

Fugt i træflis

Optimerede metoder og økonomiske konsekvenser ved forkert prøveudtagning

Titel:

Optimerede metoder og økonomiske konsekvenser ved forkert prøveudtagning

Udarbejdet for:

Energistyrelsen

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Transport og Elektriske Systemer

Juni 2018

Forfatter: Anne Mette Frey, Henrik Kjeldsen

Indholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| 1. Indledning | 4 |
| 2. Prøveudtag og homogenitet/heterogenitet af træflis | 4 |
| 3. Udgangspunktet i dag | 6 |
| 4. Anbefalinger fra Dansk Varmeværker..... | 7 |
| 5. Mulig ideskitse til procedurebeskrivelse til mindre værker..... | 7 |
| 6. Anbefalinger til forbedringer | 8 |
| 7. Økonomiske konsekvenser ved forkert prøveudtagning | 9 |
| 8. Konklusion..... | 10 |
| 9. Perspektiver | 10 |
| 10. Om dette notat | 10 |
| 11. Litteratur | 10 |

1. Indledning

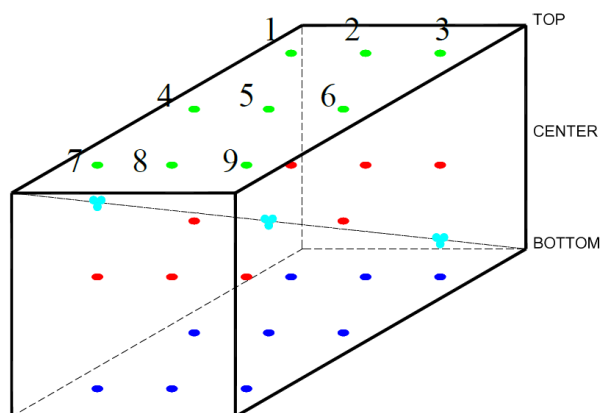
Træflis anvendes i store mængder indenfor energisektoren. I modsætning til de fleste andre typer brændsler er træflis meget heterogent og indeholder generelt meget vand/fugt. Det giver udfordringer både i forbindelse med afregning og forbrænding.

Dette notat diskuterer vanskelighederne i forbindelse med prøveudtagning af træflis til bestemmelse af fugtindholdet og estimerer konsekvenserne af at den nuværende prøve-metode ikke er repræsentativ. Desuden overvejes mulighederne for en forbedret prøveudtagningsmetode.

2. Prøveudtag og homogenitet/heterogenitet af træflis

Målet for prøveudtagning af flis er sikring af en repræsentativ fugtmåling trods den store heterogenitet af materialet. Ved Herningværket (Ørsted) er der tidligere udført forsøgsmålinger for at afgøre hvor homogen/heterogen flisen er. Desuden er forskellige former for prøveudtagning afprøvet.

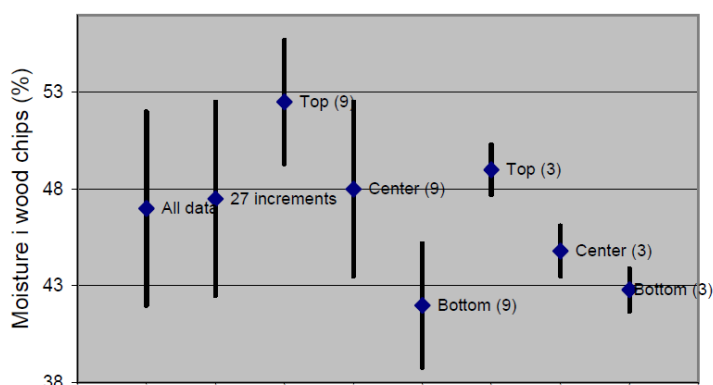
Ved forsøget er vandindholdet ved prøveudtagning forskellige steder i en lastbil blevet målt (Biobrændselskarakterisering – Metodeudvikling, PSO rapport, Helle Junker et al). Prøver blev udtaget fra forskellige steder i toppen, midten og bunden, som vist i Figur 1.



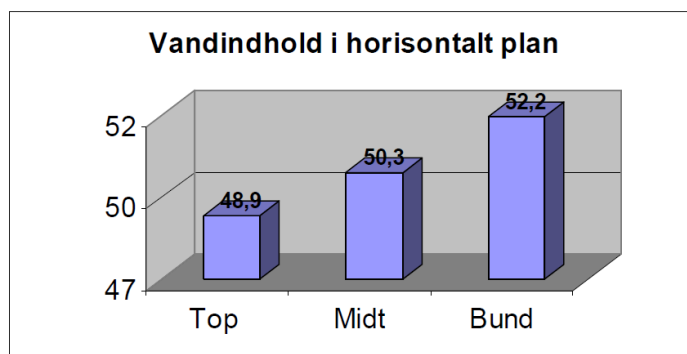
Figur 1. Systematisk undersøgelse af vandindhold i træflis ved prøveudtag forskellige steder i en lastbil

Resultaterne af fugtmålingerne for de udtagne prøver i tre forskellige dybder og kontrolmålinger i diagonalen er vist i Figur 2, hvor en systematisk variation af vandindholdet er tydeligt: Jo højere oppe i læsset man er, des to højere er fugtindholdet gennemsnitligt. Forskellen mellem top og bund varierer ca. 10 procentpoint.

Tilsvarende målinger blev udført i en række lastbiler. Her må det bemærkes at billedet ikke er entydigt, forstået på den måde at toplaget ikke nødvendigvis har lavest fugtindhold. F.eks. ses et eksempel på den modsatte situation i Figur 3.



Figur 2. Vandindholdet i træflis ved forskellige positioner i lastbilen. Serien (9) viser gennemsnit af de 9 punkter i henholdsvis top, center og bund illustreret i Figur 1, mens serien (3) er kontrolpunkter i samme dybder langs diagonalen (se Figur 1), PSO rapport



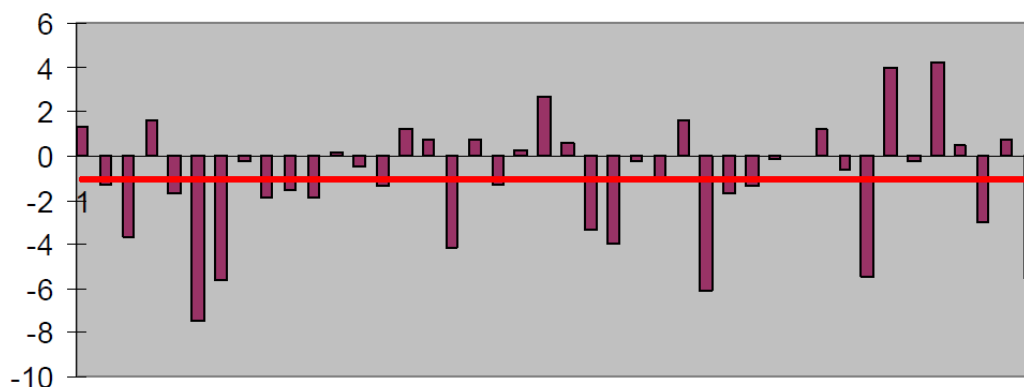
Figur 3. Eksempel på at tendensen i fugtindholdet mellem top, midte og bund kan være kvalitativt anderledes end i Figur 1, PSO rapport

Det er umiddelbart synligt fra Figur 2 og Figur 3 at flisen kan karakteriseres som værende meget heterogen. Dette illustreres også ved en analyse af data fra denne lastbil sammenfattet i Tabel 1.

Tabel 1. Flisens heterogenitet: Statistiske nøgletal der illustrerer hvor meget vandindhold varierer gennem et læs, der ankommer til et værk på lastbil, PSO rapport

| | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Heterogenitetskarakterisering | Antal prøver | 29 stk. |
| | Middel vandindhold | 50,5% |
| | 95% konfidensinterval | [48,4 til 52,6]% |
| | Højeste værdi | 65,9% |
| | Laveste værdi | 34,3% |
| Rutineprøve (modtagekontrol) | Antal prøver | 1 |
| | Målt vandindhold | 47,9% |

Som en del af forsøgene på Herningværket blev standardprøver modstillet med mere repræsentative prøver. Standardprøverne blev udtaget af lastbilchaufføren. Den mere repræsentative prøve tages som tre delprøver for tilfældigt udvalgte steder i læsset, der blandes inden test. Forskellen mellem de to overordnede metoder er illustreret i Figur 4. Herudfra er det tydeligt, at der er en forskel på ca. 1 procentpoint (statistisk signifikant), således at lastbilchaufførens prøve er lavere end prøven der er søgt taget mere repræsentativt.



Figur 4. Forskel i fugtindhold ved måling på prøve udtaget af lastbilchauffør og et forsøg på udtagning af prøver ved repræsentativ prøvemethodik ved at samle og blande prøver taget fra forskellige positioner i lastbilen, PSO rapport

3. Udgangspunktet i dag

Udgangspunktet ved projektets opstart er ved levering af træflis på de fleste mindre værker som følger. Lastbilchaufføren udtager en prøve fra lastbilen i en spand (placering efter eget valg), og ud fra denne udtages derefter en delprøve på ca. 600 g materiale. Denne delprøve anbringes i et varmeskab, tørres og vægttabet udnyttes til at bestemme fugtindholdet. På trods af at metoden ikke opfylder fundamentale krav til prøveudtagning (se Figur 4) er det udelukkende på baggrund af dette at der afregnes for hele læsset.

På større værker, i dette tilfælde som hos Ørsted, er prøveudtagningen randomiseret ved at lastbilen får udstykket en position hvor den skal parkere og en prøveudtager bevæger sig ned til en given dybde i læsset ved denne placering. Således udtages der med et hydraulisk spyd en prøve på ca. 8 L ved en tilfældig (x,y,z) -koordinat, se Figur 5. Af denne prøve tørres 600 g som beskrevet ovenfor i forhold til at bestemme vandindholdet til afregning.



Figur 5 Prøveudtagning, figur fra "Representative Sampling of Wood Chips – A Contribution to Fulfil the Kyoto Protocol", H S Møller and K H Esbensen, Sampling and Blending Conference Sunshine Coast, QLD, 9 - 12 May 2005.

4. Anbefalinger fra Dansk Varmeværker

Dansk Fjernvarme er bevist om problematikken omkring prøveudtagning og har opstillet en række anbefalinger, for at forsøge at fjerne nogle fejlkilder og problematikker på værkerne, der naturligvis er uønskede. Disse skitseres kort her: I anbefalingerne fra Dansk Fjernvarme tages højde for at metoden der bruges i dag, og hvad man vil være interesseret i fremover, skal være baseret på 'best practice', troværdighed og enighed. At bestemme vandindholdet så godt som muligt anses for at være af største betydning, grundet den økonomiske betydning det har, i kombination med indflydelsen vandindholdet har på virkningsgraden af kedlen ved forbrændingen. Det anbefales derfor af Danske Varmeværker at der tages en prøve på minimum 5 L og at denne udtages fra minimum 5 forskellige steder i lastbilen. Opbevaring indtil tørre-vejepøven på førstkommande arbejdsdag skal ske i en diffusionstæt beholder med klar identifikation.

5. Mulig ideskitse til procedurebeskrivelse til mindre værker

Nedenstående er en ideskitse til en procedure, der måske kunne sikre en mere repræsentativ prøveudtagning. Den foreslås afprøvet i løbet af dette projekt for at opnå yderligere erfaringer.

3 x 10 L træflis udtages ved at fylde tre 10 L spande med materialet fra en leverance ude på værket. Ideelt set er prøverne udtaget ved givne (tilfældige) koordinater i lastbilen. Dette er blandt andet inspireret af erfaringen fra ovenstående og formodes at gøre en positiv forskel.

Fra hver af de tre udtagne prøver analyseres vandindholdet i et nybyggede målersystem (f.eks. baseret på NIR) på følgende måde:

- I den nye måleranordning anbringes prøven i en roterende bakke (rund), der er anbragt i et plexiglasbur med NIR detektor, således at der måles på mest mulig af prøve.
- Vandindholdet beregnes på baggrund af IR-refleksion i kombination med eksisterende kalibreringskurver.

- Gennemsnittet af resultatet for vandindholdsbestemmelsen af de tre målinger af prøvemateriale (fra de forskellige spande) beregnes.

Efter denne måling bliver prøverne fra hver spand delt i 5 fraktioner, og vandindholdet bestemmes ved traditionel ovnmetode ved at veje prøven før og efter tørring i 24 h i et varmeskab ved 105°C.

Gennemsnit og spredning på de fem målinger beregnes for de tre spande ved ovnmetoden.

Værdierne fra ovnmetoden sammenholdes med bestemmelsen fra det nybyggede måleapparat med forskellige teknologier i de efterfølgende målekampagner for at evaluere på potentialet af metoden.

6. Anbefalinger til forbedringer

Almindelig kendt er det, at repræsentativ prøveudtagning er bedst hvis der kan udtages prøve fra en faldende strøm. Det vil blive overvejet, om det er muligt at udtage en prøve ud fra en strøm af flis f.eks. ved tømning af lastbiler af flisen ned i graven eller på opmagasineringspladsen.

Prøveudtagning ved givne koordinater skal implementeres, såfremt faldende strøm ikke er realiserbart i praksis. En funktionel teknisk løsning skal findes til at udtage prøver i en given dybde i dette tilfælde.

Generelt overvejes muligheden for brug af robotarm til prøveudtagning, i stedet for at et menneske tager prøven og evt. bevist eller ubevist lader sig påvirke af flisens udseende og umiddelbare kvalitet.

Fugtmåling i flishugger eller selve lastbilen er også en overvejelse, men kræver især for førstnævnte en god mekanisk holdbarhed.

Online måling af flis overvejes til at screene hele leverancen. Her der det centralt at etablere et systematisk princip, der måler pr. givet tidsinterval og logger tallene på en systematisk måde. Mere overordnet set er automatisk datalog i formater der direkte kan bruges af henholdsvis værker og forhandlere nødvendigt.

Et billedgenkendelsesbaseret system til valg af rette kalibreringskurve, er ved at blive udviklet, således at online målinger vil blive mere korrekte. Opstilling under udarbejdelse ses i Figur 6.



Figur 6. Forsøgsopstilling til billedgenkendelse af flistype til brug ved valg af kalibreringskurve til bestemmelse af fugtindholdet i træflis.

7. Økonomiske konsekvenser ved forkert prøveudtagning

I Tabel 2 er eksempler på priser ved handel med træflis ved forskellige fugtprocenter angivet. 30% fugt er taget som referencepunkt og det er udregnet hvad det økonomiske tab vil være, hvis man afregner ud fra dette mens fugtprocenten reelt er højere. Inde i den markerede boks i tabellen ses således de økonomiske konsekvenser ved at måle forkert.

Tabel 2. Økonomiske konsekvenser ved ukorrekt bestemmelse af fugtindholdet i træflis.

| Eksempler på pris ved forskellige fugtprocenter | | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|------------------------|--------------------|--------------|------------------|---------|-------------|
| | Indkøb = pr. ton tørstof | | | Salg (GJ/rm) | | | Ændring | |
| Fugt (%) | Tørvægt (ton) | Vådvægt (ton) | Brændværdi (GJ pr ton) | Brændværdi (Gj/rm) | Pris (kr/rm) | Årligt (mia. kr) | % | Mio. kr. |
| 30 | 0.18 | 0.257 | 12.57 | 3.23 | 145.42 | 1.25 | 0.0 | 0.0 |
| 35 | 0.18 | 0.277 | 11.50 | 3.18 | 143.25 | 1.23 | 1.5 | 18.7 |
| 40 | 0.18 | 0.300 | 10.42 | 3.13 | 140.71 | 1.21 | 3.2 | 40.5 |
| 45 | 0.18 | 0.327 | 9.35 | 3.06 | 137.72 | 1.18 | 5.3 | 66.3 |
| 50 | 0.18 | 0.36 | 8.28 | 2.98 | 134.12 | 1.15 | 7.8 | 97.2 |

Tallene er en beregning med nogle gennemsnitstal for priser etc. på træflis, og er udregnet på landsplan.

Tabellen skal forstås sådan, at den procentvise forskel er taget med udgangspunkt i 30% vand, som er blevet brugt som reference. F.eks. er der økonomisk set 3,24 % forskel på at måle 40 % vand i stedet for 30 %. Det svarer på landsplan til ca. 40,5 mio. kr. pr. år, og så fremdeles. Hvis der reelt er en fejl på 1 procentpoint mellem en prøve taget af en lastbilchauffør og en prøve taget flere steder fra bilen, så det kommer tættere på en repræsentativ prøveudtagning, som foreslået i forrige afsnit, vil det dermed koste værkerne ca. 4,1 mio. kr.

Udover det økonomiske aspekt ved selve vandprocenten, er der ydermere et aspekt knyttet til tidsforbruget ved prøveudtagning og processen for håndtering af prøven og efterfølgende datalog og datahåndtering, der er ganske betydeligt. HedeDanmark kontaktet flere folk angående tidsforbruget på prøvetagningerne. Det estimeres at der bruges i gennemsnit bruges 4,5 min pr. prøve i forbindelse med selve prøveudtagningen. Dette lyder umiddelbart ikke af meget, men når man regner på det, svarer det på landsplan, til 22.700 timer. Dette svarer igen til 14 fuldtidsmedarbejdere medarbejdere, set ud fra at et årsværk på 1650 timer. Hertil skal det dog siges, at en del af disse mængder stammer fra import, hvor der skal tages færre prøver pr. rm. Derfor er det reelle tal nok er lidt lavere.

Endeligt, bliver der brugt mange timer på håndtering og kvalitetssikring af data. Enten ved at varmemesteren manuelt taster tal i Excel-ark og sender det til forhandleren. Eller at de sender data automatisk efter prøveresultaterne. Når de ankommer til forhandleren skal data også håndteres, så de kan bruges rigtigt. Der sidder f.eks. 3 personer i HedeDanmark, hvis primære opgave er at håndterer dette.

Men alt den tid kunne, trods alt, blive sparet hvis data automatisk kom til forhandleren, i et format hvor de direkte kunne bruge det.

8. Konklusion

I dette notat er det blevet etableret at prøveudtagningen er ekstremt vigtig for at bestemme vandindholdet korrekt.

Hvis en systematisk fejl finder sted til fordel for enten værker eller forhandler, kan det dreje sig om millionbeløb årligt.

Væsentligt er også at søge at automatisere processen med prøvebehandling og databehandling, da tid og arbejdskraft også spiller en økonomisk rolle.

9. Perspektiver

Et perspektiv er at få måling præcist nok til ikke blot at sikre økonomisk fair afregning af produktet men også at kunne tilpasse optimal forbrænding i kedlen, der vil kunne indreguleres efter data på flisen, herunder fugtindholdet.

Vigtigt er det, at minimere prisen for procedure såvel som måleudstyr på systemet.

I forhold til metode til håndtering af data, er det et ønske i fremtiden at kunne registrere og logge data på en simpel måde enten ved passende computerprogram eller app i et format der let kan bearbejdes og bruges videre for relevante instanser.

10. Om dette notat

Dette notat er udarbejdet af Teknologisk Institut i samarbejde med HedeDanmark. Det udgør en del af EUDP projektet SOFT: Sporbar Online Måling af Fugt i Træflis.

11. Litteratur

[1] Helle Junker et al *Biobrændselskarakterisering – Metodeudvikling*; PSO-projekt nr. 5297, *Delrapport, arbejdsmappe 1: Prøveudtagning* (2008)

[2] H. S. Møller and K. H. Esbensen *Representative Sampling of Wood Chips — A Contribution to Fulfil the Kyoto Protocol*, H S Møller and K H Esbensen, *Sampling and Blending Conference Sunshine Coast, QLD, 9 - 12 May 2005*