

# Sortering af affaldstræ fra byggeri og nedrivning

Jesper Cramer og Knud Christiansen

FORCE Technology

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 TEKNOLOGIER TIL IDENTIFIKATION OG UDSORTERING AF AFFALDSTRÆET	11
1.1 RELEVANTE FRAKTIONER	11
1.2 TEKNOLOGIER TIL IDENTIFIKATION OG MÅLING	11
<b>1.2.1 Metoder til farve-identifikation</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 XRF, røntgen-fluorescens</b>	<b>12</b>
<b>1.2.3 Prompt Gamma Neutron Activation Analysis, PGNAA</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4 UV-baseret fluorescence</b>	<b>14</b>
<b>1.2.5 Delkonklusion på målemetoder til træfraktioner</b>	<b>15</b>
1.3 MEKANISK HÅNDTERINGS- OG UDSORTERINGSTEKNOLOGI	16
2 KLASSIFICERING OG KARAKTERISERING AF AFFALDSTRÆ I UDVALGTE LANDE	19
2.1 SAMMENFATNING	19
2.2 SVERIGE	19
2.3 TYSKLAND	20
2.4 SCHWEIZ	21
2.5 HOLLAND	21
2.6 ØSTRIG	22
3 ESTIMAT FOR DET DANSKE POTENTIALE FOR AFFALDSTRÆ	23
4 LITTERATURLISTE	25



# Forord

Med baggrund i byggebranchens store interesse i at kunne sortere affaldstræ fra byggeri og nedrivning har Miljøstyrelsen bedt FORCE Technology gennemføre dette projekt, som har tre delmål:

1. at afklare erfaringer og muligheder for automatisk at sortere træaffald fra byggeri og nedrivning.
2. at beskrive klassificering og karakterisering af affaldstræ i udvalgte lande.
3. at give et skøn over det danske potentiale for affaldstræ fra byggeri og nedrivning.

Resultaterne vil kunne danne grundlag for en målrettet indsats for at udvikle og afprøve automatisk sorteringsudstyr til udsortering af affaldstræ i (gen)anvendelige fraktioner.

FORCE Technology har gennemført projektet "Sortering af affaldstræ fra byggeri og nedrivning" i henhold til aftale.

Projektansvarlig har været

- FORCE Technology, Biomasse og affald Jesper Cramer

Andre deltagere fra FORCE Technology:

- Knud Christiansen, Emissionsreduktion.



# Sammenfatning og konklusioner

Miljøstyrelsen mærker generelt en stor interesse i byggebranchen for at kunne sortere affaldstræ fra byggeri og nedrivning, så det kan bortskaffes til forbrænding i henhold til biomasseaffaldsbekendtgørelsen.

På baggrund heraf har Miljøstyrelsen igangsat dette projekt, som har tre formål:

1. at afklare erfaringer og muligheder for automatisk at sortere træaffald fra byggeri og nedrivning.
2. at beskrive klassificering og karakterisering af affaldstræ i udvalgte lande: Sverige, Tyskland, Schweiz, Holland og Østrig.
3. at give et skøn over det danske potentiale for affaldstræ fra byggeri og nedrivning.

## **Automatisk sorteringsudstyr**

Vores omfattende undersøgelser viser, at der i Europa eksisterer få automatiske sorteringsanlæg, som kan udsortere en samlet fraktion af affaldstræ fra byggeri- og anlægsaffald, men ingen som kan sortere affaldstræ i yderligere fraktioner. Mange maskinproducenter leverer neddelingsudstyr til træaffald, men ingen producerer sorteringsudstyr til udsortering af affaldstræ.

Det vil derfor være nødvendigt at udvikle helt ny sorteringsteknologi, som i denne sammenhæng består af teknologier til identifikation og måling af de enkelte typer affaldstræ og mekanisk håndterings- og udsorteringsteknologi.

## **Teknologier til identifikation og måling**

Projektet har vurderet fem sensorteknologier:

1. Farve-indikation
2. Håndholdte XRF-instrumenter
3. Online XRF-teknologi
4. Prompt Gamma Neutron Activation Analysis
5. Online UV-fluorescence

hvor de tre sidstnævnte er relativt nye teknologier.

Til udsortering af saltimpregneret træ vurderer vi, at både PGNAA- og XRF-online-teknologierne med stor sandsynlighed vil kunne leve op til industrielle krav om sorteringshastighed og nøjagtighed. Derimod anser vi ikke farveidentifikation og håndholdte XRF-instrumenter for egnede til industrielle applikationer dels pga. håndteringsproblemer dels pga. den lave målehastighed. Både PGNAA- og XRF-teknologien vil sandsynligvis også kunne detektere træ impregneret med Pentaklorfenol (PCP).

Til udsortering af kreosot-behandlet træ og sandsynligvis også limtræ vurderer vi, at det vil være muligt at udvikle en online sensor baseret på UV-fluorescence.

En kombination af PGNAA eller XRF-online med UV-baseret fluorescence vil kunne adskille affaldstræ i fraktionerne:

1. Salt-imprægneret træ (CCA, CCP, (CKB))
2. Halogenholdigt plast/træ-kompositer og overfladebehandling med halogener og træ imprægneret med pentaklorfenol
3. Kreosot-behandlet træ
4. Limtræ
5. Restfraktion bestående af kemisk ubehandlet træ og træ med halogenfri overfladebehandling og bark.

Det vil dog kræve et betydeligt udviklingsarbejde at videreudvikle og tilpasse de eksisterende metoder til de barske forhold og krav, som et online træ-sorteringsanlæg stiller.

### **Mekanisk håndterings- og udsorteringsteknologi**

Udviklingen af mekanisk håndterings- og sorteringsteknologi er sandsynligvis en større opgave end tilpasningen af PGNAA, XRF og UV-fluorescence-sensorerne. Der eksisterer danske virksomheder, som vil kunne løfte opgaven, og man vil sandsynligvis sammen med europæiske partnere kunne få støtte fra EU's støtteprogrammer, da EU prioriterer effektiv affaldsbehandling og genanvendelse højt fx i CIP-ECO-innovation-programmet.

### **Klassificering og karakterisering af affaldstræ i udvalgte lande**

Resultatet af undersøgelsen fra de udvalgte lande viser, at grundprincipperne i sortering stort set er de samme, idet affaldstræ typisk bliver sorteret visuelt i følgende fraktioner: Rent træ / spånplader / behandlet træ / imprægneret træ.

Landenes fokus på sortering retter sig mod, at man skal sortere i forskellige længder med angivelse af brændværdier mv. Østrig opererer i modsætning til de øvrige lande med hele syv kategorier af affaldstræ.

### **Potentiale for affaldstræ i Danmark**

Baseret på hollandske tal og de danske tal for affaldstræ fra primære kilder estimerer vi den samlede mængde træaffald fra byggeri og anlæg til at være ca. 235.000 t pr. år. Dette skøn er behæftet med stor usikkerhed, og det vil kræve en større undersøgelse at præcisere det.

### **Konklusion om sorteringsteknologi**

Samlet vurderer vi, at man med god sandsynlighed vil kunne udvikle en sensor-baseret sorteringsmaskine, der benytter PGNAA eller online XRF i kombination med online UV-fluorescence. PGNAA- og online XRF-sensorer vil begge kunne identificere/adskille to fraktioner: Salt-imprægneret træ og halogenholdigt eller overfladebehandlet træ. UV-fluorescence-sensorer vil kunne identificere kreosotimprægneret træ og limtræ. Restfraktionen vil være kemisk ubehandlet træ og træ med halogenfri overfladebehandling og bark.

Udviklingen af mekanisk håndterings- og sorteringsteknologi er sandsynligvis en større opgave end tilpasningen af sensorerne, da udstyret skal have en stor kapacitet (op til 50 t/h) og være meget robust.



# Summary and conclusions

Danish EPA is generally observing increasing interest from the building industry in future sorting of waste wood from building and demolition, enabling a clean fraction to be combusted meeting the "executive order of biomass waste".

On this basis DEPA has initiated this project having three objectives:

1. to investigate experiences and possibilities for automatic sorting of waste wood from bulding and demolition.
2. to describe the classification and characterisation of waste wood in selected countries: Sweden, Germany, Switzerland, The Netherlands and Austria.
3. to estimate the Danish potential of waste wood fra building and demolition.

## **Automatic sorting equipment**

Our comprehensive investigation is showing that Europe has few automatic sorting plants, sorting out one single fraction of waste wood from building and demolition waste. No plants can sort out waste wood in more fractions. Several manufacturers are supplying shredders for waste wood, but none are producing equipment for separation of waste wood in more fractions.

It is therefore necessary to develop new sorting technology consisting of sensor technologies for identification and measurement of the relevant types of waste wood and mechanical conveying and separation technologies.

## **Technologies for identification and measurements**

This project has evaluated five sensor technologies:

1. Colour indication
2. Hand-held XRF-instruments
3. Online XRF-technology
4. Prompt Gamma Neutron Activation Analysis
5. Online UV-fluorescence

the three last-mentioned being novel technologies.

For sorting out of salt impregnated wood we consider that both the PGNAA and the online XRF technologies with strong probability can meet the industrial demands on sorting capacity and accuracy. On the contrary colour identification and hand-held XRF instruments are not suitable for industrial applications due to handling problems and the long time of measurement. Both the PGNAA and XRF technologies will probably be able of detecting wood impregnated with Pentachlorophenol (PCP).

For sorting out wood treated with creosote and probably laminated wood too we consider that it will be possible to develop an online sensor based on UV-fluorescence.

A combination of either PGNAA or online XRF with UV-based fluorescence could probably separate waste wood in these fractions:

1. Salt impregnated wood (CCA, CCP, (CKB))
2. Halogen containing plastic/wood composites and surface treatments containing halogens and wood impregnated with Pentachlorophenol
3. Creosote impregnated wood
4. Laminated wood
5. Residual fraction containing chemical untreated wood, wood with halogen-free surface treatment and bark.

Developing and adapting the existing and novel technologies requires a substantial amount of work in order to meet the rugged environment and demands on speed etc. meeting an automatic sorting machine.

### **Mechanical handling and sorting technologies**

The development of mechanical handling and sorting technologies is probably a larger task than adapting the sensor technologies. Existing Danish companies can do the job, and in cooperation with European partners the development project(s) could probably get funding from EU, e.g. the CIP-ECO-innovation program which is focusing on recycling and efficient treatment of waste.

### **Classification and characterisation of waste wood in selected countries**

The result from the investigation of the selected countries shows that the basic principles in the sorting are more or less the same, while waste wood typically is sorted visually in the following fractions: Clean wood, chip boards, treated wood, and impregnated wood.

The focus of the countries is aimed at sorting indifferent lengths including specification of the heating value etc. In contrary to the other countries Austria is operating with as many as than seven categories of waste wood.

### **Potential of waste wood in Denmark**

Based on figures from the Netherlands and the Danish statistics on primary sources we estimate that the total amount of waste wood from building and demolition is approx 235.000 t per year. This estimate is rather uncertain and it requires a thorough investigation to get a more specific number.

### **Conclusion on sorting technologies**

We consider it likely that it is possible to develop an automatic sensor based sorting machine using PGNAA or online XRF in combination with online UV-fluorescence. PGNAA and XRF sensors could both identify/separate two fractions of waste wood: Salt impregnated wood and halogen containing or surface treated wood. UV-fluorescence sensors could identify creosote impregnated wood and laminated wood..

The task of developing the mechanical conveying and sorting technology is probably larger than that of adapting the sensor technologies, while the equipment must have high capacity (up to 50 t/h) and be very robust.

# 1 Teknologier til identifikation og udsortering af affaldstræet

## 1.1 Relevante fraktioner

Danske affaldsbehandlere som DSV, Marius Pedersen, m.fl. modtager træaffald, som ved manuel sortering opdeles i fire fraktioner:

1. Rent træ
2. Malet eller overfladebehandlet træ
3. Salt-imprægneret affaldstræ ("trykimpregneret træ")
4. Kreosotbehandlet træ

Vi har i den efterfølgende vurdering af teknologier til identifikation benyttet en opdeling, som baserer sig på østrigske forhold (se 2.6 Østrig), som også skelner mellem træ med/uden behandling med halogenholdige stoffer.

## 1.2 Teknologier til identifikation og måling

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 2002, "Håndtering af imprægneret træaffald" beskriver flere metoder til identifikation af imprægneret affaldstræ:

1. Tre metoder baseret på farveidentifikation
2. To apparater baseret på røntgenfluorescensanalyse (XRF) med håndholdt sonde
3. Én ny, ubeskrevet metode baseret på Prompt Gamma Neutron Activation Analysis (PGNAA)

Den sidste metode er siden blevet færdigudviklet og kan nu vurderes på lige fod med de øvrige.

Vores undersøgelse efter nye metoder har afsløret to nye teknologier, som vi vurderer, har potentiale til en hurtig, berøringsfri identifikation af forurenede træ. Den ene af de nye metoder benytter også røntgenfluorescensanalyse (XRF), men berøringsfrit og som en online-måling. Den anden teknologi benytter UV-fluorescens, som er en metode, der måler refleksionen af UV-lys fra overflader. Afsnit 1.2.2 og 1.2.4 beskriver den nye metode.

Kravene til sorteringshastighed er altdominerende, når det drejer sig om at vurdere egnetheden af metoderne. Ref. 13 taler om kapaciteter på op mod 50 t/h.

Nedenstående afsnit vurderer mulighederne for at anvende metoderne til identifikation af forskellige fraktioner affaldstræ.

### 1.2.1 Metoder til farve-identifikation

Metoderne virker både på helt træ, træflis og forvitret træ. Farvningen er stærkere ved en højere koncentration af CCA, men er fuldt identificerbar ved en koncentration på  $4 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ . Metoden virker kun på overfladen af træet og ikke, hvis fx CCA-træet er malet. Metoderne kan ikke identificere andre former for forureninger i træet, og man vil derfor kun kunne benytte den til udsortering af saltimprægneret affaldstræ (Ref. 5, Ref. 13, Ref. 22, Ref. 28).

Få dråber indikatorvæske på CCA-imprægneret træ skifter meget hurtig farve, som fx et farvekamera vil kunne identificere.

En industriel anvendelse vil kræve, at alle træstykker skal være fritliggende inden påsprøjtningen af indikatorvæske, og at træstykkerne efterfølgende ikke kan bevæge sig, så siden med indikatorvæske ikke er synlig for kameraet/erne. Der eksisterer ikke færdigudviklede vision-systemer til udsortering af fraktioner af træ fra blandet træaffald, men det vil sandsynligvis være muligt at udvikle et system til opgaven med de begrænsninger, som overflademålingen og håndteringen giver. Vi skønner dog, at metoden vil have en relativ stor fejlmargen på grund af håndteringsproblematikken. Farve-indikatormetoden kan kun identificere salt-imprægneret træ.

### 1.2.2 XRF, røntgen-fluorescens

XRF er en overflademåling, som i princippet kan detektere og måle indholdet af alle grundstoffer, dog med en begrænsning for de letteste grundstoffer typisk fra aluminium (atomnr. 13) og nedefter. Metoden vil derfor ikke kunne måle fx kvælstof, bor eller fluor, som forekommer i limtræ, CCB-imprægneret træ eller overfladebehandlinger.

Alle måleapparater baseret på XRF, som Miljøstyrelsens arbejdsrapport beskriver, er håndholdte instrumenter med en relativ lang måletid – typisk flere sekunder, som vil betyde, at sorteringskapaciteten i et industrielt anlæg vil blive for lav. Der eksisterer flere konkurrerende producenter af disse instrumenter, Ref. 10.

Vores undersøgelser har imidlertid fundet en kommerciel XRF-teknologi, som firmaet Bruker Baltic, markedsfører til online identifikation og koncentrationsmåling af mineraler i malm på et transportbånd, Ref. 14.



Figur 1. XRF-teknologi fra Bruker Baltic til online identifikation og koncentrationsmåling af mineraler i malm på et transportbånd

Vi vurderer, at metoden sandsynligvis vil kunne tilpasses detektion og måling af koncentrationer af de fleste stoffer i affaldstræ. Sammenfattende

- 1 er der stadig tale om en overflademåling,
- 2 hvis tungmetallerne eller andre stoffer er udvaskede fra overfladen, måler metoden ikke noget.
- 3 vil arsen, kobber og krom kunne måles direkte,
- 4 vil identifikation af tungmetalholdig maling være meget let,
- 5 vil identifikation af halogen (overflade)behandling være let
- 6 fx rester af pentaklorfenol på overfladen
- 7 dog ikke fluor-holdig overfladebehandling.
- 8 vil teknologien ikke kunne identificere limtræ eller kreosotbehandlet træ,
- 9 kan et projekt tage udgangspunkt i et kommercielt apparat i stedet for at skulle udvikle det fra grunden (apparatet skal dog måske modificeres),
- 10 bør den forventede målehastighed verificeres med simulationer, før man starter et egentligt udviklingsprojekt.

### 1.2.3 Prompt Gamma Neutron Activation Analysis, PGNA

Siden Miljøstyrelsens arbejdsrapport er PGNAA-teknologien blevet videreudviklet, så man kan vurdere anvendeligheden af metoden til identifikation og måling af stoffer i affaldstræ, Ref. 2 og Ref. 3. PGNAA har vist sin styrke til identifikation af NiCd-batterier, PVC, PCB, og imprægneret affaldstræ. Metoden er karakteriseret ved at

- 1 detektere grundstoffer
- 2 være uafhængig af den kemiske sammensætning
- 3 være uafhængig af emnernes form
- 4 måle flere grundstoffer samtidig og i dybden
- 5 være berøringsfri
- 6 være ikke-destruktiv
- 7 være hurtig

- 8 Den nødvendige detektionstid afhænger af de aktuelle grundstoffer og mængden af dem.

PGNAA-sensoren vil desuden meget let kunne detektere træ med klor- eller cadmiumholdig (overflade-)behandling.

Sensoren vil ikke kunne detektere kreosotbehandlet træ eller træ med kvælstofholdige limrester.

En PGNAA-sensor vil kunne detektere saltimpregneret affaldstræ og træ impregneret med pentaklorfenol (fx paller) uanset

- 9 om det er overfladebehandlet eller ej
- 10 om impregneringen er udvasket fra overfladen.

De nedenstående afsnit beskriver kort sensorens følsomhed over for de forskellige grundstoffer i saltimpregneret træ, Ref. 2.

#### **Træ impregneret med CCA. (Cu, Cr, As) og CCP (Cu, Cr, P)**

- 1 PGNAA kan lettere analysere for krom end for kobber, der igen er lettere at bestemme end arsen.
- 2 Krom og kobber kan bestemmes semikvantitativt i CCP-træ.
- 3 Hvis man ikke analyserer for arsen, vil træ med højt indhold af kobber og navnlig krom kunne identificeres hurtigere.
- 4 Analyse af arsen er demonstreret på referencemateriale.
- 5 I et fuldskala-apparat med en eller flere store neutronkilder vil såvel CCA- som CCP-træ kunne bestemmes tilfredsstillende i kraft af kobber og kromindholdet.
- 6 Fastlæggelse af ydeevnen over for CCA-træ skal fastlægges gennem en forsøgskalibrering.
- 7 FORCE Technology, som har patent på PGNAA-teknologien til affaldssortering, har tilbudt et sorteringsanlæg til telefonmaster.

#### **Træ impregneret med CKB (Cu, Cr, B)**

- 1 Følsomheden over for borimpregneret træ er overordentlig høj. Sensoren adskiller CKB-træ fuldstændigt og med stor margin.
- 2 Hvis sorteringsopgaven kun består i at sortere borholdigt træ fra ikke-borholdigt, vil konstruktion af et fuldskala-apparat være ganske ukompliceret.

#### 1.2.4 UV-baseret fluorescence

UV-baseret fluorescence bliver benyttet til detektion af små koncentrationer af tjære og kreosot i forurenede jord (se Ref. 12). Flere leverandører (fx EMX Industries, Inc.) markedsfører billige uv-sensorer, som kan detektere lim og træ (se Ref. 11). Vores undersøgelser har imidlertid ikke fundet kommercielle sensorer målrettet mod detektion af affaldstræ eller fraktioner af affaldstræ. Vi vurderer imidlertid, at der er god sandsynlighed for, at man vil kunne videreudvikle eller tilpasse kendte UV-fluorescence sensorer, så de kan detektere kreosotimpregneret træ og træ med kvælstof-baseret lim. Metoden er dog en overflademåling, som kræver, at evt. kreosot og lim er til stede på træets overflade.

## 1.2.5 Delkonklusion på målemetoder til træfraktioner

Med den østrigske klassificering af affaldstræ (se afsnit 2.6 Østrig) som udgangspunkt viser Tabel 1 projektets vurdering af de fire aktuelle målemetoder – dels hvilke grundstoffer og materialer, de kan måle, og dels hvilke typer affaldstræ de vil kunne identificere. Endelig indeholder tabellen en vurdering af metodernes egenskaber som sensor i et industrielt sorteringsanlæg.

Tabel 1. Oversigt over sensorteknologier

Målemetode	Grundstoffer/materialer metoden kan måle	Fraktioner af affaldstræ							Vurderings kriterier						
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Overflademåling	Måling i dybden	Håndterbarhed	Hastighed	Nøjagtighed	Samlet vurdering af egnethed i industriel skala	
		Kemisk ubehandlet træ	Bark <sup>3)</sup>	Limholdigt. Halogenfri overfladebehandling	Overfladebehandlet træ	Kreosot-behandlet træ	Salt imprægneret træ	Halogenholdigt plast/træ/compositmaterialer							
<b>Farveidentifikation</b>	Cu						X		Ja	Nej	Dårlig	God	God	Nej	
<b>XRF, håndholdt</b>	Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pb, Hg, Rb, Sr, Zr, Mo, Ag, Cd, Ba, Hg, Pb <sup>1)</sup>		(X)		X		X		Ja	Nej	Dårlig	Lav	God	Nej	
<b>XRF, online</b>	Alle med atomnr. > 12 <sup>2)</sup>		(X)		X		X	X	Ja	Nej	God	God	God	Ja	
<b>PGNAA</b>	B, Cl, Cr, Cu, Cd, As		(X)		X		X	X	Ja	Ja	God	God	God	Ja	
<b>UV fluorescence</b>	Kreosot, lim			X	X	X			Ja	Nej	God	God	God	Ja	

1) Typisk, fx Niton XLT 700 Series XRF Analyser.

2) Atomnr. < 13: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na og Mg.

3) Sæmmensætningen af bark varierer meget. Metodernes muligheder for at detektere specifikke grundstoffer som Si, Ca og K er derfor usikre.

Vi vurderer, at PGNAA-, XRF-online og UV-fluorescence-teknologierne med stor sandsynlighed vil kunne leve op til industrielle krav om sorteringshastighed og nøjagtighed, mens farveidentifikation og håndholdte XRF-instrumenter ikke er egnede til industrielle applikationer dels pga. håndteringsproblemer dels pga. målehastigheden.

PGNAA og XRF-online vil begge i kombination med UV-fluorescence kunne adskille affaldstræ i fraktionerne:

1. Salt-imprægneret træ (CCA, CCP, (CKB))
2. Halogenholdigt plast/træ-kompositer og overfladebehandling med halogener og træ imprægneret med pentaklorfenol
3. Kreosot-behandlet træ
4. Limtræ
5. Restfraktion bestående af
  - 1 kemisk ubehandlet træ
  - 2 træ med halogenfri overfladebehandling
  - 3 bark

PGNAA har den fordel, at den måler i dybden, til gengæld måler metoden et begrænset antal grundstoffer.

XRF har den fordel, at den kan måle stort set alle relevante grundstoffer, mens den til gengæld kun måler på overfladen af emnerne.

Begge målemetoder er robuste over for fremmedlegemer i træaffaldet fx sten, jord, beton, jern, pap, papir, isoleringsmaterialer.

UV-fluorescence er en optisk måling, der ligesom XRF kun måler på overfladen. UV- fluorescence måler ikke grundstoffer, men det ultraviolette lys som overfladen reflekterer. Sensoren skal derfor tilpasses og kalibreres til den aktuelle anvendelse.

Ingen af metoderne er kommercielle standard-instrumenter (når fokus er på sortering af træ), men fungerer i andre industrielle anvendelser. Alle tre teknologier kræver et tilpasnings/videre-udviklingsforløb, før man kan afprøve dem i praksis til sortering af affaldstræ, men vi vurderer, at der god sandsynlighed for, at man vil kunne tilpasse/videreudvikle XRF og UV-fluorescence til sortering af affaldstræ. PGNAA er betydeligt tættere på en industriel anvendelse, idet sensoren bl.a. er udviklet til og afprøvet på saltimprægneret træ.

### 1.3 Mekanisk håndterings- og udsorteringsteknologi

Vores omfattende undersøgelse efter erfaringer med automatiske, industrielle sorteringsanlæg til affaldstræ har ikke givet brugbare resultater. I Europa eksisterer få automatiske sorteringsanlæg, som kan udsortere en samlet fraktion af affaldstræ fra byggeri- og anlægsaffald, men ingen som kan sortere affaldstræ i yderligere fraktioner. Mange maskinproducenter annoncerer med sorteringsudstyr til affald, men ingen producerer eller leverer andet en neddelingsudstyr til træaffald. Alle relevante kilder i undersøgelsen har bekræftet dette, Ref. 8, Ref. 9,

Det vil derfor være nødvendigt at udvikle helt ny mekanisk håndterings- og sorteringsmekanisme, som kan leve op til branchens ønsker til

- 1 behandlingshastighed
- 2 mekanisk robusthed
- 3 robusthed over for fremmedlegemer
- 4 håndtering af stykker med stor forskel i form og størrelse
- 5 investering og driftsomkostninger.

Håndteringsudstyret skal kunne

1. modtage træaffald direkte fra en container eller lastvogn,
2. neddele store stykker træ,
3. placere alle indkomne træstykker inkl. neddelte stykker på et hurtiggående transportbånd eller lignende,
4. føre træet forbi sensoren.

Selve sorteringsmekanismen vil være relativ enkel, da træstykkerne forlader sensoren stykvis.



Udviklingen af mekanisk håndterings- og sorteringsteknologier er sandsynligvis en større opgave end tilpasningen af PGNAA- og XRF-online-sensorerne. Der eksisterer danske virksomheder, som vil kunne løfte opgaven, og man vil sandsynligvis sammen med europæiske partnere kunne få støtte fra EU's ECO-innovation programmet eller lign.



## 2 Klassificering og karakterisering af affaldstræ i udvalgte lande

### 2.1 Sammenfatning

Resultatet af undersøgelsen fra de udvalgte lande viser, at grundprincipperne i sortering stort set er de samme: Rent træ / spånplader / behandlet træ / imprægneret træ. Landenes fokus på sortering retter sig mod, at man skal sortere i forskellige længder med angivelse af brændværdier mv. Østrig opererer i modsætning til de øvrige lande med hele syv kategorier af affaldstræ.

I denne undersøgelse har de to største danske virksomheder i branchen, DSV og Marius Pedersen oplyst, at de sorterer affaldstræ i fire fraktioner:

1. Rent træ
2. Malet og overfladebehandlet træ inkl. limtræ
3. Salt-imprægneret træ
4. Kreosot-behandlet træ

### 2.2 Sverige

I Sverige findes der en række energianlæg, der anvender træ som brændsel. I forbindelse med to af disse anlæg (Johannesberg og Högdalen) er der lavet store undersøgelser om forbrænding af usorterede affaldsfraktioner, som træaffald. Anlæggene brænder også papir og pap. Ref. 9.

På Johannesberg skal affaldet være fri for bl.a. farligt affald, imprægneret og behandlet træ mv. Det er leverandørernes ansvar at overholde de aftalte specifikationer. Det leverede materiale kontrolleres dels ved stikprøver på det indgående brændsel og dels på stikprøver på asken.

Såfremt det ikke lever op til kravene, kan anlægget returnere brændselet.

Högdalens energi anlæg har tilladelse til at behandle en bredere vifte af produkter. På dette anlæg må følgende behandles:

- 1 Emballage
- 2 Pap og papir
- 3 Træholdigt byggeaffald
- 4 Træaffald
- 5 Kildesorteret træ og papiraffald
- 6 Centralt sorteret træ og papiraffald
- 7 Andre lignende brændsler

Indleveret brændsel skal være frit for kemikalier, og brændselet må ikke indeholde koncentrerede mængder af plast og gummifraktioner. Leverandøren skal have et kvalitetssystem, der sikrer kvaliteten af brændselet

For begge anlæg er der desuden krav til størrelsen/længden af brændslet.

### 2.3 Tyskland

Reglerne for anvendelse af resttræ i Tyskland findes især i „Der neue TA-luft“, Ref. 31. Dette regelsæt har i nogle tilfælde dannet baggrund for reglerne i Tysklands nabo lande.

Reglerne for mindre fyringsanlæg (mindre end 50 MW) findes i 1. BImSchV (Bundes – Immissionsschutzgesetzes) ” Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen”.

Ifølge disse regler må der anvendes følgende træ arter:

1. Naturlige stykker træ med vedhæftet bark, herunder træpiller
2. Naturligt træ som savsmuld, spåner og bark
3. Træbriketter fremstillet efter DIN 51731 eller tilsvarende kvalitet
4. Malede og lakeret træ uden træbeskyttelse og organiske halogen forbindelser
5. Resttræ, spånplader eller sammenlignende træ uden organiske halogen forbindelser

Er anlægget større end 50 MW, findes reglerne i 13 BImSchV ” Verordnung über Gross Feuerungsanlagen”. For denne type anlæg må anvendes samme typer materialer som for de mindre anlæg.

Den 13 BImSchV er implimentering af eu-direktiv 2001/80/EF om begrænsning af luftformige emissioner fra store fyringsanlæg. Dette direktiv er i Danmark implementeret i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 808 af 25. september 2003.

Direktivet indeholder følgende definition på ”trælignende” brændsler, der må anvendes i anlæggene:

”Biomasse”: produkter bestående af vegetabilsk materiale, helt eller dele heraf, hidrørende fra landbrug eller skovbrug, der kan anvendes til udnyttelse af energiindholdet, og følgende affald, der anvendes som brændsel:

- a) vegetabilsk affald fra landbrug og skovbrug
- b) vegetabilsk affald fra levnedsmiddelindustrien, hvis forbrændingsvarmen genanvendes
- c) korkaffald
- d) træaffald undtagen træaffald, der kan indeholde halogenerede organiske forbindelser eller tungmetaller som følge af behandling med træbeskyttelsesmidler eller overfladebehandling, herunder navnlig sådant træaffald fra bygge- og nedrivningsaffald

For afbrænding af træ indeholdende træbeskyttelse gælder den 17 BImSchV ” Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen”. I dette regelsæt findes også en liste over de træbrændsler, der ikke er omfattet af 17 BImSchV.

TA-luft anfører endvidere, at det kan være svært for myndigheder, ansatte og anlægsejer at kontrollere sammensætningen af træaffaldet, selvom det kun skulle sorteres i tre kategorier.

#### 2.4 Schweiz

I Schweiz er den potentielle mængde træaffald ca. 700.000 ton pr. år, Ref. 27. Dette udgør ca. 1 % af det samlede energiforbrug. Den primære energifremstilling i Schweiz sker fra vandkraftværker og atom kraft.

Schweiz kategoriserer resttræet efter "Klassieren von Energieholz", Ref. 26. Langt de fleste krav går på energiindholdet i træ og størrelse af dette.

Denne forordning angiver, udover krav til længder af træstykker, en kategorisering i følgende fraktioner:

1. Skov og savværkspåner/rester (WS)
2. Træ fra landskabspleje og fra træ fra nåletræer (HLD)
3. Savspåner (SP)
4. Store og små stykker bark (Rz og Ruz)
5. Resttræ fra træforarbejdning (RHH)
6. Resttræ fra byggepladser (RHB)

#### 2.5 Holland

I Holland opdeles resttræet i tre klasser A, B og C, Ref. 18.

- 1 Klasse A er ubehandlet træ som eksempelvis træpaller.
- 2 Klasse B er malet træ eller spånplader som køkkenskabe og lignende.
- 3 Klasse C er imprægneret træ med CCS, som eksempelvis træstolper/hegn. Denne type kategoriseres som farligt affald.

Det meste træ (1 Megaton/år) har hidtil været eksporteret til Tyskland til videre behandling. Nu er der i Holland etableret to anlæg i Hengolo (Twence Afvalscheiding (TAS)) og i Alkmaar (HVC-Groep) til behandling af klasse B-træ. Denne mængde udgør ca. 600.000 ton/år.

Klasse A eksporteres for det meste til fremstilling af spånplader, medens klasse C fortsat eksporteres til Tyskland, hvor det indgår i cementfremstillingen.

I Holland sker den vigtigste sortering af affaldstræet ved kilden, som eksempelvis i forbindelse med nedrivning. Udover dette findes der enkelte firmaer, der sorterer træaffaldet i de forskellige kategorier. I forbindelse med dette kan der også foregå en mekanisk behandling, som eksempelvis neddeling. Et eksempel på et sådant firma findes i Halweg i nærheden af Amsterdam.

I nogle tilfælde foregår der ikke kontrol hos de enkelte firmaer, men den angivne klasse for træet bliver accepteret og eventuelt sendt videre til anden behandling.

Der findes selvfølgelig også i Holland træ, som ikke bliver klassificeret, men direkte anvendes til kompostering. Eventuelt ukomposterbart herfra indgår

nødvendigvis heller ikke i klassificeringen, men kan tænkes f.eks. anvendt i energianlæg.

Af de indhentede oplysninger fremgår det, at den mest anvendte metode er manuel sortering. Nogle af anlæggene har en magnet til fjernelse af jern mv. og et system til andre metaller, samt et beluftningssystem, så det er muligt at fjerne plast.

Forurenede materiale returneres til leverandøren.

## 2.6 Østrig

På miljøområdet i Østrig anvendes bl.a. branchekoncepter. Der findes koncepter på forskellige forhold. Dette er eksempelvis "Branchenconzepten Medizinische Abfälle". For affaldstræ findes "Branchenconzept Holz", Ref. 25.

Dette koncept kategoriserer affaldstræet i 13 forskellige kategorier fra Q 1 til Q7, med dertil hørende undergrupper.

Disse kategorier er følgende:

Q1: Kemisk ubehandlet træ

Q1.1: Træspåner med og uden bark

Q1.2: Lange rester, afskårne endestykker, med og uden bark

Q1.3: Savsmuld, presset træ

Q1.4: Træstøv

Q2: Bark

Q3: Malede og halogenfri spånplader

Q3.1: Ubehandlede (savsmuld, rester)

Q3.2: Behandlede (savsmuld, rester)

Q4: Overfladebehandlet træ (savsmuld og rester)

Q5: Kreosotbehandlet træ

Q6: Trykimprægneret træ

Q7: Halogenholdigt plastik, der indeholder træ og lignende materialer.

### 3 Estimat for det danske potentiale for affaldstræ

Miljøstyrelsens Affaldsstatistikken 2006, Tabel 2.1 (Ref. 6) angiver, at genanvendelsen af affaldstræ fra primære kilder samt fra enkelte sekundære i 2006 udgjorde 99.000 t.

Affaldsstatistikken Tabel 5.7 (Ref. 6) angiver desuden den samlede mængde affald fra bygge- og anlægsvirksomhed til at være ca. 6.100.000 t (se Tabel 2). Heraf udgør Andet genanvendeligt affald (kode 64.00) 232.864 t og Andet byggeri- og anlægsaffald (kode 60.00) 341.639 t. Disse to fraktioner er de eneste affaldsfraktioner fra bygge- og anlæg, som kan indeholde affaldstræ. Affaldsbekendtgørelsen specificerer ikke disse to fraktioner yderligere, men fraktionerne indeholder sandsynligvis tilsammen store mængder affaldstræ, som ikke er medregnet i de 99.000 t affaldstræ fra primære kilder.

Tabel 2. Affald fra byggeri og anlæg opdelt på blandede og udsorterede fraktioner angivet i tons. Kilde: Affaldsstatistik 2006, Tabel 5.7, Miljøstyrelsen (Ref. 6).

<b>Fraktion</b>	<b>2006</b>
	<b>Ton</b>
Diverse ikke brændbart	153.668
Beton	1.392.609
Tegl	289.795
Andet bygge/anlæg	491.844
Asfalt	965.161
Jord og sten	2.245.078
Andet genanvendeligt	232.864
Andet	341.639
<b>I alt</b>	<b>6.112.658</b>

Dette bekræftes af to største danske virksomheder, DSV og Marius Pedersen, som har bidraget til undersøgelsen med data for de mængder affaldstræ, som de behandler. DSV modtager således i øjeblikket 120.000 t nedrivningsaffald pr. år, hvoraf ca. 40.000 t er træ.

Marius Pedersen behandler i øjeblikket affald med et indhold på ca. 60.000 t sorteret affaldstræ pr. år.

Da der i Danmark findes adskillige virksomheder, som behandler nedrivningsaffald, har det ikke været muligt inden for dette projekts rammer at foretage en egentlig rundspørge for at vurdere potentialet for affaldstræ.

For yderligere at kunne vurdere og derefter estimere et dansk potentiale har vi sammenlignet med data fra Holland og Schweiz (se afsnit 2.5 og 2.4).

Holland, som vi i denne sammenhæng vurderer, er sammenligneligt med Danmark, har en population på 16,4 mio., som producerer samlet ca. 1.000.000 t affaldstræ pr. år. Omregnet til danske forhold (5,5 mio. indbyggere) ville det svare til ca. 335.000 t affaldstræ pr. år.

Schweiz, som i højere grad end Danmark benytter træbyggeri, har et indbyggertal på 7,5 mio., som har en potentiel årlig mængde træaffald på ca. 700.000 ton. Omregnet til danske forhold ville det svare til 513.000 t affaldstræ. På grund af forskellene i bl.a. byggetradition, mener vi ikke, at man kan benytte dette tal som et estimat for danske mængder.

Baseret på hollandske tal og de danske tal for affaldstræ fra primære kilder estimerer vi den samlede mængde træaffald fra byggeri og anlæg til at være ca. 335.000 t minus ca. 100.000 t altså ca. 235.000 t pr. år. Dette skøn er behæftet med stor usikkerhed, og det vil kræve en større undersøgelse at præcisere det.



## 4 Litteraturliste

Litteraturlistens referencer har dels dannet udgangspunktet for projektets undersøgelser og er dels resultater af undersøgelsens søgninger, notater fra møder, telefonsamtaler, mails, etc.

- Ref. 1. "Metoder til behandling af tungmetalholdigt affald, fase 1, 2 og 3", Miljøstyrelsen, Miljøprojekt, 1055, 2006.
- Ref. 2. "Sensor til detektering af imprægneret affaldstræ", Miljøstyrelsen, 2002.
- Ref. 3. "Affaldssortering baseret på online detektion af grundstoffer", Miljøstyrelsen, August 2005.
- Ref. 4. "Afbrænding af lettere forurenede træaffald i fyringsanlæg på fx møbelfabrikker" Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 11, 2008.
- Ref. 5. "Håndtering af imprægneret træaffald", Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 2002.
- Ref. 6. Affaldsstatistik 2006, Miljøstyrelsen.
- Ref. 7. Bekendtgørelse om affald BEK 1634 af 13/12-2006.
- Ref. 8. "Förbränning av returträflis – Etapp 2 av ramprojekt returträflis", Värmeforsk rapport 820, marts 2003.
- Ref. 9. "Förbränning av utsorterade avfallsfraktioner", Värmeforsk rapport 917, marts 2005.
- Ref. 10. Produktbrochure for Niton XLt 700 Series XRF Analyzer, [http://www.cysense.com/images/upload/docum/Niton\\_Env\\_bro\\_email.pdf](http://www.cysense.com/images/upload/docum/Niton_Env_bro_email.pdf)
- Ref. 11. emx Industries, Inc. UVX Luminescence Sensors: <http://www.emxinc.com/uv-sensor.html>
- Ref. 12. TarGOST®: <http://www.dakotatechnologies.com/index.php/Service/TarGOST.html>
- Ref. 13. Email 2009-04-23 fra Daniel Karlström, Industrial Quality Recycling AB, Sverige.
- Ref. 14. Produktbrochure fra Bruker Baltic, Online Conveyor XRF Analyzer Con-X, [www.bruker-baltic.lv](http://www.bruker-baltic.lv).
- Ref. 15. Emails fra Dipl.-Ing. Dr. Thomas Brunner, BIOS BIOENERGIESYSTEME GmbH, Graz, Østrig.
- Ref. 16. Emails fra PD Dr. Thomas Nussbaumer, Verenum, Ingenieurbüro für Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik, Schweiz.
- Ref. 17. Email fra Claes Tullin Forskningschef, Biträdande enhetschef, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Sverige.
- Ref. 18. Emails fra Ir. Jaap Koppejan, Procede Biomass BV, Holland.
- Ref. 19. Emails fra Managing Director Christoph Kottmann, EuRec Technology Sales & Distribution GmbH, Tyskland.

- Ref. 20. Telefonsamtale med Karsten Ludvigsen, DSV.
- Ref. 21. Telefonsamtale med Per Wilborg, DSV.
- Ref. 22. Telefonsamtale med Lisbeth Ottosen, DTU BYG.
- Ref. 23. Møde med Tonny Madsen og Elo Ljunggren, All-Service, Svendborg.
- Ref. 24. Telefonsamtale med Bjarne Larsen, Marius Pedersen.
- Ref. 25. "Branchenconcept Holz" BM für Umwelt, ISBN 3-9011271-16-3, 1994.
- Ref. 26. "Klassieren von Energieholz" forordning nr. 407 fra Holzenergi, Schweiz, 2008.
- Ref. 27. "Technology and Economics of urban waste wood combustion", Nussbaumer, Zürich, Schweiz.
- Ref. 28. Evaluation of commercial landscaping mulch for possible contamination from CCA, Waste Management, Volume 27, Issue 12, 2007, Pages 1765-1773, Gary Jacobi, Helena Solo-Gabriele, Brajesh Dubey, Timothy Townsend, Tomoyuki Shibata.
- Ref. 29. Proceedings, 2nd European COST E31 Conference, Bordeaux, Frankrig, 2005.
- Ref. 30. Telefonsamtale med og email fra, Videncenter for affald.
- Ref. 31. Die neue TA Luft, Immissionsschutzrecht für die betriebliche Praxis, Tyskland, Februar 2004