

Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi

**Hiilijalanjälki sekä haitallisten aineiden
terveys- ja ympäristövaikutukset**

Jyrki Laitinen ja Riikka Malila

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 41 / 2020

Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi

**Hiilijalanjälki sekä haitallisten aineiden
terveys- ja ympäristövaikutukset**

Jyrki Laitinen ja Riikka Malila



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 41 | 2020
Suomen ympäristökeskus
Kulutuksen ja tuotannon keskus

Kirjoittajat: Jyrki Laitinen, Riikka Malila
Suomen ympäristökeskus

Vastaava erikoistoimittaja: Ari Nissinen

Rahoittaja/toimeksiantaja: Työ- ja elinkeinoministeriö
Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)
Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Jyrki Laitinen
Kannen kuva: Adobe Stock

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke sekä ostettavissa painettuna SYKEN verkkokaupasta: syke.omapumu.com

ISBN 978-952-11-5227-6 (PDF)
ISBN 978-952-11-5226-9 (nid.)
ISSN 1796-1726 (verkkoj.)
ISSN 1796-1718 (pain.)

Julkaisuvuosi: 2020

Tiivistelmä

Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi

– Hiilijalanjälki sekä haitallisten aineiden terveys- ja ympäristövaikutukset

Joutsenmerkin mukaisissa ympäristömerkityissä taloissa ei rakennusten vesijohdoissa saa käyttää kupariputkia. Kriteerit ovat samat kaikissa Pohjoismaissa. Asiasta on esitetty eriäviä mielipiteitä, erityisesti on toivottu kupariputkien sallimista käytettäväksi asuinrakennuksissa ja niihin verrattavissa olevissa rakennuksissa. Ruotsissa jotkin tahot ovat kupariputkien käyttöä vastaan, koska sen on väitetty mm. heikentävän puhdistamolietteen laatua. Suomessa kupariteollisuus ei tätä näkemystä ole hyväksynyt.

Työ- ja elinkeinoministeriö on esittänyt toiveen puolueettoman selvityksen tekemisestä siten, että eri putkimateriaalien ympäristövaikutuksia vertailtaisiin elinkaariperiaatteella. Tässä selvityksessä Suomen ympäristökeskus (SYKE) keräsi tietoa putkimateriaalien (kupari, muovi ja komposiitti) valmistuksesta, käytön vaikutuksista terveydelle ja ympäristölle sekä kierrätettävyydestä. Selvitys rajattiin asuin- käyttöön ja sitä vastaavien rakennusten sisällä oleviin vesijohtoihin.

Selvitysten perusteella ei löydetty selkeitä eroja eri putkimateriaalien ympäristövaikutuksissa. Etenkin hiilijalanjäljen osalta eri materiaalien välinen paremmuusjärjestys voi vaihdella mm. käytetyistä energialähteistä ja käyttö- ja valmistuspaikan maantieteellisestä sijainnista johtuen. Myös materiaalien kierrätettävyys huomioitiin selvityksessä.

Minkään putkimateriaalin ei todettu aiheuttavan haitallisia terveysvaikutuksia. Jotkut asiantuntijat ovat olleet huolissaan kupariputkista veteen liukenevan kuparin ympäristövaikutuksista, mutta sille ei löydetty selkeitä perusteita. Kupari on alkuaine, jota kasvit ja eliöt tarvitsevat hivenaineeksi. Selvityksen perusteella kupariputkista liukenevan kuparin määrä oli alhainen ja vesistöistä ei ole havaittu suosituksia ylittäviä pitoisuuksia.

Kuparin haitallisuutta vesiympäristössä sekä sen vaikutusta viljelysmaihin puhdistamolietettä lannoitteena käytettäessä on tässä tutkimuksessa arvioitu tutustumalla aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin, annettuihin lausuntoihin sekä haastatteleamalla alan asiantuntijoita. Näiden perusteella voidaan todeta, että vesijohtoputkista liukenevan kuparin vaikutusta vesiympäristössä ei voida pitää merkittävänä. Puhdistamolietteen haitallista vaikutusta viljelysmaihin saattaa esiintyä ainoastaan niillä alueilla, joilla kuparipitoisuus on jo luonnostaan korkea. Pohjoismaissa on joitakin tällaisia alueita. Viljelysmaiden kokonaispinta-alasta tämä on hyvin pieni osuus, ja puhdistamolietteen käyttö lannoitemateriaalina on yksinkertaista lopettaa näillä pelloilla. Siten ei ole perusteltua kieltää kupariputkien käyttöä tämän syyn vuoksi.

Asiasanat:

vesijohdot, kupari, muovi, hiilijalanjälki, ympäristövaikutukset, haitallisuus, haitalliset aineet, puhdistamoliete, pellot

Sammanfattning

Bedömning av rörmaterial som används i byggnader

- Koldioxidavtryck samt effekter på hälsan och miljön av skadliga ämnen

I hus som är miljömärkta enligt Svanen får man för närvarande inte använda kopparrör i hushållsvatten-
nätverken. Kriterierna är desamma i alla nordiska länder. Avvikande åsikter har framförts, särskilt öns-
kemål om att kopparrör ska tillåtas i bostadshus och därmed jämförbara byggnader. I Sverige är vissa
instanser emot användningen av kopparrör, eftersom dessa bland annat påstås försämra kvaliteten på
slam från reningsverk. I Finland har kopparindustrin inte godkänt denna uppfattning.

Arbets- och näringsministeriet har framför ett önskemål om att en opartisk utredning ska göras så
att miljökonsekvenserna för olika rörmaterial jämförs enligt livscykelprincipen. I denna utredning sam-
lade Finlands miljöcentral (SYKE) in information om tillverkningen av rörmaterial, verkningarna av an-
vändningen på hälsan och miljön samt återvinningsbarheten. Utredningen begränsades till bostadsbruk
och vattenledningar inne i motsvarande byggnader.

Utifrån utredningarna hittades inga tydliga skillnader i miljökonsekvenserna för olika rörmaterial.
I synnerhet vad gäller koldioxidavtrycket kan rangordningen mellan olika material variera beroende på
bland annat de energikällor som används och bruks- och tillverkningsplatsens geografiska läge. Även
materialens återvinningsbarhet beaktades i utredningen.

Inget rörmaterial konstaterades orsaka skadliga hälsoeffekter. En del experter har däremot varit oro-
liga för miljökonsekvenserna av koppar som löser sig i vattnet från kopparrör, men man hittade inga
klara grunder för detta. Koppar är ett grundämne som växter och organismer behöver som spårämne.
Enligt utredningen var mängden koppar som löses upp från kopparrör låg och i vattendragen har man
inte observerat halter som överskrider rekommendationerna.

I denna undersökning har man genom att bekanta sig med tidigare undersökningar, utlåtanden och
genom att intervjua experter inom branschen bedömt koppars skadlighet i vattenmiljön och dess inver-
kan på odlingsmarkerna vid användning av slam från reningsverk som gödselmedel. Utifrån dessa kan
man konstatera att koppar som löses upp från vattenledningsrören inte kan anses ha någon betydande
inverkan på vattenmiljön. Skadliga effekter av slam från reningsverk på odlingsmarker kan förekomma
endast i områden där kopparhalten redan är hög. Det finns några sådana områden i Norden. Av den to-
tala arealen odlingsmark är detta en mycket liten andel och det är inte motiverat att förbjuda använd-
ningen av kopparrör av denna anledning. Däremot är det enkelt att sluta använda slam från reningsverk
som gödselmaterial på dessa åkrar och använda det som återvinningsmaterial någon annanstans.

Nyckelord:

vattenledningar, koppar, plast, kolavtryck, miljöpåverkan, skadlighet, skadliga ämnen, avloppsslam,
odlat fält

Abstract

Evaluation of piping materials used in buildings - Carbon footprint and health and environmental effects of harmful substances

At the moment, copper pipes are not allowed in domestic water networks in eco-labelled houses according to the Swan label. The criteria are the same in all Nordic countries. Dissenting views have been expressed, in particular on the need to allow copper pipes for use in residential and comparable buildings. In Sweden, some parties are opposed to the use of copper pipes, as it has been alleged e.g. to degrade the quality of sewage sludge. In Finland, the copper industry has not accepted this view.

The Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland has expressed the wish to conduct an objective study so that the environmental impacts of different pipe materials could be compared on a life-cycle basis. In this study, the Finnish Environment Institute (SYKE) collected information on the manufacture of pipe materials, the effects of use on health and the environment, and recyclability. The survey was limited to residential use and water mains inside similar buildings.

Based on the studies, no clear differences were found in the environmental impacts of different pipe materials. Especially with regard to the carbon footprint, the order of priority between different materials can vary e.g. due to the energy sources used and the geographical location of the place of use and manufacture. The recyclability of materials was also taken into account in the study.

No piping material was found to cause adverse health effects. Some experts, on the other hand, have been concerned about the environmental effects of water-soluble copper from copper pipes, but no clear justification was found. Copper is an element that plants and organisms need as a trace element. Based on the study, the amount of copper soluble in the copper pipes was low and no concentrations exceeding the recommendations were detected in the water bodies.

The harmful effect of copper on the aquatic environment and its effect on farmland when using sewage sludge as a fertilizer has been assessed in this study by reviewing previous studies, opinions issued and interviewing experts in the field. Based on these, it can be stated that the effect of soluble copper in water pipes on the aquatic environment cannot be considered significant. Adverse effects of sewage sludge on arable land may only occur in areas where copper levels are already naturally high. There are some such regions in the Nordic countries. This is a very small proportion of the total area of arable land, and it is not justified to prohibit the use of copper pipes for this reason. Instead, the use of sewage sludge as a fertilizer material can simply be prohibited in these fields, and it can be used as a recycled material elsewhere.

Keywords:

water pipes, copper, plastic, carbon footprint, environmental impact, harmfulness, harmful substances, sewage sludge, cultivated fields

Esipuhe

Tämä tutkimus tehtiin Suomen ympäristökeskus SYKEn toimesta työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) tilauksesta. Tavoitteena oli saada tietoa Joutsenmerkin talousvesiputkien materiaalisuositusten pohjaksi. Tarkastelu rajattiin kolmeen pääasiallisesti käytettävään materiaaliin, kupariin, PEX-muoviin sekä komposiittiin, joka sisältää yleensä muovia ja alumiinia. Koska tästä aiheesta on tehty runsaasti tutkimuksia aikaisemminkin, päätettiin, että SYKE ei tee erillisiä laskelmia, vaan kokoaa olemassa olevasta tiedosta hyvän näkemyksen asiasta.

Tutkimuksen ohjausryhmänä toimi TEM:stä ja Ympäristömerkintä Suomi Oy:stä muodostettu ryhmä, joka kokoontui tarpeen mukaan n. kahden kuukauden välein. Ryhmän puheenjohtajana TEM:stä toimi Eeva-Liisa Koltta-Sarkanen, muina jäseninä Eija Fagerlund ja Mika Honkanen TEM:stä sekä Karin Bergbom, Riikka Holopainen ja Terhi Uusitalo Ympäristömerkintä Suomi Oy:stä. Työ aloitettiin kesällä 2019, tarkastelut ja haastattelut tehtiin pääosin vuoden 2019 aikana ja raportointi alkuvuodesta 2020. Merkittävänä osana haastatteluissa ja tiedon tuottajina olivat Muoviteollisuus ry asiantuntijoina Kari Kuivalainen ja Ilari Aho (Uponor Suomi Oy) sekä kupariteollisuuden edustaja Scandinavian Copper Development Association asiantuntijoina Pia Voutilainen ja Teemu Pihl (Cupori Oy). SYKEssä tutkimuksen tekivät Jyrki Laitinen ja Riikka Malila.

Helsingissä elokuussa 2020

Jyrki Laitinen ja Riikka Malila

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Sammanfattning.....	4
Abstract.....	5
Esipuhe.....	7
1 Taustaa ja tutkimuksen tarkoitus.....	9
2 Materiaali ja menetelmät.....	10
3 Putkimateriaalien hiilijalanjälki.....	11
3.1 Johdanto.....	11
3.2 Järjestelmän rajaus ja toiminnallinen yksikkö.....	11
3.3 Putkimateriaalien vertailu.....	11
3.4 Yhteenveto putkimateriaalien hiilijalanjäljestä.....	13
4 Putkimateriaalien haitallisten aineiden terveys- ja ympäristövaikutukset.....	15
4.1 Juomavesiputkistojen terveysvaikutusten taustaa ja lainsäädäntöä.....	15
4.2 Juomaveden laatusuosituksia putkimateriaaleja ajatellen.....	15
4.3 PEX-putkista valmistettujen vesijohtojen terveysvaikutuksista.....	15
PEX-putkista aiheutuvat haju- ja makuhaitat.....	16
PEX-putkista irtoavien aineiden haitallisuus.....	16
PEX-putkien aiheuttama terveysriski.....	17
4.4 Kupariputkien ympäristövaikutukset.....	17
5 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	20
Lähteet.....	21
Liite 1 Muoviteollisuuden teettämät elinkaariarvioinnit.....	24
Liite 2 Kupariteollisuuden teettämät elinkaariarvioinnit.....	29

1 Taustaa ja tutkimuksen tarkoitus

Rakennuksissa käytettävät putkimateriaalit ovat synnyttäneet keskustelua niiden mahdollisista ympäristövaikutuksista. Tähän ottaa kantaa mm. Joutsenmerkki. Aikaisemmissa tutkimuksissa ja selvityksissä on tarkasteltu putkimateriaalien hiilijalanjälkeä elinkaarianalyysin avulla sekä toksisuutta niin käytettävään talousveteen kuin ympäristöön, jonne mahdolliset haitalliset aineet menevät jäteveden kautta. Tämä tutkimus on tehty olemassa olevien tutkimusten ja selvitysten sekä erikseen tehtyjen asiantuntijahaastattelujen pohjalta.

Joutsenmerkin mukaisissa ympäristömerkityissä taloissa ei tällä hetkellä talousvesiverkostoissa saa käyttää kupariputkia. Kriteerit ovat samat kaikissa Pohjoismaissa. Asiasta on esitetty eriäviä mielipiteitä, erityisesti on toivottu kupariputkien sallimista käytettäväksi asuinrakennuksissa ja niihin verrattavissa olevissa rakennuksissa. Ruotsissa Svensk Vatten on ollut kupariputkien käyttöä vastaan, koska kupariputkien on väitetty heikentävän puhdistamolietteen laatua. Suomessa kupariteollisuus ei tätä näkemystä ole hyväksynyt.

Työ- ja elinkeinoministeriö (Tilaja) on esittänyt toiveen puolueettoman selvityksen tekemisestä siten, että eri putkimateriaalien (kupari, muovi ja komposiitti) ympäristövaikutuksia myös hiilijalanjäljen osalta vertailtaisiin elinkaariperiaatteella. Tässä selvityksessä Suomen ympäristökeskus (SYKE) keräsi tietoa putkimateriaalien valmistuksesta, käytön vaikutuksista terveydelle ja ympäristölle sekä kierrätettävyydestä. Selvitys rajattiin asuinkäyttöön ja sitä vastaavien rakennusten sisällä oleviin vesijohtoihin.

2 Materiaali ja menetelmät

Työn aikana SYKE keräsi tietoa vaihtoehtoisista materiaaleista Suomesta ja muista Pohjoismaista. Yh-teyttä otettiin mm. pohjoismaisiin järjestöihin (mm. Svensk Vatten¹ ja Naturvårdsverket²) sekä suoma-laisiin asiantuntijoihin, järjestöihin, putkivalmistajiin ja heidän edustajiinsa. Tarkastelussa huomioitiin myös viranomaisvaatimukset sekä olemassa olevat käyttökokemukset.

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan tunnistaa kussakin elinkaaren vaiheessa syntyvät ympäristövai-kutukset. Tuotteen elinkaari käsittää materiaalien hankinnan luonnosta, niiden prosessoinnin ja kuljetuk-sen sekä tuotteen valmistuksen, jakelun, käytön, mahdollisen uudelleen käytön ja huollon, kierrätyksen sekä päätyminen jätteeksi. Alustavan tarkastelun perustella todettiin, että eri materiaaleista valmistetuille putkille oli jo tehty kattavia elinkaariarviointeja eri toimijoiden toimesta (Liitteet 1 ja 2). Tehdyt laskel-mat oli tehty perusteellisesti ja standardien mukaisesti, joten tässä työssä päädyttiin arvioimaan kriitti-sesti olemassa olevia arviointeja ja tekemään johtopäätökset eri materiaaleista valmistettujen putkien hiilijalanjäljestä hyödyntäen niissä saatuja tuloksia.

Tehtyjen elinkaariarviointien lisäksi selvitettiin eri putkimateriaaleihin liittyviä terveys- ja ympäris-tövaikutuksia sekä kierrätettävyyttä. Putkimateriaaleista jätevesiin kulkeutuvat epäpuhtaudet huomioi-tiin, mutta tässä selvityksessä ei tehty laboratorioanalyseja. Myös putkimateriaalien terveysvaikutuk-sista on tehty tutkimuksia ja ne on koottu yhteenvetona tähän raporttiin.

Muovi-, komposiitti- ja kupariputkille on tehty kattavat elinkaariarviointit (LCA) sekä muoviteolli-suuden (Liite 1; lähteenä toimialan useita sisäisiä raportteja) että kupariteollisuuden (Liite 2; lähde Ga-rance & Diep 2016) teettäminä. Muoviteollisuuden (The European Plastics Pipes and Fittings Asso-ciation, TEPPFA³) arvioinneissa on vertailtu kaikista edellä mainituista materiaaleista tehtyjä putkia ja kupariteollisuuden (The European Copper Institute, ECI ja Copper Alliance, CA⁴) arvioinnissa pelkäs-tään kupariputkia. Edellä mainittujen vertailujen aineistot on saatu Ilari Aholta (Uponor Suomi Oy) ja Pia Voutilaiselta (Scandinavian Copper Development Association⁵). Suurin osa materiaaleista on toi-mialan sisäisiä, ei julkisia raportteja. Seuraavassa luvussa sekä liitteissä 1 ja 2 esitetään yhteenveto saa-tujen selvitysten tuloksista.

¹ Svensk Vatten: www.svenskvatten.se

² Naturvårdsverket: www.naturvardsverket.se

³ TEPPFA: www.teppfa.eu

⁴ ECI, CA: www.copperalliance.eu

⁵ Scandinavian Copper Development Association: www.copperalliance.fi

3 Putkimateriaalien hiilijalanjälki

3.1 Johdanto

Molempien teollisuuden alojen teettämät arvioinnit ovat sisäisiä arviointeja, jotka perustuvat pääosin järjestöjen jäsenyritysten antamiin tietoihin. Tästä poikkeuksena on muoviteollisuuden teettämä kupari-putkiin liittyvä arviointi, joka perustuu toisen käden tietoon eli kirjallisuuteen ja kupariputkivalmistajien sivuilta löytyneeseen helposti saatavilla olevaan tietoon sekä elinkaariarvioinnissa yleisesti käytettyihin tietokantoihin (Ecoinvent).

Kupari- ja muoviteollisuus olivat molemmat aluksi mukana myös EU:n EU:n ympäristöjalanjälki⁶-pilotissa, josta kupariteollisuus jättäytyi myöhemmin pois metodologiaan liittyvistä erimielisyyksistä johtuen. Tästä syystä muoviteollisuuden LCA on kuparin osalta puutteellinen ja perustuu kupariteollisuuden näkemyksen mukaan osin vanhentuneisiin tietoihin etenkin käytettävien tietolähteiden osalta (mm. Ecoinvent -tietokanta).

Kaikki arvioinnit on tehty ISO 14040 standardien mukaisesti, ne on teetetty ulkopuolisilla konsulteilla ja niihin sisältyvät ISO standardien mukaiset kolmannen osapuolen kriittiset arviointilausunnot.

3.2 Järjestelmän rajaus ja toiminnallinen yksikkö

Muoviteollisuuden arvioinnissa vertailtiin eri materiaaleista valmistettuja putkijärjestelmiä kehdosta hautaan ("cradle to grave"). Kupariteollisuuden arviointiin sisältyivät kuparikatodin ja kuparipuolivalmisteiden, kuten putkien ja levyjen, valmistuksen ympäristövaikutukset kehdosta portille ("cradle to gate"). Molemmat tarkastelut sisälsivät siis putkiin tarvittavien materiaalien ja komponenttien valmistuksen, mukaan lukien kaivostoiminnan kuparille ja muille tarvittaville metalliraaka-aineille. Muovilla ja komposiitilla mukana oli HDPE-muovirakeiden osalta mm. öljy, mutta taustamateriaalin perusteella jäi hieman epäselväksi, miltä osin öljynporausta ja sen aiheuttamat vaikutukset sisältyivät tarkasteluun. Kupariteollisuuden arvioinnissa tarkastelu päättyi valmiiden putkien loppuvarastoon tehtaalla, kun taas muoviteollisuuden arvioinnissa elinkaari jatkui myös käyttöön, käyttöään jälkeiseen purkuun ja purettujen tuotteiden sisältämien raaka-aineiden loppukäyttöön sisältäen myös materiaalien mahdollisen kierrättämisen. Kupariteollisuuden arvioinnissa kuparin valmistuksen sivutuotteille, mm. kulta ja hopea, rikkihappo ja höyry, oli laskettu hyvitykset, mutta muoviteollisuuden arvioinnista näitä ei oltu huomioitu.

Kupariteollisuuden arvioinnissa käytetty vertailuyksikkö eli toiminnallinen yksikkö (functional unit = FU) oli yksi putkimetri ja muoviteollisuuden arvioinnissa malliasuntoon rakennetun putkijärjestelmän vuotuiset ympäristövaikutukset oletetulla käyttöiällä (50 vuotta). Kaikille putkimateriaaleille oli oletettu sama 50 vuoden käyttöikä, vaikka uudemmissa putkimateriaaleilla, kuten komposiitti ja muovi, ei ole vielä olemassa kattavaa tietoa niiden todellisesta käyttöiästä (joka voi olla pidempi tai lyhyempi). Sen sijaan kuparia on käytetty pidempään ja arviot sen käyttöiästä kuuma- ja kylmävesiputkissa vaihtelevat yleisesti 40-60 vuoden välillä. Samaa arviota on käytetty yleisesti myös muovi- ja komposiittiputkille (Ahola 2014).

Koska eri arvioinneissa käytetyt toiminnalliset yksiköt ja rajaukset olivat erilaiset, ei tehtyjä arviointeja voitu suoraan verrata toisiinsa. Tulokset voitiin kuitenkin muuttaa yhteismitallisiksi hyödyntämällä lähtötietoja ja seuraavassa kappaleessa on vertailtu eri arvioinneissa saatuja tuloksia.

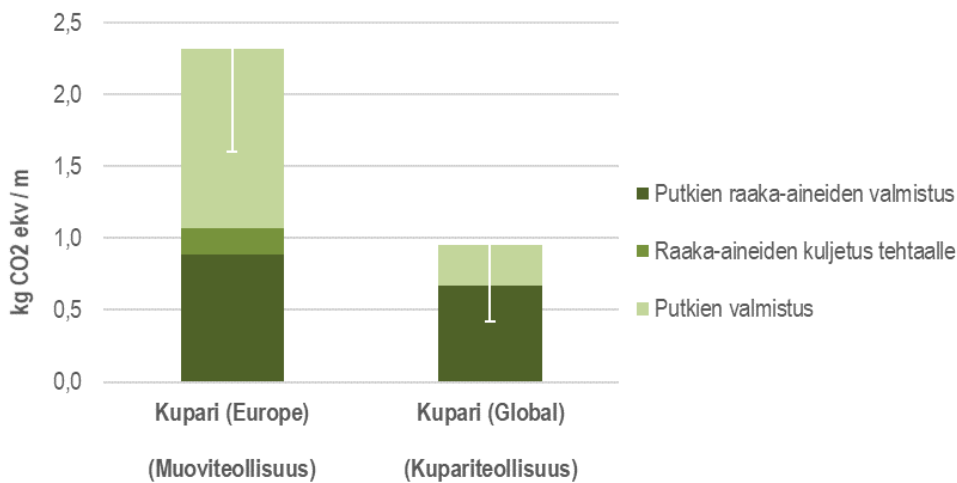
3.3 Putkimateriaalien vertailu

Kootut tulokset muovi- ja kupariteollisuuden tekemistä elinkaariarvioinneista hiilijalanjäljen osalta on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tässä kappaleessa esitetään vertailu tehdyistä arvioinneista.

⁶ Product Environmental Footprint (PEF), https://ec.europa.eu/environment/eusssd/smgp/ef_pilots.htm

Jotta tehtyjä arviointeja voidaan verrata toisiinsa, täytyy tulokset muuntaa samaan yksikköön. Muoviteollisuuden tekemien arviointien lähtötiedoissa on esitetty eri putkijärjestelmiin malliasunnossa tarvittavat putkien metrimäärät. Tarvittava metrimäärä oli kaikilla materiaaleilla noin 48 m sisältäen 2–3 putkikokoa. Kertomalla tulokset putkien käyttöikäolettamalla (50 a) ja jakamalla sen jälkeen luvut tarvittavalla putkimetrimäärällä ja huomioimalla ympäristövaikutuksista vain putkien raaka-aineiden ja putkien valmistuksen osuus (cradle to gate), saadaan vertailuluku, johon kupariteollisuuden tekemää arviointia voidaan karkeasti verrata.

Kuvassa 1 on esitetty kupariputken hiilijalanjälki sekä muovi- että kupariteollisuuden arviointien perusteella.



Kuva 1. Kupariputkimetrin hiilijalanjälki muovi- ja kupariteollisuuden laskelmien perusteella. Muoviteollisuuden palkissa herkkyystarkastelu (valkoinen viiva) osoittaa kupariraaka-aineen kierrätysasteen muutoksen 26 -> 90 % ja kupariteollisuuden palkissa vaikutuksen, mikäli kaivostoiminta jää raaka-aineen valmistuksen vaikutuksista pois. Jälkimmäinen herkkyystarkastelu tehtiin, koska jäi hieman epäselväksi, millä tarkkuudella kaivostoiminta oli mukana muoviteollisuuden arvioinnissa.

Etenkin kupariputkien valmistuksen hiilijalanjälki on arviointien perusteella huomattavasti korkeampi muoviteollisuuden tekemässä arvioinnissa ollen jopa yli nelinkertainen kupariteollisuuden tekemään arviointiin verrattuna. Myös kuljetuksiin liittyvä vaikutus on arvioitu huomattavasti suuremmaksi. Kupariraaka-aineen valmistuksen osalta on epäselvää, missä laajuudessa kaivostoiminta sisältyy muoviteollisuuden arviointiin, joten kupariteollisuuden arvioima hiilijalanjälki laskee entisestään, mikäli kaivostoiminnan vaikutukset jätetään arviosta pois. Muoviteollisuuden arvioinnissa oli tehty herkkyystarkastelu, jos kuparin kierrätysaste nousee 26 %:sta 90 %:iin. Muoviteollisuuden palkissa ilmoitettu virhemarginaali kertoo kupariputken hiilijalanjäljen, jos kuparin kierrätysaste nousee 26 %:sta 90 %:iin. Tausta-aineistojen perusteella jäi kuitenkin hieman epäselväksi, miten herkkyystarkastelu oli tehty, koska vaikutukset kupariraaka-aineen kierrätysasteen nostolla 26 % -> 90 % pitäisi olla suuremmat. Kupariteollisuuden mukaan kupariputkien kierrätys raaka-aineeksi ja käyttö romukuparina vie energiaa vain noin 10 % primääriseen kupariin verrattuna.

Arviointien eroja selittää osaltaan lähtötietojen alkuperä. Valmistajilta suoraan saadut luotettavat tiedot antavat tarkimman lopputuloksen verrattuna erilaisista tietokannoista saataviin keskiarvotietoihin. Muoviteollisuuden kupariputkiin liittyvään arviointiin liittyy näin ollen suurempi epävarmuus kuin kupariteollisuuden itsensä tekemään arviointiin, koska osa muoviteollisuuden arvioinneissa käytetyistä kupariputkiin liittyvistä Ecoinvent-tietokannan tiedoista oli vanhentuneita.

Taulukossa 1 on vertailtu eri materiaaleista valmistettujen putkien hiilijalanjälkien vaihteluvälit em. tekijät huomioiden.

Taulukko 1. Eri materiaaleista valmistettujen putkien hiilijalanjälki (kg CO₂ ekv/m putkea) muovi- ja kupariteollisuuden arvioinneissa.

Elinkaaren vaihe	Muoviteollisuus (Europe)			Kupariteollisuus (Global)
	Komposiitti	PEX	Kupari	Kupari
Putkien raaka-aineiden valmistus	0,6	0,3	0,2 - 0,7	0,1 - 0,7
Raaka-aineiden kuljetus tehtaalle ^a	0,0	0,0	0,2	0,0
Putkien valmistus	0,1	0,2	1,3	0,3
Hiilijalanjälki, CO₂ ekv/m	0,7	0,5	1,7 - 2,3	0,4 - 1,0
Energiankulutus, MJ/m	14,5	15,8	26,2	6,3 - 12,1

^a Vaikutus on arvioitu ja poikkeaa nolasta, mutta pyöristyy nolaaan tällä tarkkuudella.

Arvioinneissa käytetyt alueelliset rajaukset vaikuttavat myös lopputulokseen. Kupariteollisuuden arvioinnissa ympäristövaikutukset on laskettu maailmanlaajuiselle (globaali) putkien tuotannolle eri maissa toteutuneiden tuotantomäärien suhteessa, kun taas muoviteollisuuden arviointi kattaa keskimääräisen eurooppalaisen (Europe) putkien valmistuksen. Tämä näkyy etenkin käytetyissä energialähteissä, joilla on merkittävä vaikutus hiilijalanjälkeen. Mitä enemmän käytetään uusiutuvia polttoaineita, sitä pienempi hiilijalanjälki. Molemmissa arvioinneissa lämmön lähteenä käytettiin maakaasua. Sähkön osalta muoviteollisuuden arvioinnissa käytettiin silloista eurooppalaista keskimääräistä sähköntuotantoa (kivihiili 38 %, maakaasu 28 %, ruskohiili 25 % ja raakaöljy 9%) eli 100 %:sti fossiilisia polttoaineita. Kupariteollisuuden arvioinnissa sähköä käytettiin kunkin tuotantomaan keskimääräistä sähköä tuotantomäärien suhteessa. Sähkön osalta käytetyt energianlähteet olivat 11 % uusiutuvia, 9 % ydinvoimaa ja 80 % fossiilisia polttoaineita. Kummankin arvioinnin osalta voidaan siis todeta, että hiilijalanjälki olisi alhaisempi, jos oltaisiin tarkasteltu putkien tuotantoa Pohjoismaissa, koska siellä käytetään sähköntuotantoon suhteessa enemmän uusiutuvia energianlähteitä keskimäärin maailmanlaajuisen tai eurooppalaisen tuotantoon verrattuna.

3.4 Yhteenveto putkimateriaalien hiilijalanjäljestä

Sekä muovi- että kupariteollisuus ovat teettäneet kattavat elinkaariarviointit vesijohtoputkien (muovi, komposiitti, kupari) elinkaaresta tai sen osaan liittyvistä ympäristövaikutuksista. Arvioinneissa käytetyt toiminnalliset yksiköt ja järjestelmän rajaukset olivat erilaiset, joten tuloksia voidaan verrata toisiinsa vain karkeasti muuntamalla yksiköt vertailukelpoisiksi.

Vertailemalla tehtyjä arviointeja selviää, että muoviteollisuuden arvio kupariteollisuuden aiheuttamista ilmastovaikutuksista ja energiankulutuksesta ovat yli kaksinkertaisia kupariteollisuuden tekemään arviointiin verrattuna. Koska molemmilla teollisuudenaloilla on varmasti paras tietämys omien tuotteidensa valmistukseen liittyvistä prosesseista ja niihin liittyvistä ympäristövaikutuksista, on syytä olettaa, että kupariteollisuuden teettämä arviointi omien tuotteidensa vaikutuksista on lähempänä oikeaa kuin muoviteollisuuden toisen käden tietoon perustuva arviointi. Elinkaariarviointien tuloksia tarkasteltaessa, on muistettava, että ne ovat aina suuntaa-antavia arvioita ja niihin voi liittyä merkittäviä virhelähteitä.

Tulosten perusteella erot eri putkimateriaalien valmistuksen aikaisissa ilmastovaikutuksissa eivät ole kovin suuria ja selkeää paremmuusjärjestystä eri putkimateriaalien välillä ei ole. Joissain tilanteissa muovi- ja komposiittiputkien hiilijalanjälki on alhaisempi kuin kupariputkilla ja toisessa tilanteessa järjestys voi olla päinvastainen. Voidaan todeta, että tarkasteltavalla aluerajauksella ja käytetyillä energialähteillä on merkittävä vaikutus lopputulokseen. Tulosten perusteella yhden putkimetrin ilmastomuutosvaikutus on suuruusluokaltaan sama kuin 3 – 5 kilometrin mittaisen matkan ajaminen henkilöautolla (*Ecoinvent tietokanta: Transport, passenger car, petrol, fleet average/personkm – RER*).

Yksi selkeä ero tehdyissä arvioinneissa on käytetyn kierrätyskuparin määrä, joka on muoviteollisuuden selvityksessä 26 % ja kupariteollisuuden 67 %. Suomessa kierrätyskuparin määrä voi olla jopa 97 %. Ero kierrätyskuparin määrässä ei kuitenkaan yksin selitä eroja tuloksissa, koska muoviteollisuuden tarkasteluun sisältyy myös herkkyystarkastelua korkeammilla kierrätyskuparin osuuksilla. Näissä laskelmissa kuparin valmistukseen liittyvät vaikutukset pysyvät kuitenkin lähes samoina kuin perusskenaariossa, mikä viittaa siihen, että kierrätyskuparin prosessointiin liittyvät tiedot ovat olleet puutteellisia. Kupariteollisuuden mukaan käytetyt kupariputket ovat laadultaan niin puhdasta romua, että ne voidaan sulattaa suoraan ilman puhdistusvaiheita. Raaka-aineen valmistamiseen kierrätetystä kuparista kuluu vain noin 10 % siitä energiasta, joka tarvitaan tuotettaessa vastaava määrä kuparia louhitusta malminasta.

Muovi- ja komposiittiputkien osalta käytettyjen putkien hyödyntäminen kierrätykseen rajoittuu uusiomuovituotteisiin tai energiahyödyntämiseen. Putkissa käytettyjä raaka-aineita ei voida sellaisenaan käyttää uusien juomavesiputkien valmistukseen hygieni- ja laatusyistä. Komposiittiputkien valmistukseen käytetään yleisesti myös kierrätysraaka-aineita tarvittavien metallien osalta (kupari, sinkki, alumiini), mutta niiden osuus kokonaisuudessa on pieni.

4 Putkimateriaalien haitallisten aineiden terveys- ja ympäristövaikutukset

4.1 Juomavesiputkistojen terveysvaikutusten taustaa ja lainsäädäntöä

Ympäristöministeriö on 14.6.2018 antanut asetukset rakennusten vesilaitteistoihin tarkoitettujen PEX-putkien ja joustavien kytkentäputkien olennaisista teknisistä vaatimuksista. Asetukset tulivat voimaan 1.9.2018. Asetusten tarkoituksena on edistää rakennusten vesihuollon kannalta terveellistä ja turvallista rakentamista ja korjaamista. Terveellisyyden tulee olla talousveden kanssa kosketuksissa olevien rakennustuotteiden ensisijainen vaatimus, jotta veden laatu säilyy hyvänä. Nyt annetuissa asetuksissa on määritetty terveellisyyteen liittyviä vaatimuksia käytettävien materiaalien ominaisuuksien, tuotteista liukenevien aineiden sekä haju- ja makuhaittojen osalta.

Annetut asetukset perustuvat maankäyttö- ja rakennuslakiin ja ovat jatkoa rakentamismääräysten kokonaisuudistukselle. Olennaisia teknisiä vaatimuksia koskevat asetukset muodostavat perustan kansalliselle tuotehyväksynnälle ja antavat mahdollisuuden tyyppihyväksynnälle. Asetusten kanssa rinnakkain ympäristöministeriössä on valmisteltu tyyppihyväksyntäasetukset, jotka annetaan erikseen. Jatkossa vastaavia asetuksia annetaan myös muille tuoteryhmille.

Rakennusten uudet muoviset vesijohdot (PEX-muoviputket) ovat aiheuttaneet paikoin tavanomaisesta poikkeavaa hajua ja makua talousveteen. Haju- ja makuhaitoista on tullut yksittäisiä ilmoituksia eri puolilta Suomea. Havainnot on tehty uusissa tai vastikään putkiremontoiduissa rakennuksissa. Tässä on kuitenkin kyseessä yhden valmistajan tuotteista, jotka on jo vedetty pois markkinoilta.

4.2 Juomaveden laatusuosituksia putkimateriaaleja ajatellen

Sosiaali- ja terveysministeriö on pyytänyt kuntien terveydensuojeluviranomaisilta tietoja ja mittaustuloksia kuntien terveysvalvonnan tietoon tulleista tapauksista, joissa talousveteen on aiheutunut tai epäillään aiheutuneen hajua tai makua kiinteistöissä käytetyistä PEX-muoviputkista.

Talousveden hajulle ja maulle on lainsäädännössä asetettu laatusuositus, jonka mukaan veden hajun ja maun täytyy olla käyttäjien hyväksyttävissä, eikä niissä saa olla epätavallisia muutoksia. Jos vedessä on vierasta hajua ja makua, kunnan terveydensuojeluviranomaisen on selvitettävä, voiko veden käyttöön liittyä terveyshaittaa. Kaikista vesijohtomateriaaleista liukenee veteen pieniä määriä kemikaaleja. PEX-putkista tiedetään liukenevan veteen monia erilaisia yhdisteitä. Osan yhdisteistä voi havaita astinvaraisesti, mutta ne eivät silti aiheuta haittaa terveydelle. Tällaisia ovat esimerkiksi MTBE ja TBA.

Kupari juomavedenjakelussa syntyy yleensä veden syövyttävästä vaikutuksesta, joka liuottaa kuparia rakennusten kupariputkista. Korkeiden liunneen hapen tasojen on osoitettu kiihdyttävän kuparin korroosiota joissain tapauksissa. Pitoisuudet voivat vaihdella huomattavasti, riippuen siitä miten vesi on ollut kosketuksissa putkien kanssa; esimerkiksi pitkään putkessa seisoneessa odotetaan olevan korkeampia kuparipitoisuuksia kuin täysin huuhdellussa näytteessä. Suuret pitoisuudet voivat vaikuttaa veden aiottuun kotitalouskäyttöön. Saniteettikalusteet ja pyykkit voivat tahrautua, kun kuparipitoisuus on yli 1 mg / l. Pitoisuuksilla, jotka ovat yli 5 mg / l, kupari antaa vedelle myös värin ja ei-toivotun katkeran maun. Vaikka kupari voi aiheuttaa makua, sen tulisi olla hyväksyttävä terveysperusteisella ohjearvolla 2 mg / l. (WHO 2017)

4.3 PEX-putkista valmistettujen vesijohtojen terveysvaikutuksista

Osa PEX-putkista irtoavista aineista tunnetaan hyvin ja osa varsinkin niiden hajoamistuotteista on vielä tunnistamatta. PEX-putkien kautta tulevasta talousvedestä useimmiten todettuja aineita ovat:

- MTBE (metyyli-tert-butyylieetteri), polttoaineen lisäaine, haju ja maku
- ETBE (etyyli-tert-butyylieetteri), polttoaineen lisäaine
- TAME (tert-amyylimetyylieetteri)
- TBA (tert-butanoli),
- erilaiset antioksidanttien hajoamistuotteet.

Yksittäisissä ongelmakohteissa talousvedessä saattaa esiintyä myös pieniä pitoisuuksia liuottimia, kuten ksyleeniä ja styreeniä.

PEX-putkista irtoavien aineiden pitoisuudet vedessä ovat tavallisesti pieniä, eli muutamia mikrogrammoja litrassa ($\mu\text{g/l}$) tai vähemmän. MTBE on aineista yleisin ja sen pitoisuus on tavallisesti enintään joitakin kymmeniä mikrogrammoja litrassa. Viallisesta PEX-putkesta voi veteen irrota TBA:ta jopa $1000 \mu\text{g/l}$. PEX-putkimateriaaleista voi liueta veteen putken käyttöönoton jälkeen haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, eli VOC-yhdisteitä. Tyypillisimmät havaitut VOC-yhdisteet ovat metyyli-tert-butyylieetteri (MTBE), etyyli-tert-butyylieetteri (ETBE), tert-amyylimetyylieetteri (TAME) ja tert-butyylialkoholi (TBA). Näille ei ole EU:ssa asetettu terveysperusteisia raja-arvoja juomavedessä. PEX-putkimateriaalista liukenevia aineita on Suomessa tutkinut mm. Vesi-instituutti Wander (Kaunisto ym. 2017). Tutkituja materiaaleja ovat olleet a) DTBP-peroksidiaivusteisesti ristosilloitettu polyeteeni, b) silaaniavusteisesti ristosilloitettu polyeteeni, c) säteilyttämällä ristosilloitettu polyeteeni sekä d) monikerrosputki, jossa keskellä on alumiinikerros ja sisäosa on viimeksi mainittua PEX-materiaalia. TBA:n lisäksi vedestä määritettiin MTBE-, ETBE- ja TAME-pitoisuudet. Lisäksi selvitettiin kontaktiajan vaikutusta TBA:n määrään, jotta voidaan tehdä ohjeet talousveden laadun valvontaan.

Materiaalin a) putkista veteen liukeni TBA:ta (max $330 \mu\text{g/l}$) ja jonkin verran MTBE:tä. Näiden pitoisuudet laskivat ajan kuluessa. ETBE:tä ja TAME:a ei löytynyt pitkäaikaistutkimuksen vesinäytteistä määritysrajaa ylittäviä pitoisuuksia. Myöskään materiaalin c) ja vastaavasti d) vesinäytteistä ei löytynyt määritysrajoja ylittäviä pitoisuuksia. PEX-putkista veteen liuenneiden aineiden pitoisuudet ovat suurimmat juuri käytteenotetuissa putkissa ja pitkäaikaisessa testauksessa on havaittu liuenneiden VOC-yhdisteiden pitoisuuksien pienenevän ajan kuluessa. Tehdyissä tutkimuksissa todettiin, että putkimateriaaleista veteen liuenneiden aineiden terveysriskejä voidaan pienentää vettä juoksuuttamalla ennen sen käyttöä juotavaksi tai ruoanlaittoon. Tutkimusten perusteella tiedetään, että tuotteen ominaisuuksien lisäksi veden lämpötila, virtausnopeus, juoksetun veden määrä sekä laatu ja koostumus vaikuttavat PEX-putkista veteen irtoavien kemikaalien pitoisuuksiin.

PEX-putkista aiheutuvat haju- ja makuhaitat

PEX-putkista voi irrota talousveteen hajua, vaikka vedestä mitattujen aineiden pitoisuus on pieni. PEX-putket voivat aiheuttaa veteen hajua monta kuukautta putkien asennuksen jälkeen. Haju- ja makukynnyistä suuremmat pitoisuudet ovat haistettavissa ja maistettavissa vedestä:

- MTBE: hajukynnys $7\text{--}15 \mu\text{g/l}$ ja makukynnys $15 \mu\text{g/l}$
- ETBE: hajukynnys $1\text{--}5 \mu\text{g/l}$ ja makukynnys $2 \mu\text{g/l}$
- TAME: hajukynnys $8 \mu\text{g/l}$ ja makukynnys $16 \mu\text{g/l}$
- TBA: ei aiheuta veteen hajua tai makua todetuilla pitoisuuksilla.

PEX-putkista irtoavien aineiden haitallisuus

PEX-putkista irtoavien aineiden (MTBE, ETBE, TAME, TBA) haitallisuus tunnetaan kohtalaisen hyvin. MTBE:tä, ETBE:tä ja TAME:a voidaan pitää suhteellisen haitattomina, vaikka altistuminen jatkuisi pitkäänkin. Ne eivät aiheuta akuutteja myrkytysoireita eivätkä ärsytä ihoa tai silmiä todetuilla pitoisuuksilla. Ne eivät myöskään aiheuta allergiaa iholle. Potentiaali aiheuttaa epämuodostumia sikiölle tai vaikuttaa lisääntymiseen on vähäinen. MTBE, ETBE ja TAME eivät aiheuta mutaatioita eivätkä DNA-vaurioita.

MTBE ei ole ihmiselle karsinogeeninen. MTBE on karsinogeeninen koe-eläimille, mutta MTBE:n aiheuttamat kasvaimet syntyvät koe-eläimille mekanismilla, joka ei toteudu ihmisellä. ETBE:n

karsinogeenisuudesta ei ole tietoa. Sekä MTBE että ETBE hajoavat elimistössä TBA:ksi, joka on myös karsinogeeninen koe-eläimillä. Ihmisellä TBA on korkeintaan heikosti karsinogeeninen.

PEX-putkien aiheuttama terveysriski

Altistumis- ja toksisuustietojen perusteella PEX-putkista tavanomaisesti talousveteen irtoavien aineiden aiheuttama terveysriski on pieni. Aineiden pitoisuudet vedessä ovat yleensä pieniä ja haitalliseksi tiedettyjen pitoisuuksien alapuolella. Vaikka kaikkia vedessä olevia aineita ei ole tunnistettu, niin niidenkin pitoisuudet ovat pieniä. Sen sijaan PEX-putkien valmistusvirheiden seurauksena esiintyviin suuriin kemiallisten aineiden pitoisuuksiin voi liittyä terveysriskiä. Mahdollinen terveysriski on arvioitava kohde- ja tapauskohtaisesti vedessä esiintyvien aineiden ja niiden pitoisuuksien perusteella.

Suomi, EU tai WHO eivät ole asettaneet lakisääteisiä talous- ja juomaveden raja-arvoja PEX-putkista veteen irtoaville aineille. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) arvion mukaan:

- MTBE: ei terveysriskiä pitkäaikaiskäytössäkään, jos pitoisuus on alle 20–40 µg/l (USA:n ympäristöviranomaisen US EPA).
- ETBE: koska aine on hyvin samankaltainen kuin MTBE, sille voidaan soveltaa samaa pitoisuutta 20–40 µg/l.
- TAME: arviota turvallisesta pitoisuudesta ei ole annettu, mutta vedessä todetut muutaman µg/l pitoisuudet eivät todennäköisesti aiheuta terveysriskiä.
- TBA: ei terveysriskiä pitkäaikaiskäytössäkään, jos pitoisuus on alle 500 µg/l (Saksan ympäristöviranomaisen UBA).
- Muut aineet: jos pitoisuus vedessä on hyvin pieni, enintään muutamia mikrogrammoja litrassa, terveysriskin voidaan olettaa olevan pieni.
- Haju ja maku: terveysriskiltä voi suojautua olemalla juomatta pahanhajuista tai pahanmakuista vettä.

4.4 Kupariputkien ympäristövaikutukset

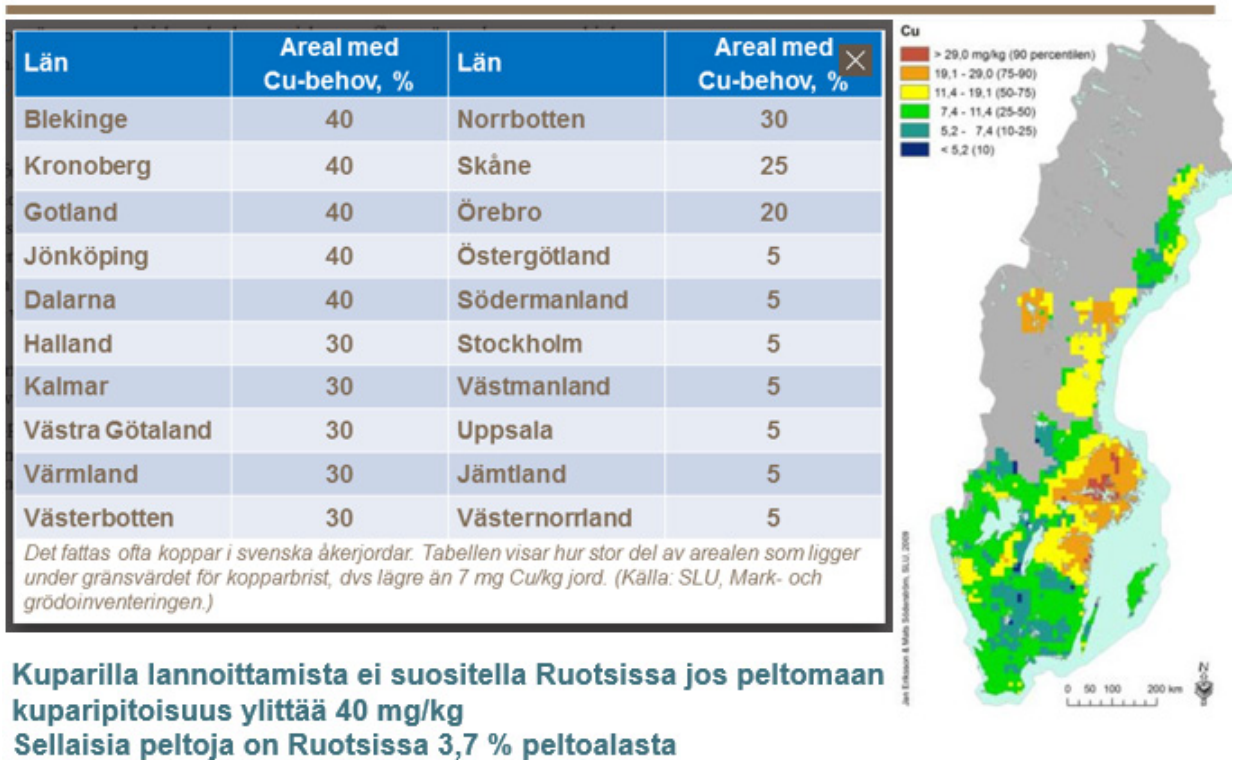
Juomavesiputkista liukenevista ja jätevesiin päätyvistä aineista keskustelua ovat herättäneet lähinnä kuparijäämät. Kupari on luonnollinen alkuaine, jota on läsnä lähes kaikissa luonnon prosesseissa. Kuparia tarvitaan elintärkeisiin fysiologisiin toimintoihin, mutta liiallisena se saattaa aiheuttaa toksisuutta. Terveysvaikutuksia ei olla havaittu kupariputkilla, ja keskustelu onkin keskittynyt kuparipäästöjen vaikutuksista maa- ja vesiluonnolle. Tästä asiasta on hyvin erilaisia näkemyksiä etenkin ruotsalaisten asiantuntijoiden piirissä.

Ympäristön kuparikuorman lähteitä ovat mm. kuparikatoista huleveden mukana tuleva kuorma sekä kuparisten vesijohtoputkien kautta jäteveden mukana jätevedenpuhdistamoille menevä kupari. Tästä kuparista osa menee puhdistetun jäteveden mukana vesistöihin ja osa lietteen mukana maaympäristöön. Näiden määrästä on erilaisia näkemyksiä, kuin myös turvallisesta kuormituksesta ympäristön kannalta. Tähän vaikuttaa mm. se, että kuparin haitallinen vaikutus eliöstölle muuttuu veden kovuuden myötä. Tätä aihepiiriä on selvitetty laajasti mm. kirjassa *Metals in Society and in the Environment* (Landner & Reuther 2004). Pohjoismaissa vedet ovat pääosin pehmeitä, mutta esim. Etelä-Ruotsissa on kovien vesien järviä, joissa kuparin vaikutus on voimakkaampi. Yhtenä ns. PNEC-arvona (Predicted No Effect Concentration) on tässä kirjassa annettu 8 µgCu/l liuenneena kuparina. Kirjallisuudessa jätevesissä esiintyvät kuparipitoisuudet ovat yleensä merkittävästi tämän alittavia.

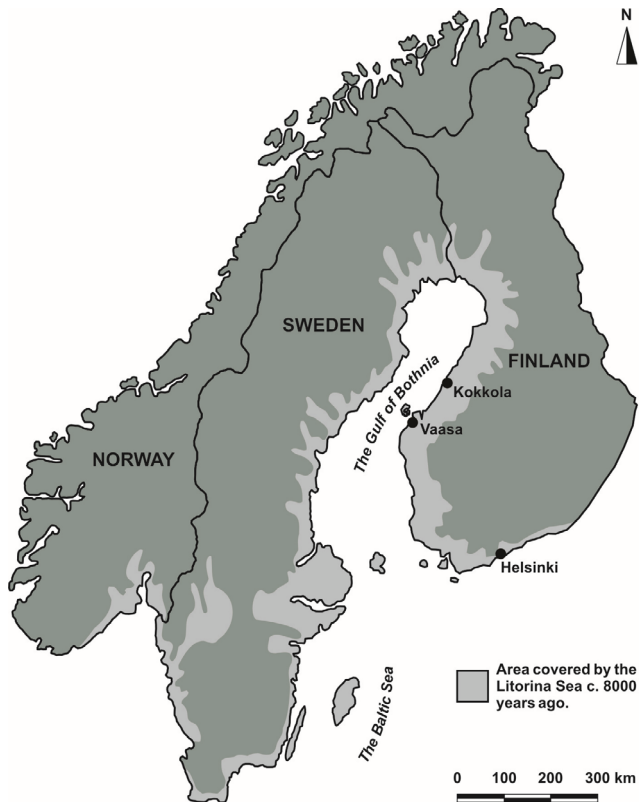
Joutsen-merkityssä asuinrakennuksessa ei kupariputkien käyttö ole sallittua. Tämä on kuparin epäillyn ympäristövaikutuksen johdosta tehty päätös. Tämän hankkeen aikana käytiin läpi materiaalia sekä kyselin ja haastatteluin haettiin asiantuntijoilta näkemyksiä asiaan. Asiaan on ollut vaikea saada yhtä hyväksyttävää tieteellistä näkemystä, koska keskustelussa on käyty väittelyä puolin ja toisin ilman selkeää tieteellisesti todistettua pohjaa.

Puhdistamolietteen osalta EU:n antama raja-arvo vaihtelee tilanteesta riippuen 1 000-1 750 mg/kg kuiva-aineesta, Ruotsissa on käytetty raja-arvoa 600 mg/kg ja sitä ollaan laskemassa 475 mg/kg:aan.

Keskimääräinen kuparipitoisuus pohjoismaisissa puhdistamolietteisissä on noin 400 mg/kg. Tukholman alueen peloilla metallipitoisuudet ovat korkeita, mitä on käytetty yhtenä kriteerinä kuparin käytön vähentämiseen. Kuitenkin Sveriges lantbruksuniversitetin (SLU 2020) raporteissa on todettu, että 25 % Ruotsin viljellyistä pelloista kärsii kuparin puutteesta, ja pelloille levitetystä kuparin kokonaismäärästä vain neljännes tulee puhdistamolietteen mukana. Alla olevassa kuvassa 2 on Ruotsin maatalousyliopiston SLU:n (2020) tekemä kartta Ruotsin peltujen kuparin pitoisuuksista ja tarpeista. Näiden arvioiden mukaan peltomaita, joilla lietteen käyttö lannoitetuotteena olisi kuparin vuoksi kiellettävä, on 3,7 % peltujen kokonaispinta-alasta. Metallipitoisuudet ovat korkeita etenkin happamien sulfaattimaiden alueilla, joita Suomessakin on etenkin länsirannikolla. GTK:n hahmottelema tilanne kartalla on esitetty Kuvassa 3. Nämä alueet saattavat siis olla alttiita korkeille kuparipitoisuuksille, joskaan sellaista ei Suomessa ole vielä havaittu ongelmaksi.



Kuva 2. Kuparipitoisuudet ja kuparin tarve Ruotsin viljelymailla (SLU 2020).



Kuva 3. Happamien sulfaattimaiden sijainti Ruotsin, Suomen ja Norjan rannikkoalueilla. Näillä alueilla myös maaperän metallipitoisuudet saattavat olla korkeita.

Kaiken kaikkiaan haastateltujen suomalaisten asiantuntijoiden näkemyksenä on ollut, että kupari ei olisi mitenkään haitallinen ympäristölle niissä pitoisuuksissa ja olomuodoissa, joita kupariputkista liukee. Joillakin ruotsalaisilla asiantuntijoilla sen sijaan on erilaisia näkemyksiä, ja kuormituksen suuruudesta ja haitallisuudesta on käyty väittelyä puolin ja toisin. Kuparipitoisuudet luonnonvesissä ja pelloilla ovat pysyneet alhaisilla tasoilla, mutta joidenkin tutkimustulosten perusteella niiden ei voida sallia nousevan.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Hankkeen aikana käytiin läpi eri putkimateriaaleihin liittyvää aineistoa ja tutkimustietoa ja haastateltiin alan asiantuntijoita. Alalla tuntuu olevan vahvoja käsityksiä ja mielipiteitä etenkin eri putkimateriaalien toksisuusvaikutuksista eliöille. Tästä jäikin käsitys, että putkimateriaalien suosituksia muodostettaessa asiantuntijat ovat tulkinneet tutkimustuloksia eri tavoin. Tällaisia näkemyseroja on mm. nimenomaan kupariputkista pelloille tulevan kuparin määristä, pitoisuuksista ja vaikutuksista peltoon.

Selvitysten perusteella ei löydetty selkeitä eroja eri putkimateriaalien ympäristövaikutuksissa (hiilijalanjälki). Etenkin hiilijalanjäljen osalta eri materiaalien välinen paremmuusjärjestys voi vaihdella mm. käytetyistä energialähteistä ja käyttö- ja valmistuspaikan maantieteellisestä sijainnista johtuen. Materiaalin kierrätettävyyden kannalta kupari on materiaalina kuitenkin 100 %:sti kierrätettävää ja voidaan käyttää uusien juomavesiputkien valmistukseen. Muovi- ja komposiittiputkien osalta tilanne on toinen. Käytön jälkeen osa raaka-aineista voidaan kierrättää tai hyödyntää esimerkiksi energiantuotannossa. Kierrätetyt raaka-aineet eivät kuitenkaan sovellu hygieni- ja laatusyistä enää uusien juomavesiputkien valmistukseen, vaan niistä voidaan tehdä muita uusiomuovituotteita.

Minkään putkimateriaalin ei todettu aiheuttavan haitallisia terveysvaikutuksia. Jotkut asiantuntijat ovat sen sijaan olleet huolissaan kupariputkista veteen liukenevan kuparin toksisuusvaikutuksista, mutta sille ei löydetty selkeitä perusteita. Kupari on alkuaine, jota kasvit ja eliöt tarvitsevat hivenaineeksi. Selvityksen perusteella kupariputkista liukenevan kuparin määrä oli alhainen ja vesistöistä ei ole havaittu suosituksia ylittäviä PNEC-pitoisuuksia. Vesistöihin päätyy kuparia muistakin lähteistä kuin kupariputkista. Kupariputkien osuus on vain muutaman prosentin luokkaa (EU 2008).

Eri materiaaleista valmistetuilla putkilla on jokaisella oma käyttöpaikkansa ja hyväksi havaittu käyttötarkoituksena. Esimerkiksi kerrostalojen nousuputkiin soveltuvat parhaiten jäykät kupari- tai komposiittiputket. Tässä tutkimuksessa ei löydetty selkeitä perusteita sille, että joku tarkastelluista putkimateriaaleista olisi toista huonompi tutkittujen vaikutusten (hiilijalanjälki, terveys, toksisuus) osalta. Hiilijalanjäljen ja terveysvaikutusten osalta voidaan sanoa, että merkittävää eroa tarkasteltujen putkimateriaalien välillä ei ole. Hiilijalanjälkeen vaikuttaa tosin merkittävästi valmistuksessa käytetyn kierrätysmateriaalin osuus, mutta se on Pohjoismaiden osalta kuitenkin tarkkaan tiedossa. Kierrätyskuparin hyödyntäminen raaka-aineena kuluttaa energiaa vain noin kymmenyksen primäärikuparin valmistukseen verrattuna. Koska kupariputkien raaka-aineen valmistuksen osuus on lähes kolme neljäsosaa putkien valmistuksen kokonaishiilijalanjäljestä (kierrätyskuparimäärällä 67 %), kierrätyskuparin osuudella on merkittävä vaikutus lopputulokseen.

Kuparin toksisuusvaikutusta vesiympäristössä sekä sen vaikutusta viljelysmaihin puhdistamolietettä lannoitteena käytettäessä on tässä tutkimuksessa arvioitu tutustumalla aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin, annettuihin lausuntoihin sekä haastattelemalla alan asiantuntijoita. Näiden perusteella voidaan todeta, että vesijohtoputkista liukenevan kuparin vaikutusta vesiympäristössä ei voida pitää merkittävänä. Puhdistamolietteen haitallista vaikutusta viljelysmaihin saattaa esiintyä ainoastaan niillä alueilla, joilla kuparipitoisuus on jo luonnostaan korkea. Tällaisina alueina Pohjoismaissa nousee esille Tukholman alue Ruotsissa. Viljelysmaiden kokonaispinta-alasta tämä on hyvin pieni osuus, ja puhdistamolietteen käyttö lannoitemateriaalina on yksinkertaista lopettaa näillä pelloilla. Siten ei ole perusteltua kieltää kupariputkien käyttöä tämän syyn vuoksi.

Lähteet

- Ahola, S. 2014. Putkimateriaalien kestävyys LVI-järjestelmissä. Insinööritoimisto, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Talotekniikan koulutusohjelma. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71194/putkimat.pdf?sequence=1>. [Vierailtu 31.8.2020]
- Boonen, K. & Spirinckx, C. 2011. INTERNAL REPORT - Comparative Life Cycle Assessment of PEX Hot & Cold versus copper Hot & Cold water pipe systems. TEPPFA & VITO.
- EU, 2008. Voluntary Risk Assessment Report. <https://echa.europa.eu/fi/copper-voluntary-risk-assessment-reports> [Vierailtu 31.8.2020]
- Garance, W. & Diep, R. 2016. LCA Report of Copper Cathode and Semi-products - Update and Extension of European Copper LCA-Data. Thinkstep AG.
- Hedberg, Y.S., Hedberg, J.F., Herting, G., Goidanich, S. & Wallinder, I.O. 2014. Critical Review: Copper Runoff from Outdoor Copper Surfaces at Atmospheric Conditions. *Environmental Science & Technology* 2014, 48, pp. 1372-1381.
- Kaunisto, T., Peltö-Huikko, A., Kiuru, J. & Latva, M. 2017. PEX-putkista liukeneva tert-butyylialkoholi (TBA). Vesi-instituutin julkaisu 7. Vesi.instituutti Wander. p. 37.
- Landner, L. & Reuther, R., 2004. Metals in Society and in the Environment. A Critical Review of Current Knowledge on Fluxes, Speciation, Bioavailability and Risk for Adverse Effects of Copper, Chromium, Nickel and Zinc. *Environmental Pollution Vol. 8*. Kluwer Academic Press. 406 p.
- Mattsson, R. 20xx. Kupariputket -kirjanen, suomennettua koulutusmateriaalia, Scandinavian Copper Development Association (ei julkaistu). 51 s. www.kupari.com
- Scandinavian Copper Development Association, 2017. Swan criteria for renovations. 9.6.2017 (ei julkaistu). 9 p.
- TEPPFA. Environmental Product Declaration, Crosslinked polyethylene (PEX) pipe system for hot and cold water in the building. European Communication Format – B2B. The European Pipes and Fittings Association. 14 p.
- TEPPFA. Environmental Product Declaration, Polymer/Al/Polymer composite pipe system for hot and cold water in the building. European Communication Format – B2B, The European Pipes and Fittings Association. 14 p.
- Thuring, M. 2018a. Study supporting the update of the comparative Life Cycle Assessment of a PEX pipe system versus a copper Hot & Cold water pipe systems. VITO, Belgia.
- Thuring, M. 2018b. Study supporting the update of the comparative Life Cycle Assessment of a Polymer/Al/Polymer composite pipe system versus a copper Hot & Cold water pipe systems. VITO, Belgia.
- Thuring, M., Peeters, K. & Damen, L. 2018. Study supporting the EPD update for the PEX pipe system for hot and cold water supply in the building. VITO, Belgia.
- Thuring, M. & Damen, L. 2018a. Study supporting the EPD update for the Polymer/Al/Polymer composite pipe system for hot and cold water in the building (according to EN ISO 21003). VITO, Belgia.
- Thuring, M. & Damen, L. 2018b. Final report - Study supporting the update for the copper pipe system for hot and cold water in the building (according to EN ISO 21003). VITO, Belgia.
- Spirinckx, C., Vanderreydt, I., Vercalsteren, A. & Boonen, K. 2010. INTERNAL REPORT - Life Cycle Assessment of a PEX Hot & Cold water pipe system for hot and cold water in the building (according to EN ISO 15875), Final LCA background report. TEPPFA & VITO.
- Spirinckx, C., Peeters, K. & Boonen, K. 2011. INTERNAL REPORT - Life Cycle Assessment of a polymer multilayer pipe system for hot and cold water in the building (according to EN ISO 21003), Final LCA background report. TEPPFA & VITO.
- SFS-EN 15804 + A1 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt, 2015. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentaminen-ja-vaaralliset-aineet/CENCT-350-Kestava-rakentaminen/> [Vierailtu 31.8.2020]
- SLU (Sveriges lantbruksuniversitet) 2020. Mark- och grödoinventeringen. <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljo-analys/akermarksinventeringen/undersokningar/mark-grodoinventeringen/> [Vierailtu 31.8.2020]
- WHO 2017. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first addendum. World Health Organization. 541 p.

Haastatellut asiantuntijat

Nimi	Organisaatio	Asiantuntemus/aihepiiri
Jaakko Mannio	Suomen ympäristökeskus SYKE	Haitallisten aineiden vaikutus ympäristöön, erityisaiheena kalat
Aino Peltö-Huikko	Vesi-instituutti	Talousvesiputkimateriaalien päästöt juomaveteen
Pia Voutilainen	Scandinavian Copper Development Association	Kupariputkien valmistus, ympäristövaikutukset
Teemu Pihl	Cupori Oy	Kupariputkien valmistus, ympäristövaikutukset
Kari Kuivalainen	Muoviteollisuus ry	Muoviputkien valmistus, ympäristövaikutukset
Ilari Aho	Uponor Suomi Oy	Muoviputkien valmistus, ympäristövaikutukset
Kristina Svinhufvud	Naturvårdsverket	Kuparikuormituksen ympäristövaikutukset
Anders Finsson	Svensk Vatten	Kuparikuormituksen ympäristövaikutukset

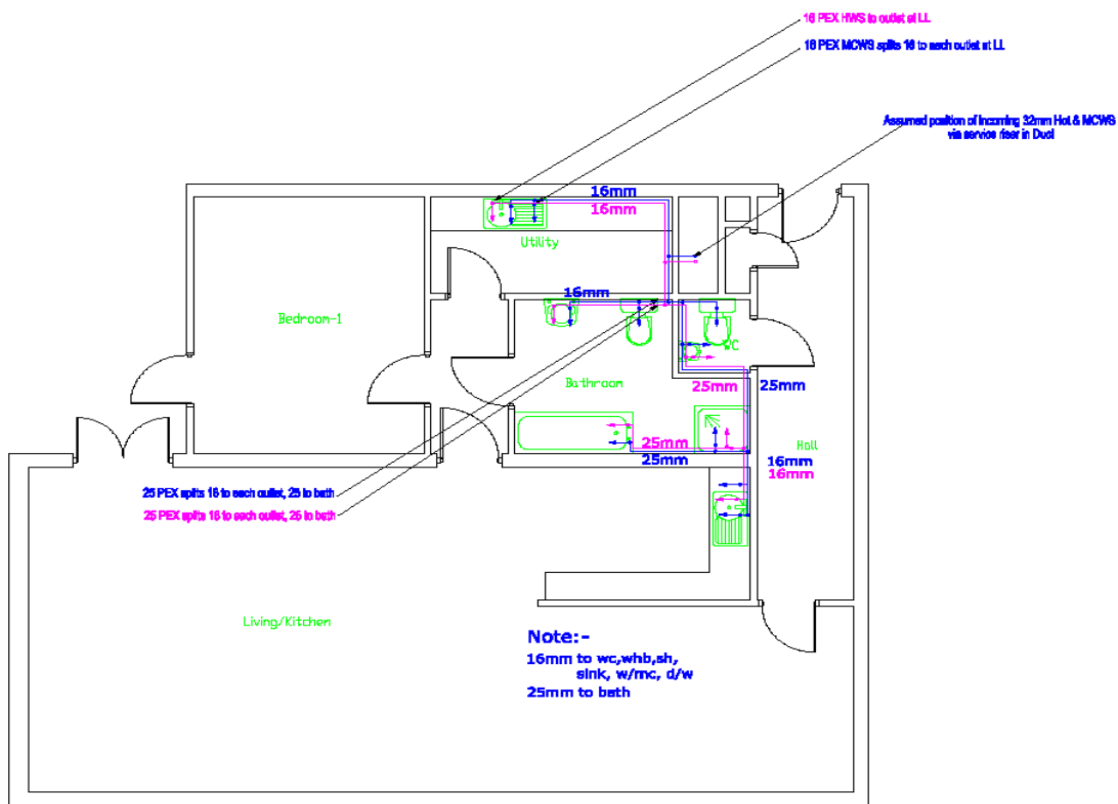
Liite 1 Muoviteollisuuden teettämät elinkaariarvioinnit

1 Taustaa

Tässä liitteessä on esitetty yhteenveto muoviteollisuuden teettämistä eri putkimateriaalien elinkaariarvioinneista, jotka perustuvat useisiin raportteihin (Boonen & Spirinckx 2011, Thuring 2018a, Thuring 2018b, Thuring ym. 2018, Thuring & Damen 2018a, Thuring & Damen 2018b, Spirinckx ym. 2010, Spirinckx ym. 2011). Osa materiaaleista ei ole julkisia, vaan toimialan sisäisiä raportteja. Suuri osa materiaaleista on saatu Ilari Aholta (Uponor Suomi Oy). Muoviteollisuuden teettämässä arvioinneissa vertailtiin eri materiaaleista valmistettuja putkijärjestelmiä ns. kehdestä hautaan (”cradle to grave”).

Tiedonlähteinä tehdyissä arvioinneissa käytettiin suurimpien putkivalmistajien keskiarvotietoja sekä kirjallisuutta ja saatavilla olevia tietokantoja, mm. Ecoinvent, Ecolizer yms. (ks. Liitteen lähdetiedot). Lisäksi tehtiin kyselyitä raaka-aineiden valmistajille, TEPPFA:n jäsenyrityksille sekä tavarantoimittajille. Tarvittavat putki- ja komponenttimäärät laskettiin PEX:illä ja komposiitilla kahden suurimman eurooppalaisen toimittajan tyypillisten järjestelmäsuunnitelmien painojen keskiarvona. Kuparivesiputkijärjestelmän suunnittelu perustui helposti saatavilla oleviin tietoihin kirjallisuudesta ja muutamien kupariputkijärjestelmien valmistajien verkkosivuilta saatavilla olevaan tietoon.

Toiminnallisena yksikkönä käytettiin tietyn kokoista ja tietyn varustelutason mukaista asuntoa (kuva 1), jonka vaikutukset on jaettu putkiston käyttöikäolettamalla (50 vuotta). Tarkempi määrittely: ”*Valitun juomavesiputkijärjestelmän vuotuiset ympäristövaikutukset juomaveden (kuuma/kylmä) paineistetulle syötölle ja jakelulle määritellyn asunnon (100 m², käyttöikäoletama 50a) vesiputkiston sisäntulosta eri vesipisteille; kylpyhuone, erillinen WC, keittiö.*”



Kuva 1. Toiminnallisen yksikön laskemisessa käytetty malliasunto.

2 Vertailut putkijärjestelmät

2.1 PEX

PEX-putkijärjestelmän pääkomponentit ovat PEX-putket sekä PPSU- (polyfenyylisulfoni) ja messinkiliittimet. PEX-putki on kiinteäseinäinen, yksikerroksinen putki, joka toimitetaan kelassa. Raaka-aineet ja valmistusmenetelmät on esitetty taulukossa 1. Lisätietoja valmistukseen liittyen myös liitteessä 2.

Taulukko 1. Malliasunnon PEX-putkijärjestelmän komponentit, raaka-aineet ja valmistusprosessit. Suluissa tarvittavat raaka-aineet toiminnallista yksikköä kohden.

Komponentti	Määrä	Raaka-aineet	Valmistusprosessi
PEX-putket	8,15 kg (0,163 kg/FU)	98,4 % PE-HD, 1,6 % erilaisia kemikaaleja (luottamuksellista tietoa; laskennassa käytetty 50 % alkyylibentseeniä, 50 % fenolia.	Ektrusio (sähkö 1,9 kWh/kg) (tiedot keskiarvoistettu eurooppalaisten muoviputkivalmistajien antamista tiedoista).
Muoviliittimet (PPSU)	0,75 kg (0,015 kg/FU)	Polyfenyylisulfoni	Ruiskuvalu
Messinkiliittimet	1,5 kg (0,030 kg/FU)	Kupari ja sinkki, kierrätys- raaka-aineen osuus 60 % (eurooppalainen keskiarvo)	Sulatus, valu ja sorvaus

2.2 Komposiitti

Komposiittiputkijärjestelmän pääkomponentit ovat komposiittiputket, PPSU- ja messinkiliittimet sekä metalliset puristusrenkaat. Komposiittiputki on kolmikerroksisesta rakenteesta koostuva putki, jonka ydin on alumiinia. Ympäristövaikutusten mallintamiseen käytettiin kahden erilaisen komposiitin keskiarvoa; silloitettu polyeteeni/alumiini/polyeteeni -korotettu lämpötila (PEX/Al/PE-RT) ja polyeteeni -korotettu lämpötila/alumiini/polyeteeni -korotettu lämpötila (PE-RT/Al/PE-RT)). Raaka-aineet ja valmistusmenetelmät on esitetty taulukossa 2. Lisätietoja valmistukseen liittyen myös liitteessä 2.

Taulukko 2. Malliasunnon komposiittiputkijärjestelmän komponentit, raaka-aineet ja valmistusprosessit. Suluissa tarvittavat raaka-aineet toiminnallista yksikköä kohden.

Komponentti	Määrä	Raaka-aineet	Valmistusprosessi
Polymeeriosat	5,8 kg (0,116 kg/FU)	<u>50 % PEX/Al/PE-RT</u> ulkokerros: 98,15 % PE-HD, 1,6 % erilaisia kemikaaleja (luottamuksellista tietoa; laskennassa käytetty 50 % alkyylibentseeniä, 50 % fenolia), 0,25 % titaanidioksidia. sisäkerros: 99 % PE-HD, 1 % stabilointiaineita; fenoliset hapettumisen estoaineet, fosfiitti (laskennassa käytetty 50 % alkyylibentseeniä, 50 % fenolia) <u>50 % PE-RT/Al/PE-RT</u> ulkokerros: 98,75 % PE-HD, 1 % stabilointiaineita; fenoliset hapettumisen estoaineet, fosfiitti (laskennassa käytetty 50 % alkyylibentseeniä, 50 % fenolia), 0,25 % titaanidioksidia. sisäkerros: 99 % PE-HD, 1 % stabilointiaineita; fenoliset hapettumisen estoaineet, fosfiitti (laskennassa käytetty 50 % alkyylibentseeniä, 50 % fenolia)	Ektrusio (sähkö 1,056 kWh/kg, maakaasu 0,492 kWh/kg) (tiedot keskiarvoistettu eurooppalaisten muoviputkivalmistajien antamista tiedoista).

Alumiiniosat	2,2 kg (0,044 kg/FU)	Alumiini, kierrätysraaka-aineen osuus 10 % (eurooppalainen keskiarvo)	Valssaus
Muoviliittimet (PPSU)	0,75 kg (0,015 kg/FU)	Polyfenyyliisulfoni	Ruiskuvalu
Messinki-liittimet	1,5 kg (0,030 kg/FU)	Kupari ja sinkki, kierrätysraaka-aineen osuus 60 %	Sulatus, valu ja sorvaus
Metalliset puristinrenkaat	0,6 kg (0,012 kg/FU)	Ruostumaton teräs	Kuumavalssaus kelalle

2.3 Kupari

Kupariputkijärjestelmän pääkomponentit ovat kupariputket, kupariliittimet ja juotokset. Koska kupari-putkijärjestelmä voi sisältää toisaalta kuparipuristusliittimiä ja toisaalta kuparijuotettuja liitososia, ympäristövaikutusten mallintamisessa oletettiin, että putkijärjestelmässä koostuu 50 % puristusliittimistä ja 50 % juotetuista liitoksista.

Taulukko 3. Malliasunnon kupariputkijärjestelmän komponentit, raaka-aineet ja valmistusprosessit. Suluissa tarvittavat raaka-aineet toiminnallista yksikköä kohden.

Komponentti	Määrä	Raaka-aineet	Valmistusprosessi
Kupariputket	23,2 kg (0,464 kg/FU)	100 % kupari	Sulatus, epäpuhtauksien puhdistus, sulatetun kuparin pelkistys fosforilla (happipitoisuuden laskemiseksi), valu
Kupariliittimet	3,02 kg (0,060 kg/FU)	100 % kupari	Valu
Juotokset	0,009 kg (0,0002 kg/FU)	7 % sinkki, 3 % kupari	Hitsaus/juottaminen

3 Tulokset

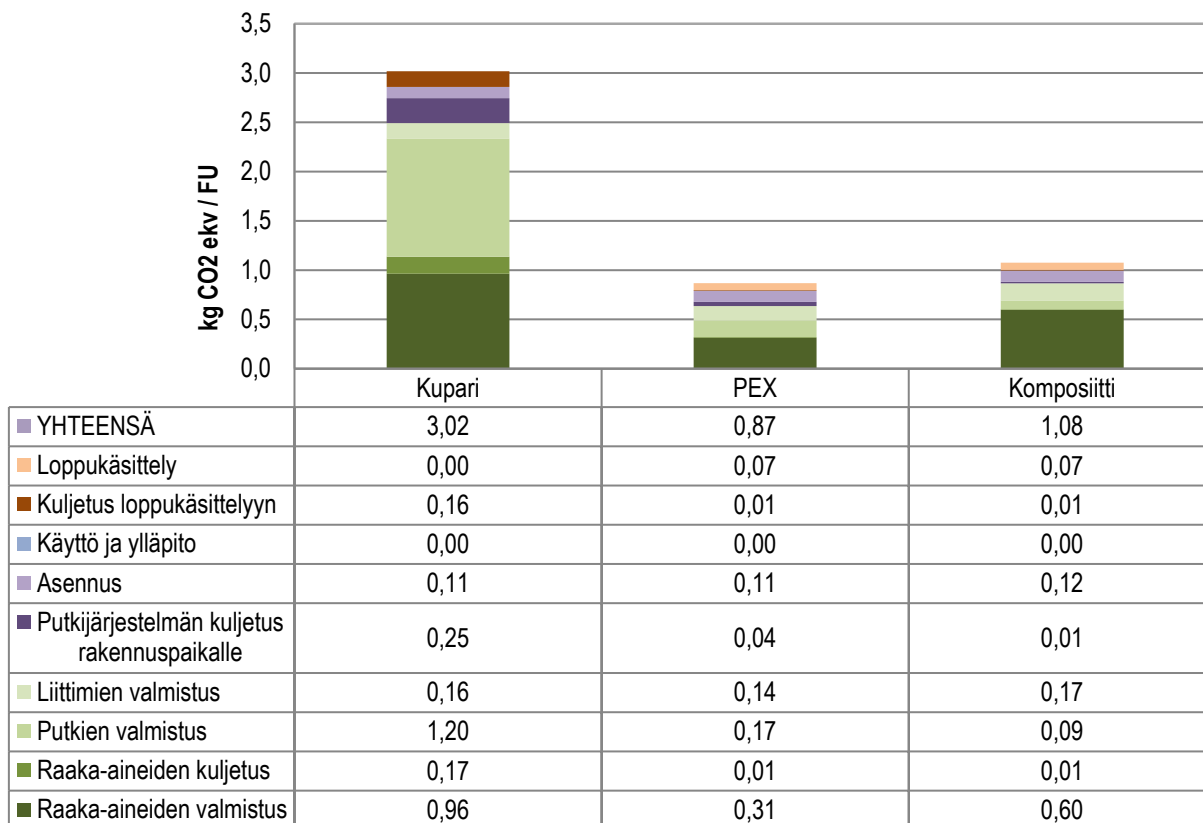
Ympäristövaikutusten tarkastelu on esitetty jakamalla ne seuraaviin elinkaaren vaiheisiin; valmistus-, rakennus, käyttö- ja loppukäsittelyvaiheet. Eri vaiheisiin sisältyvät tarkastellut osatekijät eri putkijärjestelmien osalta on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Muoviteollisuuden teettämiin elinkaariarviointeihin sisällytetyt elinkaaren vaiheet eri putkimateriaaleilla.

Kupari	Pex	Komposiitti
Valmistusvaihe		
Raaka-aineiden tuotanto (putket, liittimet, juotokset) Raaka-aineiden kuljetus valmistajalle Kupariputkien, liittimien ja juotosten valmistusprosessi Putkien ja komponenttien pakkaus	Raaka-aineiden tuotanto (putket, PPSU- ja messinkiliittimet) Raaka-aineiden kuljetus valmistajalle PEX -putkien ja liittimien valmistusprosessi Putkien ja komponenttien pakkaus	Raaka-aineiden tuotanto (putket, PPSU- ja messinkiliittimet, puristusrenkaat) Raaka-aineiden kuljetus valmistajalle Komposiittiputkien ja liittimien valmistusprosessi Putkien ja komponenttien pakkaus
Rakentamisvaihe		
Kuljetus rakennuspaikalle Asennus	Kuljetus rakennuspaikalle Asennus	Kuljetus rakennuspaikalle Asennus

Käyttövaihe		
Käyttö ja ylläpito	Käyttö ja ylläpito	Käyttö ja ylläpito
Loppukäsittelyvaihe		
Purkaminen käyttöajan jälkeen Kuljetus loppukäsittelyyn Loppukäsittely	Purkaminen käyttöajan jälkeen Kuljetus loppukäsittelyyn Loppukäsittely	Purkaminen käyttöajan jälkeen Kuljetus loppukäsittelyyn Loppukäsittely

Eri putkimateriaaleista koostuvien järjestelmien ilmastonmuutosvaikutukset on esitetty kootusti kuvassa 2. Taulukossa 3 on samat vaikutukset tarkemmin eriteltyinä lukuina.

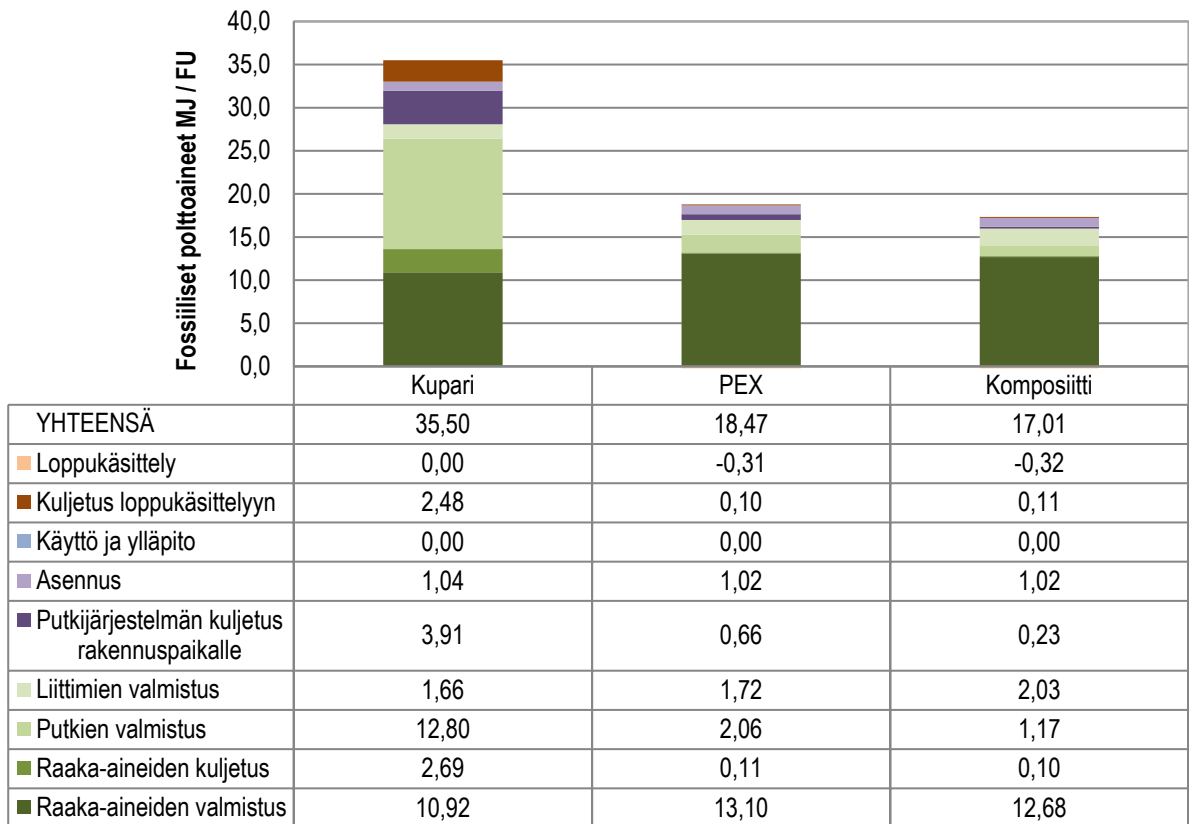


Kuva 2. Eri putkimateriaalien toiminnallista yksikköä kohden aiheutuvat ilmastonmuutosvaikutukset (kg CO₂ ekv) muoviteollisuuden arviointien mukaan.

Eri putkimateriaalien vaikutukset ilmastonmuutokseen toiminnallista yksikköä kohden laskettuna olivat TEPPFA:n teettämien arviointien mukaan kuparille yhteensä 3,0, PEX:lle 0,9 ja komposiitille 1,1 kg CO₂ ekv. Kuvassa kuparin kierrätysasteeksi on arvioitu 26 %. Herkkyystarkasteluna on laskettu vaikutukset, mikäli kuparin kierrätysaste nousisi 100 %:iin. Tällöin kuparin kokonaisvaikutus pienenesi tämän tarkastelun perusteella 69 %:iin eli olisi noin 2,1 kg CO₂ ekv/FU. Tarkastelun lopputulokseen vaikuttaa olennaisesti myös se, että toiminnallista yksikköä kohden kuparia tarvitaan noin kolminkertainen määrä (kg) verrattuna muoviputkiin.

Energian käytön suhteen kaikissa putkijärjestelmissä on käytetty sähkön osalta eurooppalaista keskimääräistä sähköntuotantoa (kivihiili 38 %, maakaasu 28 %, ruskohiili 25 % ja raakaöljy 9% (Ecoinvent tietokanta: Electricity, low voltage, European average mix of production)). Lämpö on oletettu kaikissa putkijärjestelmissä tuotettavan maakaasulla (Ecoinvent tietokanta: Heat, natural gas, at industrial furnace low-NO_x >100kW).

Fossiilisten polttoaineiden käyttö eri putkijärjestelmien elinkaaren aikana on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Eri putkimateriaalien toiminnallista yksikköä kohden aiheutuva fossiilisten polttoaineiden käyttö (MJ) muoviteollisuuden arviointien mukaan.

4 PEX- ja komposiittiputkien elinkaariarvioinnissa käytetyt lähteet

CEN TC 350 draft framework documents, 2008 – 2009:

- prEN 15804: Sustainability of construction works – Environmental product declarations – core rules for the product category of construction products (draft, 2008)
- prEN 15942: Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Communication format – Business to Business (draft, April 2009)

Ecoinvent Data v2.2, 2010. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Switzerland, www.ecoinvent.org

Ecolizer, 2005. <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/1818?lang=null>, (vierailtu 02/02/2019)

EN 806, Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 1: General

EN 806-2, Specification for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 2: Design

EN 806-3, Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption. Part 3: Pipe sizing. Simplified method

EN ISO 15875-1, Plastics piping systems for hot and cold water installations. Crosslinked polyethylene (PE-X). Part 1: General

EN ISO 15875-2, Plastics piping systems for hot and cold water installations. Crosslinked polyethylene (PE-X). Part 2: Pipes

EN ISO 15875-3, Plastics piping systems for hot and cold water installations. Crosslinked polyethylene (PE-X). Part 3: Fittings

Eurostat, 2006. Packaging waste scenarios (EU27, 2006)

Five Winds International & PE International, 2008, Goal and Scope Document, Prepared for TEPPFA, October 2008

Hammond Geoff and Joones Craig, 2008. Inventory of carbon and energy (Ice), Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath (UK)

M. Hauschild and J. Potting, 2003. Spatial differentiation in Life Cycle impact assessment - The EDIP2003 methodology. Institute for Product Development Technical University of Denmark.

Indaver, 2007. Sustainability Report 2007 from Indaver

ISO, 2006:

*ISO 14025, (2006), Environmental labels and declarations -- General principles.

*ISO 14040, (2006), Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.

*ISO 14044, (2006) Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.

PlasticsEurope (the association of plastics manufacturers) Ecoprofiles website,
<http://www.PlasticsEurope.org>

Simapro 7.3.0 – LCA Software. 2011. PRé consultants bv, Amersfoort, The Netherlands.

Spirinckx et al., 2011. Life Cycle Assessment of a polymer multilayer Hot & Cold water pipe system for hot and cold water in the building (according to EN ISO 15875). Final LCA background report.
Reference: 2099/TEM/R/229.

Windsperger et al., 1999. Investigation of European Life Cycle Assessment Studies for Pipes made of different materials for water supply and sewer systems - a critical comparison. Contracted by TEPPFA, Institut für Industrielle Ökologie, St. Pölten, Austria

Liite 2 Kupariteollisuuden teettämät elinkaariarvioinnit

1 Taustaa

Tässä liitteessä on esitetty yhteenveto raportista ”LCA Report of Copper Cathode and Semi-products - Update and Extension of European Copper LCA-Data” (Garance & Diep 2016.) Liitteessä käytetyt taustamateriaalit on saatu Pia Voutilaiselta (Scandinavian Copper Development Association).

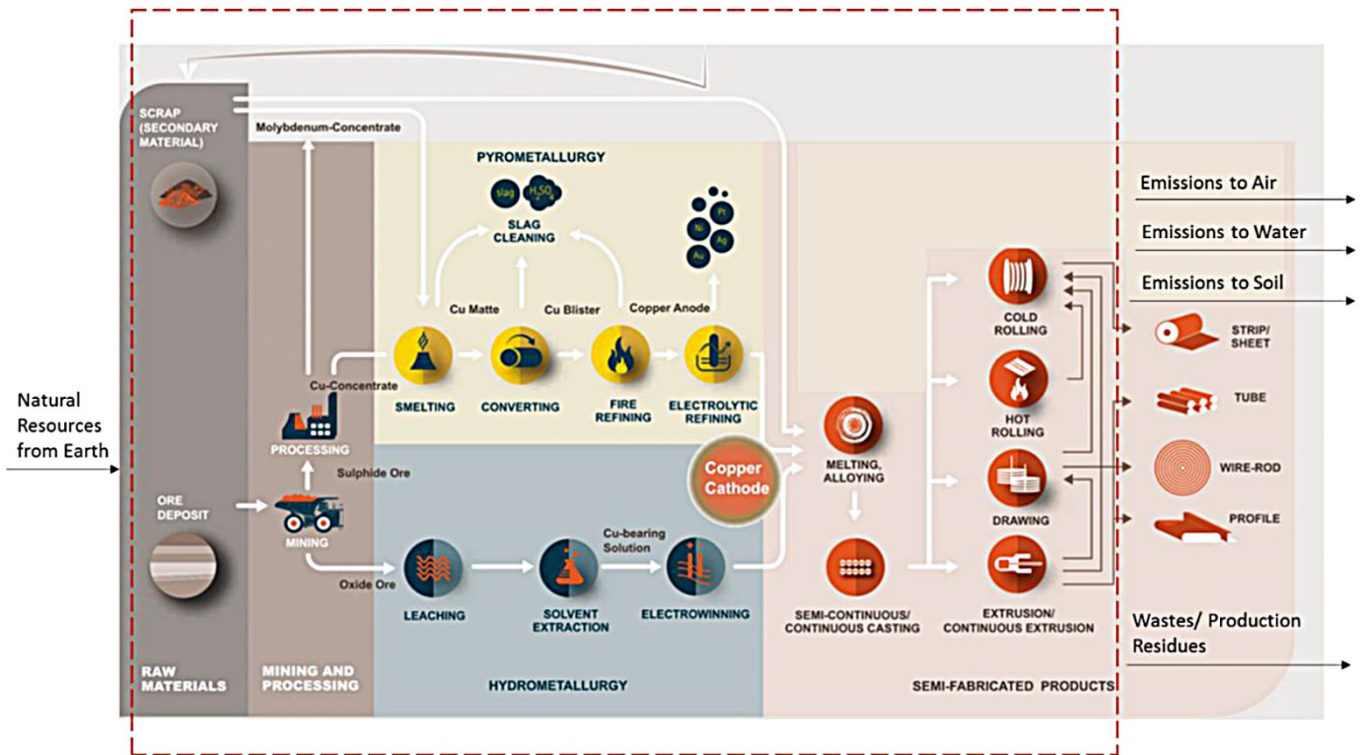
Kupariteollisuuden teettämässä selvityksessä arvioitiin raakakuparin ja kuparipuolivalmisteiden, kuten putkien ja levyjen, valmistuksen aiheuttamia ympäristövaikutuksia ns. kehdestä portille (”cradle to gate”). Kuparituotteille, esim. putkille (15 mm/1 mm), toiminnallisena yksikkönä on käytetty 1 m putkea (0,39 kg/m). Tarkastelu sisältää kuparin louhinnan, rikastuksen, sulatuksen sekä vaihtoehtoisen hydrometallurgisen tuotantoketjun sekä kupariputken valmistuksen päättyen tehtaalle valmiin tuotteen muodossa (cradle to gate). Se ei sisällä käyttöä, käytöstä poistettujen tuotteiden tai kupariromun käsittelyä. Kierrätetyn kuparin (romukupari) osuus kupariputkien valmistuksessa on valmistajilta saatujen tietojen mukaan keskimäärin 67 % ja tätä lukua on käytetty laskelmissa.

Hyvityksinä on huomioitu kuparin valmistuksessa syntyvät sivutuotteet kuten mm. kulta, hopea ja nikkeli sekä sivutuotteena syntyvästä höyrystä valistettava rikkihappo. Niiden osuus syntyvään ympäristöprofiiliin on huomioitu laskelmissa sekä taloudellisen arvon että massojen suhteessa. Tiedonlähteinä käytettiin globaalin kupariteollisuuden todellisia inventaariotietoja, European Copper Institutun (ECI) kokoamana ICA:lle. (Liitteen lähdetiedot).

2 Tulokset

Ympäristövaikutusten tarkastelu on jaettu raaka-aineen (kuparikatodi) valmistukseen, raaka-aineiden kuljetukseen tehtaalle sekä kupariputkien valmistukseen. Tuloksena saatu kupariputken hiilijalanjälki oli 0,954 kg CO₂ ekv/m kupariputkea. Tästä raaka-aineen valmistuksen osuus on lähes 70 % ja kupariputkien valmistuksen noin 30 %. Kuljetusten osuus oli merkityksetön.

Tulosten perusteella kuparituotteiden ympäristövaikutukset riippuvat voimakkaasti kuparikatodin valmistuksen vaikutuksista ja valmistuksessa käytetyn kupariromun osuudesta. Puhdasta kupariromua, kuten kupariputket, voidaan käyttää suoraan kuparituotteiden tuotantoon (kuparimalmin/-katodin korvikkeena) ilman muuta jalostustarvetta. Tuotantopaikan maantieteellisellä sijainnilla on myös suuri merkitys, koska valmistuksessa käytetyn sähkön ja lämmön alkuperä vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. Tässä tarkastelussa sähkönä ja lämpönä käytettiin kunkin tuotantomaaan keskimääräistä sähköä ja lämpöä tuotantomäärien suhteessa sekä kuparikatodin että putkien valmistukselle. Energian lähteistä 11 % oli uusiutuvia, 9 % ydinvoimaa ja 80 % fossiilisia polttoaineita (Taulukko 1). Toisaalta esim. Pohjoismaissa tuotetun kuparin hiilijalanjäljen voidaan arvioida kuitenkin olevan merkittävästi pienempi, koska täällä suurempi osa käytetystä sähköstä tuotetaan uusiutuvilla polttoaineilla. Sama koskee tietysti muoviputkien valmistusta esimerkiksi Ruotsissa. Kuvassa 1 on esitetty kuparituotteiden valmistuksen vaiheet ja käytetyt menetelmät.



Kuva 1. Kuparituotteiden valmistuksen vaiheet (ECI, 2016).

Taulukko 1. Kupariputkimetrin valmistukseen käytetyn energian alkuperä.

Energianlähde	Määrä (MJ)	Osuus
Raakaöljy	0,719	6 %
Kivihili	3,1	26 %
Ruskohiili	1,36	11 %
Maakaasu	4,34	36 %
Ydinvoima	1,14	9 %
Vesi	0,579	5 %
Aurinko	0,525	4 %
Tuuli	0,287	2 %
Yhteensä	12,05	100 %

3 Kupariputkien elinkaariarvioinnissa käytetyt lähteet

Boliden Company 2013. New Boliden Annual Report 2013.

BSI 2012. PAS 2050-1:2012: Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products. London: British Standards Institute.

Davenport, W. K. 2002. Extractive Metallurgy of Copper. Pergamon.

ECI, E. C. 2008. Copper Smelters and Refineries in the EU.

Garance, W. & Diep, R. 2016. LCA Report of Copper Cathode and Semi-products - Update and Extension of European Copper LCA-Data, Thinkstep AG.

Guinée, J. B., Gorée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., . . . Huijbregts, M. 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Dordrecht: Kluwer.

ICSG 2015. International Copper Study Group (ICSG). Retrieved from International Copper Study Group (ICSG): <http://www.icsg.org/index.php/statistics/selected-data>

Industry Information 2013. Personal Information given by KME, Wieland, Aurubis, Halcor, Boliden.

- IPCC 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. Geneva, Switzerland: IPCC.
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Geneva, Switzerland: IPCC.
- ISO 14040 2006. ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 14044 2006. ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Geneva: International Organization for Standardization.
- IWCC 2013. Copper Statistics. London, UK: International World Copper Council.
- JRC 2010. ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance. EUR 24708 EN (1st ed.). Luxembourg: Joint Research Centre.
- Krüger, J. B. 1995. Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung- und Verarbeitung. Metalle, Hefte 4,5 und 6. Heidelberg: Hüthig Fachverlage.
- Meyer-Wulf, C. 2008. Rückgewinnung von Kupfer, Silber und Gold aus metallhaltigen Abfällen. Norddeutsche Affinerie AG.
- Pfister, S., Koehler, A., & Hel, S. 2009. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. Environ. Sci. Technol., 43(11), 4098–4104.
- Rosenbaum, R. K., Bachmann, T. M., Swirsky Gold, L., Huijbregts, M., Jolliet, O., Juraske, R., . . . Hauschild, M. Z. 2008. USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. Int J Life Cycle Assess, 13(7), 532–546.
- The World Bank 2015. World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet). Retrieved from Commodity Markets. Retrieved from <http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>
- thinkstep 2015. GaBi LCA Database Documentation. Retrieved from thinkstep AG: <http://database-documentation.gabi-software.com> LCA Study Report of Copper Cathode and Products 60 of 81
- thinkstep AG 2016. Copper Cathode. Life Cycle Assessment. On behalf of the International Copper Association (ICA).
- USGS 2015. 2013 Minerals Yearbook, Copper [Advance Release]. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
- van Oers, L., de Koning, A., Guinée, J. B., & Huppes, G. 2002. Abiotic resource depletion in LCA. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management.
- WRI 2011. GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. Washington D.C.: World Resource Institute.



ISBN 978-952-11-5227-6 (PDF)

ISBN 978-952-11-5226-9 (nid.)

ISSN 1796-1726 (verkkoj.)

ISSN 1796-1718 (pain.)