SMED Rapport Nr 10 2026

Fossilt kol i returträflis

Uppdaterad 2026



Jan-Olov Sundqvist, Ingrid Mawdsley, IVL Svenska Miljöinstitutet

Avtal: NV-26-000461

På uppdrag av Naturvårdsverket

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Statistikmyndigheten SCB, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete. På uppdrag av Naturvårdsverket samt Havs- och vattenmyndigheten säkerställer SMED framtagandet av underlag till Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall, farliga ämnen, buller samt åtgärder. Miljöstatistik tas även fram för nationella och regionala behov, såsom för uppföljningen inom det svenska miljömålssystemet där SMED bidrar med underlag till både etappmål och miljökvalitetsmål. SMED utvecklar även nya metoder och tar fram statistik för uppföljning av Sveriges nationella avfallsplan och avfallsförebyggande program. Mer information finns på SMED:s webbplats www.smed.se.

Innehåll

INNEHÅLL 4

SAMMANFATTNING 6

SUMMARY 8

BAKGRUND 11

SYFTE 11

FOSSILT KOL I RT-FLIS - ÖVERBLICK 12

Definition av RT-flis 12

Olika klasser av RT-flis 12

Fossilt kol 13

GENOMFÖRT ARBETE 14

UPPSKATTAD MÄNGD FOSSILT KOL I OLIKA MATERIAL 15

Uppskattning av mängden fossilt kol i olika träbaserade material 15

Spånskiva 15

Plywood 16

Målat virke 16

Kreosotimpregnerat trä 16

CCA-impregnerat virke 17

Impregnerat trä behandlat med nya kopparbaserade impregneringsmedel 17

Laminat 17

Fossilt kol i andra material som kan förekomma i RT-flis 18

Plast 18

Takpapp (tjärpapp) 18

Textil 19

Sammanställning – översikt av fossilt kol i olika material som kan finnas i RT-flis 19

ANALYSMETODER FÖR FOSSILT KOL I BRÄNSLEN 20

Plockanalys 20
C14-analys 21
Balansmetoden 23

GENOMGÅNG AV ANALYSER AV RT-FLIS 24
Fukthalt i olika material 24
Resultat av plockanalyser och C14-analyser 25
Företag A 25
Företag B 26
Företag C 26
Företag D 27
Företag E 29
Nya C14-analyser 30

BERÄKNING AV POTENTIELLT INNEHÅLL AV FOSSILT KOL I RT-FLIS, BASERAT PÅ PLOCKANALYSER 31

DISKUSSION 33
Olika klasser av RT-flis 33
Andel fossilt kol 33
Klass 1: vit RT-flis 33
Klass 2: målad RT-flis 34
Klass 3: RT-flis av impregnerat trä 34
Värmevärden och emissionsfaktorer 35
Osäkerheter - variationer i sammansättningen 37
Analysmetoder 38

SLUTSATSER OCH REKOMMENDATION 39

REFERENSER 41

Sammanfattning

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI.

Returträflis (RT-flis) är ett bränsle som framställts från olika typer av träavfall genom flisning. Historiskt har RT-flis rapporterats av svenska anläggningsinnehavare inom EU ETS (EU:s handel med utsläppsrätter) som helt biogent bränsle (0 % fossil andel), men efter verifieringen av utsläppsrapporteringen för 2021 ifrågasattes denna praxis. Naturvårdsverket lät därför genomföra en utredning 2022 för att kartlägga den fossila fraktionen i RT-flis och ta fram lämpliga metoder och hänvisningsvärden för rapportering till EU ETS. Resultaten publicerades i SMED Rapport nr 14 2022 *Fossilt kol i träflis*.

Den aktuella studien utgör en uppdatering av 2022 års arbete och omfattar:

- Uppskattning av den fossila andelen i olika typer av RT-flis och vad det fossila materialet utgörs av,
- Sammanställning av de analysmetoder som kan användas för att bestämma fossil andel i RT-flis,
- Rekommendationer på emissionsfaktorer att användas vid rapporteringen.

Studien baseras på en sammanställning av olika analyser som gjorts av olika svenska energiföretag. Det är framför allt två analysmetoder som använts: plockanalyser och C14-analys. C14-analyserna har i huvudsak gjorts på prover som även undersökts med plockanalys, men det har gjorts betydligt fler plockanalyser än C14-analyser.

De C14-analyser som gjordes på RT-flis fram till 2022 har visat att biogen andel är 100 %, det vill säga den fossila andelen är 0 %. Precisionen i analysen är ± 3 %, vilket innebär att den sanna fossila andelen ligger mellan 0 % och 3%. Analyser efter 2022 visade på resultat med biogen andel större än 100 %, vilket bedöms bero på att atmosfären har haft förhöjda halter av C14 under 1960 – 1995 vilket ger träet för hög halt av C14. För rapportering av förbränning av blandat avfall används en justeringsfaktor pmC(ref) som tar hänsyn till atmosfärens nuvarande halt av C14, men den faktorn verkar inte tillämpbar på RT-flis.

Plockanalyserna visar något olika resultat, men de har gjorts med olika metoder, på olika platser och med olika omfattning. Endast ett fåtal plockanalyser har omfattat alla material som kan förmodas innehålla fossilt

kol. Andelen fossilt kol i de mer omfattande plockanalyserna (C_{fossil}/C_{tot}) har varierat mellan 0,3 % och 2,4 % för olika anläggningar.

Vi har i studien dragit följande slutsatser:

- Rekommenderad metod för att bestämma fossil andel för klass 2 RT-flis för EU ETS är att utgå från ett schablonvärde (på C_{fossil}/C_{tot}), förslagsvis 1,4 %. Man bör följa upp med fortlöpande plockanalyser som omfattar alla material som potentiellt kan innehålla fossilt kol: plast, tjärpapp, textil, laminat, spånskivor, plywood.
- C14-analys bedöms som för grov för att använda på RT-flis i dag. C14-metoden bedöms därför inte vara lämplig med de relativt låga halter fossilt kol som finns i normalt förekommande RT-flis. Däremot har C14 en utvecklingspotential genom att exempelvis ta fram ett pmC(ref)-värde som tar hänsyn till hur halten C14 har varierat under träets tillväxttid.
- De emissionsfaktorer som man översiktligt kan räkna med som schabloner vid rapporteringen till ETS är förslagsvis:
    - Klass 1 Vit RT-flis (utan föreningar): 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 100 %.
    - Klass 2 Målad RT-flis: 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 98,6 %.
    - Klass 3 Impregnerat trä:
        - kreosotimpregnerat trä: 104,5 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 86 %.
        - impregnerat trä med nya kopparbaserade medel: 106,8 ton CO_2/TJ med biobränsleandel 97,8 %,
        - CCA-impregnerat trä: 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med 100 % bioandel.

Nyckelord: RT-flis, returträflis, fossilt kol, C14-analys, plockanalys, emissionsfaktor, EU ETS

Summary

SMED (Swedish Environmental Emissions Data) is a collaboration between IVL, Statistics Sweden (SCB), Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), and the Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI).

Recovered wood chips (RT wood chips) are a fuel produced by chipping various types of waste wood. Historically, RT wood chips has been reported by Swedish operators within the EU Emissions Trading System (EU ETS) as a fully biogenic fuel (0% fossil share). However, this practice was questioned following the verification of the 2021 emissions reports. Consequently, in 2022 the Swedish Environmental Protection Agency commissioned a study to assess the fossil fraction in RT wood chips and to identify appropriate methods and reference values for reporting within the EU ETS. The results were published in SMED Report No. 14 (2022), *Fossilt kol i träflis*.

The present study is an update of the 2022 work and includes:

- An estimate of the fossil content in different types of RT wood chips and an assessment of what the fossil material consists of,
- A compilation of the analytical methods that can be used to determine the fossil content of RT wood chips,
- Proposed emission factors to be used for reporting purposes.

The study is based on a compilation of analyses conducted by various energy companies. Two principal analytical approaches have been used: manual sorting analyses and carbon-14 (C14) analyses. Most C14 analyses were performed on samples that had also undergone sorting analysis, although substantially more sorting analyses than C14 analyses have been conducted.

C14 analyses performed on recovered wood fuel chips up to 2022 indicated a 100% biogenic share, corresponding to a 0% fossil fraction. Given an analytical precision of ±3%, the true fossil fraction may lie between 0% and 3%. Analyses conducted after 2022 yielded biogenic shares exceeding 100%. This is believed to result from elevated atmospheric C14 concentrations during the period 1960–1995, which caused wood grown during that time to contain higher-than-current C14 levels. For reporting emissions from mixed waste incineration, an adjustment factor, pmC(ref), is used to account for current atmospheric C14 levels. However, this factor does not appear to be applicable to recovered wood fuel because it does not account for historical variations in atmospheric C14 concentrations during the growth period of the wood.

The sorting analyses produced somewhat varying results, reflecting differences in methodologies, locations, and scope. Only a limited number of studies included all materials likely to contain fossil carbon. In the more comprehensive sorting analyses, the proportion of fossil carbon ($C_{fossil}/_{Ctot}$) ranged from 0.3% to 2.4% across different facilities.

The study reached the following conclusions:

- The recommended method for determining the fossil content of Class 2 recovered wood fuel for EU ETS reporting is to apply a default value (for $C_{fossil}/_{Ctot}$) of 1.4%. This value should be periodically verified through sorting analyses that encompass all materials potentially containing fossil carbon, including plastics, roofing felt, textiles, laminates, particleboard, and plywood.
- C14 analysis is currently considered too imprecise for determining the fossil fraction of RT chips. Consequently, the method is not regarded as suitable given the relatively low levels of fossil carbon typically found in recovered wood fuel. However, the method has potential for further development, for example through the establishment of a pmC(ref) value that accounts for historic variations in atmospheric C14 concentrations during the growth period of the wood.
- The following default emission factors are proposed for ETS reporting purposes:
    - Class 1 White recovered wood chips (without coatings or compounds):
        - 106.9 tonne CO_2/TJ fuel
        - Biogenic share: 100%
    - Class 2 Painted recovered wood chips:
        - 106.9 tonne CO_2/TJ fuel
        - Biogenic share: 98.6%
    - Class 3 Treated recovered wood chips:
        - Creosote-treated wood:
            - 104.5 tonne CO_2/TJ fuel
            - Biogenic share: 86%
        - Wood treated with modern copper-based preservatives:
            - 106.8 tonne CO_2/TJ fuel
            - Biogenic share: 97.8%
        - CCA-treated wood (chromated copper arsenate):
            - 106.9 tonne CO_2/TJ fuel
            - Biogenic share: 100%

Keywords: recovered wood fuel, fossil carbon, C14 analysis, sorting analysis, EU ETS

Bakgrund

Returträflis (RT-flis) är träavfall från olika källor (bygg- och rivning, industriförpackningar, återvinningscentraler med mera), och används som bränsle av olika värmeverk och kraftvärmeverk. RT-flis klassas normalt som avfall.

RT-flis har tidigare rapporterats av svenska anläggningsinnehavare inom EU ETS (EU:s handel med utsläppsrätter) generellt som att det har 0 % fossil fraktion. Flera anläggningar fick nedslag vid verifieringen av 2021 års utsläpp för att man rapporterat RT-flis med 0 % fossil fraktion, och verifierarna hävdade att det bör finnas en viss fossil fraktion i RT-flis. Naturvårdsverket lät göra en utredning 2022 för att kartlägga av den fossila fraktionen i RT-flis, omfattande en bedömning av hur stor den är och vilka metoder som är lämpliga för att bestämma den ifall den ska rapporteras inom EU ETS och man föreslog hänvisningsvärden som skulle användas vid rapporteringen till ETS (SMED Rapport 14 2022). Denna rapport har nu uppdaterats.

Syfte

Syftet med projektet har varit att utifrån den tidigare SMED-rapporten:

- uppdatera uppskattningen av hur stor den fossila andelen är i olika typer av RT-flis och vad denna utgörs av,
- uppdatera sammanställningen av de analysmetoder för fastställande av fossil andel i RT-flis som används,
- ta fram reviderade värmevärden och emissionsfaktorer som kan användas för anläggningars rapportering av RT-flis till EU ETS.

Resultatet ska tillsammans utgöra underlag för de hänvisningsvärden som Naturvårdsverket tillhandahåller verksamhetsutövare för rapportering av utsläpp från förbränning av RT-flis inom EU ETS.

Fossilt kol i RT-flis - överblick

Definition av RT-flis

RT-flis (returträflis) är i princip olika former av träavfall som flisats och används som bränsle i värmeverk och kraftvärmeverk. RT-flis kan definieras som: ”återvunnet trädbränsle som tidigare haft annan användning, t.ex. rivningsvirke” (Bränslehandboken 2012). RT-flis är normalt klassat som avfall. De former av träavfall som ingår kan vara:

- Träavfall från bygg och rivning: rivningsvirke, använt formvirke, skrotade tillfälliga konstruktioner under byggtiden (trappor, plank med mera) och spillträ från byggprojekt.
- Skrotat impregnerat virke: plankor, stolpar, slipers.
- Lastpallar, trälådor och andra träförpackningar från verksamheter.
- Träavfall som samlats in på kommunala återvinningscentraler (möbler, virke, grenar/stammar)

Olika klasser av RT-flis

RT-flis brukar ibland delas in i tre olika klasser:

1. Vit RT-flis: obehandlat träavfall
2. Målad RT-flis
3. Impregnerat trä

Denna indelning har sitt upphov i förordningen om förbränning av avfall (2013:253) som utgetts med stöd av EU:s Industriutsläppsdirektiv (2010/75/EU) och det tidigare direktivet om avfallsförbränning (2000/76/EG). Enligt förordningen undantas bland annat ”*träavfall, om träavfallet inte är ett sådant avfall som på grund av att det är bygg- eller rivningsavfall eller av någon annan anledning kan antas innehålla organiska halogenföreningar eller tungmetaller till följd av behandling med träskyddsmedel eller till följd av ytbehandling”* från reglerna i förordningen.

RT-flis klassas på olika sätt i olika lagstiftningar. De lagstiftningar som är av intresse är främst miljöbalken (1998:808), förordningen om förbränning av avfall (2013:253) och avfallsförordningen (2020:614), samt Naturvårdsverkets ”Vägledning om avfallsförbränning”, version 2, 2021-01-19):

- Vit RT-flis omfattas inte av förordningen om förbränning av avfall utan klassas som ”biobränsle”. Det kan i princip klassas både som avfall och som biprodukt enligt miljöbalken, beroende på

omständigheterna (det vill säga om biproduktkriterierna i miljöbalken är uppfyllda eller inte).

- Målad RT-flis är normalt avfall enligt miljöbalken och omfattas av förordningen om förbränning av avfall (kan innehålla tungmetaller i färgen).
- RT-flis baserat på impregnerat virke betraktas vanligen som avfall enligt miljöbalken. Beroende på impregneringsmedel kan olika lagstiftningar vara tillämpliga:
    - Kreosotimpregnerat träavfall omfattas inte av förordningen om förbränning av avfall (enligt Naturvårdsverkets vägledning om avfallsförbränning), eftersom det inte innehåller organiska halogenföreningar eller tungmetaller. Däremot klassas kreosotimpregnerat träavfall som farligt avfall enligt avfallsförordningen.
    - CCA-impregnerat träavfall omfattas av förordningen om förbränning av avfall, och klassas som farligt avfall enligt avfallsförordningen.
    - Impregnerat trä med nya kopparbaserade impregneringsmedel (t.ex. NTR AB) omfattas av förordningen om förbränning av avfall, och kan i många fall klassas som farligt avfall enligt avfallsförordningen – klassningen som farligt avfall beror dock på vilka farliga ämnen (och deras klassning i kemikalielagstiftningen) som finns i impregneringsmedlet och hur mycket av medlet som tagits upp av träet.

Fossilt kol

Med **fossilt kol** avser vi här kol som har sitt ursprung i stenkol, petroleum-olja eller naturgas och som förekommer som förorening i RT-flisen, eller som tillsats i det trä som flisats. Det kol som inte är fossilt betraktas som **biogent**. Trä och andra typer av biomassa betraktas som 100 % biogent. I praktiken kan dock trä innehålla en del ”fossilt kol” eftersom atmosfären innehåller både biogen koldioxid och fossil koldioxid, och trä och biomassa känner ingen skillnad på dessa under fotosyntesen och kolsyre-assimilationen.
Exempel på fossila material som kan förekomma i RT-flis är plast, syntetisk textil, tjärpapp och gummi som har hamnat fel från början och inte avskilts under flisningen. Exempel på tillsatser i trävaror som kan vara av fossilt ursprung är impregneringsmedel, färg och lim (i plywood, masonit och spånskivor).

Genomfört arbete

Det genomförda arbetet är främst en uppdatering av den tidigare rapporten. Underlaget är till stor del samma som 2022, förutom att fler C14-analyser tagits med, men beräkningarna har gjorts mer ingående och framför allt bättre beaktat de variationer i fukthalt som förekommer. En viktig utgångspunkt har varit att träets och träprodukters fukthalt, och därmed sammansättning, varierar från tillverkning (i många fall har uppgifter om träprodukters sammansättning tagits från tillverkningsskedet), användning och skrotning (det vill säga när det blir RT-flis).

Startpunkten har varit de plockanalyser som redovisades 2022. Inga nya plockanalyser har gjorts sedan dess.

1. Genom litteraturstudie har samlats in information om olika materials sammansättning, och en bedömning har gjorts av dessas innehåll av fossilt kol. De material som undersökts är dels olika träprodukter (exempelvis laminat, masonit, spånskivor, plywood, målat trä och impregnerat trä), dels olika material som kan förekomma som föroreningar i RT-flisen (exempelvis plast, tjärpapp, textil). Förutom halten fossilt kol, har även noterats vid vilken fukthalt som materialets sammansättning är given.
2. Plockanalyser, C14-analyser och bränsleanalyser har gjorts av fem olika energiföretag. De plockanalyser som studerats avser främst RT-flis av klass 2 (målad RT-flis). I några fall har även RT-flis med impregnerat trä analyserats. De plockanalyser som använts som underlag i studien anger halt av olika material i provet (vikt-% i leveranstillstånd), fukthalt, samt i några fall elementarsammansättning (där framför allt totalhalten kol är intressant). Plockanalyser har gjorts av fyra olika företag. Antalet plockanalyser per företag har varierat från 4 till 400 per företag. Plockanalyserna har i ett första steg räknats om till mängd torrt material per mängd torr RT-flis.
3. För varje enskilt plockanalysprov har sedan halten fossilt kol beräknats utifrån plockanalysen, fukthalter och olika materials innehåll av fossilt kol. För varje företag har sedan ett medelvärde för halten av fossilt kol beräknats, uttryckt som kg fossilt kol per kg torr RT-flis.
4. Resultatet har sedan lagts ihop till en nominell medelsammansättning på RT-flis och innehållet av fossilt kol, båda baserade på torrsubstansen. Utifrån det har sedan emissionsfaktorer

beräknats och uttryckts som mängden fossilt respektive biogen koldioxid per mängd RT-flis och per energi (effektivt värmevärde)

5. För andra klasser av RT-flis har antagits att de inte innehåller några föroreningar, förutom impregneringsmedel. Motsvarande beräkning av halt fossilt kol har gjorts för dessa klasser.
6. En utvärdering har gjorts för gamla och nya C14-analyser.

Uppskattad mängd fossilt kol i olika material

Uppskattning av mängden fossilt kol i olika träbaserade material

I det följande görs teoretiska uppskattningar av fossilt innehåll i olika material som kan förekomma i RT-flis. Vi utgår här från att rent trä är 100 % biogent, men genom olika tillsatser vid tillverkningen av träprodukter kan träavfallet, och därmed RT-flisen, innehålla fossilt material. Uppskattningarna är överslagsmässiga och ska ses mer som exempelvärden än som riktvärden. Dessa värden används sedan när resultatet från plockanalyser utvärderas längre fram i rapporten.

Vi har utgått från den kemiska sammansättningen på olika material och tillsatser samt om materialet tillverkas från fossila eller biogena material. I det följande anges mängden fossilt kol som koncentration i vikt-% av materialets massa. För utvärderingen är det också viktigt att ta hänsyn till vilken fukthalt materialet har och som sammansättningen är kopplad till.

Spånskiva

Det finns många olika typer av spånskivor. I allmänhet består en spånskiva av träspån (restprodukter från sågverk och annan trävaruindustri) som pressats samman med melaminlim eller ureabaserat lim under högt tryck och förhöjd temperatur. Melamin utgår från urea vid tillverkningen. Urea framställs genom att koldioxid reagerar med luftkväve under tryck och hög temperatur, och koldioxiden brukar framställas genom att elda naturgas. Mängden lim i spånskivan kan typiskt vara omkring 10 % vid en fukthalt av 7 vikt-% (källa: Environmental Product Declaration: Medium Density Fibreboard (MDF), Wood Solutions^{TM}). Melamin och urea innehåller teoretiskt 28 vikt-% kol (beräknat ur den kemiska formeln för melamin $C_3H_6N_6$). I limmet ingår även formaldehyd (som också innehåller fossilt

kol). Uppskattningsvis bedöms en spånskiva innehålla omkring 3,2 vikt-% fossilt kol räknat på torrsubstansen.

Plywood

Plywood är skivor av korslagda faner som är limmade med fenolhartslim under högt tryck och förhöjd temperatur. Fenolharts framställs från fenol och formaldehyd, vilka båda brukar framställas från naturgas. Fenolharts kan uppskattas innehålla cirka 76 vikt-% kol av fossilt ursprung. En typisk plywood kan innehålla cirka 6 vikt-% lim vid 8 % fukthalt (källa: Byggvarubedömning K-plywood Twin). Det gör att plywood kan innehålla ungefär 5,4 vikt-% räknat på torrsubstansen.

Målat virke

Det finns många olika färger med olika sammansättning och olika råvaror. En målarfärg består av tre huvudingredienser: 1) pigment, 2) lösningsmedel och 3) bindemedel. Pigmenten är många gånger mineraliska (metalloxider och olika metallföreningar), men kan också vara organiska (med potentiellt fossilt ursprung). Lösningsmedlen i dag är oftast vatten, men kan även innehålla organiska lösningsmedel (i dag vanligen emulgerade i vatten). Bindemedel är ofta alkyder, akrylat, latex eller liknande som vanligen är av fossilt ursprung, men även kan vara av biogent ursprung, till exempel linolja. Ofta kan halten bindemedel i färgen vara 30 – 50 vikt-% (källa: Livscykelanalys av färg, IVL rapport B1338), vid en antagen fukthalt av 12 % (lufttorrt byggnadsvirke). Som beräkningsexempel här antas en färg med 40 % bindemedel (akrylat eller latex). Färgen stryks på en bräda i två omgångar. Mängden färg är 0,1 kg per m^2 trä per strykning. Träet antas ha en densitet på 500 kg/m3. Bindemedlet antas innehålla omkring 50 % fossilt kol. Mängden fossilt kol i det målade träet blir då cirka 0,5 vikt-% av torrsubstansen.

Kreosotimpregnerat trä

Kreosotimpregnerat trä har tidigare använts framför allt för järnvägsslipers. Kreosotolja eller kreosottjära framställs ur stenkol. Vid impregneringen åtgår cirka 100 kg kreosotolja per m^3 trävirke (källa: Svenska Träskyddsföreningen; IVL Rapport 1827). Impregneringen görs i torkat virke med ca 7 – 8 % fukthalt. Om densiteten på träet är 500 kg/m^3 blir mängden kreosotolja ca 20 vikt-%. Om halten kol i oljan är 75 % blir halten fossilt kol i det behandlade träet cirka 15 vikt-% i fuktigt tillstånd. I verkligheten kommer dock en del av kreosotoljan att läcka ut till omgivningen under användningstiden, så i det skrotade virket kommer halten kanske vara hälften så stor, cirka 7,5 vikt-% fossilt kol räknat på

fuktigt tillstånd, eller 8,1 % räknat på torrsubstansen, men kan variera beroende på hur gammalt träet är och hur det utsatts för väder och vind under användningstiden.

CCA-impregnerat virke

Vid impregnering med CCA-medel används en impregneringsvätska som innehåller diarsenikpentoxid (As_2O_5), kromtrioxid (CrO_3) och kopparoxid (CuO). Vid fixeringen omvandlas det sexvärda kromet (i kromtrioxid) till trevärt krom inne i träet. Det är numera förbjudet att sälja arsenikimpregnerat virke inom EU. Däremot kan det fortfarande komma in CCA-virke i avfallet då äldre träkonstruktioner rivs. CCA-medel innehåller inget organiskt material, och således inte heller fossilt kol.

Impregnerat trä behandlat med nya kopparbaserade impregneringsmedel

Det finns ett antal nyare impregneringsmedel på marknaden som är baserade på kopparsalter och olika organiska ämnen. Dessa medel kan användas i både NTR A- och NTR AB-klassat virke. Upptaget av medlet i träet är omkring 2 – 4 vikt-% impregneringsmedel och impregneringsmedlet kan innehålla upp till 40 % organiska komponenter (källa: IVL Rapport B1827), med en antagen halt av fossilt kol på 35 % (olika organiska ämnen kan användas, men ett exempel på vanlig beståndsdel är etanolamin). Impregneringen görs i torkat virke med ca 7 – 8 % fukthalt. Det skulle innebära att detta slag av impregnerat trä kan innehålla uppemot 1,1 vikt-% fossilt kol räknat på torrsubstans. Det bör påpekas att det förekommer skillnader i både upptag och halt organiska föreningar samt typ av förening i det virke som finns på marknaden.

Laminat

Laminat utgörs främst av olika golvbeläggningsmaterial. Ett exempel är Pergo-golv och liknande. Sammansättningen på ett golvlaminat varierar från fall till fall men bedöms normalt vara ca 93 % HDF board (det vill säga en form av spånskiva), 2 % papper, 5 % harts (”resin”, ofta PVC-baserad) (källa: Environmental Product Declaration. Direct Pressure Laminate Floor Coverings. UNILIN Division Flooring). Boardmaterialet (”spånskiva”) innehåller enligt ovan omkring 3,2 vikt-% fossilt kol (räknat per torrsubstans), och PVC-baserad ”resin” ca 38 vikt-% fossilt kol, andra typer av harts (”resins”) kan innehålla ca 50 vikt-% fossilt kol. Det gör att hela laminatskivan bedöms innehålla omkring 5,4 vikt-% fossilt kol räknat på torrt material.

Fossilt kol i andra material som kan förekomma i RT-flis

Plast

Plastfraktionen i RT-flis kan i princip utgöras av plastprodukter som varit häftade till träet (elrör, eldosor och liknande, fuktspärrfolie), eller plast som lagts i träavfallet av misstag, till exempel plastförpackningar, krymp- och sträckfilm och liknande. Plockanalyser som gjorts av en deltagande anläggning visar att huvuddelen är hårdplast (elrör, eldosor, VA-rör, hårdplastförpackningar med mera) – andelen hårdplast var ungefär dubbelt så stor som andelen mjukplast (plastfolier). De vanligaste plasterna, både hårdplast och mjukplast, är polyolefiner som polyeten (PE), polypropylen (PP) och polystyren (PS), som samtliga innehåller ca 85 vikt- % av fossilt kol (85 % av plastmaterialet utgörs av fossilt kol). Det kan i RT-flis från bygg- och rivningsavfall även förekomma PVC-plast (som i rent tillstånd kan ha cirka 38 vikt-% innehåll av fossilt kol; ofta förekommer dock en rad olika tillsatser såsom mjukgörare, stabilisatorer, färgämnen, och så vidare). Sammantaget har plast i RT-flis bedömts innehålla 75 vikt- % fossilt kol. Plasten i sig innehåller inget vatten, men i fuktig RT-flis kan möjligen mindre mängder vatten vara vidhäftad plasten.

Takpapp (tjärpapp)

Med takpapp menas här olika former av takbeläggning som shingel, takpapp, underlagspapp och ytpapp som är bitumenbaserade. En typisk sammansättning är (källa: Environmental Product Declaration. Bitumen sheets for tanking and waterproofing, Nordic Waterproofing AB):

- Bitumen (tunga kolväten): 50 – 60 %
- SBS-polymer (styren-butadien (C_8H_8*C_4H_6)$_n$: 2,5 – 8 %
- Fyllning (kalksten): 25 – 50 %
- Armering av polyester- eller glasfiber: 2.5 – 10 %
- Sand: 2.5 – 20 %
- Plastfilm: <1 %

De substanser som innehåller fossilt kol är bitumen (upp till 85 % fossilt kol), SBS-polymer (90 % fossilt kol) och eventuell armering av polyesterfiber (cirka 60 % fossilt kol). Utifrån kolhalten i varje material bedöms halten fossilt kol vara 50 – 60 vikt-% av tjärpappsmaterialet per torrsubstans. Tjärpapper innehåller normalt inget vatten. Uttjänt tjärpapper kan ha viss porositet och innehålla mindre mängder (någon eller några %-enheter) fukt.

Textil

Plockanalyserna har visat att textil kan förekomma i RT-flisen. Det kan vara säckvävstapeter som varit klistrade på något trämaterial, eller det kan utgöra föroreningar som inte borde vara med i träavfallet, exempelvis trasor, overaller, handdukar, textilsäckar. RT-flis från träavfall från återvinningscentraler skulle också kunna innehålla rester av möbeltyger. Textiler kan vara helt biogena såsom ull och bomull, eller syntetiska och fossilbaserade såsom polyester och nylon. Det kan vara svårt att bestämma hur mycket som är av biogent ursprung och hur mycket som är av fossilt ursprung. Den vanligaste polyestern, PET (bruttoformel $[C_{10}H_8O_4]_n$ innehåller teoretiskt 62,5 vikt-% kol (fossilt). Om man antar att hälften av textilerna är biogena och hälften är fossila/syntetiska skulle textilfraktionen i RT-flis innehålla 30 – 35 vikt-% fossilt kol, räknat på torr basis.

Sammanställning – översikt av fossilt kol i olika material som kan finnas i RT-flis

Tabell 1 visar en översikt av potentiella halter av fossilt kol i olika material som kan förekomma i RT-flis. Tabellen bygger på de två föregående avsnitten, och används även vid följande utvärdering av plockanalyser.

Tabell 1. Innehåll av fossilt kol i olika material

	Halt fossilt kol % av fuktigt materialet	Normal fukthalt i material (under användning), % av material	Beräknad halt av fossilt kol % av torrsubstans
Trämaterial			
Spånskiva	2,5 – 3,0 %	7	3,2
Plywood	5%	8	5,4
Laminat	4,5 – 5,5 %	8	5,4
Impregnerat trä			
Impregnerat trä: kreosot	7,5 %	7.5	8,1
Impregnerat trä: CCA	0%	7.5	0,0
Impregnerat trä: nya kopparbaserade medel	0 – 1,5 %	7.5	1,1
Målat trä			
Målad bräda	0 – 0,5 % (räknat per kg målat trä)	12	0,5
Andra material			
Plast	35 - 85 %	0	75
Tjärpapp	50 – 60 %	2	51
Textil	0 - 60 %	5	32

Analysmetoder för fossilt kol i bränslen

Det går inte att direkt mäta fossilt kol. En kolatom i ett bränsle, eller i CO_2 i rökgaser från ett bränsle, är densamma oavsett om den har fossilt eller biogent ursprung. I konventionella bränsleanalyser brukar man bestämma halten kol, men denna bestämning innefattar då summan av både fossilt och biogent kol. Analys av fossilt kol baseras därför på indirekta metoder. De metoder som använts är (Avfall Sverige Rapport U2012:02):

1. Plockanalys (särskilt för avfallsbränslen som kan förväntas bestå av flera material)
2. Mätning av C14
3. Beräkning enligt balansmetoden.

Plockanalys

Plockanalys går ut på att man tar ett prov av det aktuella materialet (i detta fall RT-flis), och delar manuellt upp det i olika material, till exempel metaller, glas, plast, plywood, spånskiva, laminat, textil, och så vidare. Med hjälp av schablonvärden för varje fraktion kan man beräkna halten fossilt kol i det ursprungliga provet.

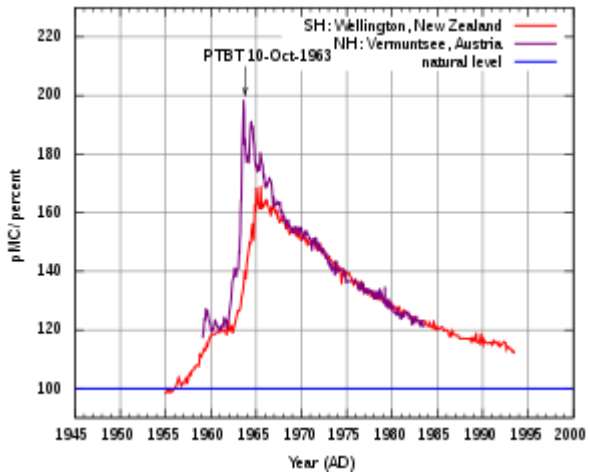
Plockanalyser kan göras antingen på träavfall före flisning, eller på det krossade RT-fliset. När plockanalysen görs på oflisat träavfall har man stora provmängder, till exempel flera ton per prov, och man måste ha materialhanterare (plockmaskin) eller traktorer till hjälp för att plocka. När plockanalyserna görs på färdig RT-flis används ibland mindre provmängder (kanske 1 – 10 kg) och man kan ha tänger och pincetter som hjälp vid plockningen. Man kan också göra plockanalyser på RT-flis i större mängder: ett av företagen som gjort plockanalyser beskrev att de ur ett lass färdig RT-flis tog ut ett prov på 4 ton, och bredde ut provet på en stor plan, och plockade manuellt upp metaller, sten, plast, tjärpapp med mera.

Till nackdelarna hör att det är en arbetskrävande metod, osäkerheter vid bestämning av olika material, samt för fallet plockanalys RT-flis att cirka 10 – 20 % av materialet är så smått att det inte går att plocka.

C14-analys

Metoden bygger på att flera olika kolisotoper finns i atmosfären och i allt levande. Växter tar ständigt upp ett nytillskott av kol från luften i form av koldioxid, och det blir sedan del av vävnader hos djur som äter växter eller andra djur. Kolisotopen kol-14 (^{14}C eller C14, utläses ”kol fjorton”) genomgår radioaktivt sönderfall med en halveringstid på 5 730 år. Isotopen kol-12 (^{12}C) är däremot stabil, likaså isotopen kol-13 (^{13}C). Fördelningen mellan dessa isotoper i växande biomassa är vanligen densamma som i atmosfären, men vid samma tidpunkt som en organism slutar ta upp kol (det vill säga när organismen ”dör”, till exempel när ett träd avverkas) börjar andelen ^{14}C att sjunka. Genom att mäta mängdförhållandet mellan kolisotoperna $^{14}C/^{12}C$ eller $^{14}C/^{13}C$ i ett prov kan man beräkna när organismen i fråga ”dog”. Som en följd av det radioaktiva sönderfallet, kommer växande biogent material (trä och annan biomassa) att ha $^{14}C/^{12}C$- eller $^{14}C/^{13}C$-förhållande som står i jämvikt med $^{14}C/^{12}C$-förhållande i atmosfären, medan fossilt material, som bildades för flera hundra miljoner år sedan, har ett mycket lågt $^{14}C/^{12}C$-förhållande (i princip ~0 %).

I ^{14}C- analyser behövs en referensnivå pmC(ref) (pmC står för *per cent modern carbon*) på ^{14}C -halten i atmosfären för det biogena materialet i avfallet. En nackdel med ^{14}C-metoden är att bakgrundshalten av ^{14}C i atmosfären inte har varit konstant. Exempelvis gjorde ett antal kärnvapensprängningar i stratosfären under 1950- och 1960-talen att $^{14}C/^{12}C$-förhållandet ökade kraftigt, se Figur 1.



Figur 1. Förändring av den relativa 14C-halten i atmosfären från 1955 till mitten av 1990-talet (källa: Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14)

Under åren 2019 och 2020 genomfördes ett gemensamt utvecklingsprojekt med Naturvårdsverket och avfallsförbränningsbranschen, där det togs fram en vetenskaplig metod för att fastställa referensnivån som bäst motsvarar lokala förhållanden i Sverige för att bestämma fossilt kol i blandat avfall som förbränns. Naturvårdsverket offentliggör referensvärdet pmC(ref) kontinuerligt. Den senaste publiceringen 2025-10-01 visade följande referensvärden, enligt Figur 2.

Bilaga 2 till beslutsprotokoll med diarienummer NV-25-002169

Referensnivå pmC(ref) som offentliggjorts av Naturvårdsverket

Publiceringsdatum 2025-02-06

Referensnivå pmC(ref) för utsläppsår 2025: 106,3

Referensnivå pmC(ref) för utsläppsår 2026: 106,1

Figur 2. Referensnivå pmC (ref) enligt Naturvårdsverket (källa: https://www.naturvardsverket.se/4903b1/globalassets/vagledning/utslappshandel/referensbibliotek/bilaga-2-2025-02-06.pdf)

^{14}C-metoden kan tillämpas på två olika sätt:

1. Analys av avfallsprover. I laboratoriet gör man då en förbränning och mäter ^{14}C och ^{12}C (ibland ^{13}C) i den bildade gasen.
2. Analys av CO_2 i rökgaser från förbränningsanläggning.

I denna studie har vi bara tittat på analys av avfallsprover.

Enligt det amerikanska analyslaboratoriet Beta Analytic Testing Laboratory är noggrannheten/precisionen i ^{14}C-mätningarna ca ± 3%-enheter, men denna anger osäkerheten på kvoten, och inte på beräkningen av andelen biogent kol eller fossilt kol som ju påverkats av atmosfärens halter.

C14-metodens tillämplighet på träavfall skulle behöva utredas vidare. Under perioden 1965 – 1995 var ^{14}C -halten mer än 10 % högre än normalt (det vill säga 10 % högre än före 1955 då atombombssprängningarna i atmosfären startade. 1965 var halterna åtminstone 80 % högre än före 1955.

Det är tillväxten av trädet som påverkas av ^{14}C i atmosfären. Om man skulle analysera tvärsnittet på ett träd som såddes år 1950 och avverkades år 2000, skulle tillväxten varje år, det vill säga årsringarna, vara influerad av den ^{14}C -halt som var i atmosfären under det året. Man skulle då kunna få en graf liknande Figur 1, med låga halter ^{14}C i kärnan (år 0) och successivt öka till

1965 och därefter successivt avta. Ett trä som såddes 1980 skulle på liknande sätt ha höga halter i kärnan (cirka 50 % högre än normalvärdet) och med minskade halter utåt. För att använda ^{14}C på träbränslen för bestämning av fossilt kol måste man i princip veta under vilka år som trädet hade sin tillväxt och när trädet avverkades.

Balansmetoden

Balansmetoden är en beräkningsmetod som baseras på massbalanser och energibalanser som tillsammans ger ett överbestämt ekvationssystem (Avfall Sverige Rapport U2012:02). De parametrar man utgår från går att mäta i laboratorium och även verifiera med driftdata:

1. **Kol/syre-kvot** i bränsleanalysen (C/O). Fossila bränslen som plast (PE, PP, PS) och olja har låg syrehalt, det vill säga mycket hög C/O-halt, (vanligen >10) medan i biogena bränslen, såsom cellulosa ($C_6H_{10}O_5$), är C/O under 0,5.
2. **Energiinnehåll**. Ett fossilt material har generellt sett ett högre energiinnehåll än ett biogent material.
3. **Syrekonsumtion vid förbränning**. På grund av det högre syreinnehållet kommer biogena material att förbruka mindre syre per massenhet än fossila material.

Metoden beskrivs mer utförligt i Avfall Sveriges Rapport U2012:02. Vi har här bedömt att balansmetoden inte är lämplig att tillämpa på RT-flis, eftersom andelen fossilt kol är låg. Tillämpat på RT-flis, som har en relativt låg halt av fossilt kol, skulle beräkningsresultatet bero på skillnaden mellan två tal med mycket liten skillnad, och osäkerheten skulle då bli väldigt hög. Mätosäkerhet och även avrundningar skulle kunna ge stor inverkan på resultatet. Dessutom förutsätter metoden att det fossila materialet förekommer som polyolefiner, olja eller liknande med lågt syreinnehåll – i praktiken kan en del av det fossila kolet finnas i material (till exempel lim och vissa plaster) som har betydligt högre syrehalt och lägre energiinnehåll.

Genomgång av analyser av RT-flis

I projektet har gjorts ett antal analyser på RT-flis från fem företag som förbränner RT-flis. Vi kallar dem här för A, B, C, D och E. Analyserna omfattar dels plockanalyser, dels C14-analyser.

RT-flisens ursprung varierar mellan anläggningarna, och också omfattningen av de analyser som gjorts. De parametrar som visas nedan är sådana som bedömts som intressanta för utvärderingen.

Fukthalt i olika material

Det har visat sig att fukthalten i olika material och i RT-flis är av stor betydelse vid tolkningen av plockanalyserna. I kapitlet *Uppskattad mängd fossilt kol i olika material* har halten fossilt kol primärt tagits fram för material med en viss fukthalt (normalt den fukthalt som gäller vid tillverkningen och försäljning). Vid användningen kan annan fukthalt förekomma, och fukthalten beror på om materialet utsätts för nederbörd och utomhusluft. När materialet sedan skrotas och flisas kommer RT-flisen att ha en viss fukthalt. RT-flisens fukthalt under lagring och transporter påverkas av nederbörd och andra yttre parametrar.

När prover tagits ut för plockanalyser har olika prover haft olika fukthalt. I samband med plockanalyserna har även fukthalten i provet mätts. Fukthalten i proverna har varierat från ungefär 5 vikt-% till mer än 50 vikt-%. Av dessa anledningar har alla beräkningar av sammansättningen gjorts med torrt material och torr RT-flis som referens.

De material som plockats i plockanalyserna har också olika fukthalt. Olika materials fukthalt kan skilja sig från provets fukthalt. Vi har därför antagit att varje materials fukthalt är beroende av provets totala fukthalt, men ändå inte samma. Exempelvis fossila material som plast är hydrofoba och vattenfrånstötande, medan trämaterial är mer hydrofila och absorberar fukt. Ett grundläggande antagande har då varit att varje materials andel av trä eller biomassa har samma fukthalt som RT-flisprovet, men att tillsatser inte absorberar fukt. Utifrån litteraturgenomgången har värden enligt Tabell 2 tagits fram.

Tabell 2. Relativ fukthalt i olika material i plockanalyserna. (Relativ fukthalt avser här materialets fukthalt i relation till hela provets fukthalt).

	Fukthalt normal (vid tillverkning) ***vikt-%***	**Innehåll av fossilt eller inert material)** ***% av vått material***	**Tillsats (fossilt eller inert material)** ***% av TS material***	**Halt biogent material,** ***% av TS***	**Relativ fukthalt** ***% av fukthalt i RT-flis***	**Vald relativ fukthalt,** ***% av fukthalt i RT-flis***
RT-flis, medelvärde	30					
Plast	0	100	100	0.0	0	2
Spånskiva	7	10	10,8	89,2	89	89
Plywood	7	6	6,5	93,5	94	94
Impreg. trä, nya medel	7	1,2	1,3	98,7	99	99
Impreg. trä, kresot	7	20	21,5	78,5	78	78
Laminat	7	14	15,1	84,9	85	85
Målat trä	14	0,8	0,9	99,1	99	99
Tjärpapp	0	100	100,0	0,0	0	2
Textil	0	50	50,0	50,0	50	50

Förklaring till tabell:

- Fukthalt normal: anger fukthalten för materialet vid tillverkning och försäljning, det vill säga det tillstånd där vi bedömt halten av fossilt material.
- Tillsats: anger hur stor del av materialet som inte är trä eller biogent material. Andelen anges i både % av vått material och torrt material i olika kolumner.
- Halt biogent material: anger andelen trä eller biogent material, per torrsubstans.
- Beräknad relativ fukthalt: anger vilken fukthalt materialet har i förhållande till hela provets fukthalt. Exempel: Om RT-flis har fukthalt 30 % kommer plywood att ha 94 % av 30 %, det vill säga 28,2 %.
- Vald relativ fukthalt: är en manuell korrigering. För de flesta material är det samma som beräknad relativ fukthalt. För plast och tjärpapper har vi lagt till 2 %-enheter eftersom dessa material i praktiken kan hålla mindre mängder fukt trots att de inte innehåller trä eller annat biogent material.

Resultat av plockanalyser och C14-analyser

Företag A

Företag A har redovisat nio analyser som gjorts 2021–2022. Analyserna omfattar konventionell bränsleanalys, plockanalys och C14-analys.

Proverna benämndes bara ”RT-flis”. Resultatet av plockanalyserna visas i Tabell 3.

Tabell 3. Plockanalys av RT-flis - företag A. Medelvärde av 9 prover.

	Plockanalys ***vikt-% av materialet i våt RT-flis***	**Plockanalys** ***vikt-% TS-material av TS RT-flis***
Plast	0,164	0,175
Impreg. trä	0,082	0,073
Laminat	6,192	5,61
Tjärpapp	0,033	0,031
Textil	0,063	0,064
Summa	**6,53**	**5,95**

Fukthalten var i genomsnitt 6,2 % och varierade mellan 1,6 och 22,4 %.

Plockanalyserna visade således att RT-flisen innehöll 5,95 vikt-% material (på torr basis) som kan innehålla mer eller mindre fossilt kol.

C14-analyser utfördes på samma prov. Samtliga nio analyser visade att andelen biogent material var 100 %. Mätnoggrannheten anges av laboratoriet till ± 3 %-enheter.

Företag B

Företag B redovisade tre C14-analyser av RT-flis gjord av impregnerat trä 1) Krossade telefonstolpar, 2) Krossade plankor, och 3) Blandning telefonstolpar och plankor. Proverna bedömdes innehålla främst CCA-impregnerat virke. Analyserna omfattade konventionell bränsleanalys samt C14-bestämning. Inga plockanalyser gjordes.

Samtliga tre C14-analyser visade 100 % biogent kol, med osäkerheten ± 3 %. Inga plockanalyser har redovisats.

Företag C

Företag C har redovisat sju analyser av ”RT-flis från ÅVC”. Fyra prover omfattade konventionell bränsleanalys, plockanalys och C14-analys. Dessutom gjordes C14-analys på ytterligare 3 prover av RT-flis, samt på plastfraktion och laminatfraktion från plockanalyserna. Dessutom delades plastfraktionen från plockanalysen upp i hårdplast och mjukplast.

Plockanalyserna visade resultat enligt Tabell 4.

Tabell 4. Resultat av plockanalys – företag C. Medelvärde för fyra prover.

	Plockanalys ***vikt-% av materialet i våt RT-flis***	**Plockanalys** ***vikt-% TS-material av TS RT-flis***
Plast	0,65	0,82
Plywood	2,3	2,33
Impreg. trä	0,66	0,67
Laminat	9,9	10,33
Tjärpapp	-	-
Textil	0,01	0,02
Summa	**13,52[1)]**	**14,15**

Fukthalten var i genomsnitt 14,0 % och varierade från 2 % till 27 %.

Plockanalyserna visade således att RT-flisen innehöll 14,2 vikt-% TS material som kan innehålla fossilt kol.

Den plockanalys som gjordes på plastfraktionen från plockanalyserna visade att 70 vikt-% av plasten var hårdplast och 30 vikt-% mjukplast. Troligen spelar denna fördelning ingen roll för andelen fossilt kol: statistiskt sett domineras plastanvändningen av polyeten PE, polypropen PP och polystyren PS för både hårdplast och mjukplast, och de har likartad bruttosammansättning.

De C14-prover som gjordes visade samtliga resultatet att andelen biogent material är 100 % (med en osäkerhet på ± 3 %-enheter).

Ett C14-prover på laminat visade 100 % biogent material.

Ett C14-prover på plastfraktionen visade att andelen biogent material var 2 %, det vill säga andel fossilt material var 98 % (eller C_{fossil}/C_{tot}= 0,98). Det teoretiska värdet bör vara C_{fossil}/C_{tot}= 1,0. Det är svårt att säga vad skillnaden beror på. Det kan vara biogena föroreningar i plasten (exempelvis trädamm) och det kan åtminstone delvis bero på osäkerheterna i C14-analysen.

Företag D

Företag D har redovisat resultatet från 210 stycken plockanalyser från 2016 till 2022. Plockanalyserna har omfattat parametrarna: torrhalt/fukthalt, magnetisk metall, omagnetisk metall, plast, sten, glas, impregnerat trä och

övrigt. Resultatet redovisas i Tabell 5 (metaller, sten, glas och övrigt redovisas inte här).

Tabell 5. Resultat av plockanalys – företag D: 2016-2022.. Medelvärde av 210 prover.

	Plockanalys ***vikt-% av materialet i våt RT-flis***	**Plockanalys** ***vikt-% TS-material av TS RT-flis***
Plast	0,004 %	0,0041
Plywood	Ej undersökt	-
Impreg. Trä	0,009 %	0,0069
Laminat	Ej undersökt	-
Tjärpapp	Ej undersökt	-
Textil	Ej undersökt	-
Summa	**0,013**	**0,0083**

Fukthalten var i genomsnitt 28,4 % och varierade mellan 11 och 51 %.

Eftersom det var ett stort antal prover som analyserades har det även gjorts en statistisk utvärdering över hur värdena varierade:

- Medelvärdet av plast var 0,0041 vikt-%, varierande från 0,0 % till 0,0325 %, och med standardavvikelsen 0,004 %-enheter
- Medelvärdet av impregnerat trä var 0,0069 vikt-% varierande från 0 % till 0,11 % med standardavvikelsen 0,01 %-enheter.

Ytterligare över 200 plockanalyser mellan 2010 och 2016 visade resultat enligt Tabell 6.

Tabell 6, Resultat av plockanalys – företag D: 2010-2016. Medelvärde av 200 prover.

	Plockanalys ***vikt-% av materialet i våt RT-flis***	**Plockanalys** ***vikt-% TS-material av TS RT-flis***
Plast	0,055 %	0,072
Plywood	Ej undersökt	-
Impreg. trä	0,023 %	0,023
Laminat	Ej undersökt	-
Tjärpapp	Ej undersökt	-
Textil	Ej undersökt	-
Summa	**0,078**	**0,095**

Fukthalten var i medeltal 24,2 % och varierade från 11,4 % till 47,6 % (standardavvikelse 7,9 %).

Medelvärdet av plast var 0,072 vikt-% torr basis, varierande från 0,000 % till 0,47 %, och med standardavvikelsen 0,078 %-enheter.

Medelvärdet av impregnerat trä var 0,023 vikt-% varierande från 0 % till 0,26 % med standardavvikelsen 0,043 %-enheter.

Företag E

Företaget har redovisat 23 stycken C14-analyser som samtliga givit resultatet att andelen biogent material är 100 % (dock anges noggrannheten vara ± 3 %-enheter).

På fyra av proverna gjordes också plockanalys med resultat enligt Tabell 7.

Tabell 7. Resultat av plockanalyser - företag E. Medelvärde av fyra prover.

	Plockanalys ***vikt-% av materialet i våt RT-flis***	**Plockanalys** ***vikt-% TS-material av TS RT-flis***
Plast	0,18	0,17
Plywood	Ej undersökt	-
Impregnerat trä	Ej undersökt	-
Laminat	Ej undersökt	-
Tjärpapp	0,04	0,039
Textil	0,035	0,020
Summa	**0,255**	**0,232**

Fukthalterna var i medeltal 29,0 % och varierade från 15,6 % till 58,5 %. Plockanalyserna visade således att RT-flisen innehöll minst 0,23 vikt-% material som kan innehålla fossilt kol. Flera potentiellt fossila material undersöktes inte i plockanalyserna.

Samtliga C14-analyser visade 100 % biogent material (med precisionen ± 3 %).

Nya C14-analyser

Från 2022 och framåt har ytterligare analyser av C14 gjorts. En sammanställning av dessa visas i Tabell 8.

Tabell 8. Resultat av C14-analyser 2022-2025

Klass	**Andel biogent kol (korrigerat med pmC(ref) *vikt-%***	**Resultat (okorrigerat, utan hänsyn till pmC(ref)) *vikt-%***	**Kommentar**
Impregnerat trä: blandat material (troligtvis en del Cu)	107,0%	107,0%	5 prover
Impregnerat trä: kreosot	86,5%	86,8%	2 prover
Impregnerat trä: kreosot/CCA	102,7%	102,7%	9 prover
Vit RT-flis/Målad RT-flis (klass 2)	109,7%	107,9%	45 prover

Man kan notera att många av resultaten visar på biogen andel större än 100 %. Detta beror sannolikt på att de pmC(ref)-värden som använts inte tar hänsyn till de förhöjda halterna av ^{14}C i atmosfären 1960 – 1995. En stor del av det trä som finns i dagens RT-flis hade sannolikt sin tillväxt under denna period.

Beräkning av potentiellt innehåll av fossilt kol i RT-flis, baserat på plockanalyser

I det följande görs teoretiska beräkningar av mängden fossilt kol i RT-flis. Beräkningarna baseras på plockanalyserna som beskrivits ovan, och de teoretiska halterna av fossilt kol i olika material enligt Tabell 1 ovan.

Det finns i princip två sätt att beräkna halten fossilt kol:

1. **Förenklad beräkning**. Man utgår för respektive företag och den medelsammansättning (på torrsubstansbasis) som redovisats i Tabell 3 - Tabell 7 och multiplicerar med de halter fossilt kol som redovisas i Tabell 1.
2. **Avancerad beräkning**. För varje plockanalys beräknas först den torra sammansättningen, med hänsyn till fukthalten i varje individuellt prov, och man beräknar därefter halten fossilt kol för varje material i provet. På slutet beräknas för varje företag ett medelvärde på det fossila kolet.

Den avancerade beräkningen kan förväntas ge ett mer sanningsenligt resultat eftersom man där i varje steg tar hänsyn till variationer i både fukthalt och sammansättning. Den förenklade beräkningen ger ett mer överslagsmässigt resultat och tar inte hänsyn till hur proverna varierar. I beräkningarna i föreliggande studie har använts den avancerade beräkningen.

Halten fossilt kol har beräknats för varje prov som plockanalyserats, och sedan har medelvärdet för varje företag beräknats. Även förhållandet C_f/C_{tot} (andelen fossilt kol av totalt kol) har beräknats. För företag A, C och E har analyser på total kolhalt gjorts för varje prov. För företag D har en schablon använts för halten totalt kol (halten totalt kol är ungefär 50 % av torrsubstansen).

I Tabell 9 visas resultaten av den avancerade beräkningen. Tabellen visar också bidraget från varje material.

Tabell 9. Resultat av beräkning av halten fossilt kol (Cf) för varje företag. Halten fossilt kol har beräknats för varje prov som plockanalyserats, och sedan har medelvärdet för varje företag beräknats.

	Mängd fossilt kol (C_f), % C_f i torr RT-flis					
Material	**Företag A** *vikt-% av TS*	**Företag C** *vikt-% av TS*	**Företag D 2010-2016,** *vikt-% av TS*	**Företag D 2016-2022,** *vikt-% av TS*	**Företag E** *vikt-% av TS*	***Medelvärde*** *vikt-% av TS*
Plast	0,13	0,62	0,054	0,003	0,138	***0,189***
Plywood		0,08				***0,080***
Impreg. Trä	0,0008	0,01	0,00027	0,000075		***0,0028***
Laminat	0,30	0,46				***0,382***
Tjärpapp	0,016				0,0211	***0,019***
Textil	0,020	0,01			0,0065	***0,012***
Summa fossilt kol, % av TS	**0,47**	**1,18**	**0,05*)**	**0,0031*)**	**0,17**	***0,68***
Fossil andel (C_f/C_{tot}), kg/kg	0,01	0,024	*)	*)	0,0034	*)
Fossil andel (C_f/C_{tot}), vikt-% (avrundat)	1,0%	2,4%			0,3%	

Kommentar
* Dessa är betydligt lägre än övriga beroende på att alla material inte ingått i plockanalysen och ingen hänsyn tas till dessa vid beräkning av fossil andel.

Av tabellen kan man utläsa att:

- Halten fossilt kol i RT-flis varierade från 0,003 till 1,18 % av TS, med 0,68 % som medelvärde. De lägre värdena beror på att alla potentiellt fossilhaltiga material inte togs med i plockanalysen.
- Laminat och plast verkar vara de material som ger störst bidrag av fossilt kol. Plasten varierar dock ganska mycket mellan olika företag.
- Andelen fossilt kol (C_f/C_{tot}) är inte jämförbart eftersom alla material inte ingår i summeringen. I de plockanalyser där C_{tot} analyserats är C_{tot} nära 50 % av torrsubstansen. Den beräknade fossila andelen i RT-flis beräknas därför till 1,38 %. Den biogena andelen blir då 98,62 %. I fortsättningen avrundas dessa till 1,4 % respektive 98,6 %

Diskussion

Olika klasser av RT-flis

Den konventionella indelningen av RT-flis (vit RT-flis, målad RT-flis, impregnerad RT-flis) är inte helt relevant att tillämpa för bestämning av fossilt kol, eftersom indelningen gjorts med helt andra grunder.

1. Vit RT-flis ska innehålla obehandlat trä. Det är ovisst hur RT-flis med spånskivor och plywood bör klassas i detta fall: enligt förordningen om förbränning av avfall kan de räknas som vit RT-flis, men i samband med fossilt kol är det mer jämförbart med målad RT-flis.
2. Målad RT-flis kan förutsättas innehålla fossilt material, både tillsatser i trä (till exempel färg och lim) och olika föroreningar (plast, tjärpapp). De beräkningar som gjorts baseras på målad RT-flis (klass 2).
3. Impregnerat trä kan ur ”fossil synvinkel” delas upp i:
    a. Kreosotimpregnerat trä (förväntas innehålla fossilt kol),
    b. CCA-impregnerat trä (förväntas inte innehålla fossilt kol) och
    c. Trä impregnerat med nya kopparbaserade medel (kan förväntas innehålla måttliga mängder av fossilt kol).

Andel fossilt kol

Med andel fossilt kol avses här kvoten mellan fossilt kol och totalt kol (C_{fossil}/C_{tot}) uttryckt i vikt-procent. Den biogena andelen blir då (100-C_{fossil}/C_{tot}).

Klass 1: vit RT-flis

Vi förutsätter här att ”vit RT-flis” inte innehåller främmande material som plast, textil, tjärpapp och laminat. Vi har inte haft tillgång till några analyser av vit RT-flis. Om den vita RT-flisen inte innehåller spånskivor, plywood, laminat eller liknande bör innehållet av fossilt kol vara ~0 vikt-% av torrsubstansen, och den fossila andelen ~0 %.

Om den vita RT-flisen förmodas innehålla spånskivor, plywood och liknande bör den i detta sammanhang mer betraktas som målad RT-flis (klass 2), möjligen med reducerad halt fossilt kol om plast, textil och tjärpapp inte förekommer.

Klass 2: målad RT-flis

Det kan noteras att samtliga ^{14}C-analyser på klassen målad RT-flis har visat att biogen andel är 100 % eller högre (upp till 109 %). Samtidigt är precisionen i analysen ± 3 %, (detta avser precisionen i bestämningen av kvoten /^{12}C) och man kan förmoda att de ökade halterna ^{14}C under 1960 – 1995 gör att analyserna slår fel.

Plockanalyserna visar något olika resultat för olika företag, men de har gjorts med olika metoder, på olika platser och med olika omfattning. Endast ett fåtal plockanalyser har omfattat alla material som kan förmodas innehålla fossilt kol. Andelen fossilt kol i de mer omfattande plockanalyserna (C_{fossil}/C_{tot}) har varierat mellan 0,30 % (företag E) och 2,4 % (företag C). Som lämpligt vägt genomsnitt föreslås den fossila andelen till 1,4 %. Det kan noteras att alla dessa värden ligger inom felmarginalerna för ^{14}C-analyserna.

Förslagsvis kan användas följande för beräkning av emissionsfaktor:

- Halten fossilt kol C_f sätts till 0,7 vikt-% av torrsubstansen (halten biogent kol 49,3 vikt-% av torrsubstans, och
- Andelen fossilt kol (C_f/C_{tot}) sätts till 1,4 %. Det innebär att andelen biogent blir 98,6 %.

Klass 3: RT-flis av impregnerat trä

RT-flis av impregnerat trä kan innehålla olika mängder fossilt kol, beroende på vilket slag av impregnerat trä det är frågan om:

- Kreosotimpregnerat trä kan innehålla fossilt kol i icke-försumbara mängder: upp till 15 vikt-% fossilt kol i nyimpregnerat trä, vid fukthalt 7 – 8 %, men betydligt lägre i virke som utsatts för väder och nederbörd i många år. Om hälften av kreosoten läcker ut under användningen blir den kvarvarande halten i RT-flisen cirka 8 % av torrsubstansen. Detta motsvarar en fossil andel C_{fossil}/C_{tot} = 16 % (eller 0,16 kg/kg) och en biogen andel på 84 %. De ^{14}C-analyser som gjorts på kreosotflis visar på ungefär 86 % (med ± 3 % mätosäkerhet, och troligen inverkan av de högre halterna C14 i atmosfären.
- CCA-impregnerat virke kan förutsättas innehålla försumbara mängder av fossilt kol.
- Virke med nya kopparbaserade impregneringsmedel kan innehålla cirka 1,5 % vikt-% fossilt kol i nyimpregnerat virke med 7 – 8 % fukthalt, och något i lägre i gammalt virke som varit utsatt för väder och nederbörd. Om vi antar att halten fossilt kol är 1,1 vikt-% av

torrsubstans blir den fossila andelen C_{fossil}/C_{tot} ungefär 2,2 % (=0,022 kg/kg) och den biogena andelen 97,8 %.

Värmevärden och emissionsfaktorer

Olika analyser visar på olika värmevärden på RT-flis. Framför allt är det fukthalten i bränslet som påverkar. Det effektiva värmevärdet i levererat tillstånd visar i några fall:

- Bränslehandboken 2012 anger 11,5 MJ/kg (11,5 GJ/ton) i effektivt värmevärde och fukthalt 33,7 % som medelvärde på 12 prover.
- Företag E (se ovan) har angett 12,0 MJ/kg (12 GJ/ton) och fukthalt 31 % som medelvärde på fem prover.
- Företag A (se ovan) har angett 12,9 MJ/kg (12,9 GJ/ton) vid 24,6 % fukt och 12,7 MJ/kg (12,7 GJ/ton) vid 27,1 % fukt. Företaget redovisar även analyser på torrare RT-flis som vi inte tar upp här.

I det följande antas som ett antaget schablonvärde att RT-flisen har en **fukthalt på 30 % och ett effektivt värmevärde på 12 MJ/kg (12 GJ/ton)** i levererat tillstånd för klass 2 målad RT-flis.

För schablonberäkningar och överslagsberäkningar kan denna fukthalt och värmevärde användas för vit RT-flis, målad RT-flis och RT-flis med impregnerat trä. För kreosotimpregnerat trä som kan ha högre värmevärde föreslås 13,6 MJ/kg (13,6 GJ/ton) vid 30 % fukthalt och 7,5 % kreosothalt.

Om de ovanstående fossilhalterna räknas om till emissionsfaktorer (uttryckta som kg CO_2/MJ bränsle) fås resultat enligt Tabell 10.

I Tabell 11 visas förslag till hänvisningsvärden baserade på ovanstående samt Tabell 10.

Tabell 10. Beräkning av emissionsfaktorer för RT-flis.

Klass	**Total halt kol** *vikt-% C_{tot} i torr RT-flis*	**Halt fossilt kol,** *vikt-% C_{fossil} i torr RT-flis*	**Halt biogent kol** *vikt-% C_{bio} i torr RT-flis*	**Fukthalt** *vikt-% av våtvikt*	**Halt fossilt kol,** *vikt-% C_{fossil} i våt RT-flis*	**Halt biogen kol** *vikt-% C_{bio} i våt RT-flis*	**Fossil andel** *C_{fossil}/C_{tot}, vikt-%*	**Biogen andel** *C_{bio}/C_{tot}, vikt-%*	**Effektivt värme-värde vid 30 % fukthalt** *GJ/ton*	**Emis-sions-faktor ton CO_2 $_{fossil}$/TJ bränsle**	**Emis-sions-faktor ton $CO_{2biogen}$/ TJ bränsle**	**Emis-sions-faktor ton CO_{2total}/ TJ bränsle**
1.a. Vit RT-flis (utan spånskiva, plywood och liknande)	**50**	0	50	30	0,00	35,0	0,0	100,0	12	0,00	106,94	106,94
1.b. Vit RT-flis (med spånskiva, plywood och liknande)	**50**	0,68	49,32	30	0,48	34,5	1,4	98,6	12	1,45	105,49	106,94
2. Målad RT-flis	**50**	0,68	49,32	30	0,48	34,5	1,4	98,6	12	1,45	105,49	106,94
3.a. Impregnerat trä: kreosot (fri från andra föroreningar)	**57**	8	49	30	5,60	34,3	14,0	86,0	14	14,67	89,83	104,50
3.b. Impregnerat trä: CCA (fri från andra föroreningar)	**50**	0	50	30	0,00	35,0	0,0	100,0	12	0,00	106,94	106,94
3.c. Impregnerat trä: nya kopparbaserade medel (fri från andra föroreningar)	**50**	1,1	48,9	30	0,77	34,2	2,2	97,8	12	2,35	104,59	106,94

Tabell 11. Förslag till hänvisningsvärden.

Klass	Biomassa-fraktion [%]	Värme-värde [GJ/ton]	Total emissionsfaktor (fossil+biogen) [ton CO_2/TJ]
1.a. Vit RT-flis (utan spånskiva, plywood och liknande)	100	12	**106,9**
1.b. Vit RT-flis (med spånskiva, plywood och liknande)	98,6	12	**106,9**
2. Målad RT-flis	98,6	12	**106,9**
3.a. Impregnerat trä: kreosot (fri från andra föroreningar)	86,0	14	**104,5**
3.b. Impregnerat trä: CCA (fri från andra föroreningar)	100	12	**106,9**
3.c. Impregnerat trä: nya kopparbaserade medel (fri från andra föroreningar)	97,8	12	**106,9**

Osäkerheter - variationer i sammansättningen

RT-flis är inget enhetligt och homogent material utan variationer förekommer i sammansättningen. Variationerna synes till större delen vara slumpmässiga och inte systematiska, det vill säga variationerna i analyserna beror på "naturliga" variationer i sammansättningen, till exempel att det är många källor till träavfallet. Vi har i de studerade analyserna inte kunnat se några typiska årstidsvariationer - det som möjligen kan variera är fukthalten eftersom träavfallet och RT-flisen ofta lagras utomhus med begränsat skydd mot nederbörd. Fukthalten kan möjligen påverka plockanalyser (exempelvis om trä absorberar mer fukt än de fossila materialen som ofta är fuktavvisande (till exempel plast, tjärpapp, laminat).

Allt detta gör att det är svårt att ta ett representativt prov för analys. Detta påverkar både plockanalyser och ^{14}C-analyser. För att minska osäkerheterna i analyserna bör därför analyser göras på en serie olika prover (slumpmässigt tagna prover), helst också prover tagna vid olika tillfällen

under året. För provserier kan man bedöma osäkerheten i enskilda analyser genom exempelvis standardavvikelsen.

Analysmetoder

Det är framför allt två analysmetoder som utvärderats i denna studie: plockanalyser och ^{14}C-analys. ^{14}C-analyserna verkar vara ganska grova med en precision på ± 3 %-enheter för de analyser som studerats i detta projekt. Dessutom verkar metoden ge för högt värde på grund av att atmosfären haft förhöjda halter av ^{14}C under perioden 1960 – 1995. De pmC(ref)-värden som används för blandat avfall synes inte vara tillämpbara på träavfall.

Problemen med ^{14}C beror på att det trä som skrotas och flisas i dag har haft sin tillväxt helt eller delvis under perioden 1960 – 1995, och det trä/biomassa som bildas under ett visst år påverkas av den halt ^{14}C som finns i atmosfären detta år. Om man antar att det trä som skrotas i dag såddes 1960, skulle man troligen kunna räkna fram ett särskilt pmC-värde för träavfall, genom att beräkna ett **medelvärde på pmC för hela perioden från 1960 tills trädet avverkades**. Om man antar annat startdatum (trädet startar sin tillväxt) och annat avverkningsdatum ska man ta pmC i medeltal förperioden mellan sådd (start) och avverkning.

Plockanalyser verkar visa att andelen fossilt kol (C_{fossil}/C_{tot}) är någon eller några %-enheter, vilket ligger inom felgränserna för ^{14}C-metoden. Plockanalyserna är också behäftade med osäkerheter, som dock är svåra att uppskatta, i synnerhet för enstaka plockanalyser.

Som redan nämnts ovan är det viktigt att analyserna omfattar fler prov tagna vid olika tider under året (i synnerhet om man syftar till att få ett representativt årsmedelvärde).

I Avfall Sveriges rapport U2012:02 anges kostnader för ^{14}C av krossat avfall till 10 000 SEK/prov, och för plockanalys till ca 30 000 SEK/prov (kostnaderna i 2012 års kostnadsläge).

Slutsatser och rekommendation

- Andelen fossilt kol i RT-flis klass 2, teoretiskt beräknat utifrån plockanalyser, är relativt låg och uppskattas ligga mellan omkring eller under 1 % av torrsubstansen. Alla ^{14}C-analyser som gjorts fram till 2022 visar 100 % eller högre biogen andel, det vill säga fossil andel 0 %, men precisionen i analysen är ± 3 %-enheter. ^{14}C-analyser efter 2022 har gett resultatet att andelen biogent kol är större än 100 %.
- Rekommenderad metod för att bestämma fossil andel för EU ETS är att utgå från ett schablonvärde på den fossila andelen (C_{fossil}/C_{tot}), eller schablonvärde på emissionsfaktor, se nedan. Man bör följa upp med fortlöpande plockanalyser som omfattar alla material som potentiellt kan innehålla fossilt kol: plast, tjärpapp, textil, laminat, spånskivor, plywood.
- ^{14}C-analys bedöms som för grov för att använda på RT-flis i dag. Precisionen är ± 3 % medan förväntad andel fossilt kol är 2 % eller lägre. Det bör dock finnas en utvecklingspotential för ^{14}C -metoden om man kan finna ett relevant värde på pmC(ref) för att kompensera för påverkan från de höjda halterna ^{14}C i atmosfären under perioden 1960 – 1995.
- De emissionsfaktorer för fossil CO_2 man översiktligt kan räkna med som schabloner är förslagsvis (avrundade värden):
    - Klass 1 Vit RT-flis: 0 ton CO_2/TJ bränsle.
    - Klass 2 Målad RT-flis: 1,5 ton CO_2/TJ bränsle.
    - Klass 3 Impregnerat trä:
        - kreosot impregnerat trä: 15 ton CO_2/TJ bränsle.
        - impregnerat trä med nya kopparbaserade medel: 2,4 ton CO_2/TJ bränsle.
        - CCA-impregnerat trä: 0 ton CO_2/TJ bränsle.
- De emissionsfaktorer för total CO_2 man översiktligt kan räkna med som schabloner vid rapporteringen till ETS är förslagsvis:
    - Klass 1 Vit RT-flis (utan föroreningar): 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 100 %.
    - Klass 2 Målad RT-flis: 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 98,6 %.
    - Klass 3 Impregnerat trä:
        - kreosot impregnerat trä: 104,5 ton CO_2/TJ bränsle med biobränsleandel 86 %.
        - impregnerat trä med nya kopparbaserade medel: 106,9 ton CO_2/TJ med biobränsleandel 97,8 %.

- CCA-impregnerat trä: 106,9 ton CO_2/TJ bränsle med 100 % bioandel.

Referenser

- Bestämning av andel fossilt kol i avfall som förbränns i Sverige. Avfall Sverige Rapport U2012:02
- BETANZOS HB, Environmental Product Declaration for Hardboard**.** 2026-06-04.
- Bränslehandboken 2012, Värmeforsk Rapport 1234. chttps://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/17831/braenslehandboken-2012-vaermeforskrapport-1234.pdf
- Byggvarubedömning K-plywood Twin
- Environmental Product Declaration. Bitumen sheets for tanking and waterproofing, Nordic Waterproofing AB
- Environmental Product Declaration. Direct Pressure Laminate Floor Coverings. UNILIN Division Flooring
- Environmental Product Declaration: Medium Density Fibreboard (MDF), Wood SolutionsTM
- Erlandsson M, Bergman G, Sundqvist J-O, Solyom,P Högberg B. Impregnerat trä I Kretsloppet. IVL Rapport B1827
- Förordningen om förbränning av avfall (2013:253), uppdaterad t.o.m. 2020:702
- Kronospan. Environmental Product Declaration of Medium Density Fiberboard (MDF) 2023-06-15
- KUTAI TIMBER, Environmental Product Declaration for plywood. 2024-09-03.
- Livscykelanalys av färg. IVL Rapport B 1338
- Miljöbalken (1998:808), uppdaterad t.o.m. SFS 2022:1272
- Naturvårdsverkets Vägledning om avfallsförbränning, version 2, 2021-01-19
- Naturvårdsverket. Referensnivå pmC (ref) enligt Naturvårdsverket, https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/utslappshandel/stationara-anlaggningar/vagledning-for-avfallsenergianlaggningar)
- Träguiden. Fukt och trä. https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/fuktegenskaper1/tra-och-fukt/
- WS EPD Database_v1.0_2024 04 30. https://www.woodsolutions.com.au/epd-database
- Öberg S. Metod för beräkning av andelen fossilt kol i avfallsbränsle. Examensarbete, Institutionen för Ekonomisk och Industriell Utveckling, Linköpings Universitet 2013