

SMED Rapport Nr 14 2022



Fossilt kol i returträflis



Jan-Olov Sundqvist, Dämien Johann Bolinius, IVL Svenska Miljöinstitutet

Avtal: 250-22-001

På uppdrag av Naturvårdsverket

Avtal: 250-22-001

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 miljö kvalitetsmål. 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	10
SYFTE	10
FOSSILT KOL I RT-FLIS - ÖVERBLICK	11
Definition av RT-flis	11
Olika klasser av RT-flis	11
Fossilt kol	12
UPPSKATTAD MÄNGD FOSSILT KOL I OLIKA MATERIAL	13
Uppskattning av mängden fossilt kol i olika träbaserade material	13
Fossilt kol i andra material som kan förekomma i RT-flis	15
Sammanställning – översikt av fossilt kol i olika material som kan finnas i RT-flis	16
ANALYSMETODER FÖR FOSSILT KOL I BRÄNSLEN	18
Plockanalys	18
C14-analys	18
Balansmetoden	21
GENOMGÅNG AV ANALYSER AV RT-FLIS	21
Företag A	21
Företag B	22
Företag C	22
Företag D	23
Företag E	25
BERÄKNING AV POTENTIELLT INNEHÅLL AV FOSSILT KOL I RT-FLIS, BASERAT PÅ PLOCKANALYSER	26
Företag A	26

Företag B	27
Företag C	27
Företag D	27
Företag E	29
DISKUSSION	30
Olika klasser av RT-flis	30
Andel fossilt kol	30
Klass 1: vit RT-flis	30
Klass 2: målad RT-flis	30
Klass 3: RT-flis av impregnerat trä	31
Värmevärden och emissionsfaktorer	31
Osäkerheter - variationer i sammansättningen	32
Analysmetoder	33
SLUTSATSER OCH REKOMMENDATION	34
REFERENSER	35

Sammanfattning

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

Returträflis (RT-flis) rapporteras inom EU ETS (EU:s handel med utsläppsrätter) av svenska innehavare av förbränningsanläggningar generellt som att det har 0 % fossil fraktion. Flera anläggningar fick nedslag vid verifieringen av 2021 års utsläpp, eftersom verifierarna hävdade att det bör finnas fossilt kol i RT-flis. Följande studie har därför gjorts för att dels kartlägga hur stor den fossila andelen är i olika typer av RT-flis och vad det fossila materialet utgörs av, dels göra en sammanställning av de analysmetoder som används för att bestämma fossil andel i RT-flis.

Föreliggande studie baseras på en sammanställning av olika analyser som gjorts av referensgruppens medlemmar under de senaste åren. Det är framför allt två analysmetoder som har 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.

Samtliga C14-analyser som gjorts på RT-flis 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 %.

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 ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) har varierat mellan 0,36 % och 2,4 % för olika anläggningar.

Vid jämförelse mellan de två analysmetoderna ser man C14-analyserna verkar vara ganska grova. Noggrannheten i plockanalyserna är svårare att förutsäga, åtminstone för enskilda prover. När man har längre mätserier kan precisionen utvärderas statistiskt (till exempel standardavvikelse). Alla C14-analyser som görs på RT-flis troligen kommer att visa på resultatet 100 % biogent material, men med en osäkerhetsmarginal på +/-3 %. Resultaten från plockanalyser i längre mätserier verkar visa att andelen fossilt kol ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) är någon eller några %-enheter, vilket ligger inom felgränserna för C14-metoden.

Vi har i studien dragit följande slutsatser:

- Andelen fossilt kol ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) i RT-flis, beräknat utifrån plockanalyser, är relativt lågt och uppskattas ligga mellan 1 – 2 %. Alla C14-analyser som gjorts visar 100 % biogen andel, det vill säga fossil andel 100 %, men precisionen i analysen är +/- 3 %.
- Rekommenderad metod för att bestämma fossil andel för EU ETS är att utgå från ett schablonvärde (på $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$), förslagsvis 1 - 2 %. 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. C14-metoden bedöms därför inte vara lämplig med de relativt låga halter fossilt kol som finns i normalt förekommande RT-flis.
- De emissionsfaktorer för fossil CO₂ man översiktligt kan räkna med som schabloner är:
 - Klass 1 Vit RT-flis: 0 kg CO₂/GJ bränsle,
 - Klass 2 Målad RT-flis: 2,3 kg CO₂/GJ bränsle,
 - Klass 3 Impregnerat trä:
 - kreosot impregnerat trä: 20 kg CO₂/GJ bränsle
 - impregnerat trä med nya kopparbaserade medel: 9 kg CO₂/GJ bränsle,
 - CCA-impregnerat trä: 0 kg CO₂/GJ bränsle

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

Summary

Recovered wood fuel is reported by Swedish incineration plant owners within the EU ETS (EU emissions trading system) generally as having 0% fossil fraction. Several plants got remarks in the verification of 2021 emissions because the verifiers claimed that there should be fossil carbon in the recovered wood fuel. Therefore, the following study has been carried out with the aim firstly to estimate how large the fossil fraction is in different types of recovered wood fuel and what the fossil fraction consists of, and secondly to make a compilation of the analysis methods for determining the fossil fraction in recovered wood fuel that are used.

The current study is based on analyses from the reference group that has been made during the last years. Mainly two methods of analysis have been studied: sorting analyzes and C14 analysis. All C14 analyses has been made of samples that also were analyzed by sorting analyzes, but there were also a large number of samples that were analyzed only by sorting analyzes.

All C14 analyses of recovered wood fuel studied in this project have shown that the biogenic share is 100%, or that the fossil share is 0%, independent of the type of recovered wood fuel. The precision of the analysis is +/-3% units, which means that the true fossil percentage should be between 0% and 3%.

The sorting analyses show slightly different results from different plants, but they have also been performed with different methods, in different places and to different extents. Only a few samples have included all materials that can be assumed to contain fossil carbon. The proportion of fossil carbon in the more extensive sorting analyses ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) has varied between 0.36% and 2.4% for different incineration plants.

When comparing the two methods for analyzing, the C14 method appears to be quite rough. The precision in the sorting analyzes is more difficult to predict, at least for single analyses. When there is a series of analyses the precision can be statistically evaluated (for example by the standard deviation). All C14 analysis on recovered wood fuel will probably show the result to be 100% biogenic material, but with an uncertainty +/- 3%. Sorting analyses seem to show that the proportion of fossil carbon ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) is one or a few % units, which is within the error limits of the C14 method.

We have drawn the following conclusions in the study:

- The proportion of fossil carbon ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) in recovered wood fuel, calculated from the sorting analyses of class 2 (“painted recovered fuel”), is relatively low and is estimated to be between 1 – 2%. All C14 analyses that have been done show 100% biogenic share, i.e. fossil share 100%, but the precision of the analysis is +/- 3%.
- The recommended method for determining the fossil share for the EU ETS is to start from a set standard value ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$), preferably 1 - 2% for class 2 (“painted recovered fuel”). This should be followed up with series of sorting analyses that include all materials that can potentially contain fossil carbon such as: plastic, tar paper, textile, laminate (flooring), chipboard and plywood.
- C14 analysis is judged to be too coarse to use on recovered wood fuel. Therefore, the C14 method seems be unsuitable with the relatively low levels of fossil carbon found in normally occurring chips from recovered wood fuel.
- The proposed emission factors for fossil CO₂ have been roughly estimated as:
 - Class 1 “White recovered wood fuel” (containing no treated wood): 0 kg CO₂/GJ fuel.
 - Class 2 “painted recovered wood fuel” 2.3 kg CO₂/GJ fuel, for
 - Class 3 “impregnated wood”
 - ✓ Creosote impregnated wood: 20 kg CO₂/GJ fuel, for
 - ✓ impregnated wood with new copper-based agents”: 9 kg CO₂/GJ fuel
 - ✓ CCA impregnated wood: 0 kg CO₂/GJ fuel

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 rapporteras 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 har därför sett ett behov av en kartläggning 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. Naturvårdsverket har initierat en referensgrupp med branschorganisationerna och några anläggningar/företag, som inom detta projekt delat med sig av data och uppgifter från de analyser av den fossila fraktionen som gjorts. Föreliggande rapport grundar sig på de data som referensgruppen har redovisat.

Syfte

Syftet med projektet har varit att dels kartlägga hur stor den fossila andelen är i olika typer av RT-flis och vad denna utgörs av, dels göra en sammanställning av de analysmetoder för fastställande av fossil andel i RT-flis som används. Detta ska tillsammans bilda ett första underlag till Naturvårdsverkets vägledningar till verksamhetsutövare att rapportera sina utsläpp vid förbränning av RT-flis.

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 träbränsle 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 (2013:353) 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.

Tilläggas bör också att RT-flis klassas på olika sätt i olika lagstiftningar, och detta har inget att göra med om RT-flisen innehåller fossilt material eller inte. 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 kan betraktas olika beroende på vad det är för träskyddsmedel:
 - Kreosotimpregnerat träavfall omfattas inte av förordningen om förbränning av avfall (enligt Naturvårdsverkets vägledning om avfallsförbränning), men klassas 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, petroleumolja 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 kolsyreassimilationen.

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 trä som kan vara av fossilt ursprung är impregneringsmedel, färg och lim.

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. I andra sammanhang kan i stället anges andelen fossilt kol som mängd fossilt kol per mängd kol totalt i materialet.

- **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 % (källa: Environmental Product Declaration: Medium Density Fibreboard (MDF), Wood Solutions™). 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 storleksordningen 3 vikt-% fossilt kol.
- **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 (källa: Byggvarubedömning K-plywood Twin). Det gör att plywood kan innehålla storleksordningen 5 vikt-% fossilt kol.

- **Färg.** 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 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). 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 m² trä per strykning. Träet antas ha en densitet på 500 kg/m³. Bindemedlet antas innehålla 50 % fossilt kol. Mängden fossilt kol i det målade träet blir då cirka 0,4 vikt-%.
- **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 m³ trävirke (källa: Svenska Träskyddsföreningen; IVL Rapport 1827). Om densiteten på träet är 500 kg/m³ blir mängden kreosotolja ca 20 %. Om halten kol i oljan är 75 % blir halten fossilt kol i det behandlade träet cirka 15 vikt-%. I verkligheten kommer dock en del av kreosotoljan att läcka ut till omgivningen under användningstiden, så i det skrotade virket kommer halten att kanske vara hälften så stor, cirka 7 – 8 vikt-% fossilt kol, 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 (As₂O₅), kromtrioxid (CrO₃) och kopparoxid (CuO). Vid fixeringen omvandlas det sexvärda kromet (i kromtrioxid) till trevärt krom inne i träet. Det är numera förbjudet att sälja arsenik-impregnerat 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). Det skulle innebära att detta slag av impregnerat trä kan innehålla uppemot 1,5 vikt-% fossilt kol. 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 golvbeläggningmaterial, ett exempel är Pergo-golv och liknande. Sammansättningen på ett golv laminat varierar från fall till fall men bedöms 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 2,8 vikt-% fossilt kol, 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 4 - 5 vikt-% fossilt kol.

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 också 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). Eftersom polyolefiner kan förväntas överväga bör man räkna med att plastfraktionen kan innehålla 85 vikt-% fossilt kol.

- **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 % fossil kol). Utifrån kolhalten i varje material bedöms halten fossilt kol vara 50 – 60 vikt-% av tjärpappsmaterialet.

- **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 kol). 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.

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

I nedanstående Tabell 1 visas en översikt av potentiella halter av kol i olika material som kan förekomma i RT-flis. Tabellen bygger på de två förgående avsnitten, och används även vid utvärdering av plockanalyser längre fram i rapporten.

Tabell 1. Innehåll av fossilt kol i olika material

Material	Halt fossil kol vikt-% av materialet (teoretiska cirkavärden)	Förslag till normalvärde vikt-% av materialet
Trämateriäl		
Spånskiva	2,5 – 3,0 %	3 %
Plywood	5 %	5 %
Laminat	4,5 – 5,5 %	5 %
Impregnerat trä		
Impregnerat trä: kreosot	7,5 %	7,5 %
Impregnerat trä: CCA	0 %	0 %
Impregnerat trä: nya kopparbaserade medel	0 – 1,5 %	1 %
Målat trä		
Färg	0 – 0,5 % (räknat per kg målat trä)	0,4 % (förutsatt att allt trä i flisen är målat trä)
Andra material		
Plast	35 - 85 %	85 % (polyolefiner antas överväga)
Tjärpapp	50 – 60 %	50 %
Textil	0 - 60 %	30 % (antag hälften syntet och hälften biomaterial)

Analysmetoder för fossilt kol i bränslen

Det går inte att direkt mäta fossilt kol. En kolatom i ett bränsle, eller i CO₂ 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 mindre provmängder (kanske 1 – 10 kg) och man kan ha tänger och pincetter som hjälp vid plockningen.

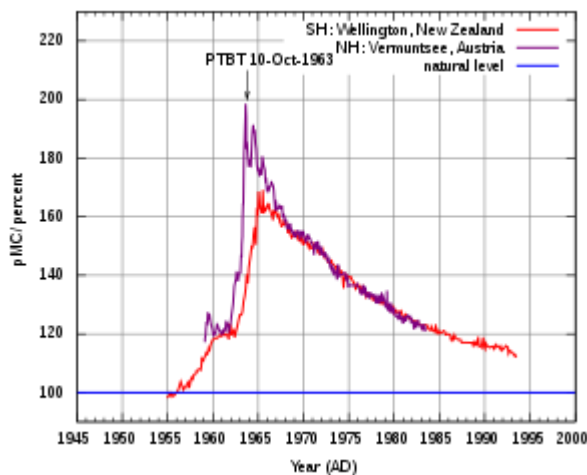
Till nackdelarna hör att det är en arbetskrävande metod, osäkerheter vid bestämning av olika material, samt, för fallet plockanalys RT-flis, att cirka 10 – 20 % av materialet är så smått att det inte går att plocka.

C14-analys

Metoden bygger på att ett antal olika sorters kol finns i allt levande. Växter tar ständigt upp ett nyttillskott 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 (¹⁴C eller C14, utläses ”kol fjorton”) genomgår

radioaktivt sönderfall med en halveringstid på 5 730 år. Isotopen kol-12 (^{12}C) är däremot stabil. Fördelningen mellan dessa två isotoper i levande materia 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 i ett prov kan man beräkna när organismen i fråga ”dog”. Som en följd av det radioaktiva sönderfallet, kommer färskt biogent material (trä och annan biomassa) att ha $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -förhållande som står i jämvikt med $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -förhållande i atmosfären, medan fossilt material, som bildades för flera hundra miljoner år sedan, har ett mycket lågt $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -förhållande (i princip $\sim 0\%$).

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 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -förhållandet ökade kraftigt, se Figur 1.



Figur 1. Förändring av den relativa ^{14}C -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 avfall som förbränns. Naturvårdsverket offentliggör referensvärdet pmC-ref

kontinuerligt. Den sista publiceringen 2021-10-01 visade följande referensvärden, enligt Figur 2.

Bilaga 2 till beslutsprotokoll med diarienummer NV-21-008791	
Referensnivå pmC(ref) som offentliggjorts av Naturvårdsverket	
Publiceringsdatum 2021-10-01	
Referensnivå pmC(ref) för utsläppår 2021	107,0
Referensnivå pmC(ref) för utsläppår 2022	106,8
Referensnivå pmC(ref) för utsläppår 2023	106,6

Figur 2. Referensnivå pmC (ref) enligt Naturvårdsverket (källa: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/utslappshandel/stationara-anlaggningar/vagledning-for-avfallsenergianlaggningar>)

Enligt det amerikanska analyslaboratoriet Beta Analytic Testing Laboratory är noggrannheten/precisionen i ^{14}C -mätningarna ca +/- 3%-enheter, det vill säga om en analys visar att det är 90 % biogent kol, så ligger det sanna värdet mellan 87 och 93 %.

C14-metodens tillämplighet på träavfall skulle behöva utredas vidare. De höga halterna C14 kring 1965 gör skillnad på om trä-materialet avverkades ("dog") före och under 1950- och 1960-talet eller efteråt. En hel del av det trämaterial som förekommer i RT-flisen i dag, skulle kunna härröra från trä som avverkades på 1960-talet (pmc = 180), och exempelvis färsk gröNFLis som avverkas/skördas i år eller förra året (pmc = 107). För helt biogena och för helt fossila bränslen bör C14-variationerna spela mindre roll: är pmc-värdet = 0 är det helt fossilt, och om det är 107 eller högre är det helt biogent, men för blandningar av fossilt material och biogent material kan resultatet påverkas av C14-variationerna i atmosfären och om träet avverkades på 1960-talet eller på 2000-talet.

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

1. Analys av avfallsprover. I laboratoriet gör man då en förbränning och mäter i den bildade gasen.
2. Analys av rökgaser från förbränningsanläggning.

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 och olja har låg kol/syrehalt (nära 0), medan i biogena bränslen, såsom cellulosa ($C_6H_{10}O_5$), är C/O nära 1.
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 (t.ex. 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. RT-flisets 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.

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 Plockanalys av RT-flis - företag A Tabell 2.

Tabell 2. Plockanalys av RT-flis - företag A

	Plockanalys vikt-% av materialet i RT-flis
Plast	0,164
Imp. trä	0,082
Laminat	6,192
Tjärpapp	0,033
Textil	0,063
Summa	6,534¹⁾

Anmärkning:

- 1) Medelvärde av 9 prover

Plockanalyserna visade således att RT-flisen innehöll 6,5 vikt-% material som kan innehålla mer eller mindre fossilt kol.

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

Företag B

Företag B redovisade tre C14-analyser av RT-flis gjort 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.

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

Företag C

Företag C har redovisat fyra 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 3.

Tabell 3. Resultat av plockanalys – företag C.

	Plockanalys vikt-% av materialet i RT-flis
Plast	0,65
Plywood	2,3
Imp. trä	0,66
Laminat	9,9
Tjärpapp	-
Textil	0,01
Summa	13,52¹⁾

Anmärkning:

- 1) Medelvärde på fyra plockanalyser

Plockanalyserna visade således att RT-flisen innehöll 13,5 vikt-% 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-prov som gjordes visade samtliga resultatet att andel biogent material är 100 % (med en osäkerhet på +/- 3 %-enheter).

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

Ett C14-prov på plastfraktionen visade att andelen biogent material var 2 %, det vill säga andel fossilt material var 98 % (eller $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 0,98$). Det teoretiska värdet bör vara $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 1,0$. 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 var enligt Tabell 4.

Tabell 4. Resultat av plockanalys – företag D: 2016-2022..

	Plockanalys vikt-% av materialet i RT-flis
Plast	0,004 %
Plywood	Ej undersökt
Imp. trä	0,009 %
Laminat	Ej undersökt
Tjärpapp	Ej undersökt
Textil	Ej undersökt
Summa	0,013

- Medelvärdet av plast var 0,004 vikt-%, varierande från 0,0 % till 0,055 %, och med standardavvikelsen 0,005 %-enheter
- Medelvärdet av impregnerat trä var 0,009 vikt-% varierande från 0 % till 0,145 % med standardavvikelsen 0,015 %-enheter.

Ytterligare över 200 plockanalyser mellan 2010 och 2016 visade resultat enligt Tabell 5.

Tabell 5. Resultat av plockanalys – företag D: 2010-2016

	Plockanalys vikt-% av materialet i RT-flis
Plast	0,055 %
Plywood	Ej undersökt
Imp. trä	0,023 %
Laminat	Ej undersökt
Tjärpapp	Ej undersökt
Textil	Ej undersökt
Summa	0,078

- Medelvärdet av plast var 0,055 vikt-%, varierande från 0,000 % till 0,34 %, och med standardavvikelsen 0,06 %-enheter
- Medelvärdet av impregnerat trä var 0,023 vikt-% varierande från 0 % till 0,25 % med standardavvikelsen 0,04 %-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 6.

Tabell 6. Resultat av plockanalyser - företag E

	Plockanalys % av materialet i RT-flis
Plast	0,18 %
Plywood	Ej undersökt
Impregnerat trä	Ej undersökt
Laminat	Ej undersökt
Tjärpapp	0,04 %
Textil	0,035 %
Summa	0,255 %

Plockanalyserna visade således att halten RT-flisen innehöll minst 0,255 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 %).

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 redovisats ovan, och de teoretiska halterna av fossilt kol i olika material enligt Tabell 1 ovan. Beräkningarna ska ses som grova uppskattningar, men som bör visa rätt storleksordning.

Företag A

För de plockanalyser som redovisats av Företag A blev resultatet enligt Tabell 7.

Tabell 7. Beräkning av halt fossil kol – företag A.

	Plockanalys % av materialet i RT-flis	Halt fossilt kol, enligt Tabell 1 kg/kg	Beräknad fossilt kol % av RT-flis
Plast	0,164	0,85	0,14 %
Imp. trä	0,082	0,015	0,0012 %
Laminat	6,192	0,05	0,31 %
Tjärpapp	0,033	0,6	0,025 %
Textil	0,063	0,3	0,019 %
Summa			0,49 %

Beräkningarna visade således att RT-flisen i medeltal innehöll 0,49 vikt-% fossilt kol. Det är plast och laminat som ger de största bidragen.

Bränsleanalyserna (ej redovisade i denna rapport) visade att RT-flisens innehåll av totalt kol var 50,0 % av torrsubstansen. Omräknat till fossil andel blir det ungefär 1 % fossilt kol per kol totalt, det vill säga fossil andel är 1 %.

De C14-analyser som utfördes på samma prov. Samtliga analyser visade att andelen biogent material var 100 % eller att fossil andel är 0 %.

Mätnoggrannheten anges av laboratoriet till +/- 3 %.

Företag B

Företag B redovisade konventionell bränsleanalys samt C14-bestämning av tre prover av impregnerat trä. Inga plockanalyser gjordes.

Samtliga C14-analyser visade 100 % biogent kol, med osäkerheten +/- 3 %.

Företag C

Beräkningarna av fossilt kol för företag D visade resultat enligt Tabell 8.

Tabell 8. Beräkning av halt fossilt kol – företag C

	Plockanalys % av materialet i RT-flis	Halt fossilt kol enligt Tabell 1 kg/kg material	Beräknad fossilt kol % av RT-flis
Plast	0,65	0,85	0,55 %
Plywood	2,3	0,05	0,12 %
Imp. Trä	0,66	0,015	0,01 %
Laminat	9,9	0,05	0,5 %
Tjärpapp	Ej undersökt	0,6	-
Textil	0,01	0,3	0,003 %
Summa			1,18 %

Resultatet visar således att halten fossilt kol i RT-flisen är cirka 1,2 vikt-%. Det motsvarar en andel fossilt kol ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) på cirka 2,4 % (totalhalten kol i RT-flisen är ca 50 %). Man ser att de material som bidrar mest med fossilt kol är plast och laminat.

De C14-prov som gjordes visade samtliga resultatet att andel biogent material är 100 % (med en osäkerhet på +/- 3 %-enheter).

Företag D

Beräkningarna för företag D visade resultat enligt Tabell 9.

Tabell 9. Beräkning av halt fossilt kol – företag D.

	Plockanalys % av materialet i RT-flis	Halt fossilt kol enligt Tabell 1 kg/kg material	Beräknad fossilt kol % av RT-flis
2016 – 2022			
Plast	0,004 %	0,85	0,0034 %
Plywood	Ej undersökt	0,05	-
Imp. trä	0,009 %	0,015	0,0001 %
Laminat	Ej undersökt	0,05	-
Tjärpapp	Ej undersökt	0,6	-
Textil	Ej undersökt	0,3	-
Summa 2016 - 2022			0,0035 %
2010 – 2016			
Plast	0,055 %	0,85	0,0468 %
Plywood	Ej undersökt	0,05	-
Imp. trä	0,023 %	0,015	0,00035 %
Laminat	Ej undersökt	0,05	-
Tjärpapp	Ej undersökt	0,6	-
Textil	Ej undersökt	0,3	-
Summa 2010 - 2016			0,047 %

Serien 2016-2022 ger att andelen fossilt kol ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) är 0,0035 vikt-%, och serien 2010-2016 ger andelen fossilt kol till 0,047 vikt-%. Det bör dock påpekas det i båda perioderna är flera material som kan innehålla fossilt kol som inte undersökts i plockanalyserna. Det enda potentiellt fossila material som undersöktes i plockanalysen var plast och impregnerat trä. Det kan noteras att det är relativt stor skillnad i resultat mellan serien 2010-2016 och serien 2016-2022. Båda serierna innehåller mer än 200 prover så skillnaden kan sägas vara statistisk säkerställd. Samtliga plockanalyser gjordes med provmängder på omkring 4 ton per prov.

Företag E

Beräkningarna av fossilt kol för Företag E gav resultat enligt Tabell 10.

Tabell 10. Beräkning av halt fossilt kol – företag E

	Plockanalys % av materialet i RT-flis	Halt fossilt kol enligt Tabell 1 kg/kg material	Beräknad fossilt kol % av RT-flis
Plast	0,18	0,85	0,15 %
Plywood	Ej undersökt	0,05	
Impregnerat trä	Ej undersökt	0,015	
Laminat	Ej undersökt	0,05	
Tjärpapp	0,04	0,6	0,02 %
Textil	0,035	0,3	0,01 %
Summa			0,18 %

Beräkningarna visade således att halten fossilt kol i RT-flisen var 0,18 vikt-%. Omräknat till andel fossilt kol blir det $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 0,36$ %.

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 fossilt kol, eftersom indelningen gjorts med helt andra grunder.

1. Vit RT-flis ska innehålla obehandlat trä, men med utgångspunkt från att ”behandlat” trä innehåller träskyddsmedel (impregneringsmedel) och färg som kan innehålla organiska halogenföreningar eller tungmetaller. 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 fossil 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).
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

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 likande bör innehållet av fossilt kol vara ~0 vikt-%. Om den vita RT-flisen förmodas innehålla spånskivor, plywood och liknande bör den i detta sammanhang betraktas som målad RT-flis.

Klass 2: målad RT-flis

Det kan noteras att samtliga C14-analyser på klassen målad RT-flis har visat att biogen andel är 100 %. Samtidigt är precisionen i analysen +/-3 %, så man kan i alla fall dra slutsatsen att den fossila andelen ligger mellan 97 % och 100 %.

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 ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) har varierat mellan 0,36 % (företag E) och 2,4 % (företag C). Det kan noteras att alla dessa värden ligger inom felmarginalerna för C14-analyserna. Som ett möjligt schablonvärde skulle man kunna välja exempelvis $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 1,5$ vikt-% (0,015 kg/kg) vilket motsvarar att RT-flisen innehåller cirka 0,75 vikt-% fossilt kol (totalhalten kol i RT-flisen är ca 50 %).

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, men betydligt lägre, kanske 7 – 8 vikt-% i virke som utsatts för väder och nederbörd i många år. Detta motsvarar en fossil andel $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 15$ % (eller 0,15 kg/kg).
- CCA-impregnerat virke kan förutsättas innehålla försumbara mängder av fossilt kol.
- Virke med nya kopparbaserade impregneringsmedel kan innehålla 2 – 4 vikt-% fossilt kol i nyimpregnerat virke, och något i lägre i gammalt virke som varit utsatt för väder och nederbörd. Om vi antar 3 vikt-% innehåll av fossilt kol motsvarar det en fossil andel $C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}} = 6$ % (=0,06 kg/kg).

Värmevärden och emissionsfaktorer

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

- Bränslehandboken 2012 anger 11,5 MJ/kg i effektivt värmevärde och fukthalt 33,7 % som medelvärde på 12 prover
- Företag E (se ovan) har angett 12,0 MJ/ton och fukthalt 31 % som medelvärde på fem prover
- Företag A (se ovan) har angett 12,9 MJ/kg vid 24,6 % fukt och 12,7 MJ/kg 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 (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, men inte för kreosotimpregnerat trä som kan ha högre värmevärde: exempelvis 13,6 MJ/kg vid 30 % fukthalt och 7,5 % kreosothalten.

Om de ovanstående fossilhalterna räknas om till emissionsfaktorer (uttryckta som kg CO₂/MJ bränsle) fås resultat enligt Tabell 11.

Tabell 11. Beräkning av emissionsfaktorer för RT-flis.

Klass	Halt fossil kol, vikt-% C _{fossil} i RT-flis	Fossil andel C _{fossil} /C _{tot} , %	Värmevärde MJ/kg	Emissionsfaktor kg CO ₂ (,fossil)/GJ bränsle	Emissionsfaktor kg CO ₂ (,biogen)/GJ bränsle
1. Vit RT-flis (utan spånskiva, plywood och liknande)	0	0	12	0	107
2. Målad RT-flis	0,75	1,5	12	2,3	105
3.a. Impregnerat trä: kreosot	7,5	15	14	20	77
3.b. Impregnerat trä: CCA	0	0	12	0	107
3.c. Impregnerat trä: nya kopparbaserade medel	3	6	12	9,2	98

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) men det blir mer utspädningseffekt.

Allt detta gör att det är svårt att ta ett representativt prov för analys. Detta påverkar både plockanalyser och C14-analyser. För att minska osäkerheterna i analyserna bör därför prover analyseras 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 använts i denna studie: plockanalyser och C14-analys. C14-analyserna verkar vara ganska grova med en precision på +/-3 %-enheter för de analyser som studerats i detta projekt. Det gör att alla analyser som görs troligen kommer att visa på resultatet 100 % biogent material, men med en osäkerhetsmarginal på 3 %. Plockanalyser verkar visa att andelen fossilt kol ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) är någon eller några %-enheter, vilket ligger inom felgränserna för C14-metoden. Plockanalyserna är också behäftade med osäkerheter, som dock är svåra att uppskatta, i synnerhet för enstaka plockanalyser.

Som redan nämnts i 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 C14 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 ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$) i RT-flis klass 2, teoretiskt beräknat utifrån plockanalyser, är relativt låg och uppskattas ligga mellan 1 – 2 %. Alla C14-analyser som gjorts visar 100 % biogen andel, det vill säga fossil andel 100 %, men precisionen i analysen är +/- 3 %-enheter.
- Rekommenderad metod för att bestämma fossil andel för EU ETS är att utgå från ett schablonvärde på den fossila andelen ($C_{\text{fossil}}/C_{\text{tot}}$), 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.
- C14-analys bedöms som för grov för att använda på RT-flis. Alla C14-analyser som gjorts på RT-flis i projektet har visat på 100 % biogent material, men med en osäkerhet på +/- 3 %-enheter. C14-metoden är bedöms därför inte vara lämplig med de relativt låga halter fossilt kol som finns i normalt förekommande RT-flis.
- De emissionsfaktorer för fossil CO₂ man översiktligt kan räkna med som schabloner är förslagsvis:
 - Klass 1 Vit RT-flis: 0 kg CO₂/GJ bränsle,
 - Klass 2 Målad RT-flis: 2,3 kg CO₂/GJ bränsle,
 - Klass 3 Impregnerat trä:
 - kreosot impregnerat trä: 20 kg CO₂/GJ bränsle
 - impregnerat trä med nya kopparbaserade medel: 9 kg CO₂/GJ bränsle,
 - CCA-impregnerat trä: 0 kg CO₂/GJ bränsle

Referenser

- Bestämning av andel fossilt kol i avfall som förbränns i Sverige. Avfall Sverige Rapport U2012:02
- Bränslehandboken 2012, Värmeforsk Rapport 1234.
<https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/17831/branslehandboken-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 Solutions™
- 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
- 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>)
- Öberg S. Metod för beräkning av andelen fossilt kol i avfallsbränsle. Examensarbete, Institutionen för Ekonomisk och Industriell Utveckling, Linköpings Universitet 2013