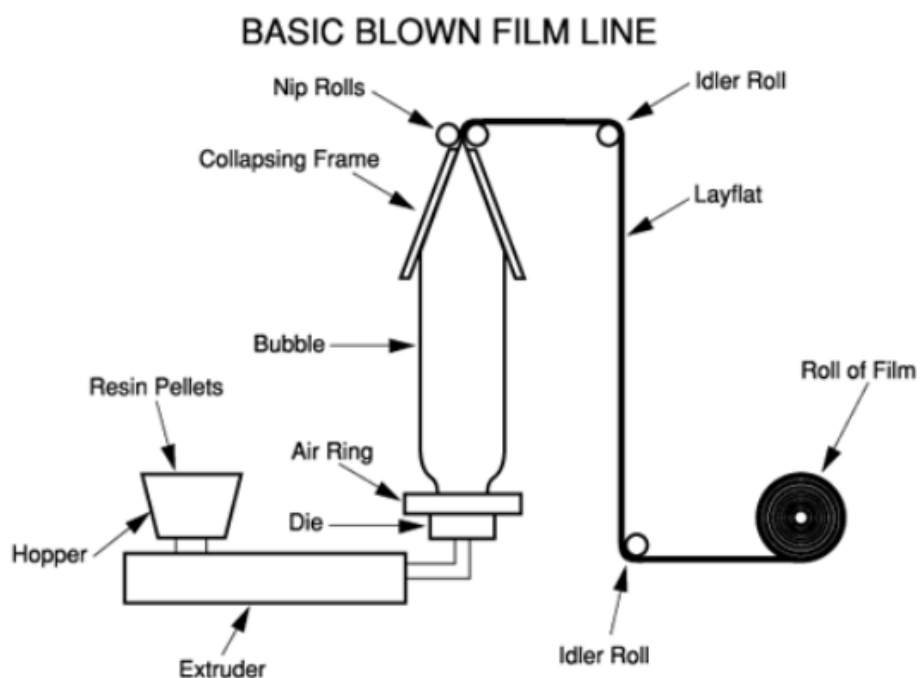
Muovi on yleisnimitys tuhansille eri polymeereille. Polymeerit ovat suuria ketju-maisia molekyyliä, joiden yhteyteen voidaan seostaa erilaisia lisä-, lujite- ja täy-teaineita, joilla muokataan muovin ominaisuuksia riippuen lopputuotteen vaati-muksista. Muovit ovat pääosin petrokemian tuotteita. 4 % kaikesta ihmisen käyt-tämästä öljystä riittää kaikkien muovituotteiden valmistukseen. Muoveja voidaan valmistaa myös muista hiilivedyistä. Hiilivetyjä voi saada esimerkiksi biologisista prosesseista /9/.

Tässä työssä keskitymme neljään eri muoviin, joita käytetään Panel-pakkauksessa.

#### 4.1.1 LDPE

LDPE eli pientiheyspolyeteeni (Low-density Polyethylene) on päätykalvossa käy-tetty muovi. Panel-pakkauksen päätymuovin valmistaa RaniPlast Oy ja toimittaa Mercamer. LDPE valmistukseen tarvitaan etyleeniä, joka saadaan öljystä tai maa-kaasusta krakkaamalla. Etyleeni on kaasu, joka paineistetaan noin 1 500 baarin paineeseen. Kaasu lämpenee paineen kasvaessa, joten kaasu pitää viilentää. Vii-lennetty etyleenikaasu jatkaa reaktiosäiliöön, missä initiaattori reagoi kaasun kanssa muodostaen LDPE-kiteitä. Reaktiosäiliön jälkeen kaasu ja kiteet erotellaan separaattorissa. Tyypillisesti vain 20 % kaasusta reagoi, joten separaattorin jälkeen kiteytymätön kaasu kierrätetään uusiksi /10/.

Valmis LDPE-raaka-aine sulatetaan ja puristetaan muottiin (Kuva 4). Muotista tuleva muovi puhalletaan kuplaksi. Muovi on nyt ohutta kalvoa. Kalvo ajetaan rullien läpi ja kerätään rullalle.



**Kuva 4.** Wrap.org.uk malli muovikalvon puhalluslinjasta /31/.

#### 4.1.2 LLDPE

LLDPE eli lineaarinen pientiheyspolyeteeni on konekiristeessä käytetty muovi. Panel-pakkauksen konekiristeiden valmistaa EcoPlast Plastik Ambalaj ja toimittaa Mercamer Oy. LDPE ja LLDPE valmistetaan samasta raaka-aineesta, mutta LLDPE valmistetaan huomattavasti matalammassa paineessa ja lämpötilassa. Lisäksi etyleenikaasuun lisätään buteenia. Kyseinen konekiriste on erittäin uusi tuote, 33-kerroksinen nanokalvo. Valmistusprosessista ei ole ilmaiseksi saatavilla tarkempaa tietoa, mutta hiilijalanjäljen laskemiseen tämä vaihe voidaan olettaa saman arvoiseksi kuin yksinkertaisempi puhallusprosessi. Oletus perustuu Mercamerin toimittamaan tekniseen selosteeseen. (Kuva 6).



**Kuva 5.** Tyypillinen konekristekalvo.



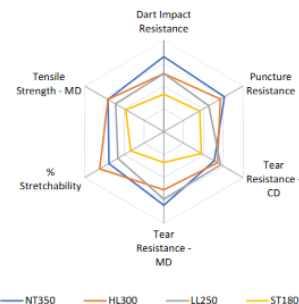
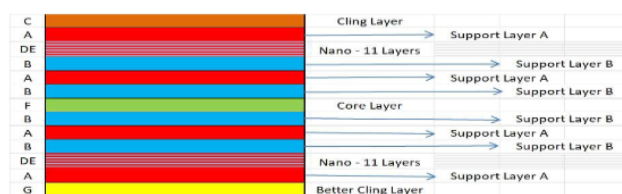
**NT350**

## PALLET STRETCH

It is produced in 33 layers using nano-technology. The properties of the layers are designed upon need and the mechanical properties, puncture resistance and fast stretching abilities of the product have been improved. One side could be sticky upon necessity.

### Properties

- > Highest tight stretching property for the load and pallet
- > Thickness scale between 10 - 35 microns
- > Improved puncture and impact resistance
- > Suitable for fast stretch wrapping machines
- > Glossy and transparent
- > Coloured versions are available based on the order quantity
- > Over 23 micron, resistance to direct sunlight is 6 months, without additives
- > UV resistance could be extended till 12 months in all thicknesses upon request



| FILM PARAMETERS        |        |             |      |      |      |      |      |               |
|------------------------|--------|-------------|------|------|------|------|------|---------------|
| Properties             | Unit   | Performance |      |      |      |      |      | Test Method   |
| Thickness              | micron | 10          | 12   | 15   | 17   | 20   | 23   | Ecoplast Test |
| Gloss                  | %      | 115         | 115  | 115  | 115  | 115  | 115  | ASTM D 2457   |
| Tensile Strength       | MD     | 15          | 20   | 21   | 23   | 25   | 27   | ASTM D 882    |
|                        | CD     | 10          | 12   | 13   | 14   | 18   | 20   |               |
| Elongation at Break    | MD     | 450         | 500  | 550  | 600  | 600  | 650  | ASTM D 882    |
|                        | CD     | 600         | 650  | 700  | 700  | 750  | 750  |               |
| Dart Impact Resistance | g      | 485         | 485  | 485  | 485  | 485  | 485  | ASTM D 1709   |
| Tear resistance        | MD     | 2000        | 2200 | 2300 | 2500 | 2700 | 3000 | ASTM D 1424   |
|                        | CD     | 3200        | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5500 |               |

The above results are obtained in Ecoplast's own production and laboratory conditions so this data shall not be considered as a certificate of analysis and do not guarantee the same values in case of using our product in different conditions. This table is prepared to define the different product groups in this segment and the performance of the different thicknesses in between them.

### Notes

Stretch films of Ecoplast conform to the norms of EU and FDA and suitable for the use in applications with a direct contact with the food. Please kindly get in contact with Ecoplast for any other products, documents and certificates of your interest.

Ecoplast Plastik Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. 4.Org. San. Böl. 83424 Nolu Cadde No:1. Şehitkamil / GAZİANTEP  
Tel: + 90 342 357 07 00 Fax: + 90 342 357 07 02 İletişim: info@ecoplast-film.com www.ecoplast-film.com

**Kuva 6.** Mercamerin toimittama tekninen seloste konekiristeestä.

### 4.1.3 Polyesteri (PET)

Kollien sitomiseen käytetään polyeteenitereftalaatti muovivanteita (Kuva 7). Ruu-kin toimittaja pakkausvanteille on Signode Industrial Group. Pakkausvanteet myös valmistavat Signode Linjendalin tehdas. Signoden pakkausvanteet valmistetaan 100 % kierrätetystä polyesteristä.

PET-muovia käytetään vesi- ja virvoitusjuomapulloissa. Myös muut läpinäkyvät pullot, kuten astianpesuainepullot ovat valmistettu PET:stä. Suomessa PET:n kier-

rätysprosentti on erittäin korkea, jopa 91 % juomapulloista /11/. Kierrätettyä materiaalia siis riittää niin paljon, että uutta muovia ei tarvita pakkausvanteiden tuotantoon. Kierrätykseen tuotu muovi erotellaan muusta materiaalista, ja PET-muovit jaotellaan värin perusteella. Jaottelun jälkeen muovi prässätään kuutioksi, joka jatkaa matkaa vannetehtaalle.

Kierrätetty muovi sulatetaan ja siihen lisätään väriainetta vanteen värisävyn korjaamiseksi. Sulanut muovi jatkaa matkaansa monikanavaiseen muottiin. Sula jäähdytetään vedellä kiinteäksi. Tämän jälkeen muovi venytetään lämmön kanssa. Venytyksen voima ja lämpötila riippuvat halutuista ominaisuuksista. Vanteeseen painetaan kuvio lisäämään jäykkyyttä ja pitoa. Muovi lämmitetään ja jäähdytetään niin, että sen sisäiset jännitykset häviäisivät. Tämän jälkeen valmis pakkausvanne kerätään rullalle /12/.



**Kuva 7.** Signoden valmistama pakkausvanne.

#### 4.1.4 Styroksi (EPS)

Pitkien kollien päissä on tukena styroksi (EPS) palaset. Ruukin styroksin valmistaa ja toimittaa Styroplast. Styroksin valmistamiseen tarvitaan pentaania ja styreenimonomeeria. Styreeni on erittäin hienojakoista. Styreenin sekaan puhalletaan pentaanihöyryä, joka paisuttaa styreenin tällä styroksin tiheydellä 40 kertaa suuremmaksi alkuperäisestä tilavuudesta. Suurin osa styroksista on ilmaa, joten eri tiheyksiset styroksit omaavat lähes saman hiilijalanjäljen painon mukaan mitattuna. Styroplast käyttää höyryn muodostamiseen puupellettikattiloita. Kun styroksi on paisunut, se on suorakulmion muotoinen suuri yhtenäinen pala. Suorakulmio leikataan kuumalankaleikkurilla oikeaan kokoon /13/.



**Kuva 8.** Leikkaamaton EPS pala.

## 4.2 Aaltopahvi

Aaltopahvin tunnistaa kahden kartongin väliin liimatusta aaltomaiseksi taivutetusta kartonkikerroksesta. Aaltokerroksia voi olla useita. Aaltopahvin raaka-aine on puukuitu, sellu. Puu toimii hiilinieluna, eli kun lasketaan pahvin hiilijalanjälkeä Suomessa, sellutehtaiden päästöt ovat tärkeimpänä päästötekijänä. Puu tuodaan sellutehtaalle yleensä tukkeina. Puut kuoritaan ja haketetaan ja hake keitetään sellukattiloissa kemikaaleissa paineen alla. Sellua lämmitetään noin 170 celsiusen lämpötilaan, kunnes hakkeesta on poistunut tarpeeksi ligniiniä. Keitetty massa viilennetään, lajitellaan, kuivataan ja puristetaan ohueksi levyksi. Levy leikataan ja paalataan pahvitehtaalle kuljettamista varten /14/. Aaltotehtaalla aaltopahvikone aallottaa kartongin kuumilla teloilla ja 10–16 baarin korkeapainehöyryllä. Aallotettu pahvi liimataan noin 80 celsiusasteen lämpötilassa pintakerrosten väliin /15/. Ruukin pahviarkit toimittaa Adara pakkaus Oy. Adaralla on Valkeakoskella aaltopahvitehdas.



**Kuva 9.** Kaksikerroksinen aaltopahvi.

### 4.3 Teräsohutlevy (Kuumasinkitty teräs)

Paneeli-pakkauksessa käytetään teräsohutlevystä valmistettuja suojakulmia (Kuva 10). Ohutlevy valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä. Kuumasinkitys tarkoittaa teräksen upottamista noin 450 celsius-asteiseen kuumaan sinkkikylpyyn, missä teräs ja sinkki reagoivat toistensa kanssa. Ruukin käyttämän teräksen valmistaa SSAB:n tehdas Raahessa /16/. Teräs jatkaa Raahesta Hämeenlinnaan SSAB:n tehtaalle, missä tuotteet valmistetaan kylmävalssauksella ja kuumasinkitään /17/.

Teräsohutlevy, jota käytetään suojakulmissa, on valmistettu Vimpelin tehtaalle toimitetusta kakkoslaadun teräsohutlevystä. Yleensä tämä on kuumasinkittyä 0,7 mm paksuista teräsohutlevyä. Paksuus ja pinnoitus vaihtelevat. Työssä kuitenkin lasketaan päästöt käyttäen yleisintä paksuutta ja pinnoitetta, koska tarkempaa kulumusta ei seurata kyseisellä materiaalilla. Teräsohutlevy taivutetaan Vimpelissä ja toimitetaan Alajärven tehtaalle.



**Kuva 10.** Ruukin käyttämä kuumasinkitty suojakulma.

#### 4.4 Sahattu puutavara

Puuta käytetään pakettien päälle tulevilla laudoilla, jotka suojaavat kollin elementtejä muovivanteen kiristyksestä. Puutavaran Ruukille toimittaa Hartman Oy. Puu toimii hiilinieluna, eli se on kasvamisensa aikana sitonut hiilidioksidia. Puutuotteiden hiilijalanjälki muodostuu puun kaatamisesta, kuljettamisesta, sahan päästöistä ja puun jätteenkäsittelystä, joista vähennetään puun sitoma hiilidioksidi. Hartman Oy ostaa puunsa PEFC sertifioituista metsistä. PEFC-sertifikaatti tarkoittaa, että metsän hoito ja käsittely on ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä /18/.



**Kuva 11.** Sahattu lauta.

##### 4.4.1 Alustat

Alustat ovat käsittelemättömästä puutavarasta valmistettuja kuormalavoja, jotka helpottavat pakettien kuljettamista. Ruukin alustat valmistaa Puu ja Parkki Oy Vimpelissä. Alustojen hiilijalanjälki on hieman korkeampi kuin lautojen, johtuen alustoissa käytetyistä nauloista, ja suuremmista kuljetuspäästöistä.



**Kuva 12.** 60 cm x 80 cm kuormalava.

## 5 HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN

### 5.1 Päästökertoimet

Hiilijalanjäljen laskemiseen tarvitaan jokaiselle materiaalille päästökerroin. Kun tiedetään, kuinka paljon CO<sub>2</sub>-ekv. materiaali tuottaa ja kuinka paljon materiaalia kuluu, saadaan materiaalin hiilijalanjälki kertomalla luvut keskenään.

$$\text{materiaalin päästöt (kgCO}_2\text{ – ekv.)} = \text{materiaalin massa (kg)} * \text{materiaalin päästökerroin (kgCO}_2\text{ – ekv./ kg – materiaali)}$$

ISO 14025 -ympäristöarviossa on moduulit A-D (Kuva 13). Moduulit on jaettu osiin A1, A2, B2, B3 jne. A1-A3 kuvaa tuotevaihetta. A1 on raaka-aineen päästöt. A2 on raaka-aineen kuljetus. A3 on tuotteen valmistamisesta syntyvät päästöt. A4 ja A5 kuvaavat kokoonpano vaihetta. A4 on tuotteen kuljetuksesta syntyvät päästöt ja A5 on kokoonpanosta syntyvät päästöt.

B-moduuli kuvaa käyttövaihetta. Tämän työn kohde, paketointimateriaalit, eivät aiheuta käytön aikana päästöjä. Paketointikoneiden kuluttama sähkö kuuluu käyttövaiheen päästöihin, mutta kyseiset päästöt jätettiin työssä huomioimatta pienen osuutensa sekä kulutuksen haastavan mittaamisen perusteella.

C-moduuli on loppukäsittelyn osuus. C1 on purkaminen, joka ei liity tähän työhön, sillä kyseessä ei ole rakennusmateriaalit. C2 kuvaa jätteen kuljetusta, C3 jätteen käsittelyä ja C4 jätteen hävitystä. D-moduuli on systeemin ulkopuolella tapahtuvat asiat. D-moduulia ei ole jaettu numeroittain, sillä tuotteelle voidaan laskea vain yksi D-moduulin osa. D-moduuliin kuuluu uusiokäyttö, palauttaminen ja kierrätys.



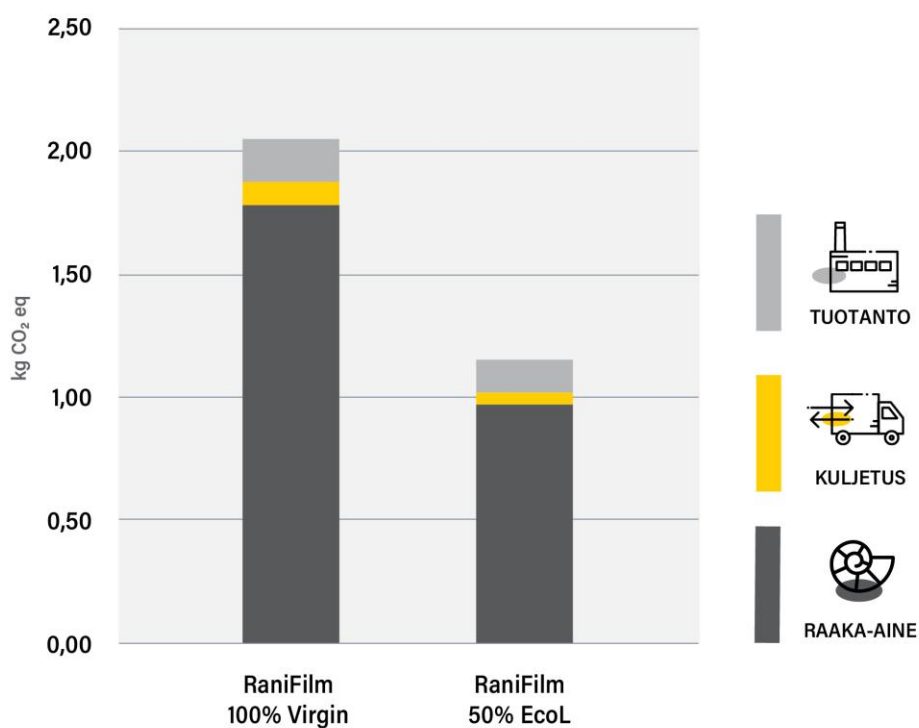
Kuva 2. Kuumasinkityn teräsrakennustuotteen elinkaariarvioinnin vuokaavio

**Kuva 13.** Ruukin kuumasinkittyjen rakennustuotteiden moduulijaottelu.

### 5.1.1 LDPE

RaniPlast ei ole tehnyt Ruukin käyttämälle muoville ISO 14025 mukaista ympäristöarviota. RaniPlastin sivuilta kuitenkin löytyy grafiikka RaniPlast EcoL -muoville /19/. Grafiikka perustuu RaniPlastin LCA-raporttiin vuodelta 2019. RaniPlastin kotisivuilla ei ole kyseistä raporttia jaossa. Grafiikassa on tuotteen raaka-aine-, tuotanto- ja kuljetuspäästöt. Lisäksi RaniMoBar (Polyeteeni PE) muoville on tehty ISO 14025 mukainen ympäristöarvio /20/. Tästä arviosta nähdään, miten RaniPlast on laskenut kuljetuksen päästöt. Tämä luku voidaan muuttaa Ruukin tapaukseen. RaniMoBar-ympäristöarviosta otetaan myös loppukäsittelylle arvo. Arviossa on oletettu, että muovi kierrätetään. Kierrätyksen etu tulee vasta, kun saadaan kierrätettävää materiaalia. Loppukäsittelyn päästöt ovat samaa luokkaa kierrätyksellä ja polttolaitoksella /21/. RaniMoBar-tulokset ovat ilmoitettu per m<sup>2</sup> muovia. Jotta tulokset saadaan per kg, tulokset täytyy kertoa yhdeksällä, sillä 0,12 mm muovin neliöpaino on 0,111 kg/m<sup>2</sup>.

Grafiikasta luettuna saadaan A1–A3. Myös RaniMoBar-arviosta saadut arvot A4, C2 ja C3 voidaan käyttää sellaisinaan. 35 % kuljetuspäästöistä tulee rekkakuljetuksista, jotka on oletettu olevan 1 033 kilometriä (A4), ja 100 km (C2). Muovi kulkeutuu Valkeakoskelta Vantaalle varastoon, mistä se kulkeutuu Ruukille Alajärvelle (535 km). Tämän jälkeen muovi kulkeutuu työmaalle, jonka etäisyys vaihtelee. C2 myös riippuu työmaasta, mutta ympäristöarvion 100 km on luultavasti tarpeeksi lähellä todellisuutta.



**Kuva 14.** Raniplast LCA 2019 -raporttiin perustuva grafiikka.

### 5.1.2 LLDPE

Konekiristeen valmistaja Ecoplast Plastik Ambalaj ei ole antanut tuotteelleen hiilijalanjälkeä, joten tilalla käytetään yleistä arviota. Tiedetään, että LDPE:hen verrattuna LLDPE:n valmistus kuluttaa vähemmän energiaa johtuen matalammasta lämpötilasta ja paineesta. Pohjois-Amerikan muovin valmistusta tutkivan artikkelin mukaan /22/ LLDPE kalvon raaka-aineen päästökerroin olisi 1,5 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg. Sama tutkimus on myös arvioinut LDPE-muoville arvon 1,8 kg CO<sub>2</sub>-ekv/kg, joka on lähes sama kuin RaniPlastin arvio neitseelliselle muovikalvolleen (Kuva 14). Koska Ecoplast ei mainitse, että kalvossa käytetään kierrätettyä raaka-ainetta, otetaan raaka-aineen arvo edellä mainitusta tutkimuksesta. Kuljetus tapahtuu Turkista laivalla Suomeen toimittajan varastoon. Koska LLDPE ja LDPE ovat tiheydeltään lähellä toisiaan ja ne tulevat samasta varastosta, käytetään Raniplastin antamaa arviota kuljetuksille.

Tuotannon osuus on vaikea arvioida, sillä kyseessä on 33-kerroksinen nanokalvo. Tuote on hyvin uusi, eikä edes muilla vastaavan tuotteen valmistajilla ole arviota tuotannon hiilijalanjäljestä, ainakaan yleisessä jaossa helmikuussa 2021. Oletuksella, että nanokalvoon ei lisätä muita kemikaaleja (perustuu Mercamerilta saatuun tekniseen selosteeseen), lasketaan nanokalvon tuotannolle sama päästökerroin kuin yksinkertaisemmalle pursotus-puhallus-prosessille.

### 5.1.3 Polyesteri (PET)

Pakkausvanteen osuus on vain pieni osuus paketista. Pakkausvanteen valmistajalla ei ole ISO 14025 mukaista arviota tuotteilleen. Signode kuitenkin mainitsee, että 100 % pakkausvanteista valmistetaan täysin kierrätetystä materiaalista. Päästökertoimeksi otetaan yleinen arvio kierrätetyille PET-muoville. Kierrätys yhtiö ALPLA:n teettämän tutkimuksen mukaan kierrätetystä materiaalista valmistettu tuote säästää CO<sub>2</sub>-ekv päästöissä 79 %. Neitseellisestä raaka-aineelle valmistetulle tuotteelle annetaan arvo 2,15 CO<sub>2</sub>-ekv/kg. Tämä tarkoittaa 0,45 CO<sub>2</sub>-ekv/kg -arvoa

kierrätetystä materiaalista valmistetulle tuotteelle /23/. Tulosta ei ole jaettu moduuleihin ja ympäristöarvio on tehty muovipullon valmistamiselle eikä pakkausvanteelle. Ero päästöissä ei ole merkittävä.

#### **5.1.4 Styrokksi (EPS)**

Styroplastilla ei ole ISO 14025 mukaista arviota tuotteilleen. Styroplastin emoyhtiöllä, Finnfoamilla on kuitenkin vastaavalle tuotteelle arvio. FF-EPS-sertifikaatista luettuna saadaan styroksille päästökerroin 5,68 CO<sub>2</sub>-ekv/kg /24/. Kummallakin yhtiöllä paisutusprosessi toteutetaan pentaanilla, kuumennus puupellettikattiloilla ja leikkaaminen kuumalankaleikkurilla /13/. Kuljetus Ruukille tapahtuu teräsohutelvykelojen yhteydessä silloin, kun autoon jää ylimääräistä tilaa. Säästö kuljetuksessa on merkittävä johtuen styroksin vähäisestä painosta tilavuuteen verrattuna.

#### **5.1.5 Aaltopahvi**

Adaran pahvitehtaalle ei löydy ympäristöarviota. Sellulle saisi arvon helposti UPM-kymmene:n sivuilta. UPM panostaa vahvasti ympäristöystävällisyyteen ja ympäristöarvio oli nopea löytää. UPM certificate finderilla saadaan erikseen jokaisen tehtaan eri tuotteille oma arvo /25/. Kuitenkaan Adara ei erittele toimittajaa sellulle. Iso-Britanialainen yhtiö Pro Carton antaa päästökertoimen aaltopahville 0,397 CO<sub>2</sub>-ekv/kg /26/. Yleinen cradle to grave -arvio pahville Euroopassa on 0,542 CO<sub>2</sub>-ekv/kg tai 0,397 CO<sub>2</sub>-ekv/kg, jos tuotanto ja jätteenkäsittely on vähäpäästöistä /27/. Tutkimuksessa ei selvitetty tuotantovaiheen vähennyksiä, vaan tuotantovaihe on jo oletettu vähäpäästöiseksi. Vähennykset liittyvät siis täysin jätteenkäsittelyyn. Adaralle on myönnetty Rinki-merkki ja ISO 14001 -sertifikaatti. Rakenustyömaille pahvi päätyy poltettavaan jätteeseen ja sen kautta jätteenpolttolaitokselle. Jätteenpolttolaitos oli tutkimuksessa tarvittava peruste, jotta pienempää päästökerrointa voidaan käyttää.

### **5.1.6 Pelti (teräs)**

Ruukin kuumasinkitylle pellille on tehty ympäristöarvioni. Raaka-aine tulee SSAB:n terästehtaalta Raahesta ja tuotteiden valmistus tapahtuu SSAB:n tehtaalla Hämeenlinnassa. Kuljetuksiin on laskettu matkaksi 370 km kumpaankin A2- ja A4-kohtaan. C2 on laskettu 150 km rekalla 45 % käyttöasteella. Nämä luvut käyvät tällaisina tämän työn tapaukseen /28/.

### **5.1.7 Sahattu puutavara**

Hartman Oy ei ole tehnyt ympäristöarviota tuotteelleen. Lautojen päästökerroin saadaan Puutuoteteollisuus ry:n elinkaariarviosta. Elinkaariarvio perustuu kuu-sesta ja männystä tehtyihin sahatuotteisiin /29/. Metsä Fibre Oy, Stora Enso, Wood Products Oy, UPM Kymmene Oyj ja Versowood Oy osallistuivat elinkaariarvion laatimiseen. Kuljetusmatkaksi on laskettu 191 km (A4).

### **5.1.8 Alustat**

Puu ja Parkki ei ole tehnyt ympäristöarviota tuotteelleen. Alustojen päästöt ovat hieman suuremmat kuin pelkällä sahatavaralla johtuen alustoissa käytetyistä nau-loista ja lisääntyneistä kuljetuksen päästöistä /30/. Tutkimuksen muita tuloksia ei käytetä, sillä ne perustuvat Pohjois-Amerikassa käytettyjen 48 \* 40 tuuman alus-toihin. Kuljetuksen arvot eivät täysin täsmää, sillä Ruukin käyttämässä alustassa on vähemmän materiaalia, vaikka onkin fyysisesti isompi. Tämä vääristää kuljetuk-sen päästöjä paremmaksi, mutta koska Puu ja Parkki sijaitsee lähellä Ruukkia, niin tämä yksi lyhyt kuljetus tasoittaa tuloksia.

## **5.2 Kulutuksen mittaaminen**

Arviossa käytetään Ruukin vuoden 2020 kulutusmääriä. Kulutukset saatiin SAP-jär-jestelmästä toimittajan toimittamista tilauksista. SAP on Ruukin käyttämä toimin-nanohjausjärjestelmä. Tilausmäärät eivät ota huomioon varastoeroja mittausvä-

lillä. SAPista saatuja arvoja muovien osalta varmistettiin manuaalisesti seuraamalla kulutusta linjalla ja punnitsemalla muovit paketeista, jotka joudutaan purkamaan ja paketoimaan uudestaan. Paketit kuluttavat myös kiinteän määrän tiettyjä materiaaleja, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää materiaaleilla, joita ei seurata SAPissa. Koska pakettien määrä oli tiedossa, oli helppo verrata tilausmääriä teoreettiseen kulutukseen.

### **5.3 Mittauksien epätarkkuuksia**

Joistakin pakkausmateriaaleista ei pidetä kirjaa SAPissa ja Alajärven tehdasta tai pakkauspäätä ei ole eroteltu. Suuret tilausmäärät voivat sekoittaa vuoden kulutusta. Vaikka varasto pyritään pitämään suunnilleen samankokoisena, niin silti vuosien välillä on varmasti eroja.

#### **5.3.1 Teräsohutlevystä valmistetut suojakulmat**

Teräsohutlevyjen osalta tulokset ovat luultavasti alimitoitettuja. Suojakulmien kulutusta seurattiin pakkauspäässä ja havaintona oli, että suojakulman kulutus ei ole täysin yhteneväinen paketoitavan kollin pituuden suhteen. Suojakulmia kuluu täyskollin tapauksessa hieman vähemmän kuin paketin pituus kertaa kaksi. Pyramidikolleilla kulutus on selvästi pienempi, noin puolet täyskollista. Pelti voi jäädä kollin kummastakin päästä hieman vajaaksi, mutta koska pellit ovat yhden, kahden tai kolmen metrin mittaisia. niin joillakin kolleilla tulee tilanteita, joissa peltejä joudutaan laittamaan limittäin.

Lopullinen suojakulmien kulutus arvioitiin kollien keskipituuden (5,344 m) ja kollityypin perusteella. Täyskollille arvioitiin suojakulmakulutus kymmeneen metriin ja pyramidikollien tapauksessa kulutus on keskimäärin viisi metriä jokaista kollia kohden.

### 5.3.2 Pakkausvanne

Pakkausvanteiden osalta kulutusta ei voida arvioida SAPista, koska vanteet tilataan Vimpelin tehtaalle, mistä vanteet lähetetään Alajärvelle pyynnöstä. Lisäksi samaa pakkausvannetta käytetään muuallakin Alajärven tehtaalla. Linjalla seurattiin kulutusta. Tulokset olivat tavallista pienempiä, koska juuri kyseisellä ajanjaksolla, kun kulutusta mitattiin, tuotanto oli yhdessä 8 tunnin vuorossa ja linjalla oli ongelmia. 25 kg rullat vaihtuivat vain joka toinen päivä. Tämä ei kuvasta tarkasti vuoden 2020 keskiarvoa. Työntekijöiden mukaan rulla vaihtuu kerran, jos päivä on hyvä. Koska muovivanteen osuus päästöjen osalta on erittäin pieni, on arvion heittojen osuus lopputulokseen hyvin pieni.

### 5.3.3 Päätymuovi

Päätymuovin ongelma on suuret kertatoimitukset ja vaihtelevampi varasto. SAPista saatiin 1:1,13 päätymuovin kulutuksen suhde konekiristeeseen. Linjalta tammikuussa 2021 seurattu kulutus oli 1:1,27. Jos poistetaan yksi päätymuovitoimitus, suhde nousee 1:1,35. Lopulta päädyttiin käyttämään tilausmääriä sellaisinaan, vaikka onkin todennäköistä, että kulutus on vääristynyt ylöspäin.

## 5.4 Kollikohtaiset päästöt

Ruukki halusi myös pakettikohtaisen kulutuksen. Pyramidikollien vaihtelun takia pakettikohtainen kulutus rajattiin täyskolleihin. Täyskollien kiinteät kulutukset, alustat, laudat, muovivanteet ja styroksit ovat jo tiedossa. Tiedetään myös, että päätymuovia kuluu jokaiseen täyskolliin saman verran, kun kollia ei yli muoviteta. Kulunut määrä saatiin punnitsemalla muovi puretusta paketista.

### 5.4.1 Suojakulma

Suojakulmien kulutuksen arviointiin sovellettiin aikaisempaa arviota. Nyt, kun kollin pituus muuttuu, muutetaan suojakulman määrää suhteessa. Kun kollin pituus kasvaa puolella metrillä, lisätään metri suojakulmaa. Tähän tapaan päädyttiin, sillä

vaikka suojakulman määrä voi kasvaa vain kahden metrin hyppyillä, metrinen lisäys tasoittaa hyppyjä eri kollojen väleillä. Jos esimerkiksi 3 100 mm kolloin kuluisi 4 metriä peltiä (2\*2 m), ja 3 200 mm kolloin 6 metriä (2\*3 m), kumpikin lasketaan viidellä metrillä. Mainitut pituudet ja kulutukset ovat keksittyjä, ja niitä tulee käyttää vain esimerkkinä. Tarkkaa pituutta, milloin suojakulman pituus muuttuu, pystytään vain arviomaan, koska käytetyn suojakulman pituus riippuu työntekijästä, joka laittaa pellin paikoilleen. Arviossa kuitenkin pellin pituus on 300 mm kollin pituutta jäljessä. Pellin ei tarvitse peittää koko kollin pituutta ja 300 mm vaje päistä perustuu kymmeneen satunnaisesti mitattuun kolloin ulko-varastossa.

#### **5.4.2 Aaltopahvi**

Aaltopahvin kulutus perustuu myös kollin pituuteen. Kolli peitetään kokonaan pahvilla. Oikea kulutus on kuitenkin hieman enemmän kuin kollin pituus, johtuen siitä, että pahvi laitetaan hieman limittäin tapauksissa, joissa pahvia jäisi vähän yli. Pahvia ei leikata tapauksissa, missä noin puoli metriä pahvia jää yli.

#### **5.4.3 Konekiriste**

Konekiristeen kulutuksen arvioon käytettiin useita eri menetelmiä. Silmämääräinen kulutus, eli laskettiin kuinka monta kertaa kone pyörähtää eri pituisilla pakeilla, SAP-kulutus, konekiristerullan keston seuraaminen ja vertaaminen SAP-raporttiin sekä purettujen pakettien muovin punnitseminen.

SAP-kulutuksella saatiin vain keskiarvo, kuinka paljon muovia kuluu. Tämä ei riitä tarkkaan kollikohtaiseen kulutukseen, kun kollin pituus muuttuu. Silmämääräisestä arviosta myös tiedetään, että kun paketoitinkone aloittaa kollin paketoimisen, se pyörähtää kolme kertaa paikoillaan, paketoit kollin pituuden ja loppuun pyörähtää seitsemän kertaa päätymuovin päälle. Tämä saa aikaan sen, että lyhyempiin paketteihin kuluu suhteessa enemmän muovia kuin pidempiin. SAP-raportti ei ollut kovin hyvä työkalu kollikohtaisen arvion tekemiseen johtuen vajaista ja pyramidikolleista, mutta niillä tiedoilla saatiin linjan normaalikulutuksen suhde

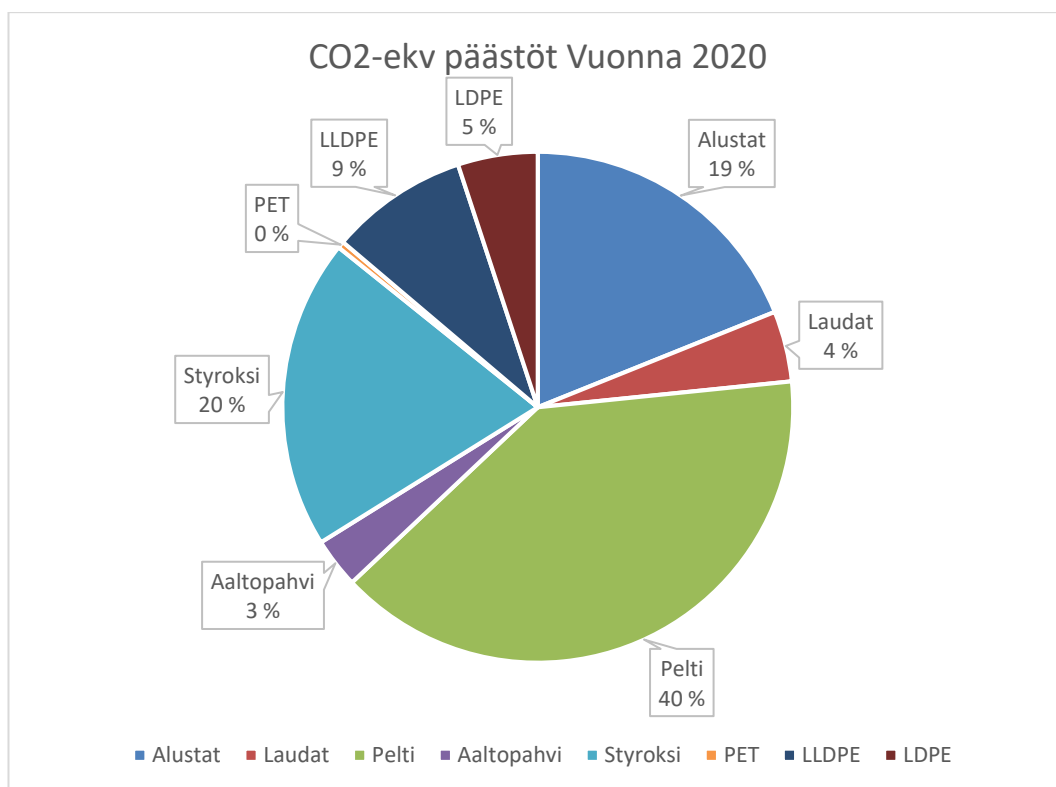
päätymuoviin. Jäljelle jäi punnitseminen ja silmämääräinen arvio. Arvio perustuu kahteen punnittuun pakettiin, silmämääräisiin arvioihin ja SAP-raporttiin. Arvio on pyöristetty ja testattu, että se toimii kaiken pituisilla kolleilla, jotka olivat mukana arviossa. Lyhyemmille ja pidemmille kolleille arviota on vain jatkettu samalla suhteella.

Arvion tekemisen jälkeen sain tietää Ruukin käyttämästä taulukosta, jolla laskeaan paketoinnin kustannuksia. Siinä tehty arvio on käytettyjen neliöiden mukaan ja se on tehty laskemalla koneen pyörähdykset. Kumpikin taulukko oli lähes saman arvoinen, joten arvio jäi sellaiseksi kuin se alun perin tehtiin. Kulutus on 0,5 kg kiinteästi, ja 0,08 kg per 1 000 mm kolla.

Pyramidi kollejen kulutus vaihtelee ja sen tarkka arviointi on käytännössä mahdotonta. Arviota verrattaessa sapista saatuun kulutukseen, huomataan että arvio saattaa olla alimitoitettu, sabin kulutus on liian suuri johtuen varastojen eroista mittaus hetkillä, tai konekiristettä on mennyt tietty määrä hukkaan. Tarkistus menetelmien epätarkkuuksien ja sen tuloksen, 3,09 % ero, perusteella kulutusta ei lähdetä tutkimaan tämän tarkemmin.

## 6 TULOKSET

Tulokset on laskettu vuoden 2020 kulutuksilla. Suojakulmien, styroksitukien ja alustojen päästöt ovat kolme merkittävintä tekijää. Tuloksia ei julkaista kilogrammoina Ruukin pyynnöstä.



**Kuva 15.** CO2-ekv päästöt pakkausmateriaalien mukaan.

### 6.1.1 LDPE – Päätymuovi

Kaikkien päästölähteiden (moduulit A-C) hiilijalanjäljet (kgCO<sub>2</sub>-e./kg) laskettiin yhteen ja lopulta materiaalin kokonaishiilijalanjälki kerrottiin materiaalin kulutuksella (kg), jolloin saatiin vuoden aikana syntynyt päästömäärä (kgCO<sub>2</sub>-e.). LDPE-muovin hiilijalanjäljen laskenta perustuu RaniPlastin ympäristöarvioihin (Taulukko 1).

**Taulukko 1.** LDPE hiilijalanjälki.

| <b>Päästömoduuli</b>                        | <b>Hiilijalanjälki</b> | <b>Lähde</b>          |
|---|------------------------|-----------------------|
| <b>A1-A3</b>                                | 1,15                   | /19/ LCA vasen puoli  |
| <b>A4</b>                                   | 0,18                   | /20/ Results GWP 0.12 |
| <b>C2</b>                                   | 0,018                  | /20/                  |
| <b>C3</b>                                   | 0,153                  | /20/                  |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä</b>             | 1,501                  |                       |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b> | 5 %                    |                       |

### 6.1.2 LLDPE – Konekiriste

LLDPE-muovin hiilijalanjäljen laskenta perustuu tutkimukseen Pohjois-Amerikan muovituotannosta ja RaniPlastin ympäristöarvioihin (Taulukko 2).

Taulukko 2. LLDPE hiilijalanjälki.

| Päästömoduuli                               | Hiilijalanjälki<br>(kgCO <sub>2</sub> -e./kg) | Lähde                 |
|---|---|-----------------------|
| A1  | 1,5   | /22/ Table 1.         |
| A2  | 0,18  | /19/ LCA oikea puoli  |
| A3  | 0,25  | /19/                  |
| A4  | 0,18  | /20/ Results GWP 0.12 |
| C2  | 0,018   | /20/                  |
| C3  | 0,153   | /20/                  |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä</b>             | 2,281   |                       |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b> | 9 %   |                       |

### 6.1.3 Polyesteri PET – Pakkausvanne

Lähde, kierrätysyhtiö ALPLA, ei esittänyt moduulijakoa päästöille. Päästöt laskettu muovipullon valmistamiselle, ero pakkausvanteeseen ei ole lopputuloksen kannalta merkittävä (Taulukko 3).

**Taulukko 3.** PET hiilijalanjälki.

| Päästömoduuli                          | Hiilijalanjälki<br>(kgCO <sub>2</sub> -e./kg) | Lähde |
|--|---|-------|
| Hiilijalanjälki yhteensä               | 0,45  | /23/  |
| Päästö v. 2020 (kgCO <sub>2</sub> -e.) | 0,5 %   |       |

### 6.1.4 Styroksi EPS

Styroksin hiilijalanjäljen laskenta perustuu Styroplastin emoyhtiön Finnfoamin tekemään ympäristöarvioon. Erona Styroplastin valmistamaan styrokseen on Finnfoamin styrokseen lisäämä grafiitti (Taulukko 4).

**Taulukko 4.** EPS hiilijalanjälki.

| <b>Päästömoduuli</b>                        | <b>Hiilijalanjälki<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./kg)</b> | <b>Lähde</b>          |
|---|---|-----------------------|
| <b>A1</b>                                   | 2,38  | /24/ Kohta 19.<br>GWP |
| <b>A2</b>                                   | 0,166   | /24/                  |
| <b>A3</b>                                   | 0,751   | /24/                  |
| <b>C3</b>                                   | 2,38  | /24/                  |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä</b>             | 5,68  |                       |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b> | 20 %  |                       |

### 6.1.5 Aaltopahvi

Aaltopahvin hiilijalanjäljen laskenta perustuu yleiseen tutkimukseen kartongin valmistuksesta Euroopassa. Päästömoduulit eroavat hieman ISO 14025 mukaisesta jaottelusta (Taulukko 5).

-Puuhun sitoutunut hiilidioksidi – A1

-Kartongin valmistuksen ja kuljetuksen päästöt – A2-A4

-Loppukäsittelyyn liittyvät päästöt 0,308

-Valmistusvaiheessa ja loppukäsittelyssä vältetyt päästöt -0,145

**Taulukko 5.** Aaltopahvin hiilijalanjälki.

| <b>Päästömoduuli</b>                        | <b>Hiilijalanjälki<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./kg)</b> | <b>Lähde</b> |
|---|---|--------------|
| <b>A1</b>                                   | -0,73   | /27/ Table 1 |
| <b>A2-A4</b>                                | 0,964   | /27/         |
| <b>C2-C3</b>                                | 0,163   | /27/         |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä</b>             | 0,397   |              |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b> | 3 %   |              |

### 6.1.6 Teräsohutlevy

Teräsohutlevy suojakulmien hiilijalanjälki on otettu Ruukin kuumasinkityistä rakennustuotteiden ympäristöarviosta (Taulukko 6).

**Taulukko 6.** Teräsohutlevyn hiilijalanjälki.

| <b>Päästömoduuli</b>                        | <b>Hiilijalanjälki<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./kg)</b> | <b>Lähde</b>    |
|---|---|-----------------|
| <b>A1</b>                                   | 2,55  | /28/ Taulukko 6 |
| <b>A2</b>                                   | 0,035   | /28/            |
| <b>A3</b>                                   | 0,011   | /28/            |
| <b>A4</b>                                   | 0,033   | /28/            |
| <b>C2</b>                                   | 0,017   | /28/            |
| <b>C3</b>                                   | 0,0024  | /28/            |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä</b>             | 2,6484  |                 |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b> | 40 %  |                 |

**6.1.7 Sahattu puutavara – Laudat**

Lautojen hiilijalanjälki on otettu Puuinfon arviosta sahatulle puutavaralle. Tulokset laskettu kuutioina (Taulukko 7).

**Taulukko 7.** Hiilijalanjälki sahattu puutavara – laudat.

| <b>Päästömoduuli</b>  | <b>Hiilijalanjälki<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./m<sup>3</sup>)</b> | <b>Lähde</b> |
|---|--|--------------|
| <b>A1</b>   | -1289  | /29/ Sivu 9  |
| <b>A2</b>   | 18,51  | /29/         |
| <b>A3</b>   | 615  | /29/         |
| <b>A4</b>   | 8,83   | /29/         |
| <b>C2-C3</b>  | 728  | /29/         |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./m<sup>3</sup>)</b> | 81,3   |              |
| <b>Hiilijalanjälki yhteensä<br/>(kgCO<sub>2</sub>-e./kg)</b>            | 0,17   |              |
| <b>Päästö v. 2020 (kgCO<sub>2</sub>-e.)</b>                             | 4 %  |              |

#### 6.1.8 Sahattu puutavara – Alustat

Alustojen hiilijalanjäljen arvio perustuu sahatun puutavaran arvioon, johon on lisätty nauloista ja kuljetuksista johtuvat lisääntyneet päästöt (Taulukko 8).

**Taulukko 8.** Hiilijalanjälki Sahattu puutavara – Alustat.

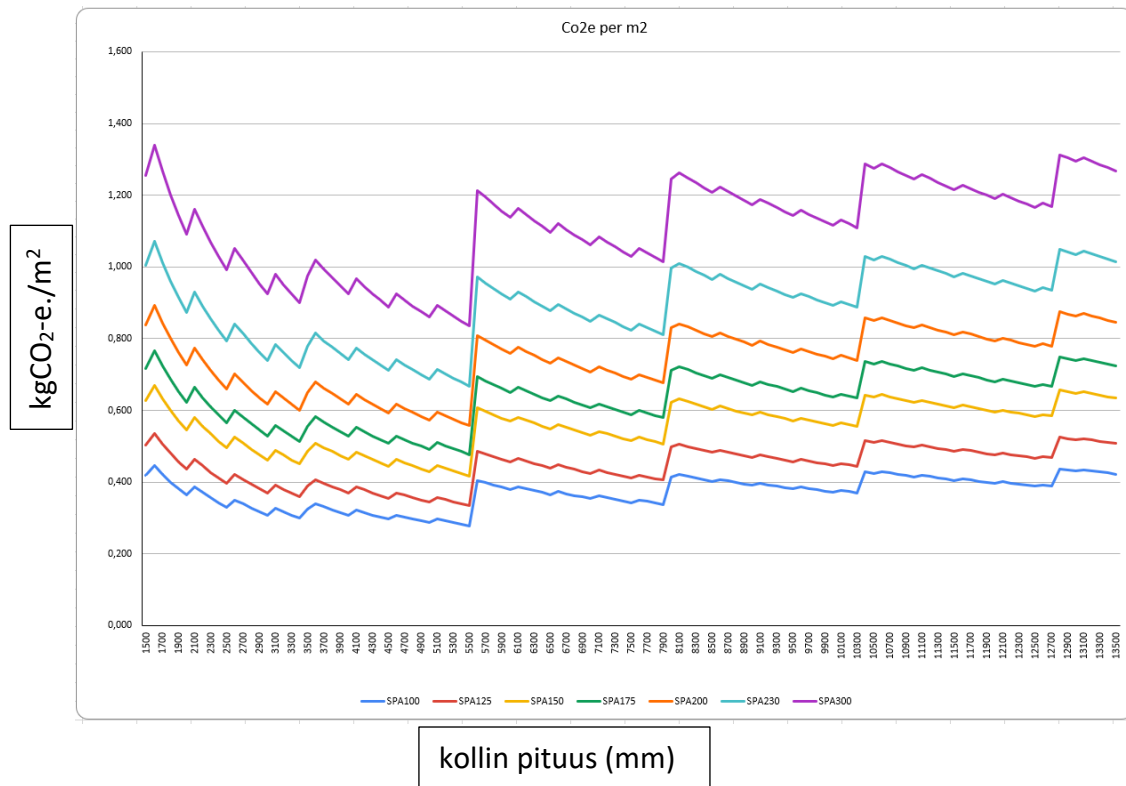
| Päästömoduuli                          | Hiilijalanjälki<br>(kgCO <sub>2</sub> -e./kg) | Lähde            |
|--|---|------------------|
| Hiilijalanjälki Naulat ja kuljetus     | 0,02  | /30/ Huom! Arvio |
| Hiilijalanjälki Puu                    | 0,17  | /29/             |
| Päästö v. 2020 (kgCO <sub>2</sub> -e.) | 19 %  |                  |

## 6.2 Kollikohtaiset tulokset

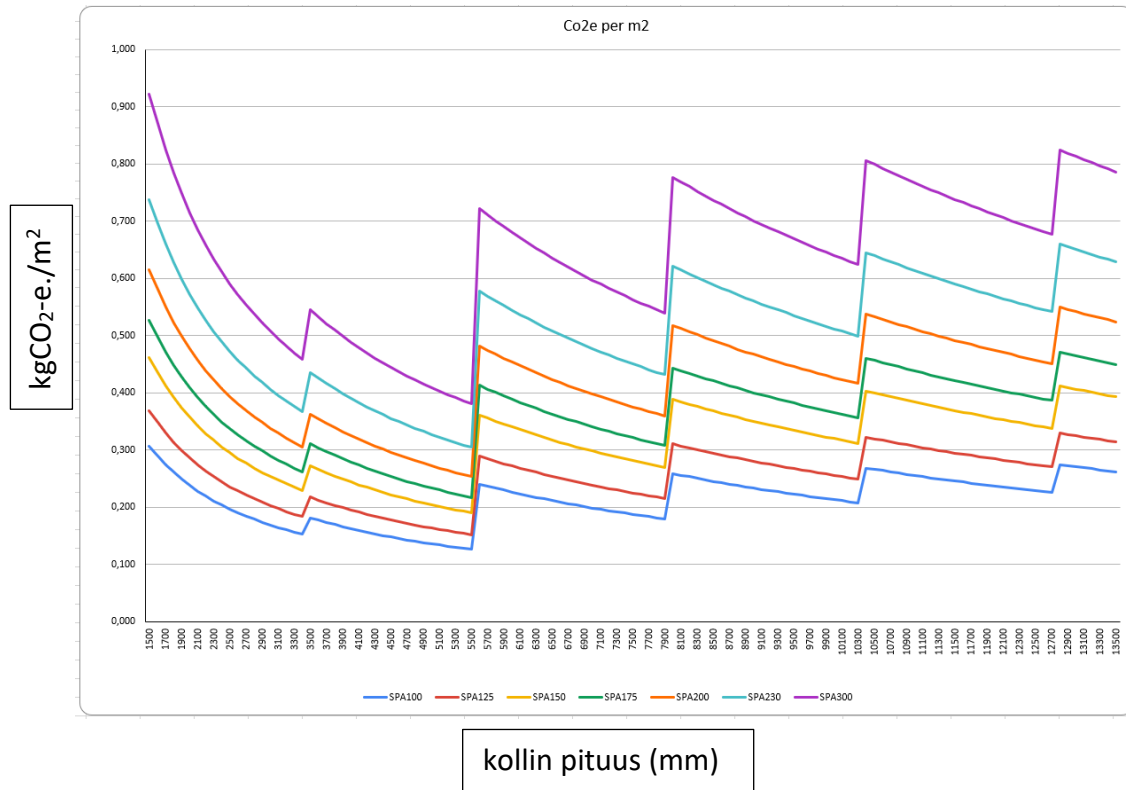
Kuvaajassa **Taulukko 9.** näkyy CO<sub>2</sub>-ekv päästöt per tuotettu Panel-elementit neliö, Panel-elementti paksuudet SPA100-SPA300. SPA100 tarkoittaa 100 mm paksuista Panel-elementtiä ja SPA300 tarkoittaa 300 mm paksuista Panel-elementtiä. ”Sahalaita” tulee kuvaajaan kun pakettiin lisätään pidempi pala suojakulmaa. Nousut päästöissä johtuvat paketoitintyylin vaihdon yhteydessä lisääntyneestä styroksista (Taulukko 2). Tulosten yksikkö on kilogramma CO<sub>2</sub>-ekv päästöjä.

Jokaisella Panel-elementin paksuudella on oma kuvaajansa. **Taulukko 10.** kuvaaja on, kun peltiset suojakulmat eivät ole mukana laskussa. Tämä tasoittaa kuvaajia, saadaan helppolukuisempi tulos ja nähdään kuinka paljon suojakulmat vaikuttavat päästöihin. Kuvaajista huomataan, että parhaat tulokset saadaan juuri ennen kuin paketoitintyyli vaihtuu, ja että pidemmät paketit ovat hieman huonompia kuin lyhyet, poislukien todella lyhyet paketit.

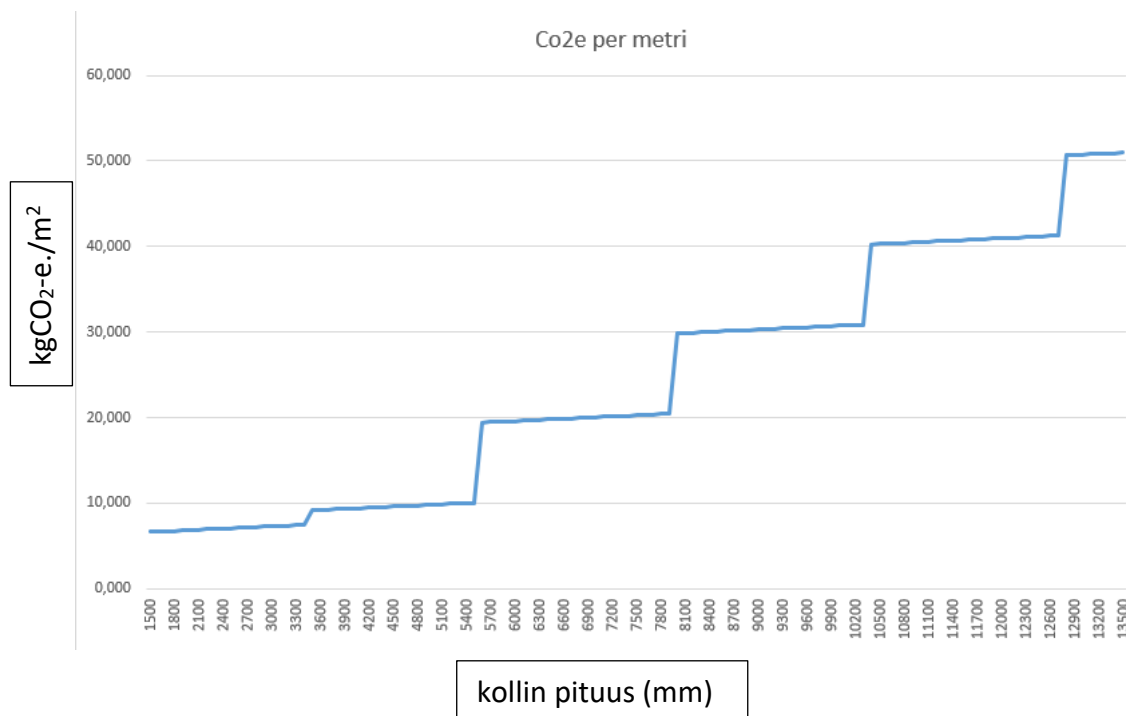
**Taulukko 9.** Neliökohtaiset CO<sub>2</sub>-ekv päästöt eri Panel-elementti paksuuksilla.



**Taulukko 10.** Neliökohtaiset CO<sub>2</sub>-ekv päästöt, jos suojakulmat jätetään huomiotta.



**Taulukko 11.** Panel-elementti pakettin CO<sub>2</sub>-ekv päästöt pakettin pituuden mukaan. Paneelin paksuus ei vaikuta tulokseen.



## **7 KUSTANNUSARVIO**

### **7.1 Kustannusarvion tekeminen**

Ruukki halusi tehdä kustannusarvion paketille. Kustannusarvio toimii tukena, kun selvitetään mitkä muutokset pakkaukseen ovat mahdollisia. Ruukilla oli jo valmis malli paketin kulujen laskemiseen, mutta se ei ollut täysin päivitetty nykyisiin materiaaleihin ja vanhalla mallilla on vähemmän dataa eri pituisista paketeista. Myös kulutukset oli arvioitu epätarkasti. Kuitenkin uusi ja vanha arvio ovat lähellä toisiaan. Kun mietitään mahdollisia muutoksia, kustannusarviolla voidaan perustella, onko muutos mahdollinen.

Kustannusarviota tehdessä tarvitaan jokaiselle materiaalille hinta ja kulutus. Valmiiksi tiedossa on vuoden 2020 ja kollikohtaiset kulutuksen arviot. Hinnat materiaaleille saadaan pääasiassa SAP-järjestelmästä. Muovivanteille, suojakulmille ja alustoille ei ollut Sapissa näkyvää hintaa. Nämä hinnat selvitettiin muilla keinoin.

#### **7.1.1 Teräs ohutlevy**

Teräsohutlevyn hinta saatiin Vimpelin tehtaan tuotantopäälliköltä. Tämä kustannus sisältää raaka-aineen ja työn. Kustannus ei koske niinkään Alajärven tehdasta, mutta kuluttaa silti Ruukin resursseja. Jos suojakulmista pystytään luopumaan, vapautuisi resursseja niin raaka-aineen osalta kuin myös työntekijöitä, jotka kääntävät pellit.

#### **7.1.2 Pakkausvanne**

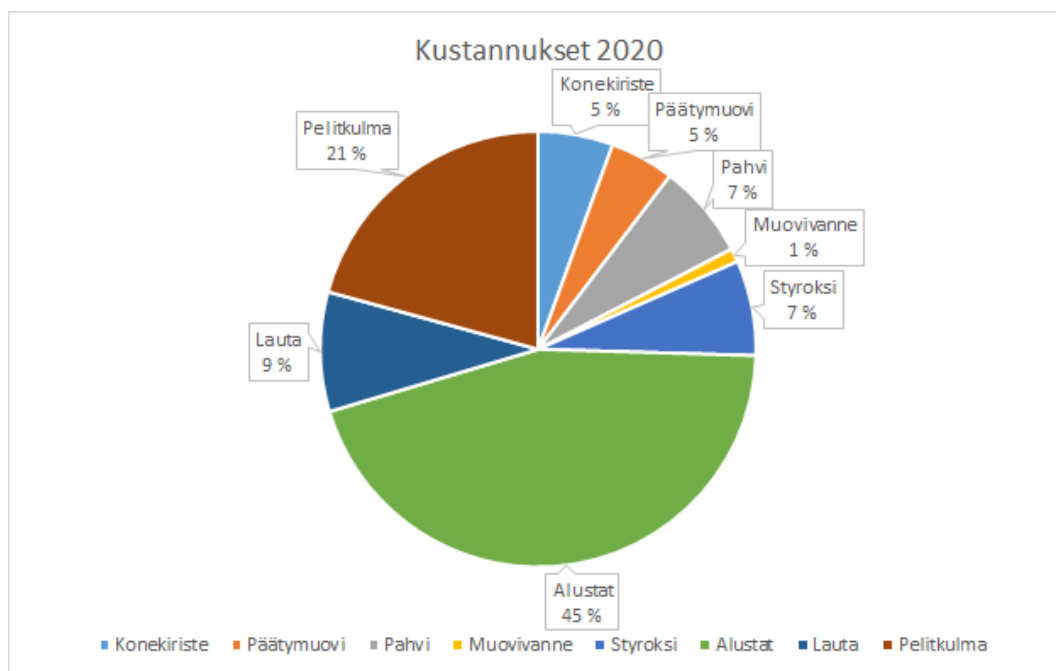
Pakkausvanteelle hintaa ei löytynyt samalla työkalulla kuin muille materiaaleille. Kysyin sähköpostilla tilaajalta hinnat. Pakkausvanteen hinta oli muuttunut pitkin vuotta 2020.

### 7.1.3 Alustat

Alustojen hinnat kysyttiin myös sähköpostilla. Samassa sähköpostissa myös varmistui alustojen määrä. Alustoissa voidaan käyttää valmiiksi kiinnitettyjä nostoliinoja. Kulutusta koitettiin selvittää kysymällä työnjohdosta, kuljetussuunnittelusta ja ostosta. Nostoliinat kuitenkin jätettiin arvion ulkopuolelle.

## 7.2 Tulokset

Materiaalikohtaiset kustannukset on jaoteltu paketille vuoden 2020 kulutuksen ja hintojen mukaan. **Kuva 16** kuvaa miten kulut jakautuvat paketille. Ruukin pyynnöstä hintoja ei julkaista.



**Kuva 16.** Materiaalien kustannusten vuosittainen osuus.

## 8 MUUTOKSET/EHDOTUKSET

### 8.1 Pahvi

Pahvin osalta toteutetaan muutoksia enemmän kustannussyistä kuin päästösyistä. Huomattiin, että suojana toimivaa pahvia kuluu erittäin paljon. Pahvi on paksua ja sitä kuluu enemmän kuin paketin pituus on. Vimpelissä käytettyä yksikerroksista pahvia testataan Panel-elementti pakettiin. Pahvin kulutusta saadaan hieman pienemmäksi pienemmän hukan ja painon takia. Pahvi on myös kustannuksiltaan selvästi halvempi. Muutosta testataan luultavasti jo lähiaikoina. Testissä tarkastellaan suojaako rullapahvi elementtiä painaumilta ja naarmuilta.

### 8.2 Peltinen suojakulma

Peltinen suojakulma on suurin yksittäinen päästöjen tuottaja. Suojakulmista voidaan ehkä päästä kokonaan eroon. Suojakulmat kuluttavat huomattavan määrän Vimpelin ja Alajärven tehtaan resursseja. Korvaajaksi mahdollisesti tulee muovinen kuormaliinasuoja. Itse pakettiin ei siis tulisi enää suojakulmaa, vaan kuljetuksen aikana kuormaliinan kohdalle, silloin kun kuormaliinaa ei saada laudan kohdalle.

Suojakulmasta luopuminen voi aiheuttaa useita ongelmia. Työmailla paneelinipuja nostetaan lähes aina liinoilla, keskeltä pakettia koukulla. Liinat painattavat elementin reunoja tällä tavalla nostettaessa. Suojakulma voi tuoda myös asiakkaalle lisäarvoa, sillä metallijätteellä on rahallista arvoa tai muussa sovelluksessa käytettynä. Myynnin mukaan joskus asiakas on esittänyt, että voidaanko paketit toimittaa 3 millillä paksuilla suojakulmilla. Tästä voidaan päätellä, että osa asiakkaista käyttää suojakulmia uusiksi työmailla. Wasaconin työmaalla tehdyssä haastattelussa ei tullut ilmi, että kyseisellä työmaalla suojakulmia käytettäisiin johonkin muuhun.

Ainakin seuraavat testit tulisi tehdä, ennen kuin suojakulmasta voidaan luopua:

-Pakkausvanne ei jätä jälkiä, jos suojakulmaa ei laiteta.

-Elementtien pontit eivät mene linttaan koukulla nostaessa.

-Kuorman sidonta ei aiheuta jälkiä.

Aihetta olisi syytä miettiä enemmänkin. Jos suojakulmasta luopuminen olisi mahdollista, saataisiin paketin CO<sub>2</sub>-ekv. päästöihin merkittävä vähennys.

### **8.3 Styroksi**

Styroksin hiilidioksidipäästöt ovat käyttötarkoitukseen ja käytettyyn määrään verrattuna suuret. Styroksin kustannuksetkin ovat korkeat. Korkea kustannus mahdollistaa korvaajan etsimisen. Puristepuu ja pahvi ovat ainakin vaihtoehtoja. Tarvittavat ominaisuudet ja kustannukset kuitenkin tekevät korvauksesta haastavan. Kantavuus ei luultavasti tuota ongelmia. Kappaleen tulee olla suhteellisen kevyt ja kestää kosteutta.

### **8.4 Alustat**

Alustojen päästöt ovat suuri osa paketin kokonaispäästöistä. Alustojen osalta päästöjen vähentäminen täytyy toteuttaa muilla keinoilla kuin materiaali muutoksilla. Puisen alustan päästökerroin on hyvä sellaisenaan.

Ongelma muodostuu suuresta kulutuksesta. Alustan elinkaarta pidentämällä hiilijalanjälkeä saataisiin pienennettyä. Nykyään alustat ovat kertakäyttöisiä. Rakennustyömaalla alusta päätyy roskiin. Alusta kuitenkin on vielä täysin käyttökelpoinen. Suuriin projekteihin tarvitaan useita Panel-elementti toimituksia. Tällaisissa tapauksissa olisi mahdollisuus palauttaa alustat kustannustehokkaasti Ruukille. Tämä järjestely aiheuttaa lisätyötä rakennustyömaalle, joten palautetuista alustoista tulisi sopia korvaus rakennustyömaan kanssa. Rakennustyömaalle korvattavan summan suuruutta päätettäessä tulee ottaa huomioon Ruukin saama hyöty ja

kuljetuksista koituvat lisäkustannukset. Tällaisen systeemin järjestäminen tulee olemaan haastavaa. Rakennustyömaat eivät ole niin organisoituja kuin tuotannon työympäristöt, palautuksien organisoiminen aiheuttaa lisätyötä Ruukille, sekä summa, jonka Ruukki pystyy maksamaan palautetuista alustoista voi olla niin pieni, että asiakkaat eivät vaivaudu keräämään alustoja palautettavaksi.

## 9 YHTEENVETO

Työssä saatiin selville tärkeitä epäkohtia, merkittävimpinä suojakulmat sekä styroksituet. Ympäristöarvion osalta tulokset ovat suuntaa antavia, johtuen toimittajien puutteellisista ympäristöarvioinneista. Päästökertoimia on jouduttu sovelta-  
maan ja tekemään oletuksia, jotka eivät täysin vastaa todellisuutta.

Ehdotetuilla muutoksilla saataisiin paketin hiilijalanjälkeä merkittävästi pienem-  
mäksi ja muutokset voitaisiin toteuttaa kustannustehokkaasti. Muutoksissa löytyy  
epäkohtia, jotka tulee selvittää ennen käyttöönottoa. Projekti on onnistunut, vasta  
kun kaikki osapuolet ovat tyytyväisiä.

Kollikohtaisia kuvaajia voidaan hyödyntää suuntaa antavina. Todelliset päästöt  
saattavat olla pienemmät tai suuremmat kuvaajan ilmoittamasta luvusta. Kuvaa-  
jaa saadaan tulevaisuudessa tarkennettua, kun saadaan kaikilta pakkausmateriaa-  
lien toimittajilta ympäristöarviot.

Ruukin paketilla on jo nyt hyvä hiilijalanjälki. Hiilijalanjälkeä kuitenkin saadaan pa-  
rannettua suhteellisen helposti tulevaisuuden investointien yhteydessä. Ympäris-  
tön suojelemisen lisäksi hiilijalanjäljen pienentäminen hyödyntää Ruukkia positii-  
visella näkyvyydellä ja mahdollisilla kulujen karsimisella.

## LÄHTEET

- /1/ Ruukki Construction Oy. 2021. Ruukki lyhyesti. Viitattu 10.02.2021. <https://www.ruukki.com/fin/tietoa-meist%C3%A4/company/company#ruukki-lyhyesti>
- /2/ Ruukki Construction Oy. 2021. Sandwich-paneelit ulkoseiniin. Viitattu 10.02.2021. <https://www.ruukki.com/fin/building-envelopes/products/wall-structures/sandwich-panels-for-external-walls?TabfiltersB2B=1tabfilter>
- /3/ Euroopan komissio. 2016. European Platform on Life Cycle Assessment (LCA). Viitattu 10.02.2021. <https://ec.europa.eu/environment/ipp/lca.htm>
- /4/ Valtioneuvosto 2020. Reilulla siirtymällä kohti hiilineutraalia Suomea. Viitattu 10.02.2021. <https://valtioneuvosto.fi/documents/10616/20764082/hiilineutraaliuden+tiekartta+03022020.pdf/1f1dfbea-f623-9197-5352-23a7f1b83703/hiilineutraaliuden+tiekartta+03022020.pdf>
- /5/ Seppälä J., Alestalo M., Ekholm T., Kulmala M. & Soimakallio S. 2018. Viitattu 10.02.2021. <https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Hiili-neutraalisuuden-tavoittelu-mita-se-on-missakin-yhteydessa.pdf>
- /6/ ISO – International Organization for Standardization. 2006. ISO 14025:2006. Viitattu 10.02.2021. <https://www.iso.org/standard/38131.html>
- /7/ Suomen Standardisoimisliitto SFS Oy. 2018. SFS-EN ISO 14067:2018: Kasvi-huonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. Viitattu 10.02.2021.
- /8/ Somppi L. 2017. Kestävä rakentaminen. Viitattu 11.02.2021. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139351/Somppi\\_Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/139351/Somppi_Laura.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- /9/ Muoviteollisuus Ry. Muovitietoa. Viitattu 11.02.2021. <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/>
- /10/ Royal Society of Chemistry. 2012. Polythene. Viitattu 12.02.2021. <https://edu.rsc.org/resources/polythene/28.article>
- /11/ Ekokumppanit Oy. 2021. Muoviopas. Viitattu 12.02.2021. <https://ekokumppanit.fi/muoviopas/>
- /12/ FROMM Plastics GmbH. Muovivanteiden valmistus. Viitattu 12.02.2021. <https://www.fromm-plastics.de/herstellung/petband/>
- /13/ Kruth, Saku, myynti-insinööri. Styroplast Oy, Valkeakoski. Puhelinhaastattelu 5.1.2021. Haastattelijana Elias Orava. Viitattu 21.01.2021.

- /14/ UPM Pulp. Viitattu 15.02.2021. <https://www.upmpulp.com/fi/>
- /15/ Palmroosh M. 2015. Aaltopahvin valmistus ja jalostus. Viitattu 15.02.2021. <https://docplayer.fi/12985400-Aaltopahvin-valmistus-ja-jalostus.html>
- /16/ SSAB AB. SSAB Raahe. Viitattu 11.02.2021. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>
- /17/ SSAB AB. SSAB Hämeenlinna. Viitattu 11.02.2021. <https://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/hameenlinna>
- /18/ Metsäkeskus. 2021. Metsäsertifiointi. Viitattu 16.02.2021 <https://www.metsakeskus.fi/metsasertifiointi>
- /19/ Ab Rani Plast Oy. 2021. Raniplast vastuullisuus. Viitattu 10.02.2021. <https://www.raniplast.com/fi/kestavyys>
- /20/ Epd-Norge. 2016. Enviromental product declaration - RaniMoBar. Viitattu 10.02.2021. [https://www.epd-norge.no/getfile.php/136948-1482227035/EPDer/Byggevarer/Takbelegg\\_membraner/NEPD-1230-387\\_Rani-MoBar.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/136948-1482227035/EPDer/Byggevarer/Takbelegg_membraner/NEPD-1230-387_Rani-MoBar.pdf)
- /21/ Eriksson O. 2009. Plastic waste as a fuel – CO<sub>2</sub>-neutral or not? Viitattu 10.02.2021 <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2009/EE/b908135f#!divAbstract>
- /22/ Posen D. 2017. Greenhouse gas mitigation for U.S. plastic production: energy first feedstocks later. Viitattu 10.02.2021. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa60a7>
- /23/ Fehringer R. 2017. Certificate. Viitattu 22.3.2021. <https://petrecyclingteam.com/en/excellent-co2-balance>
- /24/ Finnfoam Oy. 2016. Finnfoam EPS - Enviromental product declaration. Viitattu 21.01.2021. [https://www.finnfoam.fi/application/files/2615/5360/3927/FF-EPS\\_RTS\\_EPD\\_-\\_ymparistoseloste.pdf](https://www.finnfoam.fi/application/files/2615/5360/3927/FF-EPS_RTS_EPD_-_ymparistoseloste.pdf)
- /25/ UPM-Kymmene Oyj. 2021. UPM Certificate finder. Viitattu 16.02.2021. <https://www.upm.com/responsibility/fundamentals/certificate-finder/>
- /26/ Pro Carton. 2009. Cartons and Carbon Footprint. Viitattu 16.02.2021. [https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2014/08/carton\\_carbon.pdf](https://www.procarton.com/wp-content/uploads/2014/08/carton_carbon.pdf)
- /27/ Eriksson E., Karlsson P., Halberg L. & Jelse K. 2010. Carbon Footprint of Cartons in Europe. <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b75c7/1445517446481/B1924.pdf>

/28/ Ruukki Construction Oy. 2020. Kuumasinkityt rakennustuotteet - Ympäristöseloste. Viitattu 11.02.2021. [https://www.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/epd/rts\\_epd\\_48-20\\_rc\\_kuumasinkityt-rakennustuotteet\\_fi.pdf?sfvrsn=8637371290059230000](https://www.ruukki.com/docs/default-source/b2b-documents/epd/rts_epd_48-20_rc_kuumasinkityt-rakennustuotteet_fi.pdf?sfvrsn=8637371290059230000)

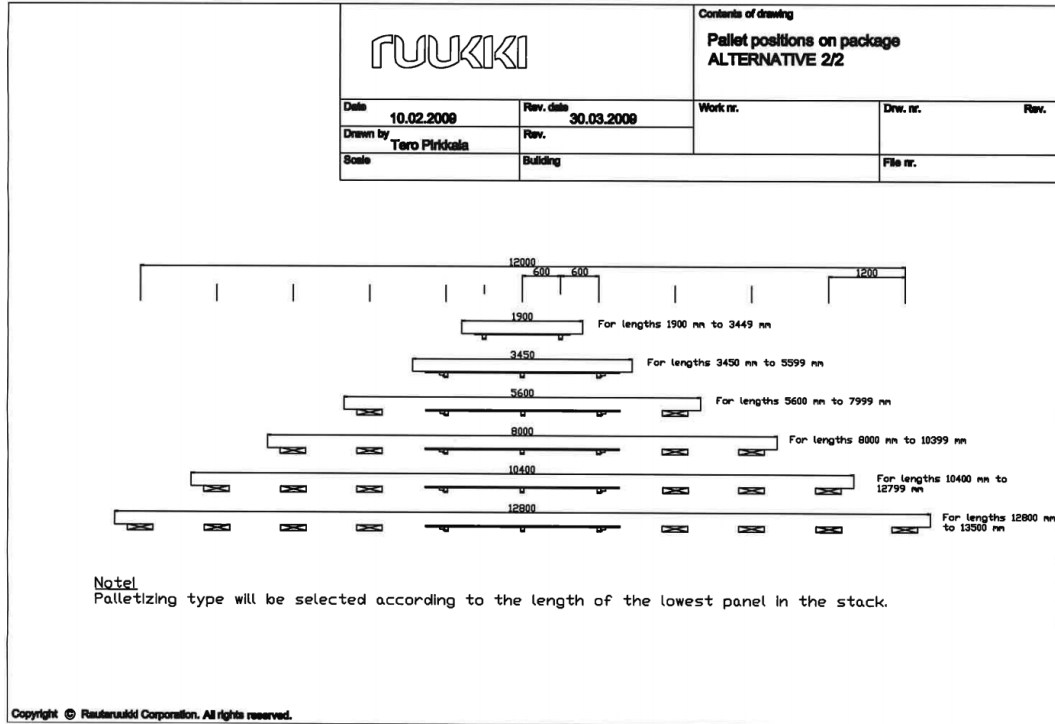
/29/ Puuinfo. 2019. RTS EPD ympäristöseloste. Viitattu 17.20.2021. [https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/RTS EPD 27-19 Puutuoteteollisuus Suomalainen kuivattu sahatavara allekirjoitettu.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/06/RTS_EP_D_27-19_Puutuoteteollisuus_Suomalainen_kuivattu_sahatavara_allekirjoitettu.pdf)

/30/ Carrano A. & Thorn B. 2014. Characterizing the Carbon Footprint of Wood Pallet Logistics. Viitattu 17.02.2021. [https://www.researchgate.net/publication/285640628 Characterizing the Carbon Footprint of Wood Pallet Logistics](https://www.researchgate.net/publication/285640628_Characterizing_the_Carbon_Footprint_of_Wood_Pallet_Logistics)

/31/ Wrap UK. 2012. Optimisation of pallet wrapping film use. Viitattu 1.3.2021. <https://pdf4pro.com/view/final-report-optimisation-of-pallet-wrapping-film-use-26ae06.html>

# LIITTEET

## LIITE 1. Panel-pakkaukset eri elementin pituuksilla.



**LIITE 2.** Alustojen punnituksessa käytetty pumppukärry vaaka, tarkkuus 1 kg.



**LIITE 3.** Pakkausmateriaalien punnituksessa käytetty vaaka, tarkkuus 1 g.

FOR MEASURABLE SUCCESS

**SOEHNLE**  
PROFESSIONAL

## COUNTING SCALE 9222

OPERATING MANUAL

Trade, Commerce and Industry



[www.soehnle-professional.com](http://www.soehnle-professional.com)

**LIITE 4.** Haastattelulista - Elina Pollari.

**Ruukin paketti**

Aiheuttaako paketointimateriaalit jätehuollollisia ongelmia?

---

Jääkö paketointimateriaaleja rakennustyömaalle lojumaan?

---

Jääkö jokin materiaali erityisesti maahan?

---

Auttaisiko tilannetta, jos paketissa olisi vähemmän eri materiaaleja?

---

Onko paketeissa ollut muovin sisällä vettä?

---

**Rakennustyömaan jätehuolto**

Kuinka tarkasti jätteet lajitellaan?

---

Minne sekajäte/poltettava jäte päätyy?

---

Onko jätehuoltoon tulossa muutoksia? Esimerkiksi tarkempaa lajittelua?

---