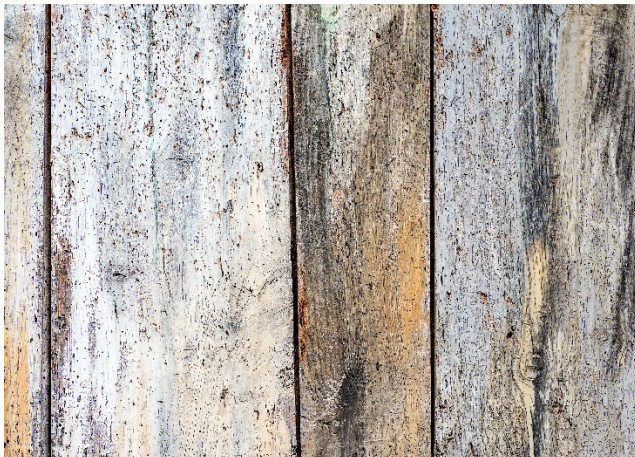




Nr U 6481
Juni 2021

Förstudie – kopparurlakning från impregnerat virke jämfört med övriga kopparflöden i Sverige



På uppdrag av Organowood AB

Richard Lihammar, Daniel Edlund, Michelle Nerentorp

Författare: Richard Lihammar, Daniel Edlund, Michelle Nerentorp

På uppdrag av: Organowood AB

Fotograf: Stock Images

Rapportnummer U 6481

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2021

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Inledning	5
Förstudiens mål	5
Koppar i allmänhet.....	5
Kopparns rörlighet i mark	5
Impregnerat virke och koppar som biocid.....	6
Kopparlakning från impregnerat virke.....	7
Mängd koppar som lakas ur impregnerat virke	8
Utsläppskällor till koppar i Sverige.....	9
Information hittat om effekter nära en konstruktion.....	11
Toxicitet i mark	12
Sammanfattning och förslag inför fortsatt utredning.....	13
Koppar i virke och virkestyper.....	13
Toxicitet och lokala effekter.....	14
Referenser.....	15
Appendix I	18
Beräkningar för urlakning av koppar från impregnerat virke	18

Sammanfattning

I denna rapport presenteras resultaten från en litteraturstudie om urlakning av koppar från impregnerat virke samt vad som är känt om vilka miljöeffekter detta läckage kan tänkas föra med sig. Litteraturstudien, som är en förstudie inför ett möjligt kommande samfinansprojekt, har som syfte att identifiera vilka kunskapsluckor som finns för att kunna göra en fullständig bedömning om vilken påverkan koppar från impregnerat virke har på det totala kopparflödet i Sverige, samt att studera möjliga lokala effekter under en konstruktion av impregnerat virke. Ett samfinansprojekt är tänkt att fylla ut vissa av de identifierade kunskapsluckorna.

I rapporten rapporteras en överslagsberäkning som indikerar att cirka 365 000 kg koppar årligen tillsätts i impregnerat virke som säljs i Sverige, samt att 10 – 20 % av detta antas kan laka ur virket under det första året. Detta skulle motsvara 36 000 – 72 000 kg kopparurlakning från impregnerat virke per år i Sverige.

Den mängd koppar som tillkommer från andra källor, så som punktkällor och industriutsläpp har kartlagts för jämförelse. För att fullt ut kunna jämföra impregnerat virke med andra kopparkällor och fastställa eventuella miljöeffekter behövs dock en djupare analys göras gällande vilka nivåer av olika tillämpningsområden för impregnerat virke och vilken typ av koppar som läcker. Vilken form av koppar som läcker har betydelse för till exempel mobiliteten och biotillgängligheten.

Denna utredning sammanställer den vetenskapliga litteratur inom området som har hittats inom förstudiens ramar. Publikationerna var få men det som har hittats beskriver de framsteg man har gjort för att studera de konsekvenser kopparläckage från till exempel impregnerat virke har på halter i mark och påverkan på djur- och växtliv.

I denna rapport sammanställs som slutsats de identifierade kunskapsluckor som kan ge uppslag till en vidare djupare samfinansstudie.

Inledning

Förstudiens mål

Denna rapport är en inledande kartläggning om vad som är känt om kopparurlakning från virke impregnerat med kopparhaltiga medel samt denna koppars eventuella miljöpåverkan. Studien är enbart gjort som en litteraturstudie och har dels som mål att försöka ge en uppskattning av den totala mängden koppar som lakas ut från impregnerat virke årligen i Sverige, dels att se hur dessa mängder förhåller sig till andra kopparutsläppskällor. Dessutom har det undersökts vad som är känt om lokala effekter nära installationer av impregnerat virke, så som en altan eller en båtbrygga.

Förstudien gjordes av IVL under våren 2021. De kunskapsluckor som identifierades under förstudien är sedan tänkt att ligga till grund för en ansökan om vidare forskning där experimentella försök och mätningar kan komma att behövas. Planen är att denna fortsättningsstudie skall göras inom ett SIVL finansierat samfinansierat projekt tillsammans med aktörer inom träskyddsbranschen.

Koppar i allmänhet

Koppar har god elektrisk och termisk ledningsförmåga och har därför många användningsområden, bland annat i elledningar, dricksvattenledningar, i träskyddsmedel och i bekämpningsmedel mot algpåväxt (Naturvårdsverket, 2020a). Koppar är ett viktigt grundämne som styr viktiga funktioner i kroppen och det rekommenderade dagliga intaget av koppar via föda är 1 mg. En vuxen människa har ca 80 mg koppar i kroppen. För höga eller för låga halter av koppar i kroppen kan däremot vara skadligt.

Exponering för halter i dricksvatten över 4 mg/l och 6 mg/l, för kvinnor respektive män, kan leda till kräkningar, diarré och verka skadligt för magslemhinnan. Efsa (Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet) har satt ett högsta dagligt intag av koppar på 5 mg. Långvarig exponering för höga halter av koppar kan orsaka leverskador (Livsmedelsverket, 2021).

Akvatiska ekosystem anses vara mer känsliga för kopparförgiftning än däggdjur, speciellt fisk som lever i grunda vatten. LD50 ("Lethal Dose". Dödlig dos som dödar 50% av försöksdjuren) för hudkontakt av koppar testat på mushanar är <1,124 mg/kg och hos kaniner <2,058 mg/kg. LC50 ("Lethal Concentration". Dödlig koncentration som dödar 50% av försöksdjuren) för fisk (96h, lax) är 60 µg koppar/l och LC50 för Daphnia (48h) är 5 µg koppar/l (Harvey, 2009; Civardi et al., 2015).

Koppar i miljön regleras inom FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP) och EU:s Dricksvattendirektiv (98/83/EG) och Slamdirektiv (86/278/EEG) (Naturvårdsverket, 2020a).

Koppars rörlighet i mark

Koppar förekommer i olika former fördelat mellan löst, kolloidal och partikulär fas i naturliga miljöer och läcker naturligt ifrån marken till grund- och ytvatten. Koppar har två olika oxidations-tillstånd, vanligast är Cu^{2+} som finns naturligt i oxiderande miljöer, och Cu^+ i reducerande miljöer

(Naturvårdsverket 2006). I mark binds koppar mycket starkt till humusämnen vilket innebär att halten av hummus styr hur mycket koppar marken kan binda (Naturvårdsverket, 2003). Bindningen till organiskt material är stark även vid lägre pH och är därmed inte så pH-känslig. I grundvatten förekommer koppar vanligtvis i låga halter, men högre halter kan finnas i närheten av vissa bergarter samt kring sulfidmineraliseringar. Eftersom koppar gärna binder till humusmaterial och att bindningen även är stark i låga pH innebär det att en stor del av transporten av koppar i vatten sker som lösta humuskomplex (Naturvårdsverket, 2006).

Mobiliteten av metaller varierar av markens egenskaper och brukar ofta sammankopplas med K_d -värden. K_d -värdet är ett mått på hur stor absorptionsförmåga en jord eller ett ämne har. Ett högt K_d för ett ämne innebär att det binds hårt i marken och risken för spridning är liten. Koppar kan ha ett K_d värde över 1000, men i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell har koppar ett K_d -värde på 600 l/kg och har beräknats utifrån lakteter med halter över naturlig bakgrund (Kemakta, 2016). Värdet är satt för att inte underskatta rörligheten av koppar i mark. (Naturvårdsverket, 2006). Andra tungmetaller som binder till organiskt material har i riktvärdesmodellen K_d -värde; Zn 600 l/kg As 300 l/kg, Cd 200 l/kg. Vid en studie av (Nylen Elise, 2004) sammanställdes data från 30 olika rapporter från lakteter av förorenad jord. Studien kunde konstatera att lakad mängd koppar ökar med ökad totalhalt koppar. Dock var det endast omkring 1 % av totalhalten (medelvärde) av kopparen som lakade ut. Rapporten konstaterade även att variationen av K_d -värdet ökade med ökad totalhalt för koppar.

Impregnerat virke och koppar som biocid

I impregnerat virke kan koppar användas som biocid för att motverka att virket bryts ner av rötsvampar eller träförstörande insekter. Den ökade beständigheten gör att virket får längre livslängd och kan användas i miljöer där trä normalt inte används. Historiskt har impregneringsmedel med koppar, krom och arsenik använts för träimpregnering, men på grund av stor problematik kring giftighet med krom och arsenik har branschen nu gått över till medel som mestadels innehåller kopparsalter. Impregneringsmedlet tillförs virket genom en industriell process där den känsliga delen av virket, splintveden¹, tillförs kopparsaltet.

Vid impregneringsprocessen fixeras kopparen i träet och skapar därmed en kopparinnehållande träprodukt. Mängden koppar som träet innehåller efter impregneringen beror på halten koppar i det valda impregneringsmedlet samt vilken träskyddsklass som virket ska uppnå. Förenklat är det så att högre halt koppar ger bättre skydd mot träförstörande organismer. I Norden klassificeras impregnerat trä enligt en branschstandard utarbetad av NTR, Nordiska Träskyddsrådet. Beroende på mängd impregneringsmedel som tillsätts till virket uppnår virket olika klasser. Exempelvis NTR A som är avsett att skydda virket vid varaktig kontakt med mark och sötvatten eller NTR AB som använder lägre mängd impregneringsmedel och är avsett för att skydda virke som används ovan mark.

Träskyddsmedel som innehåller kemiska ämnen måste godkännas av Kemikalieinspektionen innan de får användas för impregnering. Vidare krävs en registrering i European Biocidal Products

¹ Det är endast splintveden som behövs skyddas då kärnveden normal ej utsatt för angrepp. Det är också bara splintveden som har möjlighet att ta upp impregneringsmedel då den andra delen av virket, kärnveden, är sluten för upptag. Därför anges oftast bara värden för upptag av medel i splintveden. Splintvedsandelen brukar sättas till 50% av den totala vedmassan.

Regulation (BPR) för att få använda ett aktivt ämne och impregneringsmedel för träskydd (produkttyp 8).

Kopparlakning från impregnerat virke

Inom litteraturen har lakning av komponenter i träskyddsmedel från impregnerat virke studerats utifrån flera olika aspekter. För virke i direktkontakt med mark och vatten talar man dels om långsiktig urlakning av komponenter via diffusion, vilket inkluderar emission av vissa flyktiga komponenter. Då det finns fritt vatten i virket, till exempel vid fukt, kan vattenlösliga komponenter dissocieras och förflytta sig inom träet och vid vissa fall migrera till ytan där det lättare lakas ur (Kängsepp et al., 2011).

Hur koppar lakas från träskyddsbehandlat trä beror på en mängd olika faktorer såsom vilken typ av träskyddsmedel som har använts men också på vilket typ av virke det är. Till exempel så har en studie visat att alvirke läcker mer koppar än tall (Temiz et al., 2014). Man har också sett att ju mer permeabelt virket är desto större är urlakningen av koppar. I en studie där man tittade på lakning av koppar från olika träslag behandlade med träskyddsmedlen Wolmanit CX-8 och Tanalith såg man en generellt något större kopparurlakning för Tanalith. Man såg också att om virket tas från den lägre delen av stammen jämfört med den högre så tenderar virket att läcka mer koppar, speciellt om man använder Wolmanit CX-8 (Kängsepp et al., 2011).

Användningsområde och virkets klassning spelar roll för hur mycket koppar som urlakas. För impregnerat trä som används i nära kontakt med mark och vatten (NTR A) urlakas koppar dels på grund av regnvatten, dels på grund av diffusion i träet (som nämnts ovan). För denna typ av klassning visade en studie att urlakningshastigheten från trä behandlat med Tanalith E 3491 var som störst vid sjätte dagen av experimentet (ca 205 mg koppar/m²/dag). Efter dag 20 så hade urlakningshastigheten sjunkit till en konstant urlakningshastighet av ca 45 mg koppar/m²/dag. Experimentet pågick i 27 dagar (Temiz et al., 2006).

För virke som inte ligger i direkt kontakt med mark (NTR AB) urlakas koppar huvudsakligen på grund av regnvatten och efterföljande torkning. Samma studie visade att urlakningen var som störst efter ett dygn med en urlakningshastighet från trä behandlat med Tanalith E 3491 och Wolmanit CX-8 på ca 6,9, respektive 4,1 mg koppar/m²/dag. Redan vid dag 4 hade urlakningshastigheten för båda träimpregneringsmedlen sjunkit till konstant låga 0,3–0,8, respektive 0,1–0,3 mg koppar/m²/dag. Experimentet pågick i 32 dagar (Temiz et al., 2006). Även här var urlakningen av koppar från Tanalith större än för Wolmanit.

Tidsaspekten har konfirmerats i andra studier. Temiz et al. (2014) visade på att kopparläckaget är som störst under de 48 första timmarna vid utsättning för regn och är efter det minimalt. Hypotesen var att det beror på att det koppar som ej har fäst i träet under impregneringen och som fastnat på ytan läcker först (Temiz et al., 2014).

Vad gäller lakning över längre tid så visade en engelsk studie att tallvirke behandlat med koppar-karbonatbaserat träskyddsmedel läckte mest under de första sex månaderna av fältförsöket. Efter sex månader hade ca 14% av den ursprungliga mängden koppar i virket urlakats. Efter nio månader hade totalt 15,7% koppar urlakats. Resultaten från denna studie stämmer väl överens med uppskattningen att urlakningen av koppar under det första året är mellan 15–30% (Edlund et al., 2006). Studien visade även att koppar i träs mitt har en tendens att med tiden långsamt migrera ut till ytan på träet varifrån det kan urlakas. Vissa försök gjordes på konstruktion i vatten och under försökets gång togs sedimentprover under träinstallationen. Resultaten jämfördes med

referenspunkter och slutsatsen som drogs var att den koppar som urlakades från virket inte signifikant ledde till förhöjda kopparhalter i underliggande sediment (Hingston et al., 2005).

Inom godkännandeprocessen av impregneringsmedel finns det metoder för att testa urlakning av impregneringsmedel. Detta sker antingen med laborativa EN-metoder eller via fältstudier, genom till exempel metoden "NT Build 509" (Nordtest, 2005). Data från dessa tester presenteras i de Product Assessment Reports för varje ämne som ligger till grund för godkänd användning av impregneringsmedlet inom EU (till exempel för Wolmanit CX8, ECHA 2021). Urlakning anges här i mg Cu/m² och beräkningar ger urlakning under virkets totala livstid. För Wolsit anges urlakningen till omkring 200 mg/m². Någon procentuell urlakning anges ej. Inom ramen för denna studie har endast vetenskapliga studier analyserats, men i en fortsatt studie kan även data från dessa rapporter analyseras för att jämföra kopparurlakning för olika träskyddsmedel.

Mängd koppar som lakas ur impregnerat virke

Ett mål med denna studie var att få fram en ungefärlig storlek av hur mycket koppar som kan tänkas lakas ur impregnerat virke årligen i Sverige. En överslagsberäkning för att få fram detta har gjort utifrån produktions- och export data av mängd virke från svenska träskyddsföreningen (SvTF, 2021), information om kemiskt innehåll från biocidproduktregistret samt utdrag ur produktregistret från Kemikalieinspektionen. Beräkningar och data som används finns presenterade i Appendix.

Baserat på siffror från 2019 uppskattas 36 000 kg – 72 000 kg koppar lakas ur impregnerat virke årligen i Sverige. Denna uppskattning gjordes genom att beräkna den mängd impregnerat virke som produceras i Sverige för svenska marknaden, ta fram ett ungefärligt kopparinnehåll i detta och sedan anta, med stöd från litteraturen, att 10 - 20% av kopparen lakas ut under första året. Som beskrivs i genomgång av vetenskaplig litteratur om kopparurlakning är andelen som lakas ur svår att fastställa exakt då värden från olika studier skiljer sig åt och studeras utifrån olika tids-perspektiv och förutsättningar. Därför presenteras urlakningen här som ett spann.

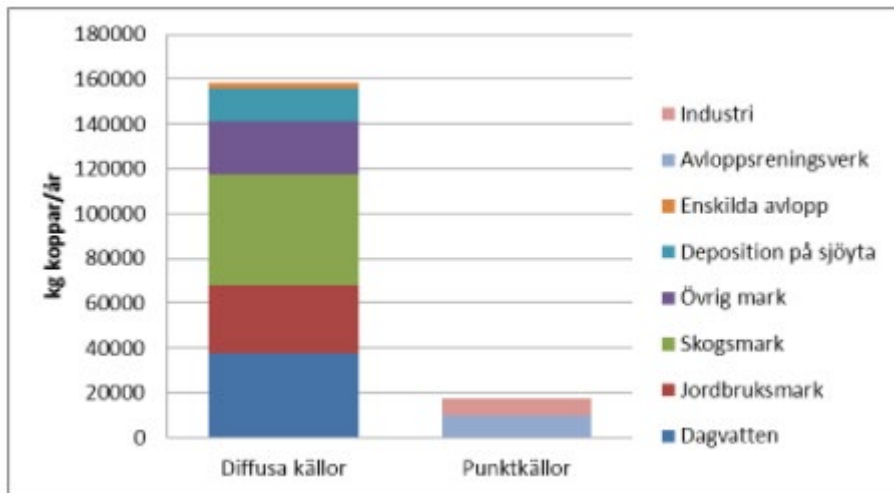
Inom ramen för denna inledande undersökning är det heller inte möjligt att säga var i virkets livscykel som läckaget sker, alltså om det sker under lagring hos impregneringsföretaget, på brädgård i väntan på försäljning eller från färdig konstruktion efter installation. För att ta reda på detta och då också kunna dra slutsatser om läckaget främst sker till mark, dagvatten eller sjö/hav krävs en mer omfattande och djupare analys av marknad och användning av impregnerat virke.

Alternativ beräkning

Ett alternativ sätt att beräkna den mängd koppar som tillkommer från impregnerat virke är att utgå från den mängd kopparhaltiga impregneringsmedel som årligen registreras hos Kemi. Mängd kopparhaltiga medel (förutom Tanalith E3463 vilket ej var möjligt att få ut från Kemi) som sätts på marknaden var enligt data från Kemikalieinspektionen omkring 4287 ton 2019 (se tabell A2 i Appendix). Om kopparinnehållet i dessa medel i snitt är 8,5% (medel av de vanligaste typerna av medel) motsvarar det 364 ton koppar. Med en urlakning på 10 – 20 % under första året skulle det innebära att 36 000 kg – 72 000 kg koppar tillkommer svenska miljö årligen. Detta stämmer helt med den mängd som beräknades utifrån virkesproduktionsstatistik. Denna beräkning tar dock ej i beaktande att cirka 35 procent av det impregnerade virket går på export vilket minskar mängden koppar som blir kvar i Sverige, men inte heller tillkomsten av koppar från att Tanalith E3463, som är ett av de mest använda kopparmedlen. Om denna mängd blir känd kan en mer korrekt beräkning genomföras.

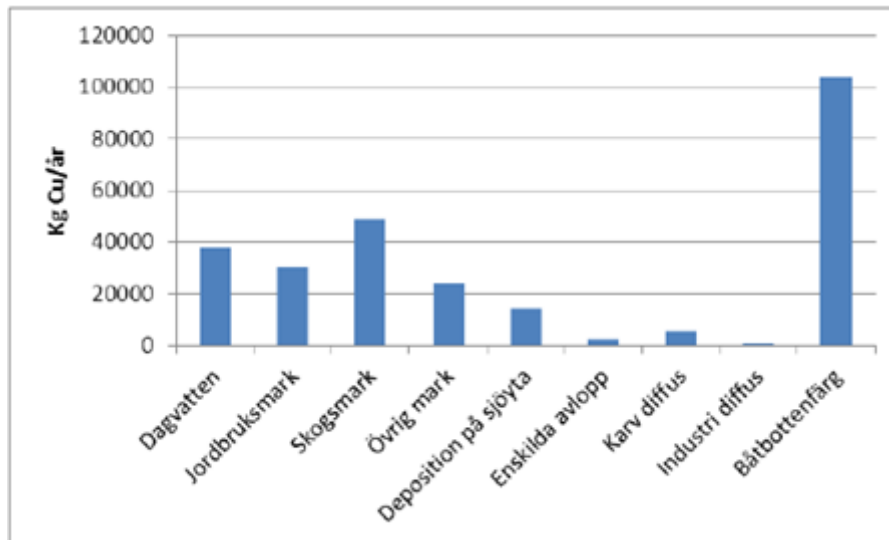
Utsläppskällor till koppar i Sverige

Utsläpp eller emissioner av koppar till vatten delas ofta in i punktkällor och diffusa källor. De största utsläppen från punktkällor kommer idag från avloppsreningsverk samt pappers- och massaindustrin (Naturvårdsverket, 2020a). Men för koppar likt många andra metaller är bidraget från diffusa källor större än från punktkällor. Enligt Naturvårdsverkets sammanställning består utsläppen från punktkällorna för ca 10% av den totala belastningen av koppar, se Figur 1 (Naturvårdsverket 2020b).



Figur 1 Total belastning av koppar till vatten fördelat på punktkällor och diffusa källor (Naturvårdsverket, 2020b).

Utsläpp av koppar från de diffusa källorna uppskattades år 2012 till ca 270 000 kg/år varav båtbottnfärg var den största källan med 104 000 kg/år följt av skogsmark på ca 50 000 kg/år och dagvatten 38 000 kg/år, se Figur 2 (SMED, 2012). Studien är den första och enda studie som gjorts i Sverige för diffusa källor där den totala belastningen av koppar baserats på då tillgängliga mätvärden för dagvatten samt data från provtagningsstationer från miljöövervakning av Sveriges vattendrag.



Figur 2 Utsläpp av koppar från olika diffusa källor (SMED, 2012).

I studien från SMED (2012) beräknades den totala belastningen av koppar per avrinningsområde genom en multiplikation av avrinning, markareal och läckagehalt för respektive markanvändning. Det klargörs dock i rapporten att det finns stora kunskapsluckor kring till exempel metallbelastningen från skogsmark och övrig mark samt att dataunderlaget är svagt för de avrinningsområden som räknats som jordbruksmark på grund av få provtagningsstationer. Läckagehalterna av metaller från mark baseras även på en metodik framtagen för näringsämnen (fosfor och kväve) vilket innebär en osäkerhet av resultaten då metoden inte tar hänsyn till hur metallerna beter sig i mark. I rapporten har det även konstaterats skillnader mellan uppmätta transporter till flodmynningen och beräknade resultat. Beräknad bruttobelastning i förhållande till medelvärdet av flodmynningstransporten var generellt högre i södra Sverige, vilket kan bero på att metallerna avskiljs vid transport (retention). I norra Sverige var den beräknade bruttobelastningen av koppar låg i jämförelse med flodmynningstransporten vilket kan förklaras av för lågt beräknade läckagehalter.

Då beräkningar av den totala belastningen av koppar från diffusa källor inte tar hänsyn till hur metaller beter sig i mark eller hur transporten sker till vattendraget är en direkt jämförelse svår mellan dessa diffusa källor och uppskattad mängd om 36 000 kg - 72 000 kg koppar från impregnerat virke. Sannolikt binds mycket av kopparn från impregnerat virke upp i marken. Även om koppar lakas långsamt ur jorden, beroende av markens egenskaper, så går det inte att avgöra om beräknad belastning av diffusa källor påverkas eller innefattas av impregnerade träprodukter. En del i en fortsatt studie om kopparurlakning och dess öde i miljön kan därför vara att utvärdera om transporten av koppar från impregnerat virke går att spåra i mer detalj.

Enligt Tabell 1 är båtbottnfärger en dominerande diffus källa, detta då den inte täcks in via exempelvis reningsverk eller dagvatten (vilket emissioner från bromsbelägg, tak eller luftledningar gör). Beräkningen av båtbottnfärger är från år 2008 och är uppdelad på 83 ton från industriell användning (ej fritidsbåtar) och 21 ton från hushållskonsumtion (SMED, 2010). Idag är användning av kopparbaserade båtbottnfärger starkt reglerad men de används fortfarande som skydd mot påväxt av alger, havstulpaner och musslor. I jämförelse med båtbottnfärger som enligt beräkningarna är en större källa till koppar än impregnerat virke frigörs en stor del av den kopparn direkt ut i recipient eller havet. Den kopparn innefattas alltså inte av redovisad

markanvändning, dagvatten eller reningsverk i rapporten. Dock kommer koppar som lakas ut från bryggor och vattennära konstruktion nå vatten direkt, vilket kan göra en jämförelse möjlig. För att avgöra hur stor denna påverkan kan tänkas vara krävs det att det i ett fortsatt projekt skapas större kännedom om den mängd virke som används till vattennära konstruktion.

Tabell 1 Total belastning av koppar till vatten från olika diffusa källor (SMED, 2012).

Källa	kg/år
Båtbottenfärg	104 000
Skogsmark	50 000
Dagvatten	38 000
Jordbruk	31 000
Övrig mark	24 000
Deposition på sjöyta	14 000
Tappvatten	4 300 (ingår i data från reningsverk eller dagvatten)
Bromsbelägg	3 900 (ingår i data från reningsverk eller dagvatten)
Tak	1 200 (ingår i data från reningsverk eller dagvatten)
Luftledning	1 200 (ingår i data från reningsverk eller dagvatten)

Koppardeposition över Sverige från nederbörd

Vid bakgrundsstationer inom den nationella miljöövervakningen mäts månadsvis koppardeposition i nederbörd. Som lägst (år 2017) låg medelvärdet för årsdepositionen av koppar i bakgrundsmiljö i Sverige på 348 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (halt 0.58 $\mu\text{g}/\text{l}$) och som högst (år 2020) på 2170 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (halt 4.42 $\mu\text{g}/\text{l}$) (Fredricsson et al., 2020). Vad ökningen beror på är inte utrett. Närheten till utsläppskällor påverkar depositionen av koppar till närliggande miljö. Till exempel uppmättes depositionen av koppar vid närheten av Rönnskärsverken under 2017 och 2020 till 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^2$, respektive 3800 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Phil-Karlsson & Nerentorp, 2020).

Om den lägsta och högsta medeldepositionen multipliceras med hela Sveriges yta erhålls en total årlig koppardeposition över hela Sverige på mellan 157 000 och 977 000 kg vilket då skulle vara större än den mängd som lakas ur impregnerat virke. Lakningen från impregnerat virke sker dock på en mindre yta och kan därför ge högre halter och större effekter lokalt.

Information hittat om effekter nära en konstruktion

Bakgrundshalten av koppar i jord i Sverige är 28,5 mg/kg i morän enligt riktvärdesmodellen (Naturvårdsverket 2009b). Utöver det finns generella riktvärden beräknade för olika ämnen, däribland koppar. Det generella riktvärdet för känslig markanvändning (KM) är satt till 80 mg/kg och styrs av en begränsande faktor, skydd av markmiljön. Det innebär en kopparhalt där ekosystemet fortfarande har förmåga att utföra de funktioner som förväntas inom ramen för den tänkta markanvändningen, dvs i det här fallet mark som ska användas till bostäder (Naturvårdsverket 2009b). Riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) är 200 mg/kg och innefattar mark för industrier etc. (Naturvårdsverket, 2016).

Eftersom koppar lätt anrikas i marken och urlakningen av koppar från jorden är liten kan kopparförgiftning uppträda om stora mängder tillförs. Hos vissa grödor kan kopparförgiftning förekomma vid kopparhalter på 150 - 400 mg/kg (Naturvårdsverket, 2003). Bakterier och växter bedöms mer känsliga för koppar än till exempel svamporganismer, vilket bekräftas i en studie där mera kopparteroleranta mikroorganismer som svampar började uppträda vid koppahalter omkring

150 - 200 mg/kg (IVL, 2000). Generellt kan sägas att effekten av koppar på mikroorganismer och växter ökar vid lägre pH då Cu^{2+} frigörs.

En normal kopparhalt i jordbruksmark ligger mellan 1 - 50 mg/kg (Naturvårdsverket 2003). Vid tillskott av koppar till marken från en impregnerad altan byggd till exempel vid en bostad, bör rimligen det generella riktvärdet för känslig markanvändning (80 mg/kg) understigas även efter uppförd altan. Detta för att inte ha negativ påverkan på mark och miljö i området. Riktvärdet baseras på att människor ska kunna bo och vistas inom området under en människas livstid. Utöver det skyddas även de flesta markekosystem samt yt- och grundvatten.

I en studie utförd av IVL (2017) undersöktes jordlagren precis under lagringsytor av kopparimpregnerat virke på en impregneringsanläggning i Sverige. Där kunde man se att halterna var som högst (130 - 160 mg/kg) jord i översta halvmetern (0,5m). I studien kunde man även se att lagringsytor med högre omsättning hade högre halter av koppar i marken än lagringsytor med långtidsförvaring. Detta bekräftar att kopparurlakningen är som störst i tiden närmast impregneringen.

Hur mycket av kopparn som fastnar i marken, hur djupt det hamnar eller om det transporteras bort från platsen beror av platsspecifika egenskaper i marken, markkemi och kemisk form på kopparn. Då den här studien bygger på litteraturstudier om koppar från impregnerade träprodukter går det därför inte att avgöra huruvida urlakningen från en altan tillför koppar till den grad att riktvärdet för känslig markanvändning överskrids eller att kopparförgiftning för vissa grödor eller mikroorganismer riskerar uppträda. Ett av få hittade exempel av studier av kopparhalter i mark under konstruktioner är ett abstract till en konferens för "The International Research group on wood protecton" (Cooper et al, 2005). I denna studie ska mätningar av kopparhalt under trädäck impregnerat med Wolmanit CX-8 ha analyserats och en koncentration av 45 mg/kg i toppjord funnits under konstruktionen. En vidare rapport om hur försöket utförts gick inte att finna. För att få fram bättre data om halterna koppar under olika typer av konstruktioner skulle det därför i ett framtida fortsättningsprojekt kunna utföras mätning likt dessa kring installationer av mer nyligen impregnerat virke.

Toxicitet i mark

Att koppar ofta är bunden till organiska komplex innebär dock inte att den är biotillgänglig, dvs hur mycket av ett ämne som kan tas upp av växter, djur och människor. För koppar finns ett fåtal projekt där den orala biotillgängligheten för koppar i jord har mätts, bland annat vid ett tidigare mässingsbruk i Gasum och en impregneringsanläggning i Mjölby, där mätningar kunde påvisa att den biotillgängliga fraktionen av koppar varierade mellan 3–26 procent respektive 79–85 procent (Naturvårdsverket, 2009a). Enligt bedömningsgrunder avseende god status för inlandsvatten gäller ett generellt gränsvärde i Sverige för biotillgänglig koncentration på 0,5 $\mu\text{g/l}$ (HaV, 2019). Ett beräkningsexempel med BLM (Biotic Ligand Model) i en svensk sjö visade att den biotillgängliga fraktionen av koppar i sjön var 4,3–7,3 % av den uppmätta halten löst koppar (Envix, 2021).

De ämnen som används som bekämpningsmedel i Sverige, som har godkänts av Kemikalieinspektionen har ansetts ligga under de gränsvärden som finns för att inte orsaka skada för djur eller växtliv. Dessa rapporter bygger på toxiciteten hos komponenterna i impregneringsmedlet och mängd koppar enligt lakttest. Exakt typ av koppar är dock inte känt och inga försök av faktiskt urlakad vätska testas för miljöeffekter.

Ett fåtal vetenskapliga studier av effekt av koppar urlakat från impregnerat virke har hittats. I en finsk studie där man tittat på upptag av koppar i daggmask (*Eisenia andrei*) observerades det att för mask som introducerats till kontaminerad jord (642–791 mg koppar/kg jord) togs koppar snabbt upp i maskens kropp. Inom ett dygn hade däremot daggmasken gjort sig av med det mesta av kopparsalt via avföring och uppnått en jämnviktad kopparhalt tack vare god aktiv reglering i kroppen. Bioackumulationsfaktorn för koppar i daggmask beräknades därför vara låg (<0.1) (Kilpi-Koski et al., 2019).

Vid en träimpregneringsanläggning i Frankrike där virket impregnerades med CuSO_4 -salter uppmättes kopparkoncentrationer i jord på 964 mg/kg (topp 25 cm av jorden). I studien användes den kopparhaltiga jorden för att studera kopparupptag i växter. I jorden fanns både elementärt koppar (Cu) och oxiderat koppar (Cu^{2+}). Det man upptäckte i studien var att dvärgbönor som man grodde i den kontaminerade jorden tog upp Cu^{2+} väl. Däremot var halten Cu fortsatt hög i jorden då det var starkt bundet till organiskt material (DOM) (Oustriere et al., 2016). Då dessa typer av kopparsalt inte används i industriella processer i Sverige går det inte att dra paralleller till vilken typ av koppar som kan finnas i mark under en svensk träkonstruktion. Detta är ett uppslag för vidare studier.

Sammanfattning och förslag inför fortsatt utredning

Koppar i virke och virkestyper

Baserat på rapporterade produktionsmängder av koppar samt litteraturstudier om kopparurlakning kommer rapporten fram till att det är rimligt att tro att 36 000 – 72 000 kg koppar lakas ut från impregnerat virke årligen i Sverige. Dock finns vissa luckor i bestämningen av denna kopparmängd. Dessutom är det inte utrett i vilken miljö och i var i virkets livscykel urlakningen sker. Luckor listas nedan:

- Denna studie bygger endast på data om virke producerat i Sverige. Data för importerat virke saknas. Mängd importerat virke och dess kopparinnehåll skulle behöva bestämmas för att kunna se om kopparurlakningen kan tänkas vara högre.
- Till vad och var virket används har en påverkan på vilken effekt urlakningen har, exempelvis kan urlakning från en brygga skilja sig från den från en altan. För att kunna göra en djupare analys av detta krävs en större kännedom om hur stor andel som går till vilket användningsområde, samt hur miljön kring de olika användningsområdena kan tänkas påverkas av kopparurlakning.
- För att kunna uppskatta hur mycket koppar som sätts till marknaden baserat på mängden impregneringsmedel som används i Sverige behöver den årliga registreringen av Tanalith E3463 fås fram ur Kemikalieinspektionens produktregister. Under arbetet med denna förstudie hade Kemikalieinspektionen ej möjlighet att ta fram denna siffra, men kanske att det skulle vara möjligt under hösten 2021.
- Som indikeras i rapporten visar studier att urlakningen är störst under de första 48 timmarna efter impregnering. Det är därmed oklart hur mycket koppar som kan tänkas lakas ut innan virket når en slutgiltig konstruktion, alltså i lager hos producent och försäljare, samt hur mycket som lakas ut när konstruktionen väl är på plats. Större kännedom om när och var lakning sker behövs för att fullt bedöma miljöeffekter.

Toxicitet och lokala effekter

Det var inom ramen för litteraturstudien inte möjligt att hitta så mycket rapporter om halter i mark under konstruktion eller effekt på djur och växtliv i mark i närhet till konstruktioner av impregnerat virke. För att få mer klarhet i detta krävs en djupare studie, möjligtvis med experimentella försök. Möjliga fortsättningar skulle kunna vara:

- Bestämna halter av koppar i närhet av konstruktioner av impregnerat virke, både i mark och i vatten. Dessa halter kan sedan jämföras mot riktvärden och med de halter som presenteras i impregneringsmedlens "product assessment reports".
- Om halterna är nära eller över gränsvärden kan test av effekt på växt- och djurliv möjligtvis sättas upp. Försök med effekt på zebrafisk, kräftdjur och eventuellt insekter skulle kunna vara möjliga.
- Mer kunskap bör tas fram om vilken typ av koppar som läcker, då koppartyg avgör koppars mobilitet och biotillgänglighet. Typ av koppar kan vara viktigt att veta då det påverkar hur långt kopparspartiklar tar sig från en lagningskälla. Det kan alltså användas för att bedöma tillskott till diffusa källor samt bättre uppskatta toxiciteten hos den urlakade kopparen.

För en fortsatt studie bör även studeras miljöpåverkan från träprodukter med andra typer av träskyddsmedel, för att sätta effekten av eventuell påverkan från koppar i relation till andra alternativ. Exempel på alternativ att studera kan vara Organowoods produkter, samt alternativa byggmaterial, exempelvis plast eller komposit.

Förslag inför fortsatt utredning

De frågeställningar som kvarstår efter denna förstudie och som kan ligga till grund för en fortsatt mer omfattande studie, är:

- Vad händer med den totala mängd koppar som används i träskyddsmedel, inklusive den del av koppar som inte urlakas? Vad sker med mängden koppar som finns kvar i trä som blir restavfall vid byggen, eller som vid slutet av sin livslängd körs till återvinningsstationer eller deponi? Koppar kan vid förbränning spridas via partiklar till luft, till vatten eller bli kvar i aska, men också fungera som katalysator för bildandet av dioxiner vid förbränning av plaster (Naturvårdsverket, 2005). Detta visar på att användandet av koppar i träskyddsmedel kan ha en mer komplex miljöpåverkan som behöver utredas vidare ur ett livscykelerspektiv.
- Vad är det för typ av koppar (och i vilken mängd) som läcker från impregnerat virke vid olika användningsområden och i olika miljöer? Vilken kemisk form koppar befinner sig i när det läcker påverkar koppars mobilitet och dess miljöpåverkan. Förslagsvis kan detta utredas i labb- och fältförsök. Denna typ av analys kan vara svår att utföra, men samarbete med laboratoriegrupp på IVL kan initieras för att se vad som är möjligt.
- Vart och när urlakas det mesta av kopparen från impregnerat trä under träets livslängd? En mer omfattande studie kan förslagsvis innehålla inhämtande av information från diverse tryckimpregneringsanläggningar, återförsäljare av virke, konsumenter och avfallsanläggningar, samt provtagning och fältförsök.



Referenser

- Civardi, C., Schwarze, F.W.M.R., Wick, P. (2015). Micronized copper wood preservatives: An efficiency and potential health risk assessment for copper-based nanoparticles. *Environmental Pollution*. 200: 126-132.
- Cooper, P., Ung, T., Edlund, M-L., Jermer, J. (2005) Inorganic preservative levels in soil under treated wood decks after 8 years natural exposure in Borås, Sweden. The 36th Annual Meeting of IRG, WP 05-50233.
- ECHA (2021). Assessment report för Wolmaint CX-8WB. <https://echa.europa.eu/documents/10162/25e500de-13c6-902a-4aa3-11f67a6eec23>, juni 2021.
- Edlund, M-L., Jermer, J., Johansson, I. (2006). Fältförsök med träskyddsmedel för klass AB. Slutrapport. Resultat efter 10 års exponering. SP RAPPORT 2006:45.
- Envix, (2021). <http://copperalliance.se/uploads/2018/04/faktablad-miljoriskbedomning-av-koppar-i-svenska-sjoar-och-vattendrag.pdf>, juni 2021.
- Fredricsson, M., Brorström-Lundén, E., Danielsson, H., Hansson, K., Pihl Karlsson, G., Nerentorp, M., Potter, A., Sjöberg, K., Kreuger, J., Nanos, T., Areskoug, H., Krejci, R., Alpfjord Wylde, H., Andersson, C., Andersson, S., Carlund, T., Josefsson, W., Leung, W. (2018). Sakrapport 2018: Data från övervakning inom Programområde Luft t.o.m. år 2017. IVL Rapport C 360.
- Harvey, P. (2009). Biocide levels in surface and groundwater at IPPC licensed wood preservation sites in Ireland. Degree of Master of Science in Environmental Pollution. ITSligo.
- HaV (2019). Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2019:25.
- Hingston, J.A., Murphy, R.J., Lester, J.N. (2005). Monitoring losses of copper-based wood preservatives in the Thames estuary. *Environmental Pollution*. 143:367-375.
- IVL (2000). Uppträdande och effekter av koppar i vatten och mark. IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- IVL (2017). Urlakning av koppar från lagrat impregnerat virke. Rapport U6034. IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Kemakta (2016). Datablad för koppar. Institutet för Miljömedicin. Kemakta Konsult AB.
- Kilpi-Koski, J., Penttinen, O-P., Väisänen, A.O., Gestel, C.A.M. (2019). An uptake and elimination kinetics approach to assess the bioavailability of chromium, copper, and arsenic to earthworms (*Eisenia andrei*) in contaminated field soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:15095-15104.
- Kängsepp, K., Larnoy, E., Meier, P. (2011). The Influence of Sample Origin on the Leachability of Wood Preservatives. *Materials science (medžiagotyra)*. Vol. 17, No. 3
- Livsmedelsverket (2021), www.livsmedelsverket.se (2021-04-15).



Naturvårdsverket (2003). Spårelement i mark, grödor och markorganismer – en litteraturstudie. Rapport 5158.

Naturvårdsverket (2005). Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgaskondensering. Branschfakta, utgåva 2, mars 2005.

<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-8196-9.pdf>

Naturvårdsverket (2006). Metallerens mobilitet i mark. Rapport 5536.

Naturvårdsverket (2009a). Biotillgänglighet som företeelse och vid riskbedömningar av förorenade områden. Rapport 5895

Naturvårdsverket (2009b). Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5676.

Naturvårdsverket (2016). Generella riktvärden för förorenad mark.

<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>

Naturvårdsverket (2020). Fakta om koppar. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Koppar/>

Naturvårdsverket (2020). Utsläpp i siffror.

(<https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Tungmetaller>)

Nordtest, (2005), Leaching of active ingredients from preservative-treated timber – Semi-field testing (NT BUILD 509). <http://www.nordtest.info/wp/2005/03/21/leaching-of-active-ingredients-from-preservative-treated-timber-semi-field-testing-nt-build-509/>

Nylen Elise, (2004). Laktester för riskbedömning av förorenad mark. SLU

NWPC (2021). Nordic Wood Preservation Council: NTR approval list 99

Oustriere, N., Marchand, L., Galland, W., Gabbon, L., Lottier, N., Motelica, M., Mench, M. (2016). Influence of biochars, compost and iron grit, alone and in combination, on copper solubility and phytotoxicity in a Cu-contaminated soil from a wood preservation site. Science of Total Environment. 566-567; 816-825.

Phil-Karlsson, G., Nerentorp, M. (2020, i tryck). Nedfall och avrinning av metaller, svavel och kväve i närheten av Rönnskärsverken från 1986/87 – 2019/20. Årsrapport 2021. IVL Rapport CXXX.

SMED (2012). Diffusa emissioner till luft och vatten. SMED Rapport Nr 106 2012

SMED (2010). Belastning av koppar från båtbottnfärg. Delrapport till förstudie – nettobelastning av metaller. SMED Vatten V10-B8.

SvTF, Svenska Träskyddsinstitutet (2021) Träskyddsstatistik 2019. Tillgänglig på <https://traskydd.com/wp-content/uploads/2020/09/06-Statisikrapport-2019-1.pdf>, juni 2021

Temiz, A., Yildiz, U.C., Nilsson, T. (2006). Comparison of copper emission rates from wood treated with different preservatives to the environment. Building and Environment 41, 910-914.



Temiz, A., Alfredsen, G., Yildiz, U.C., Gezer, E.D., Kose, G., Akbas, S., Yildiz, S. (2014). Leaching and decay resistance of alder and pine wood treated with copper-based wood preservatives. *Maderas. Ciencia y tecnologia* 16(1): 63-76.

Appendix I

Beräkningar för urlakning av koppar från impregnerat virke

Beräkning av mängd koppar som lakas ur impregnerat virke årligen

Uppskattningen har i denna rapport gjorts utifrån produktionsstatistik för 1997 – 2019 (SvTF 2021), NTR-approval list som anger godkända impregneringsmedel i Sverige och Norden (NWPC 2021), uppgifter om vilka impregneringsmedel som används av olika tillverkare i Sverige (information som uppges på producenters hemsida, våren 2021), information från kemikalieinspektionens biocidregister samt utdrag ur Kemikalieinspektionens produktregister.

Mängd virke på svenska marknaden

Siffror från Svenska Träskyddsforeningens statistik från 1997 – 2019 visar att den absoluta majoriteten av det impregnerade material som produceras årligen i Sverige är sågat och hyvlat virke av furu och gran.² Utdrag för 2019 finns återgett i tabell A1. Strax under 95% av produktionen är sågat och hyvlat virke varför beräkningen i denna rapport endast görs på detta segment.

Tabell A1 Produktionsstatistik av träskyddsvaror 2019

Sortiment	Total produktions volym 2019 (m3)	Export 2019	Produktion-export "Kvar i Sverige 2019"
Sliprar	527	-	
Stolpar	6 638	1500	211
Sågat och hyvlat virke	1 226 299	576 548	685 463
Stängselstolpar	46 438	22 527	29 475
Fönster-/dörrsnickerier	15 185	1509	15 099
Övrigt	20 832	2091	6 837
Totalt	1 315 920	604 175	737 433

Mängden virke på den svenska marknaden sätts i denna rapportens beräkningar till 2019 års siffror, 737 000 m³. Värt att nämna är att detta tillskott av impregnerat virke till den svenska marknaden bara gäller det som producerats i Sverige. Ingen statistik har inom denna studie hittats som anger

² Rapport tillgänglig på SvTFs hemsida <https://traskydd.com/2020/09/traskyddsstatistik-2019/>

om och i så fall hur mycket impregnerat virke som importeras till Sverige. Denna siffra kan därmed anses vara en minsta nivå av virke som tillkommer till den svenska marknaden.

Utifrån produktionsdata för 2016–2019 går det att utläsa att det producerade virket till cirka 70 procent utsträckning består av NTR AB, och till 30 procent av NTR A.

Andel impregnerat med kopparbaserade medel

Av medlen som är godkända inom NTR innehåller alla koppar utom två (Wolsit KD-10 och Impralit-BKD). Enligt data från Kemikalieinspektionen är registrering av dessa två dock låg, ca 5% (Tabell A2). Andelen kopparhaltiga produkter sätts därför till 95%. Alltså kan total mängd virke med koppar som biocid under 2019 antas vara 700 000 ton. Att de flesta använder kopparhaltiga medel stämmer även med en genomgång av de producenter som på sina hemsidor lagt upp certifikat för sina produkter. Under våren 2021 listar 19 av 51 träimpregneringsproducenter vilket typ av medel de använder. Samtliga av dessa använder kopparbaserade medel.

Tabell 2 Data från Kemikalieinspektionens produktregister över mängder registrerade impregneringsprodukter.

År	Kopparbaserade medel [ton]	Ungefärlig export	Vattenlösliga, NTR godkända impregneringsmedel (Wolsit KD-10 och Impralit BKD)
2016	4 265	490	50
2017	6 211	415	0
2018	6 191	230	25
2019	4 587	300	250

Kopparhalt i det impregnerade virket

Utdraget ur produktregistret visar att i stort sett hela kvantiteten av kopparhaltiga medel på svenska marknaden består av ett fåtal olika medel (Tabell A3). Alla dessa är också godkända enligt NTR-systemet (NWPC 2021). Både kopparsalter (basiskt kopparkarbonat och Cu-HDO) samt koppargranulat används som kopparkälla i produkterna. Medlen har mellan 8 och 10% kopparjoner i sig.

Tabell 3 Sammanställning av de vanligast förekommande kopparbaserade impregneringsmedlen inom svensk produktion

Impregneringsmedel och retentionskrav i splintved inom NTR	Koppartyp och mängd (vikt%)	Kopparjoner (vikt%)	Koppar (kg/m ³ virke*) NTR A	Koppar (kg/m ³ virke*) NTR AB
Tanalith E3463 20 kg/m ³ NTR A 10 kg/m ³ NTR AB	Koppargranulat 9%	9%	0,90	0,45
Celcure AC 500 25 kg/m ³ NTR A 12 kg/m ³ NTR AB	Basiskopparcarbonat 17,3%	10,0%	1,25	0,60
Wolmanit CX-10 15 kg/m ³ NTR A 7 kg/m ³ NTR AB	Basiskopparcarbonat 16,3%	9,4%	0,70	0,35
Wolmanit CX-8_family 18 kg/m ³ NTR A 9 kg/m ³ NTR AB	Basiskopparcarbonat 13,0% Cu-HDO 2,8%	8% (7,5% + 0,5%)	0,70	0,35

* Splintvedsandel satt till 50%

Genomgången av de medel som impregneringsfirmorna i Sverige använder visade att de vanligaste medlen var Wolmanit CX-8 samt Tanalith E3463. Därmed sätts ett medelvärde av dessa som kopparhalt i denna rapportens beräkning: 0,8 kg koppar/m³ virke för NTR A och 0,4 kg koppar/m³ virke för NTR AB.

Beräkningen av mängden koppar i virke som sätts på svenska marknaden räknas därmed ut till ca 364 ton/år, se tabell A4.

Tabell 4 Beräkning av total mängd koppar i impregnerat virke producerat och sålt i Sverige 2019

	Andel av virke	Mängd virke 2019 (m ³)	Haltkoppar (kg/m ³)	Total mängd koppar (ton)
NTR A	30%	210 000	0,8	168
NTR AB	70%	490 000	0,4	196
Totalt	100%	700 000		364

Om 10 - 20% av detta urlakas under första året blir därmed mängden koppar som urlakas till omgivande miljö årligen 36 – 72 ton/år.

