



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Have-/parkaffald til energiudnyttelse ved forbrænding

Miljøprojekt nr. 2091

Juni 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Erik B. Winther, FORCE Technology

Morten Tony Hansen, FORCE Technology

Susanne Westborg, FORCE Technology

Jesper Cramer, FORCE Technology

ISBN: 978-87-7038-084-3

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. 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.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	5
Konklusion og sammenfatning	6
Summary and Conclusion	10
1. Indledning	14
1.1 Baggrund	14
1.2 Formål	14
1.3 Afgrænsning	14
1.4 Metode	15
1.5 Projektgennemførelse	16
2. Erfaringsopsamling	17
2.1 Dialog med brancheaktører (oparbejdning og energiudnyttelse)	18
2.1.1 Maskintekniske metoder til oparbejdning af HPA til HPA-flis	20
2.1.2 Erfaringer med urenheder	25
2.2 Erfaringer med HPA-flis på energianlæg	26
2.2.1 Erfaringer fra biomassefyrede fjern- og kraftvarmeanlæg	28
2.2.2 Erfaringer fra affaldsenergianlæg	29
2.2.3 Erfaringer fra kedelproducenter	29
2.3 Økonomimodel til beregning af brændselspris	30
3. Udvikling af en branche-anerkendt standard til biomassefyrede anlæg	31
3.1 Forslag til brændselsspecifikation rettet mod biomassefyrede energianlæg	31
3.2 Kommenteringsproces hos brancheaktører om forslag til brændselsspecifikation til biomassefyrede energianlæg	37
4. Kortlægning af mængder og økonomiforhold	39
4.1 Mængdeopgørelser for HPA	39
4.1.1 Data fra Miljøstyrelsens ISAG/ADS for HPA-mængder	41
4.1.2 Data fra HPA-branchens interessenter	43
4.1.3 Estimering af HPA-flismængden	43
4.1.4 Uudnyttede HPA-potentialer	44
4.1.5 Konklusion vedrørende eksisterende og potentielle mængder HPA/flis	46
4.1.6 Vurdering af kvalitet	47
4.2 Scenarie for anvendelse af HPA som brændsel	51
4.2.1 Baggrund	51
4.2.2 Priser på skovflis	53
4.2.3 Priser på HPA	53
4.2.4 Priser på el og varme	53
4.2.5 Parametre i følsomhedsanalyser	53
4.2.6 Scenariemodell 1 – Flisfyret fjernvarmeværk	54
4.2.7 Scenariemodell 2 – Flisfyret decentralt kraftvarmeværk	55
4.2.8 Scenariemodell 3 – Affaldsenergianlæg	57

4.2.9	Følsomhedsanalyse	58
4.2.10	Delkonklusion, scenariemodeller	60
5.	Vejen til forbrugsmålet	62
5.1	Anbefalinger til fremadrettede aktiviteter	62
5.1.1	HPA-flisens uundgåelige, men meget begrænsede indhold af plast er en barriere for udnyttelse på biomassefyrede energianlæg	62
5.1.2	Tungmetalbelastning i HPA-flis til biomassefyrede energianlæg	62
5.1.3	Forbedring af kvalitet og jævn levering til biomassefyrede energianlæg	63
5.1.4	Implementering og erfaringsopsamling ved brug af det udarbejdede forslag til brancheanerkendt brændselsspecifikation til biomassefyrede energianlæg	63
5.1.5	Kortlægning af HPA-flis mængder i Danmark	63
5.1.6	Holdningsbearbejdning hos ejerne af biomassefyrede energianlæg	63
6.	Referencer	64
Bilag 1:	Interviewskema til energianlæg	68
Bilag 2:	Baggrundsinformation til kortlægning	70
Bilag 3:	Miljøstyrelsens baggrund for HPA-indsatsen	71
Bilag 4:	Brændselsdata for scenariemodeller	73
Bilag 5:	Iddata til scenariemodel for et Biomassefyret Fjernvarmeanlæg	74
Bilag 6:	Iddata til scenariemodel for et Biomassefyret Kraftvarmeværk	75
Bilag 7:	Iddata til scenariemodel for et Affaldsenergianlæg	76

Forord

Nærværende udredningsprojekt er gennemført for Miljøstyrelsen, hvis projektansvarlige var Linda Bagge, Jord & Affald.

I projektets undersøges de væsentligste elementer af betydning for en mere udbredt anvendelse af have-/parkaffald til brændselsanvendelse i Danmark. På baggrund af et intensivt samarbejde og bidrag fra branchens interessenter har projektet identificeret en række udfordringer, som det anbefales at sætte fokus på efter afslutning af dette projekt.

Der er udarbejdet et forslag til en brancheanerkendt brændselsstandard, som projektet har kunnet konstatere et latent behov for. Derfor er anbefalingen at udbrede kendskabet til dette forslag og foreslå interessenter med praktisk tilgang til fremstilling og anvendelse af flis fra have-/parkaffald at anvende dette forslag - og at etablere et projekt til systematisk opsamling af erfaringer.

Opgaven har været spændende og udfordrende at gennemføre, da anvendelsen af have-/parkaffald til energiformål endnu ikke er udviklet til et niveau, hvor interessenter i de enkelte sektorer har gennemlevet et fælles udviklingsforløb, som kendetegner de fleste andre kommercielle leverandør- og energiområder.

Projektet er gennemført af FORCE Technology.

Projektets deltagere var:

- Erik B. Winther, FORCE Technology (projektleder)
- Morten Tony Hansen, FORCE Technology
- Susanne Westborg, FORCE Technology
- Jesper Cramer, FORCE Technology

Projektet blev fulgt af en følgegruppe, hvis medlemmer nævnes under punkt 1.5 Projektgennemførelse. Følgegruppen har bidraget positivt til projektet gennem sin værdifulde og aktive medvirken. Herudover har projektet støttet sig til en række af områdets øvrige interessenter, som er aktører inden for behandling af have-/parkaffald, ejere/driftsansvarlige for energianlæg, leverandører af energianlæg, brancheforeninger og myndigheder.

Projektet blev finansieret af Miljøstyrelsen.

Konklusion og sammenfatning

I løbet af projektet er der opbygget gode kontakter til en lang række interessenter på alle områder med aktiviteter inden for produktion og anvendelse af have-/park-affalds-flis (HPA-flis) til energiformål. Disse kontakter har i betydelig grad medvirket til og bidraget med oplysninger, som har været afgørende for projektet gennemførelse og resultater.

På den baggrund har projektet draget en række konklusioner på alle projektets elementer, som har været diskuteret med projektets følgegruppe, Miljøstyrelsen og de mange interessenter, der har været kontakt med under gennemførelsen.

Konklusionerne er her samlet og underopdelt i henhold til projektets elementer.

Behov for videreudvikling hos brancheaktører med tilknytning til biomassefyrede fjernvarmeanlæg:

- Videreudvikling af metoderne til at udskille plast, tekstil, metalstykker, sten, jord og sand.
- Videreudvikling af maskintekniske løsninger med henblik på at undgå lange partikler.
- Sikre at der kan fremstilles en ensartet kvalitet med lille variation i "askeindhold" og partikelstørrelsesfordeling.
- Søge løsninger der gør det muligt at sikre leverancer af HPA-flis jævnt fordelt igennem året.

For affaldsenergianlæg

- Danske affaldsenergianlæg er designet på en sådan måde, at anlæggene teknisk set kan aftage HPA, der anvises til energiudnyttelse, uden der er særskilt behov for yderligere sortering, neddeling og omfattende analyser. De økonomiske konsekvenser ved en sådan forbehandling kan for disse anlæg ikke retfærdiggøres af større energi- og/eller miljømæssig effekt. Danske affaldsenergianlæg adskiller sig på denne måde fra andre aftagere af HPA til energiudnyttelse.

Forhold på modtagerpladserne:

- I Danmark findes der eksempler på modtagerpladser, som arbejder målrettet og succesfuldt med udvikling af metoder på modtagerpladser, hvilket medfører en bedre og mere ensartet sortering af HPA. Slutresultatet er en bedre kvalitet af HPA-flisen.
- Mange mindre modtagerpladser har blød grund, der giver risiko for, at en del af denne skræbes med HPA'en, når den afhentes, hvilket medfører forøget indhold af uønsket ikke-brændbare materialer. Problemet løses med et fast dæk, som skal have gode aflednings- og opsamlingsgenskaber for perkolat.

Biomassebekendtgørelsen ("Bekendtgørelse om biomasseaffald"):

- Både ejere af biomassefyrede energianlæg og aktører i tilknytning hertil har den klare opfattelse, at myndighederne i deres fortolkning og håndtering af "Bekendtgørelse om biomasseaffald", som regulerer reglerne for afgiftsfri anvendelse af HPA-flis, anlægger en "nul-tolerance" for indholdet af plast med udgangspunkt i § 4. Biomasseaffald, der ikke er optaget i bilaget til bekendtgørelsen, skal håndteres efter reglerne i bekendtgørelse om affald og bekendtgørelsens Bilag 1 Affald, der er omfattet af bekendtgørelsen.

For adskillige potentielle kunder til HPA-flis er der et udtalt behov for at ændre "nul-tolerancen" til f.eks. et minimalt indhold, der med sikkerhed kan opnås med en nærmere specificeret kombination af maskintekniske processer. For de fleste interessenter er ændringen en forudsætning for at gå ind i konkrete nye projekter.

- Projektet, følgegruppen og øvrige interessenter med tilknytning til biomassefyrede energianlæg anbefaler derfor Miljøstyrelsen at indarbejde en petitessegrænse for plastindholdet i HPA-flis til biomassefyrede energianlæg – en petitessegrænse, der forholder sig til oparbejdningsprocessernes effektivitet.
- HPA-flis kan i visse tilfælde/områder være belastet af højere niveauer af tungmetaller. Dansk Fjernvarme (DF) har fremført, at budskabet til Miljøstyrelsen er, at det eksplicit skal fastlægges, at anlæggene friholdes for evt. økonomisk negative konsekvenser, hvis den indkøbte HPA-flis indeholder spor af affald fx plast, der ikke er optaget i bilaget til bekendtgørelsen. Hvis dette ikke sker, er udsigten til, at de flisfyrede fjern-/kraftvarmeværker vil anvende HPA-flis, yderst begrænset eller nærmest ikke eksisterende.
- Danske affaldsenergianlæg er etableret med røggasrensning, der allerede nu sikrer en miljømæssig korrekt behandling af HPA til energiudnyttelse, og har derfor ikke behov for en petitessegrænse for plastindholdet i HPA.

Holdningsbearbejdning hos nogle anlægsejere:

- Inddrage ejere af biomassefyrede fjern- og kraftvarmeanlæg i arbejdet med henblik på at skabe en forståelse for og en accept af, at HPA-flis kan anvendes uden negative effekter på drifts- og vedligeholdelsesøkonomien. Det er vigtigt at skabe et antal succes historier, da der i branchen er en udbredt og i mange tilfælde dårligt dokumenteret negativ indstilling til at anvende HPA-flis som tilsatsbrændsel.
- Det er ikke vurderingen, at danske affaldsenergianlæg er negativt indstillet for at anvende HPA til energiudnyttelse. Anlæggenes vurdering beror på de samlede økonomiske, energi- og miljømæssige effekter.

Anlægsmodifikationer og holdningsbearbejdning hos kedelproducenterne:

- Producenter af biomassefyrede kedelanlæg og tilhørende brændselshåndteringsudstyr skal inddrages i modifikationer på fremtidige anlæg for at øge udstyrets robusthed over for HPA-flisens dårligere struktur og uundgåelige højere askeindhold. Den nuværende holdning hos en del procenter er, at deres anlæg kan klare dette brændsel, eller de med enkle midler kan modificeres hertil.
- Danske affaldsenergianlæg er allerede designet på en sådan måde, at de uden yderligere anlægsmodifikationer kan modtage HPA, der anvises til energiudnyttelse.

Implementering og erfaringsopsamling ved brug af det udarbejdede forslag til brancheanerkendt brændselsspecifikation målrettet biomassefyrede fjernvarme/kraftvarmeanlæg:

- Projektets forslag til en brancheanerkendt brændselsspecifikation målrettet biomassefyrede energianlæg er kommenteret af projektets følgegruppe, og nogle af følgegruppens medlemmer har anbefalet at bringe standarden i anvendelse på anlæg, der bruger HPA-flis i deres energiproduktion. Kun via konkrete tilbagemeldinger om erfaringer med standarden vil det blive muligt at modificere den til en accepteret brancheanerkendt standard.
- HPA-flisens struktur er en udfordring. Tilbage meldinger om modifikationer af brændselsspecifikationen bør fokusere på en enkelt metode til bestemmelse af skridegenskaberne for HPA-flis og acceptable grænseværdier herfor.
- Det er ikke nødvendigt at udvikle en standard, som omfatter danske affaldsenergianlæg, da danske affaldsenergianlæg er designet på en sådan måde, at anlæggene kan aftage HPA, der anvises til energiudnyttelse, uden der er særskilt behov for yderligere sortering, neddeling og omfattende analyser. Anlæggenes har ofte selv udviklet kravspecifikationer for HPA og skal i forvejen dokumentere forbehandlingen af HPA over for SKAT.

Kortlægning af mængder og økonomiforhold:

- Den samlede mængde HPA i Danmark er opgjort til 850.000 tons/år. Hertil kan lægges en endnu ikke udnyttet mængde "in situ"-fraktion på 150.000 tons, så den samlede potentielle mængde er 1 mio. tons/år. Heraf vurderes 100.000 tons at være egnet til fjern- og kraftvarmeanlæg.
- Følgegruppen anbefaler, at der i forlængelse af dette arbejde udarbejdes en nærmere og mere dybtgående redegørelse for de specifikke forhold, der gør sig gældende for energiudnyttelse af HPA på danske affaldsenergianlæg. Energiudnyttelsen af HPA i Danmark bør ske efter en bred samfundsøkonomisk vurdering af, hvor der skabes den største samfundsmæssige effekt, økonomisk, energi-, klima- miljømæssigt jvf. de forudsætnin-ger, som gælder ved godkendelser af projekter for varmforsyning m.m.
- Analyser af data i Energistyrelsens Energiproducenttællingen og Miljøstyrelsens Affalds-datasystem (ADS) viser, at de tal, der kommer ind i energisystemet som HPA-flis, er blan-det med data om andre træfraktioner, som har en anden oprindelse end den, Miljøstyrel-sen forudsætter for registrering i ADS. Fremadrettet anbefaler vi, at Energistyrelsen og Miljøstyrelsen får afklaret disse forskelle og tilretter deres registreringssystemer, så det bliver muligt at synliggøre forbruget af HPA-flis.
- Scenarierne og følsomhedsanalysen baseret på de virksomhedsøkonomiske modeller af et træflisfyret fjernvarmeanlæg, et træflisfyret kraftvarmeanlæg og et affaldsenergianlæg viser, at det ud fra en simpel betragtning bedst kan betale sig at udnytte HPA-flis på flisfy-rede fjern-/kraftvarmeanlæg.
- Et flisfyret fjernvarmeanlæg på 12 MW_{varme} vil kunne forbedre sit overskud med 17% (fra 23,9 til 27,8 DKK/GJ/år) ved at fyre med 50% HPA-flis (35 DKK/GJ). Ved en lav pris på HPA-flis på 10 DKK/GJ vil forbedringen være hele 65% svarende til et overskud på 39,3 DKK/GJ/år. Modsat vil en høj pris på HPA (50 DKK/GJ) gøre det økonomisk uinteressant at fyre med HPA-flis.
- Et flisfyret kraftvarmeanlæg på 20 MW_{el} vil kunne forbedre sit overskud med 23% (fra 18,3 til 22,6 DKK/GJ/år) ved at fyre med 50% HPA-flis (35 DKK/GJ). Ved en lav pris på HPA-flis på 10 DKK/GJ vil forbedringen være hele 86% svarende til et overskud på 34,1 DKK/GJ/år. Modsat vil en høj pris på HPA (50 DKK/GJ) gøre det økonomisk uinteressant at fyre med HPA-flis.
- Danske affaldsenergianlæg er i princippet designet til at kunne energiudnytte al det HPA, som måtte blive karakteriseret og anvist som HPA egnet til energiudnyttelse.
- Affaldsenergianlæg får penge for at modtage affald til forbrænding, men skal betale for HPA-flis. Driftsoverskuddet bliver derfor i en simpel betragtning mindre ved fyring med HPA-flis. Økonomien i at anvende HPA til energiudnyttelse på affaldsenergianlæg beror på en række forudsætninger, dels om mulighederne for at nyttiggøre en ellers ledig kapa-citet, dels om de lokale energisubstitutionsforhold. Derfor kan der lokalt være langt større økonomiske incitamenter til at nytte HPA i et affaldsenergianlæg.

Projektet har bidraget til at skabe et klarere og samlet overblik over og viden om alle direkte involverede og interessentkredsen for HPA, samt status for anvendelsen af HPA-flis til energi-formål ved forbrænding.

Aktiviteterne har været omfattende i relation til kommunikation, litteratursøgning, interviews, hjælp til indkredsning af virksomheder med erfaringer på området etc. Dette har været uvur-derligt, og det er kun via projektets store netværk, at det har været muligt at indsamle, evalu-ere og beskrive alle projektets indgående elementer. Herunder en konkretisering af ovenfor-nævnte konklusioner, som danner grundlag for, hvilke væsentlige og nødvendige indsatsområ-der der anbefales iværksat med henblik på at opnå regeringens mål om at anvende 22% af den samlede mængde HPA til energiformål ved forbrænding i 2018.

Alle punkter, der er fremhævet under konklusionen, har betydning for den videre udvikling af forbruget af HPA-flis i termiske energianlæg. Disse bør tages i betragtning, når de fremadrettede planer og aktiviteter for at accelerere et stabilt forbrug bliver lanceret. Herunder vil det være anbefalelsesværdigt at gennemføre et eller flere projekter til at følge op på nærværende anbefalinger og monitorere udviklingen med gode erfaringer og områder, der kræver yderligere indsats på.

Summary and Conclusion

During the project, good contacts were made to a number of stakeholders in all fields with activities within production and use of wood chips from garden/park waste for energy purpose. To a significant degree, these contacts have contributed information which has been decisive for the completion and results of the project.

On this basis, the project has drawn several conclusions on all the project elements which have been discussed with the working group of the project, the Danish Environmental Protection Agency and the many stakeholders with whom contact has been made during the completion.

The conclusions are here collected and subdivided according to the elements of the project.

There is a need for further development at business operators with association to biomass-fired district heating plants:

- Further development of the methods to separate plastic, textile, metal pieces, stones, soil and sand.
- Further development of mechanical solutions with the purpose of avoiding long particles.
- Ensure that a uniform quality of fuel with a small variation in "ash content" and particle-size distribution can be produced.
- Search for solutions which make it possible to ensure deliveries of wood chips from garden/park waste evenly distributed all through the year.

For waste-to-energy plants:

- Danish waste-to-energy plants are designed in such a way that technically the plants can collect garden/park waste which is assigned to energy utilisation without an individual need for further separation, shredding and comprehensive analyses. The financial consequences of such a pre-treatment cannot be justified by larger energy and/or environmental effect for these plants. In this way, Danish waste-to-energy plants are different from other users of garden/park waste for energy utilisation.

Conditions at the recipient sites:

- In Denmark, there are examples of recipient sites which determinedly and successfully work on development of methods at recipient sites that results in a better and more uniform separation of garden/park waste. The final result is a better quality of the wood chips from garden/park waste.
- Many small recipient sites have soft foundation which involves the risk that a part of this is scraped with the garden/park waste when it is collected which results in an increased content of unwanted non-combustible materials. The problem is solved with a solid basis which must have good drainage and collection properties for leachate.

The biomass statutory order ("Statutory order on biomass waste"):

- Both owners of biomass-fired energy plants and players in connection to this have the clear impression that the authorities in their interpretation and handling of "Statutory order on biomass waste", which controls the regulations for duty-free use of wood chips from garden/park waste, state a "zero tolerance" towards the content of plastic based on § 4. Biomass waste, which is not entered in the appendix to the statutory order, must be handled according to the regulations in the statutory order on waste and the Appendix 1 Waste of the statutory order which is covered by the statutory order.
For several potential customers of wood chips from garden/park waste, there is a definite need to change the "zero tolerance" to for instance a minimal content which with certainty can be achieved with a more specified combination of mechanical processes. For most of the stakeholders, the change is a precondition for entering specific new projects.
- Therefore, the project, the working group and other stakeholders with association to biomass-fired energy plants recommend the Danish Environmental Protection Agency to incorporate a trifle limit for the plastic content in wood chips from garden/park waste for biomass-fired energy plants – a trifle limit which relates to the efficiency of processing.
- In certain cases/areas, wood chips from garden/park waste can be impacted by higher levels of heavy metals. Danish District Heating Association has stated that the message to the Danish Environmental Protection Agency is that it must explicitly be decided that the plants are exempted from economically negative consequences if any, if the purchased wood chips from garden/park waste contain traces of waste, for instance plastic which is not included in the appendix of the statutory order. If this does not happen, the prospect that the wood chips-fired district heating/CPH plants will use wood chips from garden/park waste is very limited or almost non-existent.
- Danish waste energy plants are established with flue gas treatment which already now ensures an environmentally correct treatment of garden/park waste for energy utilisation and therefore, there is no need for a trifle limit for the plastic content in the garden/park waste.

Change of attitude of some plant owners:

- Involvement of owners of biomass-fired district heating and CPH plants in the work with the intension of creating an understanding and an acceptance of the fact that garden/park waste can be used without any negative effects on the operating and maintenance economy.
It is important to create a number of success stories as in the line of business, there is a widely held and in many cases badly documented negative attitude to use garden/park waste as additional fuel.
- It is not assessed that Danish waste energy plants have a negative attitude towards the use of garden/park waste for energy utilisation. The assessment of the plants is based on the total economic, energy and environmental effects.

Modifications of plants and change of attitude of the boiler producers:

- Producers of biomass-fired boiler plants and matching fuel handling equipment are to be involved in modifications of future plants to increase the robustness of the equipment regarding the inferior structure of the wood chips from the garden/park waste and the unavoidably higher ash content.
- Danish waste energy plants are already designed in such a way that they can receive garden/park waste assigned to energy utilisation without further plant modifications.

Implementation and experience gathering by use of the prepared suggestion to business-acknowledged fuel specification targeted biomass-fired DH/CHP plants:

- The suggestion of the project for a business-acknowledged fuel specification targeted biomass-fired energy plants is commented by the working group of the project and some of the members of the working group have recommended to apply the standard in plants which use wood chips from garden/park waste in their energy production. Only through specific feedback on experience with the standard, it will be possible to modify it to an accepted business-acknowledged standard.
- The structure of the wood chips from garden/park waste is a challenge. Feedback on modifications of the fuel specification ought to focus on one single method for determination of angle of repose of wood chips from garden/park waste and acceptable limit value for this.
- It is unnecessary to develop a standard which includes Danish waste-to-energy plants as Danish waste-energy-plants are designed in such a way that the plants can collect wood chips from garden/park waste which are assigned to energy utilisation without a separate need for further sorting, shredding and comprehensive analyses. The plants have often on their own developed requirements specifications for garden/park waste and must already document the processing of garden/park waste to the Danish Customs and Tax Administration.

Survey of amounts and financial conditions:

- The total amount of garden/park waste in Denmark is assessed to be 850,000 tons/year. To this, an amount of "in situ" fraction of 150,000 tons, not yet utilised, can be added so the total potential amount is 1 mill. tons/year. Of this, 100,000 tons are assessed to be suitable for district heating plants and CHP plants.
- The working group recommends that in continuation of this survey, an additional and more in-depth report on the specific conditions is prepared. These conditions are in evidence for energy utilisation of garden/park waste in Danish waste energy plants. The energy utilisation of garden/park waste in Denmark ought to take place according to a broad cost benefit assessment of where the most considerable effect regarding economy, energy, climate and environment is created, cf. the preconditions which apply at approvals of projects for heat supply etc.
- Analyses of data in the Energy Producer Count of the Danish Energy Agency and the Waste Data System (ADS) of the Danish Environmental Protection Agency show that the figures which are entered in the energy system as wood chips from garden/park waste are mixed with data on other wood fractions that have another origin than the one which the Danish Environmental Protection Agency assumes for registration in the Waste Data System (ADS). Prospectively, we recommend that the Danish Energy Agency and the Danish Environmental Protection Agency clarify these differences and adjust their registration systems so it will be possible to make the consumption of the wood chips from garden/park waste visible.
- The scenarios and the sensitivity analysis based on the business economic models of a wood chips fired district heating plant, a wood chips fired CHP plant and a waste energy plant show that from a simple view it is worthwhile utilising the wood chips from garden/park waste in wood chips fired district heating plants/CHP plants.
- A wood chips fired district heating plant of 12 MW_{heat} will be able to improve its profit by 17% (from 23.9 to 27.8 DKK/GJ/year) by fuelling with 50% wood chips from garden/park waste (35 DKK/GJ). At a low price of wood chips from garden/park waste at 10 DKK/GJ, the improvement will be 65% corresponding to a profit of 39.3 DKK/GJ/year. On the other hand, a high price of garden/park waste

(50 DKK/GJ) will make it uninteresting to fuel with wood chips from garden/park waste from an economic view.

- A wood chips fired CHP plant of 20 MW_{electricity} might improve its profit by 23% (from 18.3 to 22.6 DKK/GJ/year) by fuelling with 50% wood chips from garden/park waste (35 DKK/GJ). At a low price of wood chips from garden/park waste of 10 DKK/GJ, the improvement will be 86% corresponding to a profit of 34.1 DKK/GJ/year. On the other hand, a high price of garden/park waste (50 DKK/GJ) will make it uninteresting to fuel with wood chips from garden/park waste from an economic view.
- In principle, Danish waste energy plants are designed to be able to utilise the energy in all the garden/park waste which is characterised and assigned as garden/park waste applicable for energy utilisation.
- Waste energy plants are paid to receive waste for combustion but must pay for wood chips from garden/park waste. Therefore, in a simple consideration, the operating profits become smaller when firing with wood chips from garden/park waste. The economy in using garden/park waste for energy utilisation in waste energy plants is based on several conditions, partly on the possibilities of utilisation of a usually available capacity, partly on the local energy substitution conditions. Therefore, there might locally be far greater economic incentives to utilise garden/park waste in a waste energy plant.

The project has contributed to create a more clear and total overview of and knowledge about all directly involved and the stakeholders of garden/park waste as well as status of the use of garden/park waste for energy purposes at combustion.

The activities have been comprehensive in relation to communication, literature search, interviews, help for encirclement of companies with experience in the area etc. It has been inestimably and only via the large network of the project, it has been possible to collect, evaluate and describe all the detailed elements of the project. Included is a clarification of the above conclusions which form the basis of which important and necessary focus areas that are recommended to be implemented in preparation for the achievement of the government's aim to use 22% of the total amount of garden/park waste for energy purpose at combustion in 2018.

All the items which are pointed out in the conclusion are important for the further development of the consumption of wood chips from garden/park waste in thermal plants. These ought to be taken into consideration when the prospective plans and activities to accelerate a stable consumption are introduced. Among these, it is recommended to carry out one or more projects to follow up on the present recommendations and monitor the development with good experience and areas which require further efforts.

1. Indledning

1.1 Baggrund

Grene, stød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer har siden 1. februar 2010 været håndteret efter "Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om biomasseaffald" nr. 57 fra 2010, så energien i disse energirige men næringsfattige dele af have-/parkaffald fra husholdninger og erhverv kan udnyttes, uden at der skal svares energiafgift ved forbrænding. Bekendtgørelsesændringen kan betyde, at op til 1/3 af have-/parkaffaldet på sigt vil blive anvendt til energiproduktion som et CO₂-neutralt brændsel.

Denne udvikling ønskes fremmet. Regeringens ressourcestrategi "Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre" fra oktober 2013 har bl.a. som forventet den effekt af initiativerne i ressourcestrategien, at 25 % af have-/parkaffaldet energiudnyttes i 2018 mod 4 % i dag (2011). Dette er præciseret yderligere i Miljøstyrelsens "Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018", som udspecificerer den forventede effekt i 2018 med 22 % til forbrænding og 3 % af haveaffaldet til bioforgasning samt en fortsat øget energiudnyttelse af haveaffald i 2024. Der indgår konkrete initiativer i ressourceplanen for at støtte denne udvikling.

Nærværende projekt er en af konsekvenserne heraf, og projektet er formuleret som følger: "Der gennemføres et projekt for at støtte øget udsortering og kvalitet af biobrændsler, der er fremstillet af grene, stød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer med henblik på anvendelse i biomassefyrede energianlæg eller affaldsforbrændingsanlæg."

1.2 Formål

Projektets formål er at understøtte en øget udsortering og oparbejdning til brændselskvalitet af egnede fraktioner af have- og parkaffald i Danmark.

1.3 Afgrænsning

Haveaffald som begreb har været den udbredte anvendelse i Danmark, bl.a. i Regeringens ressourcestrategi, Miljøstyrelsens "Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018", Miljøstyrelsens Affaldsstatistik, Danmarks Statistik og i mange andre publikationer. Dette skyldes antageligt, at haveaffaldet udgør den største mængde og mest kendte fraktion i forhold til parkaffaldet. Imidlertid er det i planlægningsammenhæng og i mængdeopgørelser underforstået, at haveaffaldet inkluderer både haveaffald og parkaffald, hvilket i denne rapport betegnes have-/parkaffald (HPA).

En række kommuner har i deres vejledninger for affaldshåndtering også formuleret deres definition på, hvad HPA inkluderer. Følgende gives nogle eksempler herpå:

Roskilde Kommune: Have- og parkaffald er en ressource, der kan nyttiggøres.

Hvad er have- og parkaffald? Græs og blade, hækafklip, buske, grene og kviste, stammer op til 15 cm i diameter, rødder uden jord o. lign.

Morsø Kommune: Ved have- og parkaffald og haveaffaldslignende affald forstås f.eks.:

Blade, kviste, grene o. lign. affald, opstået i have, park, land- og skovbrugsdrift, naturplejeaktiviteter på egen eller forpagtet jord.

Herning Kommune: Haveaffald er den næringsfattige del af indsamlet have-/parkaffald, som skal udsorteres med henblik på energiudnyttelse ved forbrænding, og den bløde, næringsrige andel skal udsorteres med henblik på bioforgasning fra 2018. Således skal sammenlagt 25 % af haveaffaldet energiudnyttes fra 2018, Der må maksimalt deponeres 2 %.

Bornholms Regionskommune: Haveaffald defineres som afklip fra hække, buske og træer m.v.

REFA (Nykøbing Falster): Have-/parkaffald omfatter en lang række fraktioner, som træer, grene, blade, buske, blomster og ukrudt fra erhvervsvirksomheders haver, parker, kirkegårde og offentlige anlæg.

Vestforbrænding: Haveaffald (betegnes også som løv-affald) består af hækafklip, buske, kviste, græs, beskæring, planterester, nedfaldsfrugter m.m., som er neddelt. Renheden af haveaffald varierer i de forskellige indsamlingsordninger, og haveaffald fra genbrugsstationerne er erfaringsmæssigt det reneste.

Ovenstående eksempler giver et billede af, at der er forskel på, hvor detaljeret nogle udvalgte kommuner definerer have-/parkaffald. I rapporten anvendes forkortelsen HPA for have-/parkaffald, og HPA-flis for den vedrige forbrændingsegnete fraktion af HPA.



Figur 1: Illustration af HPA's forskellige fraktioner inden "høstning"

1.4 Metode

Projektet er et udredningsprojekt, som undersøger en række problemstillinger (se projektets delopgaver under afsnit 1.5 Projektgennemførelse), der står i vejen for mere udbredt anvendelse af HPA.

Formålet med projektet er at indsamle viden og erfaringer på alle faglige områder af betydning for anvendelsen af HPA-flis. Der er gennemført et meget betydeligt antal henvendelser til interessenter på alle faglige områder med henblik på at højne forståelsen af, hvad den aktuelle situation er for alle parametre af betydning for at øge forbruget på alle typer biomassefyrede kedelanlæg.

På baggrund af undersøgelsen opstilles en række anbefalinger, som formidles dels gennem denne rapport, dels til aktørerne i branchen gennem en artikel og til projektets følgegruppe.

1.5 Projektgennemførelse

Projektet er opdelt i fire aktiviteter, som i betydelig grad omfatter informationssøgning, interviews med et udvalg af alle branchens interessenter samt FORCE Technologys egne erfaringer på området. Aktiviteterne inkluderer en række delopgaver og har følgende overskrifter:

1. Erfaringsopsamling
 - 1.1. Interviews med aktører inden for HPA
 - 1.2. Interviews med ejere af energianlæg og kedelproducenter
 - 1.3. Samspil mellem brændselsproducent og energianlæg
2. Udvikling af en brancheanerkendt standard rettet mod biomassefyrede fjernvarme/kraftvarmeanlæg
3. Vurdering af mængder, masse- og energibalancer samt økonomiforhold
4. Inddragelse af interessenter, formidling og projektledelse

Rapporten omfatter aktiviteterne 1 -3.

Under punkt 4 er etableret en følgegruppe med deltagelse af følgende interessenter:

- Miljøstyrelsen (formand) – Linda Bagge
- Energistyrelsen – Lars Martin Jensen
- DI Bioenergi – Michael Persson
- DAKOFA – Morten Carlsbæk
- Dansk Affaldsforening – Allan Kjersgaard
- Kommunernes Landsforening - Anders Christiansen
- Dansk Fjernvarme – Kenny Lundtofte
- Aktører/producenter af HPA, repræsenteret af 2 virksomheder:
 - Komtek - Hans Peter Fyhn
 - Natur-Biomasse – Michael Birch
- Projektudførende FORCE Technology
 - Erik B. Winther/Morten Tony Hansen

2. Erfaringsopsamling

Denne opgave består af to dele:

Den første del omhandler dialog med ledende danske aktører, som fysisk håndterer det indsamlede HPA for kommunerne og erhverv med henblik på at udsortere de vedagtige dele til afsætning til energiudnyttelse ved forbrænding. Bearbejdningen skal sikre, at biobrændslet, hvis det skal brændes på biomassefyrede fjernvarme/kraftvarmewærker, er så rent, at det kan anvendes i overensstemmelse med "Bekendtgørelse om biomasseaffald" og dermed har et lave afgiftsniveau. Her beskrives vejledende eksempler på konkrete produktionsforhold for for-sortering, neddeling og sortering.

Årstidsvariation i det indsamlede haveaffald forventes også at have betydning for håndteringen og kvaliteten som brændsel. Dette element indgår i kapitel 4.1.6 "Vurdering af kvalitet".

Den anden del vedrører dialog med energianlæg og producenter af kedler, der kan eller har erfaring med at håndtere HPA-flis. Delopgaven indledes med en opstilling af kandidater til interviews dvs. anlæg, som allerede bruger HPA-flis som brændsel og udvalgte anlæg, som kunne tænkes at anvende det fremover. Anlæggene vil dels være træfyrede anlæg og dels dedikerede affaldsenergianlæg. Herefter gennemføres interviews med flere driftsansvarlige for anlæggene og anlægslieferandører for at afdække praktiske erfaringer med HPA-flis som brændsel og specifikation af krav til "det ideelle brændsel fremstillet af HPA".



Figur 2: Udgangsmateriale til fremstilling af HPA-flis (foto fra Natur-biomasse)

2.1 Dialog med brancheaktører (oparbejdning og energiudnyttelse)

Danske affaldsenergianlæg er designet på en sådan måde, at anlæggene kan aftage HPA, der anvendes til energiudnyttelse, uden der er særskilt behov for yderligere neddeling og sortering.

Det er dog nødvendigt at oparbejde HPA, hvis biomassefyrede energianlæg skal kunne udnytte den.

Dette kapitel handler derfor om oparbejdningsprocesser målrettet fremstilling af brændsler til biomassefyrede energianlæg.

I Danmark afleveres HPA på kommunale genbrugspladser, private pladser og pladser for erhvervsaffald. Her foretages sortering og bearbejdning enten på pladsen, eller mængderne transporteres til pladser, hvor sortering og bearbejdning foregår under bedre arbejds- og miljø-mæssige forhold med henblik på at udsortere de vedagtige dele til afsætning til energiudnyttelse ved forbrænding.

Nogle kommuner foretager selv oparbejdningen, men hovedparten af den samlede mængde bliver håndteret af private aktører inden for transport, oparbejdning og salg af HPA.

Antallet af danske aktører kendes ikke præcist, men et tal på omkring 25 - 30 vurderes som sandsynligt, hvilket underbygges af ARC's erfaringer¹. Projektet tager i sin søgning af oplysninger udgangspunkt i en bruttoliste på 8 virksomheder, hvoraf 4 af disse har bidraget betydeligt med erfaringer og metodebeskrivelser.

I denne beskrivelse lægges der vægt på vejledende eksempler på konkrete produktionsforhold af forsortering, neddeling og sortering, hvis primære formål er at reducere mængden af ikke brændbare fraktioner, forbedre struktur og indsnævre partikelstørrelsesfordelingen.

I Danmark forfølges to spor til behandling af HPA med henblik på energiudnyttelse i biomassefyrede anlæg:

1. Grovneddeling (langsomtgående neddelere) af den samlede mængde HPA-fraktion med efterfølgende kompostering. Efter komposteringsprocessen udsorteres den tilbageværende vedfraktion. Processen medfører et reduceret udbytte af HPA-flis (5-10 %) og tab af brændværdi. Indholdet af ikke-brændbare komponenter ("askeindholdet") er 4-7 %. Kvaliteten kan forbedres yderligere ved endnu en neddeling og sortering med vindsigte. Herved opnås et askeindhold på 2-4 %, som kan opfylde mange fjern-/kraftvarmeværkers krav til askeindhold.
2. Den samlede mængde HPA ligger i 2-3 uger og tørrer. Dernæst grovneddeles den i en langsomtgående neddelere med efterfølgende sigteproces i et trin. Yderligere lagring i mere end 2 måneder giver mere tørring og bedre håndteringsegenskaber, hvorefter HPA-flisen neddeles til <80 mm og sorteres for fremmedlegemer. Askeindholdet er under 5 %. Ved en yderligere sigtning opnås en lavere askeindhold (2-4 %), som kan opfylde mange biomassefyrede fjern-/kraftvarmeværkers krav til askeindhold.

Når opgaven er at maksimere mængden af HPA-flis til energianvendelser, er metode #2 det rigtige valg. Aktørerne har dog andre maskintekniske løsninger til at forbedre kvaliteten. HPA-flisens struktur og "askeindhold" kan forbedres ved at benytte en eller flere af de nedenfor beskrevne metoder, som giver mulighed for at producere en kvalitet, der er acceptabel for de fleste fjernvarmeværker og ristefyrede kraftvarmeværker.

Udvinding af en HPA-flis fraktion efter komposteringsprocessen giver den nævnte udbyttømæssige reduktion, lavere brændværdi og højere specifik pris (på brændværdi). Miljøperspektivet behandles ikke i denne opgave, men under arbejdet med opgaven er det blevet klart, at de miljømæssige konsekvenser af komposteringsprocessen ikke kan negligeres. I flere projekter er der målt emissioner af følgende gasser CH₄, N₂O, NH₃ and CO. I et Ph.d. projekt fra DTU, Miljø² er den overordnede konklusion præsenteret jf. Tabel 1. Metan (CH₄) er en drivhusgas med drivhuseffekt ca. 20 gange større end CO₂.

¹ Personlig kommunikation med ARC

² Boldrin A., Ph.D. projekt, 2009

Gas emission values for the Århus composting plant (Andersen et al., III).

Substance	Unit	Århus
Methane (CH ₄)	% of degraded C	2.1
Nitrous oxide (N ₂ O)	% of total N	1.2
Carbon monoxide (CO)	% of degraded C	0.3

Tabel 1: Procentuel omdannelse af grundstoffer ved kompostering (Ref. DTU, Miljø)

For en mellemstor komposteringsplads er der altså en emission på flere hundrede tons CH₄ pr. år. Fremadrettet må det anbefales at undersøge de samlede miljømæssige fordele ved at nå de forbrugsmål for HPA-flis til energiformål, som belyses i nærværende projekt.

Følgende eksempler på praktiske processer/løsninger kan enten anvendes alene eller i kombination med de to ovenstående hovedspor til behandling af HPA.

- i. Vask af det grovneddelte HPA i to trin. Metoden medfører omfattende håndtering, er pladskrævende og giver udfordringer med store mængder vaskevand. Vask og efterfølgende flishugning giver et pristillæg på ca. 150 kr./t. HPA-flismængden reduceres betydeligt. Askeindholdet reduceres til 1-3 %. Mange aktører vurderer denne rute som uinteressant, og den benyttes kun i begrænset omfang.
- ii. Kildesortering på modtagerpladsen. Nogle kommuner praktiserer dette, men det fordrer en del ekstra plads og kan derfor ikke bruge som en generel metode. "Kunderne" skal lære at aflevere vedagtigt HPA og "resten" i hver sin bunke, således at der ikke sker en sammenblanding af de to kvaliteter pga. "kundernes" forskellige viden og vilje til at foretage en korrekt opdeling. Alternativt frasorteres vedfraktionen det øvrige HPA mekanisk med en kran. Det frasorterede ved lægges til side, alternativt direkte i flishuggeren. Flisen kan efterfølgende sorteres på et forholdsvist fint sold for at fjerne smuld, sand/jord/-sten. Herved opnås et askeindhold på 2-3 %.
- iii. Modtagerpladser bør have et fast underlag (beton, asfalt o.a.) for at undgå uønskede, høje mængder jord/sten/sand i HPA. Løsningen forudsætter dog, at det faste dæk har god afledning og opsamling af perkolat.

2.1.1 Maskintekniske metoder til oparbejdning af HPA til HPA-flis

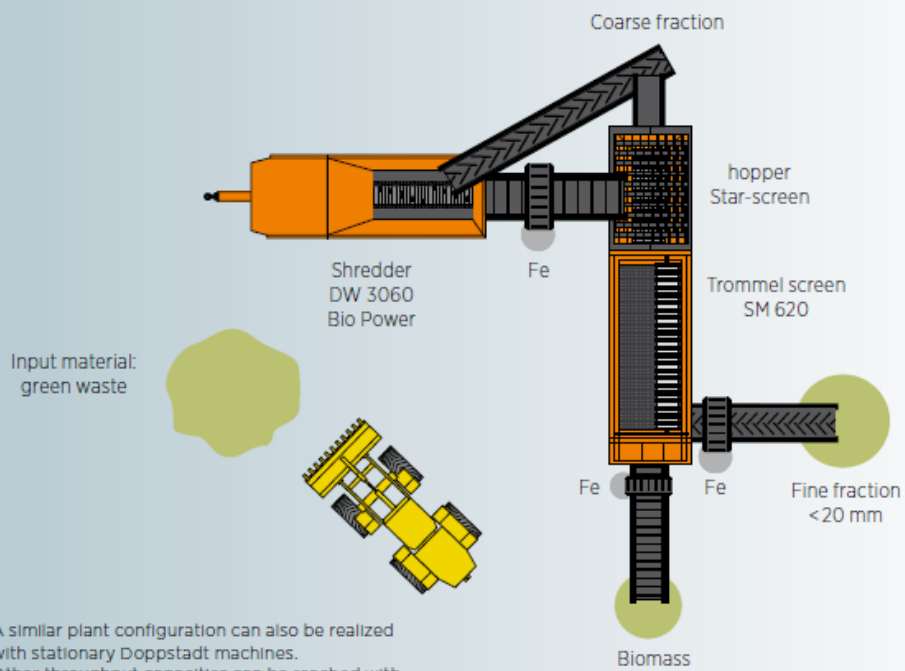
De maskintekniske løsninger til at håndtere, transportere, neddele og sortere/sigte er veludviklede. Generelt er der tale om store, robuste og meget kraftfulde maskiner med kapaciteter op til ca. 40 - 50 tons/time og med motorstørrelser op til ca. 450 kW.

Løsningerne repræsenterer mange års udvikling og er baseret på et omfattende erfaringsgrundlag.

Der markedsføres både maskintekniske løsninger til mobilt brug og til stationære anlæg. I Danmark anvendes begge løsninger.

I det følgende gives et overblik over de typiske løsninger og sammenkobling af processer. Materialet er venligst stillet til rådighed af den danske sælger af maskinerne og gengives i sin engelske version.

Input material: biomass
Throughput: >20t/h
Output grain size: <60mm (2.4")
Utilization output: thermal utilization,
recycling (fine fraction)



A similar plant configuration can also be realized with stationary Doppstadt machines. Other throughput capacities can be reached with different Doppstadt machine combinations. The throughput capacity is also depending on the material and possibilities of feeding.

Figur 3: Principdiagram for Maskinteknisk løsning til håndtering og fremstilling af HPA-flis (eksempel fra leverandør)

MOBILE DOPPSTADT MACHINES

PLANT EXAMPLE*

Throughput: >20 t/h

Output: 20-100mm (0.8-4")

DW 3060

The roller length of the DW 3060 is 3m (9'10"). The roller rotates at 31 rpm. 21 roller teeth and 22 comb teeth shred the material.

Applications: Shredding of waste wood, roots, green waste, organic waste, garbage, bulky and industrial waste, mixed construction waste.



SM 620

The SM 620 has a drum with 2m (6'7") diameter and 6m (19'8") length. Different mesh sizes from 10-100mm (0.4-4") are available.

Applications: Screening of soil, compost, bark mulch, waste wood, residual waste, mixed construction waste, light building rubble ...



Figur 4: mobil Maskinteknisk løsning til neddeling (langsomtgående) og rensning af HPA-flis (eksempel fra leverandør)

Maskiner til neddeling er hovedsaglig langsomtgående ved den første neddeling. Efter denne proces og en sigtning (ovenstående figurer) er indholdet af fremmedlegemer så lavt, at både hurtigtgående og langsomtgående neddelere kan anvendes til yderligere reduktion af partikelstørrelsen.

Processen giver dog for de hurtigtgående neddelere et meget stort slid på de skærende dele, som skal slibes ofte (typisk hver eller hver anden time!). Mange aktører anvender derfor langsomtgående maskiner, hvis ulempe er, at struktur og partikelstørrelsesfordeling bliver uensartet og derfor giver HPA-flisen håndteringsmæssige og forbrændingstekniske ringere egenskaber.

Aktørerne anvender både tromlesigter, stjernesigter og vindsigter til at fraseparere fremmedlegemer, små partikelstørrelser, der er uegnet som brændsel, og overstørrelse HPA-flis, der neddeles yderligere til brug på fjern-/kraftvarmeværker. Ved at justere soldstørrelsen er det muligt at opnå den ønskede kvalitet. Enkelte aktører anvender kombinationer, hvorved det bl.a. er muligt at udskille stort set alt plast.



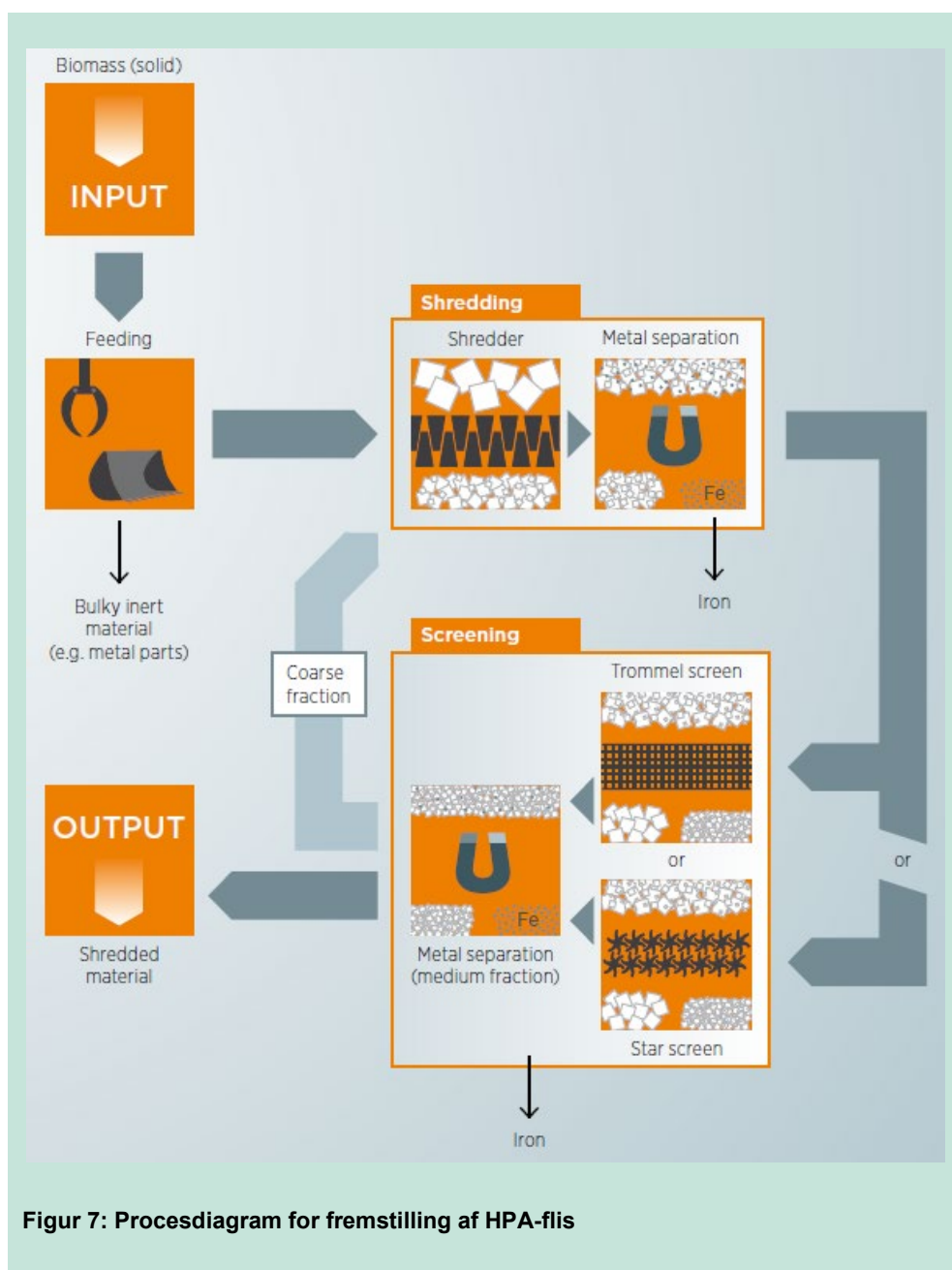
Figur 5: Langsomtgående neddeler
(foto fra bakkegaarden)



Figur 6: HPA-flis efter første neddeling
(foto fra bakkegaarden)

Figur 6 viser tydeligt den uensartede partikelstørrelsesfordeling og giver også et udmærket indtryk af en struktur, der påvirker håndtering og skridegenskaber negativt. Denne kvalitet vil

kun kunne anvendes på affaldsenergianlæg. Kræver yderligere neddeling og homogenisering til brug på fjern- og kraftvarmeværker.



Figur 7: Procesdiagram for fremstilling af HPA-flis

Figur 7 viser princippet for det samlede procesdiagram til fremstilling af en kvalitet, som også vil kunne anvendes af fjern-/kraftvarmeværker. I praksis vil den viste tilbageføring af den grove fraktion blive erstattet af en neddeler i serie hermed. Som tidligere beskrevet vil aktørerne ofte vælge at lade fraktionen fra første trin ligge i flere uger. Den naturlige tørring medfører en mere effektiv udskillelse af fremmedlegemer og "askekomponenter" (jord, sand, ler og småsten).

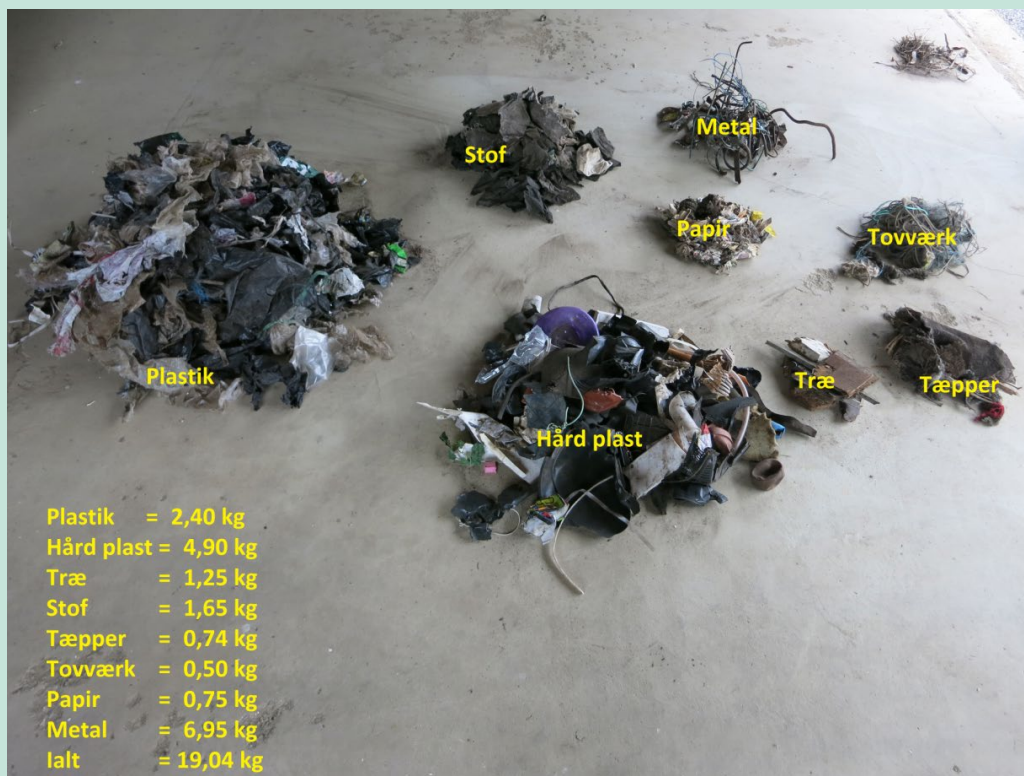


2.1.2 Erfaringer med urenheder

I løbet af projektperioden gennemførte en af de danske aktører og medlem af projektets følge-gruppe, Natur-Biomasse, et praktisk forsøg i fuldskala til undersøgelse af, hvor store mængder fremmedlegemer og typerne heraf der kunne findes i et lastvognslæs på omkring 22 tons HPA-flis. Kvaliteten af dette læs HPA-flis, der var hugget til træflis og sorteret to gange, svarende til en kvalitet, som et fjern-/kraftvarmeanlæg ville kunne anvende.

Hele læsset blev håndsorteret 3 gange for at være sikker på, at alt blev fundet. Resultatet var en skønnet vægt af sten på ca. 300 kg svarende til ca. 1,4 %. Hertil skal naturligvis lægge en ikke målt mængde af "aske" i form af jord, sand, ler og sten i grus størrelse.

De øvrige bestanddele blev kategoriseret og vejjet. Resultatet fremgår af Figur 9 nedenfor. Mængderne er reelt meget små og vil bortset fra metaldelene blive omsat i energianlæggene uden driftsmæssige problemer eller målbare uønskede emissioner.



Figur 9: Typer og mængder af fremmedlegemer i et læs HPA-flis på ca. 22 tons

Indholdet af plast er et kardinalpunkt, og den eksisterende "nul-tolerance" for indholdet af plast i en leverance er en stopklods for en række energiselskabers indstilling til at inkludere HPA-flis som en del af deres brændselsforsyning.

Det er væsentligt at erkende, at det vil være umuligt at nedbringe indholdet af plast til "nul". I nærværende eksempel svarede indholdet af plast på 7,3 kg til ca. 0,35 ‰ af læssets vægt.

Med hjælp fra Masnedø Kraftvarmeværk blev plastsnorene i en Hesston halmballe målt og sat i forhold til halmballens vægt. Resultatet viser, at plasten udgør ca. 0,85 ‰ af halmballens vægt eller ca. 2,4 gange mere end i plast i HPA-flis i det viste eksempel.

Ved anvendelse af halm på energianlæg er der ifølge Biomassebekendtgørelsen en accept af, at disse plastsnore bliver forbrændt sammen med halmen.

De praktiske erfaringer hos aktørerne er, at den del af plastindholdet, der udgøres af PVC, er uendeligt lille, uden at de kan kvantificere dette.

En delkonklusion i projektet er derfor, at projektet, følgegruppen og øvrige interessenter, som er kontaktet, anbefaler Miljøstyrelsen at indarbejde en petitesegrænse for plastindholdet i HPA-flis. Da det ikke er praktisk muligt at måle det konkrete indhold, er et forslag til at begrænse mængden ved at specificere metoderne til neddeling og ikke mindst sortering/sigtning.

2.2 Erfaringer med HPA-flis på energianlæg

Inden projektets start eksisterede der en viden om, at et mindre antal fjernvarmeværker havde forsøgt at anvende HPA-flis i mindre andele som substitution af deres normale brændsel – skovflis.

FORCE Technology havde i anden sammenhæng haft kontakt med nogle få fjernvarmeværker omkring erfaringer med HPA-flis. Dansk Fjernvarmes (DF) erfa-gruppe, Flis- og brændselspillegruppen, har haft HPA-flis oppe som et tema på et par møder. Projektet har indledningsvist støttet sig til disse begrænsede erfaringer og har efterfølgende identificeret et større antal fjern- og kraftvarmeværker, som har prøvefyret eller anvendt HPA-flis i en periode. Nogle enkelte oplyser, at de stadig anvender HPA-flis i begrænsede mængder.

Igennem de seneste 3-4 år har flere affaldsenergianlæg anvendt HPA-flis i betydelige mængder, og disse erfaringer er naturligvis væsentlige at inddrage i det samlede beslutningsgrundlag. Danske affaldsenergianlæg er allerede designet på en sådan måde, at de uden yderligere anlægsmodifikationer kan modtage HPA, der anvises til energiudnyttelse. Energianlæggene har røggasrensningsanlæg, der allerede nu sikrer en miljømæssig korrekt behandling af HPA.

Metoden til identifikation af, hvilke værker der har erfaringer med anvendelse af HPA-flis, er sket via en dialog med følgende interessenter:

- DF's Flis- og brændselspillegruppe
- En række aktører indenfor HPA
- Enkelte affaldsenergianlæg
- Kedelproducenter
- Interesseorganisationer
- Brancheforeninger

Formålet med at gennemføre interviews med ejere og driftspersonale på de udvalgte energianlæg var at identificere gode erfaringer og udfordringer med HPA-flis som brændsel. Denne viden skulle danne grundlag for at finde barrierer for, at anlæggene kan anvende HPA-flis.

Dialogen med anlæggene skulle også bidrage med input til en kravspecifikation til "det ideelle brændsel fremstillet af HPA" til biomassefyrede fjern-/kraftvarmeværker, som projektets forslag til en brændselsstandard anvender som en del af forudsætningerne.

Indledningsvist udarbejdede projektet en bruttoliste bestående af 20 værker, heraf 3 affaldsanlæg. Af disse blev 8 fjernvarmeanlæg, 2 kraftvarmeværker og 2 affaldsfyrede anlæg udvalgt/inviteret til at indgå i interviewdelen.

Til brug for disse interviews udarbejdedes et hjælpeskema, som indgår som Bilag 1:. Hjælpe-skemaet blev udarbejdet i forventning om, at en række producenter af træflis-fyrede kedler og anlægsejere ville være indstillet på at bruge tid til at hjælpe med de forholdsvis detaljerede spørgsmål.

Erfaringerne viste hurtigt, at ambitionsniveauet ikke kunne opfyldes hos hverken anlæggene eller kedelproducenterne. Årsagerne hertil var for anlægsejerne, at erfaringsgrundlaget var til stede, men ikke så detaljeret som ønsket. Kedelproducenterne havde kun i begrænset omfang erfaringer med håndtering, indfødning og fyring med HPA-flis. Nogle havde dog været involveret i forsøgsaktiviteter og korterevarende driftsperioder på få anlæg. For begge grupper var tidsforbruget en begrænsning, som projektet naturligvis måtte respektere og justere ambitionsniveauet i forhold til.

Opgaven udviklede sig derfor til at have fokus på de væsentligste erfaringer og oplysninger, som kunne bidrage til en forståelse for, hvor begrænsningerne ligger for eksisterende teknologi.

I dialogen blev der spurgt ind til, på hvilke områder respondenterne vurderede, der var behov for modifikation af de tekniske løsninger, som konsekvens af de konstaterede udfordringer.

Disse tilbagemeldinger er sammenfattet i det følgende:

2.2.1 Erfaringer fra biomassefyrede fjern- og kraftvarmeanlæg

Igennem de seneste 6-8 år har adskillige anlæg gjort deres erfaringer med anvendelsen af HPA-flis. Aktiviteterne strækker sig fra kortvarige forsøg til anvendelse over flere sæsoner. Fælles for alle anlæg er, at HPA-flis er anvendt i en blanding med det normale brændsel og kun i begrænset procentuel andel op til omkring 10-15 %.

Siden de første år og frem til i dag har aktørerne forbedret deres produktionsprocesser og kan i dag levere en kvalitet, som er bedre end den, som mange af de tidligere års mindre positive erfaringer er baseret på. De anlæg, der anvender HPA-flis i dag, er dog stadig af den opfattelse, at kvaliteten skal forbedres på flere områder, før en mere udbredt anvendelse i denne type anlæg bliver en realitet.

I det følgende beskrives de punkter, som dialogen med anlæggene har identificeret som udfordringer og barrierer.

- Mange biomassefyrede fjern-/kraftvarmeværker har forsøgt med HPA-flis. Nogle få anvender en delmængde i dag. Typiske årlige mængder: 500 – 1000 tons svarende til max. 10 – 15 %.
- Generelt: Kvaliteten er svingende og giver en dårlig forbrænding, som er vanskelig at styre.
- Største barriere er mængden og typen af urenheder/fremmedlegemer. Jord/sand/ler lægger sig på risten og danner slagge, hvilket giver risiko for driftsstop og efterfølgende rensning.
- Det større askeindhold medfører forøget slitage på transportsystem, indfødere og askeudmadere. Herudover skal anlægget kunne håndtere den større askemængde, som også giver større driftsomkostninger.
- HPA-flis har en betydelig uensartet fordeling af partikelstørrelser (lange partikler/trævler og "småt"), som giver udfordringer med brodannelse, uensartet dosering, problemer med ristegennemfald mm.
- Substitution af skovflis med HPA-flis giver en række udfordringer. Anlæggets styrings-/regulerings-/overvågningsystem (SRO) skal omstilles af flere årsager:
 - Lavere massefylde
 - Blandingsforhold mellem HPA-flis og hovedbrændslet mhp. at opnå den ønskede indfyrede effekt
 - Uensartede partikelstørrelser stiller større krav til fleksibilitet og hurtighed i SRO.
- Disse udfordringer forstærkes af, at HPA-flis ikke leveres i en jævn mængde igennem året.
- De seneste par års arbejde med kvalitetsforbedringer betyder, at mange af anlæggene er interesseret i at anvende HPA-flis under forudsætning af, at aktørerne kan levere ensartet kvalitet, som de karakteriserer som <2 - 3 % "aske" og "nul" plast.
- Anlæggene har stor fokus på, at økonomien måske ikke står mål med besværet. Kvalitetsforbedringer og levering af en mere ensartet kvalitet forventes at medføre en mere positiv holdning hos anlægsejerne.
- Under kommunikationen med anlæggene blev der også fokuseret på at indkredse rammerne for kravspecifikation til HPA-flis. Mange bidrog, og disse input er anvendt til udvikling af projektets forslag til en praktisk anvendelig brændselsspecifikation til branchens interessenter.

Belastning med tungmetaller

Anvendelse af HPA-flis fra visse områder med høj trafikal/industriel belastning bliver eksponeret for emitterede tungmetaller. Disse uønskede stoffer ender som nedfald på buske og træer og vil derfor potentielt kunne overskride grænseværdier for de udledte strømme fra fjern-/kraftvarmeværker, der anvender store andele af HPA-flis fra sådanne områder.

Dansk Fjernvarme (DF) har derfor tilkendegivet, at fjernvarmeværkerne IKKE skal kunne belastes med miljømæssige problemer/udgifter som følge af at anvende HPA-flis, som i visse tilfælde kan være belastet af højere niveauer af tungmetaller.

Dansk Fjernvarme (DF) har fremført, at budskabet til Miljøstyrelsen er, at det eksplicit skal fastlægges, at anlæggene friholdes evt. økonomisk negative konsekvenser. Hvis dette ikke sker, er udsigten til, at de flisfyrede fjern-/kraftvarmeværker vil anvende HPA-flis yderst begrænset eller nærmest ikke eksisterende.

Som tidligere anført er danske affaldsenergianlæg etableret med røggasrensning, der allerede nu sikrer en miljømæssig korrekt behandling af HPA til energiudnyttelse.

2.2.2 Erfaringer fra affaldsenergianlæg

Affaldsenergianlæggene er konstrueret til at kunne håndtere og forbrænde de fleste typer brændbare affaldsfraktioner og er derfor robuste og tolerante over for meget store variationer i emne- og partikelstørrelser, sammensætning og typer og mængder af fremmedlegemer. I sammenligning med anlæggenes normale brændselssammensætning er HPA-flis et godt brændsel, selv i den grove kvalitet.

Affaldsenergianlæggene har igennem de senere år anvendt betydelige mængder HPA-flis og gør det fortsat. Eksempelvis har ARC (Amager Ressource Center) og Vestforbrænding anvendt store mængder HPA flis igennem flere år, hvor deres samlede forbrug i 2014 var ca. 180.000 tons og i 2015 ca. 118.000 tons. Derigennem har værkerne opbygget solide erfaringer, som peger på, at affaldsenergianlæggene uden yderligere anlægsmodifikationer kan modtage al HPA, der anvises til energiudnyttelse. Det skal dog bemærkes, at ikke hele denne mængde for ARC's vedkommende har samme oprindelse, som den fraktion Miljøstyrelsen definerer som HPA og indsamler statistiske data for i deres Affaldsdatasystem.

- HPA-projektets delopgave vedr. formulering af en praktisk anvendelig branchestandard for HPA er ikke relevant for affaldsenergianlæg. Anlæg som fx ARC har selv udviklet kravspecifikationer for HPA og skal i forvejen dokumentere forbehandlingen af HPA over for SKAT.
- ARC udfører visuel kontrol på de pladser, som leverer HPA-flis, og opstiller i dialog med leverandørerne kriterier for produktionen. Ved modtagelsen på ARC er der visuel kontrol af det enkelte læs bl.a. vha. kameraer. ARC har udviklet kriterier for accept/afvisning af HPA baseret på den visuelle kontrol.

2.2.3 Erfaringer fra kedelproducenter

Kedelproducenternes input er medtaget for at skabe et overblik over deres erfaringer med HPA-flis som brændsel. Herudover er der i dialogen spurgt ind til deres vurdering af behovet for modifikationer og videre udvikling af kedelsystemet med henblik på at gøre det mere robust og stabilt, når der anvendes HPA-flis som tilsatsbrændsel.

Der er foretaget interviews med 5 producenter af både vand- og dampkedler. I projektperioden havde disse producenter særdeles travlt, og på trods af deres positive indstilling til at hjælpe med oplysninger og gode idéer blev udbyttet meget begrænset. Hovedindtrykket er dog, at procenterne har meget enslydende erfaringer og vurderinger med energianlæggenes driftsorganisation.

Kedelproducenterne giver forventeligt ikke helt de samme vurderinger af udfordringer og behovet for tekniske modifikationer. Dette, vurderer projektet, skyldes deres forskellige erfaringsgrundlag (typen og omfang) og ikke mindst deres individuelle valg af tekniske løsninger for alle komponenter, der er eksponeret af HPA-flis i kold og varm tilstand.

Følgende gennemgående vurderinger skal fremhæves:

- Hovedparten nævner gode muligheder for at etablere modifikationer, som vil gøre transportsystemer og forbrændingssystemet mere robust over for HPA-flisens mere uensartede sammensætning.
Denne omkostning er ikke kvantificeret, men det er projektets vurdering, at disse modifikationer i al væsentlighed vil blive implementeret ved opførelse af nye anlæg.
- Udviklingen af nye løsninger startes først, når markedet for HPA-flis vokser med baggrund i aktørernes muligheder/evne for at levere en stabil kvalitet i henhold til aftalte specifikationer og mængder over året.

2.3 Økonomimodel til beregning af brændselspris

I oplægget til projektet var der et ønske om at kunne opbygge en økonomimodel til beregning af brændselspriser baseret på omkostninger i de forskellige trin i oparbejdnings/forbehandlings-processerne. Kortlægningen har imidlertid ikke givet data af en detaljeringsgrad, som kan understøtte opbygningen af sådan en model.

Der kan kun gives generelle betragtninger om forholdet mellem udbud og efterspørgsel. Den for tiden største påvirkning af efterspørgslen er affaldsenergianlæggenes bestræbelser på at udfylde hele deres forbrændingskapacitet, som i disse år ikke er udnyttet og derfor øger deres forbrug af HPA-flis.

Vi har indikative oplysninger fra både aktører og affaldssektoren, som peger på, at priserne kan falde 5 – 10 kr./GJ som følge af en mindre efterspørgsel.

Biomassefyrede fjern- og kraftvarmeanlæg ser prisen i forhold til den, de betaler for skov-/træflis. De forventer en pris på HPA-flis, der er noget lavere end deres normale brændsel, for at kompensere for de ekstra omkostninger, de uvilkårligt vil få på grund af HPA-flisens dårligere kvalitet. Dette gælder som tidligere nævnt både øgede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger og marginalt lavere indtjening (lavere virkningsgrad).

3. Udvikling af en branche- kendt standard til biomassefyrede anlæg

3.1 Forslag til brændselsspecifikation rettet mod biomassefyrede energianlæg

Forslag til brændselsspecifikationer og –klasser for flis fremstillet af HPA (HPA-flis)

Forslaget til brændselsspecifikationer og –klasser for flis fremstillet af HPA (HPA-flis) er ikke relevant for affaldsenergianlæg, idet disse anlæg som følge af deres indfødningssystemer, røggasrensning, etc. har langt flere muligheder for at håndtere fremmedlegemer og urenheder samt større emner af have-parkaffald, der ikke forudsætter neddeling.

HPA-flis er et meget heterogent materiale. Det skyldes indholdet af mange forskellige typer fremmedlegemer og urenheder samt store forskelle i partikelstørrelse hidrørende fra de metoder, der normalt anvendes til neddeling af HPA.

HPA-flisens struktur og partikelstørrelsesfordeling er meget forskellig fra skovflis og især træflis. Strukturen har stor indflydelse på skridegenskaberne og volumenbaseret brændværdi. Begge disse forhold kan give anledning til driftsproblemer, hvilket er fokusområder i den videre udvikling af en branchestandard.

For faste biobrændsler er der implementeret en lang række europæiske og internationale standarder, som er grundlag og inspiration til nærværende udkast til en branchestandard.

Kontakter med både aktører, energianlæggene driftsansvarlige og kedelproducenter har bekræftet behovet for at udvikle et sæt specifikationskrav i form af en branchestandard, hvormed branchen kan få et fælles værktøj til at sikre leverancen af en kvalitet af HPA-flis, der kan omsættes i de pågældende kunders biomassekedler.

FORCE Technology har foretaget en opdeling af HPA-flis i tre kvalitetsklasser, som er valgt på baggrund af de foreløbige tilbagemeldinger fra branchen.

Udkastet til brændselsspecifikationer danner baggrund for en diskussion med de berørte aktører i branchen, dvs. de der håndterer/leverer HPA-flis, og de som anvender/forbrænder denne type brændsel. Opdelingen og specifikationerne skal ses som et første oplæg til branchen, til diskussion for en fastlæggelse af den bedst mulige opdeling og de mest anvendelige specifikationer.

Resultatet af dette arbejde og en forhåbentlig begyndende implementering heraf forventes at give branchen mulighed for at indhøste værdifulde erfaringer med den praktiske anvendelse af nærværende udkast til branchestandard for HPA-flis. Det er håbet, at branchen vil benytte og komme med input til udkastet til branchestandard for herved at forbedre og tilrette indholdet til

en endelig og praktisk brugbar branchestandard. Jo flere der anvender udkastet og kommer med input desto bedre, og dermed også mere anerkendt vil den endelige branchestandard for specificering af HPA-flis til energiformål blive. Der kan trækkes en parallel til Videnblad 160 fra Videncenter for Halm- og Flisfyring omkring specificering af størrelsesfordeling af flis, som i mange år har været anvendt af værker i hele landet til specificering af størrelsesfordelingen af træflis. Videnblad 160 ses stadig anvendt, selvom metoden er blevet afvist som europæisk standard og dermed har meget begrænset anvendelse pga. den specielle sigtemaskine, der kræves til bestemmelsen.

Nærværende kapitel 3 "Udvikling af en branche-ankendt standard" er udarbejdet i en form, der gør det muligt at arbejde med indholdet som et selvstændigt dokument.

1. Introduktion

Denne nationale branchestandard for kvalitet af flis fremstillet af have-/parkaffald er udarbejdet i Miljøstyrelsens projekt Have-/parkaffald til energiudnyttelse ved forbrænding. Branchestandarden er baseret på den danske, europæiske og internationale standard DS/EN ISO 17225-4:2014 Fast biobrændsel – Brændselsspecifikationer og –klasser – Del 4: Kvalitetsklassificeret træflis, idet denne er tilpasset flis fremstillet af have- og parkaffald og tilpasset de danske forhold på området via input fra branchen.

Formålet med en national branchestandard er at tilvejebringe et entydigt princip for specificering af kvalitet af flis fremstillet af have-/parkaffald (HPA-flis) til energiudnyttelse, da denne flis-type kan være særligt udfordrende for anlæggene. Det overordnede formål med standarder for brændselsspecifikationer er at tilvejebringe klare retningslinjer til brug mellem producent og bruger, energianlægger og anlægsproducent.

2. Omfang

Den nationale branchestandard for kvalitet af HPA-flis til energiformål omfatter flis fremstillet af grene, træstød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer. Omfattet er således for eksempel:

- Have-/parkaffald, centralt/kildesorteret (udsortering af grene) og soldet efter flisning, for fjernelse af smuld, sand og jord
- Have-/parkaffald, evt. delvist komposteret, soldet for fjernelse af smuld, sand og jord og fliset
- Have-/parkaffald, evt. delvist komposteret, soldet for fjernelse af smuld, sand og jord, vasket og fliset

Ubehandlet have-/parkaffald vil normalt ikke kunne overholde kravene til kvalitetsklasserne i Tabel 3. Andelen af aske i ubehandlet have-/parkaffald kan være op til 50 w-% i tørstoffet, omfattende jord, sand, sten og metalemner.

Mængden af fremmedlegemer/urenheder/aske kan reduceres i fremstillingen af HPA-flis ved brug af sorteringsprocesser i flere trin. State-of-the-art for kvalitetssikring af sådanne processer er, at der herigennem kan fremstilles en fliskvalitet med en høj grad af sikkerhed for, at skadelige/uønskede fremmedlegemer er udskilt. Se beskrivelsen af fremstillingsprocesser i rapportens kapitel 2.1.

3. Definitioner

Have-/park affald omfatter grene, stød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer.

4. Symboler

Der anvendes følgende symboler:

d	angivelse af tør (dry) prøve
ar	angivelse af (fugtig) prøve som modtaget (as received)
w-%	angivelse af enheden vægtprocent
M	betegnelse for indhold af vand (moisture) i modtaget/foreliggende prøve, M _{ar}
w-%	
A	betegnelse for indhold af aske i tør prøve, A _d w-%
S	betegnelse for indhold af svovl i tør prøve, S _d w-%
Cl	betegnelse for indhold af klor i tør prøve, Cl _d w-%
P	betegnelse for partikelstørrelse, P mm
F	betegnelse for indhold af smuld/ fin fraktion), F w-%
BD	betegnelse for rumvægt (bulk density) som modtaget, BD _{ar} kg/m ³

Betegnelserne M, A, S, Cl, P, F og BD har reference til DS/EN ISO 17225-4:2014 *Fast bio-brændsel – Brændselsspecifikationer og –klasser – Del 1: Generelle krav*. Betegnelserne anvendes sammen med et tal til at specificere niveauer for den pågældende parameter.

5. Specifikation

Flis fremstillet fra have-/parkaffald specificeres efter nærværende branchestandard i henhold til Tabel 1a, 1b og Tabel 3.

Tabel 1a og 1b omhandler alene flisens dimensioner, da der kan være stor forskel fra anlæg til anlæg omkring krav til størrelse af flis. For S-klasserne, designet for flis til mindre anlæg, angivet i Tabel 1a, indgår krav til indhold af smuld, hvorimod krav til indhold af smuld for de øvrige P-klasser skal vælges jf. Tabel 1b.

Øvrige krav vælges ud fra Tabel 3, hvor der er angivet både "normative" og "informativ" parametre. For de normative parametre gælder, at de angivne krav til parametrene for den aktuelle HPA-flis kvalitetsklasse alle skal være overholdt. Hvad angår de informative parametre, kan vælges en eller flere af de informative parametre som supplerende krav, der skal være dokumenteret overholdt (evt. med et mindre antal årlige analyser).

I tabellerne er angivet gældende dansk (og europæisk) standard for bestemmelse af de forskellige parametre. Andre metoder, som kan vises at give tilsvarende resultater, kan anvendes.

Flis fremstillet af have-/parkaffald kan være meget heterogent. Det anbefales derfor at angive procedure for eftervisning af stillede krav, f.eks. i form af en prøveudtagningsplan, sammen med kravene. Principper for prøveudtagning og opstilling af en prøveudtagningsplan kan f.eks. findes i DS/EN 14778, og for prøvetilberedning i DS/EN 14780 (se pkt. 6. Referencer).

Tabel 1a. Flisens dimensioner (jf. DS/EN ISO 17225-1 og DS/EN ISO 17225-4 (S klasserne))

Dimensioner (mm) (DS/EN 15149-1)					
Klasse^a	Hovedfraktion^b Minimum 60 w-%	Smuld/ Fin fraktion Max. w-% under 3,15 mm	Grov fraktion Max. w-% over angivet P	Længde^c Max. partikel størrelse	Tværsnit Max. areal, Grov fraktion
P16S:	3,15 mm < P ≤ 16 mm	15 w-%	6 w-%, 31,5 mm	45 mm	2 cm ²
P16:	3,15 mm < P ≤ 16 mm	Jvf. tabel 1b	6 w-%, 31,5 mm	150 mm	-
P31S:	3,15 mm < P ≤ 31,5 mm	10 w-%	6 w-%, 45 mm	150 mm	4 cm ²
P31:	3,15 mm < P ≤ 31,5 mm	Jvf. tabel 1b	6 w-%, 45 mm	200 mm	-
P45S:	3,15 mm < P ≤ 45 mm	10 w-%	10 w-%, 63 mm	200 mm	6 cm ²
P45:	3,15 mm < P ≤ 45 mm	Jvf. tabel 1b	10 w-%, 63 mm	350 mm	-
P63:	3,15 mm < P ≤ 63 mm	Jvf. tabel 1b	10 w-%, 100 mm	350 mm	-
P100:	3,15 mm < P ≤ 100 mm	Jvf. tabel 1b	10 w-%, 150 mm	350 mm	-
P200:	3,15 mm < P ≤ 200 mm	Jvf. tabel 1b	10 w-%, 250 mm	400 mm	-
P300:	3,15 mm < P ≤ 300 mm	Jvf. tabel 1b	Specificeres	Specificeres	-

^a De tre S klasser er designede for anvendelsen af flis i mindre anlæg.

^b Værdier for partikelstørrelsen P refererer til de i DS/EN 15149-1 angivne sigtestørrelser og -typer.

^c Længde bestemmes på den grove fraktion. For en prøve på omkring 10 liter, må der maksimalt findes 2 stykker over den angivne maksimale længde i prøven.

Tabel 1b. Indhold af smuld/fin fraktion, tilvalg for ikke-S klasser

Parameter (analysemetode)	Måleenhed	Niveauer/klasser
Smuld, F (DS/EN 15149-1)	w-%	F05 (max. 5 w-% smuld) F10 (max. 10 w-% smuld) F15 (max. 15 w-% smuld) F20 (max. 20 w-% smuld) F25 (max. 25 w-% smuld) F30 (max. 30 w-% smuld) F30+(over 30 w-% smuld, max. værdi angives)

I tabel 2 opdeles HPA-flis i tre klasser med tilhørende specifikationer.

Tabel 2. Specifikation af flis, fremstillet af have-/park affald

	Parameter (analysemetode)	Måle enhed	Kvalitetsklasse HPA I	Kvalitetsklasse HPA II	Kvalitetsklasse HPA III	
Normativ	Oprindelseskode (DS/EN ISO 17225-1)	-	1.1.7			
	Dimensioner, P (DS/EN 15149-1)	mm	Jf. tabel 1a og 1b			
	Vand, Mar¹ (DS/EN ISO 18134-1, DS/EN ISO 18134-2)	w-%, som modtaget	M10 (max. 10 w-%) M15 (max. 15 w-%) M20 (max. 20 w-%) M25 (max. 25 w-%) M30 (max. 30 w-%) M35 (max. 35 w-%)	M40 (max. 40 w-%) M45 (max. 45 w-%) M50 (max. 50 w-%) M55 (max. 55 w-%) M55+ (over 55 w-%, max. værdi angives)		
	Aske, A_d (DS/EN 14775)	w-% tør	M2.0 (max. 2 w-%)	M5.0 (max. 5 w-%)	M10.0 (max. 10 w-%)	
	Store fremmed legemer²	mm	Ingen synlige emner større end 45 mm i partiet	Ingen synlige emner større end 100 mm i partiet	Ingen synlige emner større end 200 mm i partiet	
	Urenheder, uorg.³	w-% tør	Max 0,2 w-%	Max 0,5 w-%	Max 1,0 w-%	
	Urenheder, org.³	w-% tør	Max 0,05 w-%	Max 0,05 w-%	Max 0,05 w-%	
	Informativ	Svovl, S_d (DS/EN ISO 16994)	w-% tør	So.05 (max. 0,05 w-%)	So.05 (max. 0,05 w-%)	So.10 (max. 0,10 w-%)
Chlor, Cl_d (DS/EN ISO 16994)		w-% tør	Cl0.02 (max. 0,02 w-%)	Cl0.05 (max. 0,05 w-%)	Cl0.10 (max. 0,10 w-%)	
Effektiv brændværdi, Q_{ar} (DS/EN 14918)		MJ/kg, som modtaget	Minimum værdi angives			
Rumvægt, BD_{ar}⁴ (DS/EN 15103)		kg/m ³	BD150 (min. 150 kg/m ³) BD200 (min. 200 kg/m ³) BD250 (min. 250 kg/m ³) BD300 (min. 300 kg/m ³) BD400 (min. 400 kg/m ³) BD450+ (min. værdi angives)			
Note ¹ , ² , ³ og ⁴ , se næste side.						

Noter til tabel 2

- ¹ Der vælges en af de anførte parameterklasser for vand, som angiver det maksimale indhold af vand i flisen. Hvis der for et anlæg samtidig gælder krav til et mindste vandindhold i flisen, skal dette angives, f.eks. som "M50, min. 30 w-%" (svarende til 30 – 50 w-% vand).
- ² Store fremmed legemer er umiddelbart synlige sten eller metalemner. Udtagning af repræsentative prøver for bestemmelse af indhold af store fremmed legemer vil kræve urealistisk store prøvestørrelser, hvorfor en vurdering af indhold af store fremmed legemer i et parti må foretages visuelt, på aftalt lokalitet. Den angivne dimension angiver fremmedlegemets længste kant.
- ³ Urenheder opdeles i de uorganiske urenheder (uorg.), som omfatter sten-, glas-, porcelæns- og metalemner, og de organiske urenheder (org.), som omfatter brændbare materialer som plast, tekstil, pap og papir.
I forhold til kravene til aske, A_d, indregnes mængden af de uorganiske urenheder i indholdet af aske i prøven, enten beregningsmæssigt eller ved neddeling af urenhederne sammen med flis partiklerne. Sten, glas og porcelæn kan nedknuses til analyseprøvefinhed og dermed indgå i analyse af indhold af aske, hvorimod metalemner må frasorteres og tillægges det målte indhold af aske som 100 % aske.
De organiske urenheder indgår ligeledes i prøven, ved neddeling sammen med flis partiklerne til en samlet analyseprøve, til analyse for aske og eventuelt også for bestemmelse af indhold af svovl, chlor og/eller brændværdi.
Der findes pt. ikke nogen dansk eller international standard for bestemmelse af urenheder i faste biobrændsler. I det danske PSO nr. 5297 projekt er udarbejdet en guideline for bestemmelse af visuelt identificerbare urenheder større end 2 mm. Princippet er her, at der for udtagne prøver af flis, i forbindelse med bestemmelse af flisens dimensioner (sigteanalyse), foretages en manuel udsortering, specificering og vejning af indeholdte urenheder i prøverne. Urenheder vil som oftest være heterogent fordelt i flisen, hvorfor der kræves store mængder prøve udtaget til bestemmelse af indhold af urenheder.
- ⁴ Der vælges en af de anførte parameterklasser for rumvægt, som angiver minimumsværdi for rumvægten. Jo højere vandindhold i flisen, des højere rumvægt. For bestemmelsen af rumvægt kræves iht. DS/EN 15103 en prøvestørrelse på mindst 65 liter og udføres derfor normalt på stedet.

6. Referencer

Alakangas E & Lahti J, 2013. Solid Standards: Sampling (EN 14778) and sample preparation (EN 14780) standards and their implementation for forest chips. Alakangas E & Lahti J, Haklog Ky, Finland. February, 2013.

DS/EN 14778:2011 *Fast biobrændsel – Prøveudtagning.*

DS/EN 14780:2011 *Fast biobrændsel – Prøveforbehandling.*

DS/EN ISO 17225-1:2014 *Fast biobrændsel – Brændselsspecifikationer og –klasser – Del 1: Generelle krav.*

DS/EN ISO 17225-4:2014 *Fast biobrændsel – Brændselsspecifikationer og –klasser – Del 4: Kvalitetsklassificeret træflis.*

DS/EN ISO 16994:2015 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af totalindhold af svovl og chlor.*

DS/EN ISO 18134-1:2015 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af vandindhold – Ovntørningsmetode – Del 1: Totalt vandindhold – Reference metode.*

DS/EN ISO 18134-2:2015 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af vandindhold – Ovntørningsmetode – Del 2: Totalt vandindhold – Forenklet metode.*

DS/EN 14775:2009 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af askeindhold.* DS/EN 14775 forventes i 2016 at blive erstattet af en tilsvarende DS/EN ISO 18122.

DS/EN 14918:2010 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af brændværdi.* DS/EN 14918 forventes i 2016 at blive erstattet af en tilsvarende DS/EN ISO 18125.

DS/EN 15103:2010 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af rumvægt*. DS/EN 15103 forventes i 2016 at blive erstattet af en tilsvarende DS/EN ISO 17828.

DS/EN 15149-1:2010 *Fast biobrændsel – Bestemmelse af partikelstørrelsesfordeling – Del 1: Sigtemetode med oscillerende sigter på 1 mm og derudover*. DS/EN 15149-1 forventes i 2016 at blive erstattet af en tilsvarende DS/EN ISO 17827-1.

Ima CS & Mann DD, 2007. *Physical Properties of Woodchip: Compost Mixtures used as Biofilter Media*. Ima CS & Mann DD, Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba, Canada. 2007.

ISO CD 19743, 2015. *Solid Biofuels – Determination of content of heavy extraneous materials larger than 3,15 mm*. Technical Committee ISO/TC 238, Solid biofuels, Working Group 4, Physical and Mechanical Test Methods.

Jensen PD et al., 2009. *Final Report: BioNorm II Pre-Normative Research On Solid Biofuels For Improved European Standards*. Project number: 038644 - o1.o 1.2007-31.12.2009. Jensen PD, Forest and Landscape – University of Copenhagen (UoC), Denmark. Bech KS, Danish Technological Institute (DTI), Denmark. Hartmann H, Hinterreiter S, Technology and Support Centre of Renewable Raw Materials (TFZ), Germany. Lazdins A, Bārdule A, Latvian State Forest Research Institute "Silava", Latvia. Rathbauer J, Sulzbacher L, Biomass-Logistics-Technology (BLT), Austria. Temmerman M: Walloon Agricultural Research Centre (CRA-W), Belgium. December 2009.

PSO-projekt nr. 5297. *Biobrændselsskarakterisering 2004 – Metodeudvikling*. Oktober 2008. Fysisk karakterisering af biobrændsler. Appendix 2 *Guideline. Solid biofuels – Determination of visual recognisable impurities > 2 mm*.

Westborg S & Jensen PD, 2008. Appendix 2: *Guideline - Solid biofuels – Determination of visual recognisable impurities > 2 mm*. Westborg S, FORCE Technology & Jensen PD, Forest and Landscape, University of Copenhagen. March 2008.

3.2 Kommenteringsproces hos brancheaktører om forslag til brændselsspecifikation til biomassefyrede energianlæg

Det her præsenterede "Forslag til brændselsspecifikationer og -klasser" er et resultat af et udkast, som FORCE Technology udarbejdede og udsendte til projektets følgegruppe til kommentering. Antallet af tilbagemeldinger var tilfredsstillende, og følgegruppen har bidraget med gode og konstruktive kommentarer. Som deltager i følgegruppen sendte DI Bioenergis sekretær forslaget til bestyrelsen, som blev spurgt, om de ville kommentere forslaget. Dette gav en række yderligere kommentarer fra kedelleverandørerne, som har givet et godt bidrag til, hvilke elementer i brændselsspecifikationen kedelproducenterne vurderer som væsentlige.

Som tidligere nævnt har danske affaldsenergianlæg ikke samme behov for at udvikle forslag til brændselsspecifikationer og -klasser, idet anlæggene er designet til at håndtere forskellige typer af affald inkl. HPA uden forudgående oparbejdning/heddeling m.m. Krav om en forudgående forbehandling vil derfor være et økonomisk fordyrende led uden nogen efterfølgende miljø- eller energimæssig effekt ved energiudnyttelsen. Anlæggene har ofte selv udviklet kravspecifikationer for HPA og skal i forvejen dokumentere forbehandlingen af HPA over for SKAT

Ud over kommentarerne til selve forslaget har flere personer givet udtryk for, at der er behov for dette værktøj, da HPA-flis afviger så meget fra almindeligt skovflis og træflis, at disse standarder ikke er dækkende.

Projektet anbefaler derfor, at der igangsættes en aktivitet eller projekt rettet mod biomassefyrede energianlæg med henblik på at udbrede kendskabet til "Forslag til brændselsspecifikation

ner og –klasser”, som skal inkludere implementering af denne i daglig drift, samt indsamle tilbagemeldinger på de praktiske erfaringer med brugen af forslaget. Herunder bør der fokuseres på en enkelt metode til bestemmelse af skridegenskaberne for HPA-flis og acceptable grænseværdier herfor.

På baggrund af tilbagemeldingerne foretages en evaluering af forslagets indhold, som skal resultere i modifikation, der bør kunne videreføres som en praktisk anvendelig branchestandard.

4. Kortlægning af mængder og økonomiforhold

Regeringens ressourcestrategi for affaldshåndtering "Danmark uden affald. Genanvend mere - forbrænd mindre" fra oktober 2013 har bl.a. som forventet den effekt af initiativerne i ressourcestrategien, at 25 % af haveaffaldet energiudnyttes i 2018 mod 4 % på opgørelsestidspunktet (2011). Dette er præciseret yderligere i Miljøstyrelsens "Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018", som udspecificerer den forventede effekt i 2018 med 22 % af haveaffaldet til forbrænding og 3 % til bioforgasning og en fortsat øget energiudnyttelse af haveaffald i 2024.

I projektet belyses opgaven omkring HPA-ressourcer i to delopgaver. I første delopgave foretages en mængdeopgørelse på landsplan baseret på eksisterende statistikker. Ud fra til rådighed værende oplysninger (kilder) opdeles HPA-fraktionerne i en brændelsestegnet del og en fraktion, der er uegnet som brændsel. Kvaliteten af den brændelsestegnede fraktion vurderes ud fra vandindholdet, således at opgørelsen kan omregnes til energimængder.

I anden delopgave har vi udarbejdet driftsøkonomiske scenariemodeller i Excel, som illustrerer økonomien for tre typer energiproducerende anlæg, der anvender HPA som supplement til anlæggets normale brændsel.

4.1 Mængdeopgørelser for HPA

Mængdeopgørelse for HPA og den for projektet vigtige andel af HPA-flis er gennemført dels ved søgninger i eksisterende statistikker, og dels ud fra markedsdata og skøn fra branchens aktører. I det indledende arbejde med identifikation af brugbare kilder kunne det konstateres, at de få officielle statistikker, der opgør landets samlede energiforbrug, ikke har specifikke oplysninger om produktionen af HPA-flis.

Energistyrelsen har to opgørelser, hvor HPA er en del af en af samlet opgørelse, men som ikke kan udtrækkes herfra. Det gælder Energistatistikken, hvor HPA er en del af det bionedbrydelige affald, og Enerkiproducenttællingen, hvor HPA-flis opgøres som en del af træflis og/eller træ- og biomasseaffaldsforbruget. Den manglende fokus på HPA/HPA-flis medfører, at Energistyrelsens opgørelser ikke indgår i nærværende kortlægningen af mængdeopgørelser.

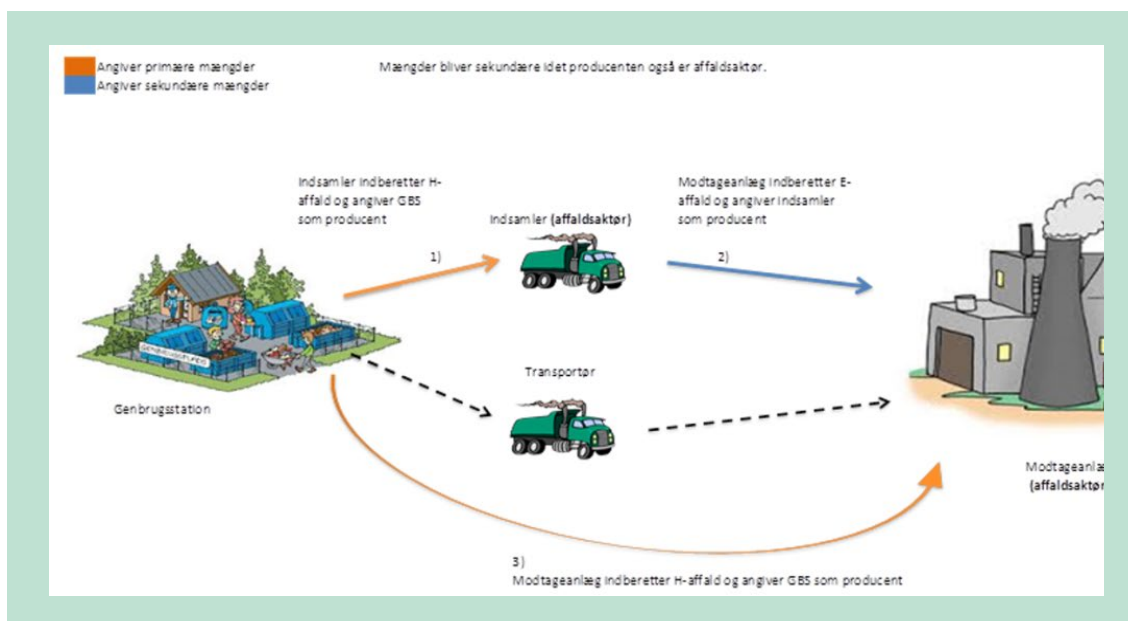
En personlig henvendelse til Danmarks Statistik (DST) gav som resultat, at DST fandt den seneste (2005) opgørelse på området frem, hvor der vises en tabel over "Affaldsmængder fordelt efter affaldstype og behandlingsform". Her nævnes kun haveaffald, hvilket antages at stamme fra betegnelsen i Miljøstyrelsens affaldsstatistikker. Mængder af haveaffald i statistikkerne antages også at indeholde fraktionen af parkaffald, som typisk klassificeres som erhvervsaffald.

Ifølge Miljøstyrelsens Affaldsstatistik 2005 blev der registreret en samlet mængde HPA på 563.000 tons, hvilket er betydeligt mindre end mængderne i de seneste tre års (2011 – 2013) opgjorte mængder på 703.000 – 817.000 tons. Opgørelsen fra DST vurderes derfor at være uaktuel i forhold til det udviklingsforløb, produktionen har haft de seneste 10 år og indgår således ikke i kortlægningen af mængdeopgørelsen.

Oplysninger om alle affaldsfraktioner i Miljøstyrelsens Affaldsdatasystem (ADS) kategoriseres efter koderne i det Europæiske Affalds-Katalog (EAK-koder). Databasen indeholder de mest detaljerede informationer om landets affaldsmængder og –typer. ADS indeholder oplysninger om HPA baseret på typer og mængder samt en lang række leverandørkendetegn, som indberettes efter fastlagte regler, der kort fortalt følger disse tre principper:

- Indsamler (affaldsaktør og transportør) indberetter HPA fra husholdningerne (H) og angiver genbrugsstationen som producent (første variant).
- Modtageranlæg (affaldsaktør) indberetter HPA fra husholdningerne (H) og angiver genbrugsstationen som producent. HPA transporteres af transportfirma (anden variant).
- Modtageranlæg (affaldsaktør) indberetter HPA erhvervsaffald (E) og angiver indsamler (affaldsaktør og transportør) som producent.

Princippet er vist herunder:



Metoderne giver gode muligheder for at opbygge et dækkende billede af de respektive HPA-strømme. Nøjagtigheden af data i ADS er helt afhængig af, hvor præcise indberetterne er med deres angivelse af alle data. Indberetningen består for selve HPA-informationerne af adskillige data, som i mange tilfælde skal vælges ud fra drop-down lister. Uden at gå i detaljer her skal det dog nævnes, at f.eks. valget af affaldstypens EAK-kode kan være én kilde til fejl, da mulighederne er omfattende, og flere af disse kan forekomme nærtbeslægtet. En forkert indberetning kan give anledning til, at den pågældende transportmængde bliver summeret i en gruppe, som den ikke tilhører. Miljøstyrelsen har registreret mange af denne type forkerte indberetninger, hvilket naturligvis medfører, at udtrækkene fra ADS bliver ukorrekt.

I aktørkredsen eksisterer der almindeligt anerkendte tal for landets samlede produktion af HPA, som er baseret på offentlige statistikker og egne erfaring fra en dagligdag, der giver branchen en mulighed for at skabe sig et klarere billede af størrelsen på de transporterede HPA-strømme. Herunder hører også kendskabet til import og eksport af HPA-flis. Projektet har fundet tal hos flere kilder, som generelt er lidt højere, end de officielle opgørelser kommer frem til. Desværre er disse oplysninger ikke veldokumenterede i form af verificerede referencer, hvilket bl.a. kan indikere, at de noget større mængder kan være udtryk for en konsensus i branchen omkring en kombination af data fra offentlige statistikker, alternative opgørelser og individuelle aktørers erfaring med import/eksport. Projektet anvender derfor denne type oplysninger som indikator for branchens vurdering af de faktuelle forhold.

På baggrund af de beskrevne vurderinger og overvejelser har projektet besluttet at basere mængdeopgørelsen på de til rådighed værende informationer i Miljøstyrelsens ADS og en moderat justering som følge af samstemmende skøn og markedsdata fra branchens aktører.

4.1.1 Data fra Miljøstyrelsens ISAG/ADS for HPA-mængder

Miljøstyrelsen har siden 1993 gennemført en systematisk indsamling af data om affald, hvor HPA indgår med betegnelsen "haveaffald". Dataindsamlingen foregik frem til 2009/2010 ved brug af ISAG-systemet (InformationSystem for Affald og Genanvendelse), hvorefter Affaldsdatasystemet (ADS) med brug af EAK-koder tog over fra og med 2011. Med indførelsen af ADS ændredes betegnelse fra "haveaffald" i ISAG til "have-og parkaffald" i ADS (EAK-koderne: H17 (husholdninger), E17 (erhverv) og koden: 20 02 01). I affaldsstatistikkerne fra og med 2011 anvendes dog stadig betegnelsen "haveaffald", hvilke der ikke er fundet en forklaring på.

I perioden fra 1993 og frem til i dag er den samlede registrerede mængde mere end fordoblet. Miljøstyrelsens og kommunernes forøgede fokus på en indsamling og behandling af HPA, samt de heraf følgende miljømæssige gevinster, har også ændret befolkningens vaner i retning af mindre hjemmekompostering til øget indlevering på de kommunale genbrugspladser. Hovedårsagen er husholdningernes stadig større muligheder for at aflevere haveaffaldet til kommunale behandlingsanlæg, som for de fleste mennesker er mere praktisk end selv at håndtere affaldet på egen grund.

Projektet har gennemgået Miljøstyrelsens Affaldsstatistikker og kan konstatere, at Miljøstyrelsen fra 2003 til 2009 udarbejdede tabeller, som viste en samlet opgørelse for HPA og behandling heraf for hele landet. Den sidste af denne type tabeller blev udarbejdet til Affaldsstatistikken 2009, som gengivet herunder – Tabel A3. Tabellerne fra 2003 til 2009 er vist i Bilag 2:

Tabel A3 Affaldsproduktion i Danmark i 2007, 2008 og 2009, opgjort på affaldstype og behandlingsform. Angivet i 1000 tons og i %.

HELE LANDET	Genanvendelse						Forbrænding						Deponering						Særlig behandling						Oplagring						Total											
	2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007	2008	2009									
Affaldstype	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%	1001	%										
Dagrenovation	256	13	240	12	257	14	1.638	85	1.658	86	1.620	85	29	1	31	2	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.923	13	1.927	12	1.897	14					
Behandlingsrest	1.808	76	1.534	69	1.585	72	336	14	335	15	335	15	239	10	370	17	277	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.382	16	2.238	14	2.196	16					
Storstråld	89	11	134	19	154	26	444	57	382	53	282	47	146	19	109	15	88	15	1	0	1	0	1	0	100	13	88	12	77	13	779	5	715	5	602	4						
Haveaffald	846	99	774	98	813	99	2	0	3	0	4	0	9	1	11	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	857	6	789	5	819	6			
Erhvervsaffald	7.118	82	7.335	83	8.415	82	1.072	12	1.046	11	1.011	13	429	5	408	4	301	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.885	57	9.255	59	7.801	56		
Farligt affald	68	22	68	21	54	21	89	29	94	29	101	39	129	42	141	44	88	34	18	6	20	6	17	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304	2	323	2	261	2			
Sygehusaffald	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Emballageaffald	279	100	229	100	249	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	279	2	230	1	250	2		
Ikke oplyst	16	65	11	12	9	20	5	19	74	83	34	74	4	15	4	4	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	86	1	46	0
Total	10.480	89	10.725	89	9.538	89	3.594	24	3.500	23	3.388	24	984	6	1.072	7	779	8	20	0	21	0	18	0	167	1	167	1	152	1	15.235	100	15.575	100	13.872	100						

Kilde: ISAG indberetninger, Regeringens Affaldsstrategi 2009-2012, Danisco, Genvindingsindustrien og andre større skrothandlere, indberetning til Miljøstyrelsen om slam til udbringning på landbrugsjord m.v.. Affaldsmængden fra renseanlæg er inkl. ristestof og sand

Ref. Affaldsstatistik 2009 og fremskrivning af affaldsmængder 2011-2050, Bilag A

Den gennemsnitlige totale HPA-produktion i årene 2007 – 2009 var jf. ISAG opgørelsen i Tabel A3 på 820.000 tons. I perioden fra 2003 til 2009 er der registreret en genanvendelsesprocent på 97-99 % (se alle tabeller i Bilag 2:). Den høje genanvendelsesprocent har holdt dette niveau frem til i dag.

Ved overgangen fra ISAG-systemet til ADS konstaterede Miljøstyrelsen, at datakvaliteten for 2010 ikke var høj nok til, at Miljøstyrelsen ville udgive tallene som en officiel statistik. Derfor danner datasættet for 2011 grundlaget for den første affaldsstatistik baseret på ADS.

Miljøstyrelsen gennemførte en kvalitetssikring af 2012-datasættet, hvilket også gav anledning til en yderligere kvalitetssikring og fejlrettelser i data for 2011.

Nedenstående tabeller viser opgørelsen af HPA i uddrag fra Affaldsstatistikken³ hhv. 2011 og 2012. Til sammenligning vises tallet for den sidste opgørelse under ISAG-systemet i 2009.

ISAG 2009 (tons)		ADS 2011 (tons)	
54.00 Grene, blade, græs m.v.	811.272	Haveaffald	625.533
Total	811.272	Total	625.533

Ref. Affaldsstatistik 2011

I Affaldsstatistikken 2012 foretager Miljøstyrelsen endnu en kvalitetssikring af 2011-data, som medførte, at 2011-mængden stiger betragteligt.

ISAG 2009 (tons)		ADS 2011 (tons)		ADS 2012 (tons)	
54.00 Grene, blade, græs m.v.	811.272	Haveaffald	832.463	Haveaffald	707.858

Ref. Affaldsstatistik 2012

I Affaldsstatistikken for 2013 bliver datakvaliteten væsentlig forbedret siden Affaldsstatistik 2012 og i det hele taget siden systemets start i 2010. Det nævnes også, at datakvaliteten vil blive forbedret yderligere de kommende år. HPA-mængderne for 2011 og 2012 er her korrigeret til følgende:

Affaldsfraktioner	2011	2012	2013
	Tons (1.000)	Tons (1.000)	Tons (1.000)
Haveaffald	775	703	817

Ref. Affaldsstatistik 2013

Ovenstående viser, at det seneste tal fra ISAG-opgørelsen i 2009 sandsynligvis var et tal, som vurderes at være rimeligt repræsentativt i betragtning af den lange årrække, ISAG har været anvendt, samt de tal affalds- og skovbranchen selv har opgjort. Miljøstyrelsens kvalitetssikring af 2011- og 2012-opgørelserne vurderes derfor at være kommet betydeligt nærmere den faktiske produktion.

I forløbet af dialogen med Miljøstyrelsens ansvarlige for kvalitetssikring af HPA-data i ADS, nås der frem til, at projektet kan konkludere, at den samlede årlige registrerede produktion af HPA kan angives til ca. 750.000 tons. Denne mængde er baseret på et gennemsnitstal af de faktiske tal for årene 2011 - 2013 i Affaldsstatistikken fra 2013. Til sammenligning er gennemsnitstallet for 2007 – 2009, som ovenfor nævnt på ca. 820.000 tons, hvilket indgår i vurderingen af det endelige produktionstal.

Projektet fokuserer på 2011-opgørelsen, fordi denne ligger til grund for de data, der præsenteres i baggrundsmaterialet for projektet, som er nævnt i indledningen til nærværende kapitel. I Miljøstyrelsens publikation vedrørende "Danmark uden affald" nævnes de 4 % HPA-flis, som i 2011 blev anvendt til forbrændingsformål, som svarede til oplyste 23.000 tons. Dette giver en beregnet total mængde på 575.000 tons HPA. Det anføres også, at 87 % gik til kompostering, 4 % til deponering og de nævnte 4 % til forbrænding. De resterende 5 % er mængder registre-

³ Miljøstyrelsen, Affaldsstatistik 2011 og 2012

ret som 'Særlig behandling' og 'Midlertidig oplagring'. Tallene for deponering og "andet" harmonerer ikke med de historiske data i Tabel A3 og i bilag 3, hvilket ligger uden for projektets rammer at undersøge årsagerne til.

Anvendes den oprindelige 2011-opgørelse som grundlag (625.000 tons), fås med de 23.000 tons en procentuel andel til forbrænding på ca. 3,7 %. Anvendes derimod den korrigerede 2011-opgørelse (775.000 tons i 2013), er andelen ca. 3 % eller ca. 25 % lavere end tallet i ressourceplanen på 4 %. Dette illustrerer lidt om usikkerhedernes effekt.

4.1.2 Data fra HPA-branchens interessenter

I en rapport fra Skovbranchen⁴ henvises til en opgørelse med reference til Danmarks Statistik, at den årlige HPA-mængde er nærmere 900.000 tons/år. Projektet har fra HedeDanmark fået oplyst, at kilderne til tallet er såvel kommunernes ansvarlige for området, dels personer fra affaldsenergianlæggene og fra de tværgående brancheorganisationer. Et tal i denne størrelsesorden harmonerer også med vurderede værdier fra en række HPA-aktører, som nævner tal mellem 0,8 og 1 mio. tons/år.

Tallet blev opgjort i 2012 og blev kontrolleret via en beregning med udgangspunkt i oplyste tal fra de enkelte kommuner, hvor kommunens egne ton HPA/antal borgere i kommunen blev multipliceret med det danske befolkningstal. HedeDanmark bekræftede, at der var god overensstemmelse mellem den beregnede og den estimerede produktion.

Siden denne opgørelse er der tilført betydelige mængder fliset trærødder, stød og lign. til primært affaldsenergianlæggene, som ikke har sin oprindelse fra kommunerne, men er resultat af infrastrukturprojekter som byggemodninger, anlægsprojekter, motorveje o. lign. Størstedelen af denne fraktion er tidligere blevet gravet ned i jorden i det pågældende projekt. Mængden er udviklet igennem de seneste 5 år. Der er ikke fundet konkrete tal for den nuværende mængde.

Denne fraktion bliver ikke registreret i ADS, da alt vedmaterialet bliver håndteret og handlet efter samme principper som biomasse fra skoven. Det betyder, at affaldsenergianlæggene og nogle få fjernvarmeanlæg køber flisen direkte fra producenten/aktøren. Projektet har derfor ikke forfulgt en opgørelse af mængden for denne fraktion, som derimod vil indgå i Energistyrelsens energiproducenttælling, uden at den pt. kan identificeres.

4.1.3 Estimering af HPA-flismængden

Der eksisterer i dag endnu ingen officielle statistikker over, hvor store mængder HPA-flis, der fremstilles i Danmark. Aktører og storforbrugere af denne fraktion har imidlertid omfattende erfaringer fra deres egen hverdag med, hvordan de typiske udbytter er, og hvordan fordelingen er mellem kvaliteter til henholdsvis biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg og affaldsenergianlæg. Der er forventelig ikke fuldstændig konsensus om de procentuelle fordelinger af disse kvaliteter, men forskellene er dog begrænsede.

En rapport fra DTU, Miljø⁵ indeholder bl.a. et detaljeret måle- og analyseprogram af HPA-strømmene over et år på et komposteringsanlæg i Lisbjerg ved Århus. Her konstateres det, at HPA vægtmæssigt består af ca. 75 % "småt", 20 % "grene" og 5 % "træ" på årsbasis. Mængden af forbrændingseget er omkring 25 %. "Småt" indeholder den store mængde "aske" og anvendes som jordforbedring og til fremstilling af kompost.

⁴ Dansk Skovforening, Skovdyrkerforeningerne og HedeDanmark a/s (2013). *Danmarks forsyning af træflis i fremtidens energimarked*, Dansk Skovforening

⁵ Boldrin A., Ph.D. projekt, 2009

I det følgende indkredses nogle sandsynlige procentuelle fordelinger af den samlede mængde HPA-flis, og kvalitetene til henholdsvis biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg og affaldsenergianlæg. Alle mængder er baseret på erfaringsværdier med dels forskellige oparbejdningsmetoder, og dels forskellige aktørers individuelle driftserfaringer.

Fremstilling af HPA-flis kan gennemføres på flere forskellige måder, som beskrives i kapitel 2.1. En samlet vurdering af metodernes fordele og ulemper samt hensynet til projektets overordnede formål om at maksimere udbyttet af HPA-flis til energiformål medfører, at der her fokuseres på den metode, hvormed der fremstilles fraktioner i størst mængder og i kvaliteter til både biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg og affaldsenergianlæg. Danske affaldsenergianlæg er designet på en sådan måde, at de uden yderligere anlægsmodifikationer kan modtage HPA, der anvises til energiudnyttelse uden særskilt behov for yderligere sortering, neddeling eller omfattende analyser.

Metoden til fremstilling af en stor andel HPA-flis i bedste kvalitet tager udgangspunkt i en kilde-sortering eller forsortering af HPA, hvor stammer, grene, stød og rødder frasorteres ved modtagelse eller mekanisk med en kran. Den frasorterede fraktion neddeles og kan efterfølgende sigtes på et forholdsvist fint sold for at fjerne smuld og sand. Herved opnås en god kvalitet med et vandindhold på 30-45 % og 2-3 % aske. Der kan fremstilles 10-15 % HPA-flis af denne kvalitet af den samlede mængde HPA.

Den resterende og største mængde HPA gennemgår en række neddelings- og sigteprocesser, som giver en mindre energirig fraktion af HPA-flis (rødder og smågrene, der ikke frasorteres mekanisk) og en stor mængde "småt" (finstof). HPA-flisen udgør 10-15 % af den totale HPA-mængde og har et vandindhold på 30-45 % og typisk et askeindhold på 20-25 %, som nedbringes til 7-12 % efter en sigteproces. Denne sekundære kvalitet kan kun anvendes i affaldsenergianlæg.

Driftserfaringer hos de danske aktører er omfattende og veludviklede, og selvom aktørerne ikke anvender de samme maskiner og sammensætning af procestekniske løsninger, så bidrager de samlede erfaringer alligevel til en god indkredsning af størrelsen på den mængde HPA, der omsættes til HPA-flis i de to kvalitetsklasser.

Det største procentuelle tal for den samlede årlige mængde HPA-flis er 28 %, og den mindste 22 %. Det samlede gennemsnit er 25 %. Sammenholdt med DTU's data er det projektets vurdering, at et sandsynligt tal er 25 %. Dette er 3 % point højere end Regeringens målsætning på 22 % i 2018. Hermed er det også mulighed for at indfri intensionen om, at andelen skal stige frem mod 2024.

Samme gruppe aktører har også givet deres estimat for, hvor stor en procentuel andel af HPA-flisen der kan produceres i en kvalitet, som vil kunne anvendes i biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg. Her er største og mindste tal hhv. 15 % og 10 %. Flere mener, at de 10 % er en realistisk øvre grænse, hvor salgsprisen stadigt er attraktiv.

Valget af de 10 % i en kvalitet egnet til biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg betyder, at de resterende 15 % vil have en kvalitet, som kun er egnet til affaldsenergianlæg.

4.1.4 Uudnyttede HPA-potentialer

I det følgende afsnit belyses de mængder HPA, der produceres som erhvervsfraktion, og som ikke indsamles og derfor ikke registreres i ADS. Denne fraktion udnyttes på stedet ("intern nyttiggørelse"). Der eksisterer ingen opgørelser af denne mængde i dag, men nedenstående projekt har forsøgt at estimere en samlet mængde for Danmark. Resultatet heraf indgår som en potentiel mængde, der lægges til den mængde, som indeværende projekt er kommet frem til med henblik på at vurdere den fremtidige potentielle mængde HPA-flis.

Miljøstyrelsen udgav en rapport i 2014 for Miljøprojekt⁶ nr. 1529, hvor forfatterne konstaterer, at de ikke mener, registreringen af HPA i ISAG er dækkende. Der sker en omfattende behandling på stedet af HPA, særligt på kommunale have-/parkanlæg, men også på andre bynære have-/parkanlæg. Rapportens kapitel 4 og bilag 6 redegør for en delmængde HPA, der bliver behandlet på stedet (f.eks. ved flisning eller ved at blæse blade o. lign. ind under buske og krat) – behandlingen benævnes *in situ*.

I rapportens bilag 6 forklares håndteringen af de ikke indsamlede mængder på følgende måde:

For kommunale have- og parkanlæg er holdningen generelt, at alle organiske restprodukter fra driften i størst muligt omfang skal forblive og udnyttes på stedet. Holdningen kan være begrundet i miljømæssige såvel som økonomiske argumenter. Nyttiggørelsen af de organiske restprodukter sker ofte ved følgende indsats:

- blade o. lign. blæses ind under buske og krat
- grene og stammer (af en vis størrelse) skæres op til brænde
- rest af beskæring og stød flises og lægges under buske og træer
- ikke-organisk affald fra opgravning bringes til deponering.

Grøn beplantning ved gader og alléer behandles på samme måde og kan typisk lægges ud på stedet.

Det er indtrykket, at ovenstående fremgangsmåde er almindeligt forekommende i landets kommuner (Juul (2011), parkforvalter i Københavns Kommune). I mindre kommuner kan man dog forvente, at en mindre del køres på kommunens genbrugsstation eller komposteringspladser.

Overlagberegningen af potentialet af *in situ* HPA fra kommunale have-/parkanlæg og andre grønne arealer i offentlig regi behandlet på stedet er baseret på meget grove antagelser om samlet areal og et arealafgrødeudbytte, som i projektet (Econet, nr. 1529) er anslået til ca. 15 tons pr. hektar.

Ifølge oplysninger fra Danmarks Statistik er det muligt at skønne et samlet areal i en række kommunale have-/parkanlæg og andre grønne anlæg i offentlig regi (kirkegårde, sportsanlæg, rekreative områder og græs i byområder) på ca. 20.000 ha. Projektet antager herudover at:

- der er tale om fuldt vegetationsdækkede arealer
- produktionen af biomasse pr. arealenhed svarer til høstudbyttet for græsningsarealer uden omdrift. Høstudbyttet er årligt ca. 15 tons/ha (Danmarks Statistik, 2008).

Med nævnte antagelser skønnes det samlede potentiale af HPA fra bynære grønne arealer og kommunale have- og parkanlæg o. lign. at ligge på ca. 300.000 tons.

I HPA-projektet er vurderingen, at en årlig vækst på 15 tons/ha er overvurderet. Størrelsen er meget afhængig af, hvor stor en del af arealet, der udgøres af træer og buske, og hvis årlige vækst næppe er større end 5-7 tons/ha. Antages at mængden af vedagtigt materiale er 25 % med en vækst på 6 tons/ha, og de resterende 75 % har en vækst på 15 tons/ha, fås en årlig gennemsnitlig vækst på 12,5 tons/ha svarende til ca. 250.000 tons som total for hele landet. Vælges en mere almindelig vækst på 10 tons/ha for det fine materiale, fås en årlig gennemsnitlig vækst på 9 tons/ha svarende til ca. 180.000 tons.

⁶ Econet A/S, 2012, *Organiske restprodukter - vurdering af potentiale og behandlet mængde*, Miljøprojekt nr. 1529, Miljøstyrelsen 2014, kap. 4 & bilag 6

I lyset af dagens praksis for behandling af **in situ fraktionen** og de både miljømæssige og økonomiske overvejelser, der ligger til grund herfor, vurderes det, at der næppe vil blive indsamlet mere end omkring **150.000 tons/år**.

Andelen af **in situ HPA-flis** vurderes at kunne udgøre omkring **25.000 tons/år**.

4.1.5 Konklusion vedrørende eksisterende og potentielle mængder HPA-flis

De nyeste og kvalitetssikrede statistiske data fra Miljøstyrelsens ADS (baseret på EAK-koder) indikerer en årlig produktion af HPA på omkring 750.000 tons.

Den historiske udvikling i den del af HPA-produktionen, der bliver registreret, viser, at denne mængde er stigende, hvorfor de 750.000 tons kan betragtes som et nedre niveau.

Data fra Miljøstyrelsens tidligere system, ISAG, viser generelt noget større tal, som det bl.a. fremgår af Tabel A3 (Affaldsstatistikken 2009 – se 4.1.1 ovenfor), hvor tallet for 2009 var næsten 860.000 tons og 820.000 tons i gennemsnit for årene 2007 – 2009.

Sammenholdt med de forskellige estimater/vurderinger fra aktører og interessenter, som oplyser værdier på mellem 800.000 og 1.000.000 tons, er det projektets vurdering, at det reelle tal er højere end de 750.000 tons fra ADS.

Oplysninger fra personer med mange års erfaring i opførelse af biomasse- og specielt træresourcer er, at man praktisk talt altid når frem til nogle mængder, der er mindre end de faktisk tilgængelige.

Der er naturligvis en øvre grænse for, hvor længe dette er gældende, men for nærværende er den samlede vurdering fra projektets følgegruppe og andre interessenter, at grænsen ikke er nået endnu.

Det statistiske materiale fra ISAG og overgangen til ADS viser en forskel mellem ISAG- og ADS-opførelsen fra 2011 på ca. 36.000 tons.

Hertil skal lægges en stigning i registreringen af HPA fra 2011 – 2013 på ca. 42.000 tons. Under antagelse af at registreringen/produktionen af HPA også er steget i 2014 og 2015, er det projektets vurdering, at den (2016) **årlige produktion af HPA er på 850.000 tons**.

Mængden af HPA-flis

På baggrund af praktiske erfaringer fra HPA-branchens aktører og data fra et Ph.d.-projekt udført på DTU, Miljø, har projektet indkredset den mulige procentuelle produktion/år af flis fra HPA.

Det kan konkluderes, at **samlede årlige mængde HPA-flis udgør 25 % af totalmængden – svarende til knapt 215.000 tons/år**.

Dette er 3 % point højere end Regeringens målsætning på 22 % i 2018.

Samme gruppe aktører og projektet⁷ har indkredset og konkluderet, at andelen af **HPA-flis**, der ville kunne produceres i en kvalitet og til en tilstrækkelig attraktiv pris, som ville kunne anvendes i **biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg, udgør 10 % af totalmængden - svarende til ca. 85.000 tons/år**. Danske affaldsenergianlæg vil dog i princippet – og uden oparbejdning til særlige brændselskvaliteter – teknisk set kunne energiudnytte alt have-/park-affald, der måtte blive anvist til energiudnyttelse.

Potentielle mængder

Kategorien af uudnyttede biomasseressourcer, der reelt kan karakteriseres som HPA, er identificeret og begrænset til at indeholde den under afsnit 4.1.4 ovenfor beskrevne fraktion. HPA, der produceres som erhvervsfraktion, og som ikke indsamles og derfor ikke registreres i ADS.

Denne fraktion udnyttes på stedet, dvs. "intern nyttiggørelse" – kaldet *in situ*, som er en metode, der anvendes særligt på kommunale have-/parkanlæg, men også på andre bynære have-/parkanlæg.

En indirekte metode til estimering af *in situ* mængden giver en samlet mængde for Danmark på **150.000 tons/år**.

Andelen af *in situ* HPA-flis vurderes at kunne udgøre omkring **25.000 tons/år**.

Danmarks samlede potentielle mængde HPA er derfor **1 mio. tons/år**.

Den hertil hørende mængde HPA-flis vurderes at kunne blive omkring **250.000 tons/år**.

Andelen, som ville kunne gøres egnet til brug i biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg, vurderer vi derfor til ca. 100.000 tons/år, mens affaldsenergianlæg ville kunne aftage alle 250.000 t HPA-flis/år.

Eksempler på storforbrugere og divergenser

I løbet af projektperioden er der taget kontakt til en række affaldsenergianlæg, som har bidraget med oplysninger om et eksisterende forbrug af HPA-flis, som pga. af en betydelige størrelse gengives her af hensyn til perspektivering af de vurderede totale mængder HPA-flis.

ARC på Amager har ubetinget været den største aftager af HPA-flis igennem de seneste 2 år. I 2014 var forbruget ca. 130.000 tons, i 2015 ca. 65.000 tons, og forventningerne til 2016 er ca. 16.000 tons. De store forskelle skyldes andre aktiviteter på ARC. Disse tal kan ikke genfindes i de officielle statistikker, da ARC delvist anvender HPA-flis, der ligger uden for krav om registrering i ADS (bl.a. fra infrastrukturprojekter).

Vestforbrænding oplyser, at de anvendte i 50.000 tons i 2014 og 53.000 tons i 2015, som stammer fra HPA indsamlet i de kommuner, som Vestforbrænding dækker.

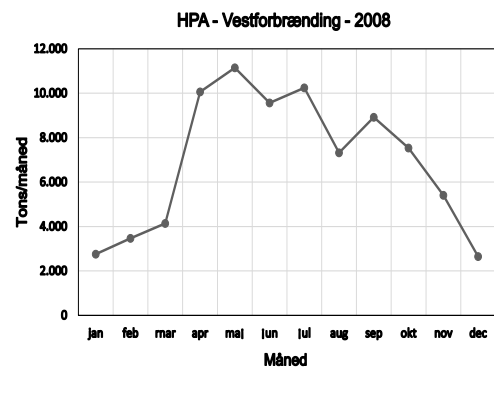
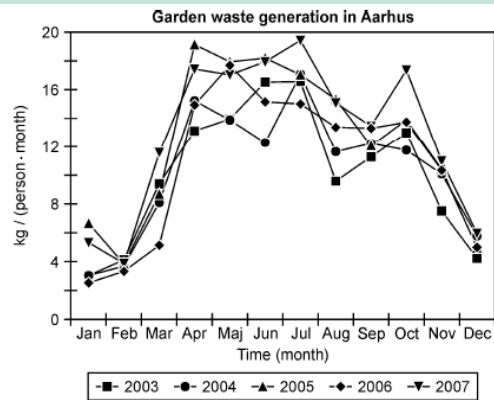
AffaldVarme Aarhus bearbejder ca. 50.000 tons HPA/år, hvoraf 15.000 – 17.000 tons bliver til HPA-flis, som primært afsættes til eksterne kunder. Når det nye biomassebaserede kraftvarmeværk i Lisbjerg går i drift, er det planen, at dette værk skal forbrænde størstedelen af denne mængde HPA-flis.

Disse eksempler og oplysninger fra andre aktører viser, at de nuværende metoder og systemer ikke er i stand til på tilstrækkelig præcis måde at registrere den mængde HPA-flis, der anvendes til energifremstilling. Konkret kan vi konstatere, at de tal, der kommer ind i energisystemet som HPA-flis, delvist har en anden oprindelse end den, Miljøstyrelsen forudsætter for registrering i ADS.

Fremadrettet må det anbefales, at Energistyrelsen og Miljøstyrelsen får afklaret disse forskelle og tilretter deres registreringssystemer, så det bliver muligt at synliggøre forbruget af HPA-flis.

4.1.6 Vurdering af kvalitet

Produktion og aflevering af HPA på indsamlingsstederne er særdeles sæsonbetonet som en naturlig følge af både private og professionelle aktiviteter i haver og parker. Som eksempler på dette ses på Figur 10 data fra Aarhus (Boldrin, 2009) og Vestforbrænding (2008), hvor produktionen er opgjort pr. måned. Enhederne er forskellige, men tendensen er den samme.



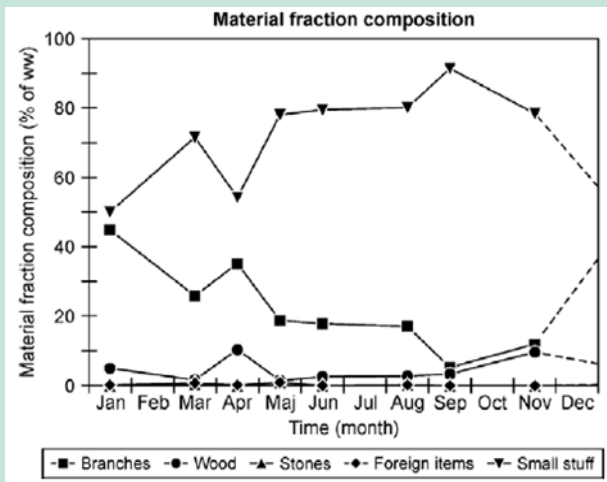
Figur 10: Årsvariation for produktion af HPA 2003 - 2007 (Aarhus) 2008 (Vestforbrænding)

Middelværdier for de enkelte bestanddele i hele HPA-mængden fra projektet i Aarhus fremgår af Tabel 2.

Waste fraction	Material fraction (%)
Small stuff	75.6
Branches	19.5
Wood	4.5
Stones	<0.2
Foreign items	<0.2
Total	100

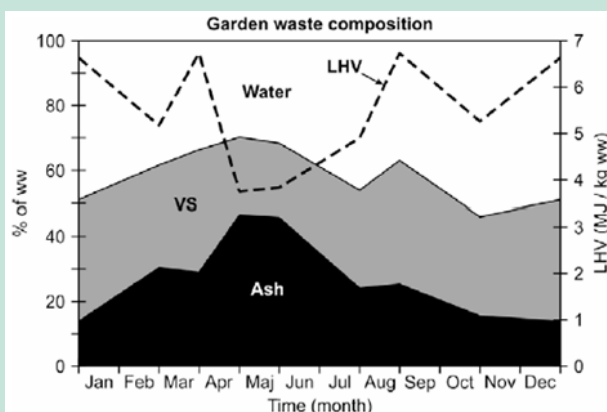
Tabel 2: Årlige vægtede gennemsnitlige sammensætning af HPA-fraktion (våd vægt)

Det våde HPA indeholdt 40 % vand, 30 % brændbare organiske andele (volatile solids - VS) og 30 % aske som årsmiddelværdi. Det høje askeindhold indikerer, at HPA indeholder en signifikant mængde jord. Dette er især tilfældet i løbet af sommeren, hvilket fremgår af nedenstående Figur 12.



Figur 11: fraktionel sammensætning af HPA over 1 år (Aarhus)

Sammensætningen og kvaliteten af HPA er stærkt varierende over året. Dette gælder både det indbyrdes forhold mellem de tre fraktioner (træ, grene og finstof – Figur 11) samt aske- og vandindhold (totalt og respektivt for de tre fraktioner – Figur 12).



Figur 12: Sæsonmæssig variation af vandindhold, brændbare andele (VS), "askeindhold" (venstre y-akse) og nedre brændværdi (LHV - højre y-akse). (Aarhus)

I sommermånederne er produktionen/aflevering af finstof dominerende. I september står denne fraktion for mere end 90 % af det indsamlede HPA. Med finstoffet tilføres også betydelige mængder ikke-brændbart materiale ("aske") – helt op til 70 - 80 vægt-% i maj/juni, hvilket også påvirker indholdet i HPA-flisen negativt, når de tre fraktioner bliver blandet af indsamlerne og på modtagerpladserne.

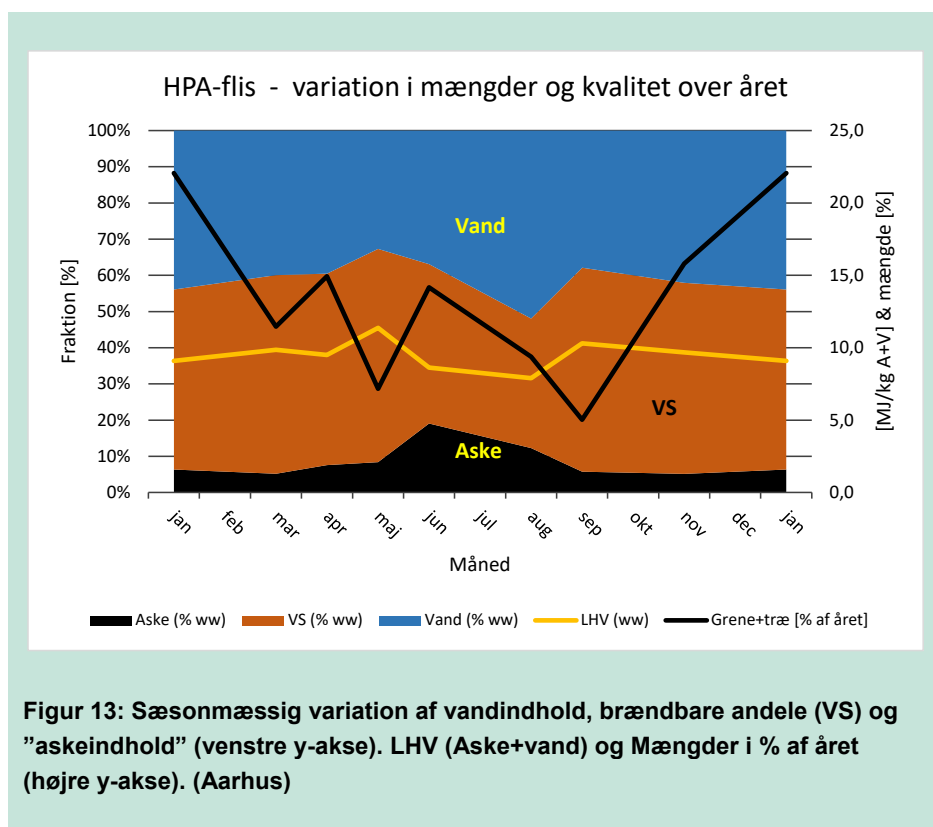
Om vinteren (december-april) indeholder HPA en betydelig andel grene og træ (op til 45%). Dette skyldes den reducerede aktivitet i haver om vinteren og den kendsgerning, at fokus er på træfældning og beskæring af frugttræer.

Vandindholdet svinger afhængigt af tidspunktet for fældning og aflevering på modtagerpladsen (Figur 12). Variationen i vandindholdet i den samlede mængde HPA er meget påvirket af indholdet i finstoffet, som svinger fra ca. 30 % til knapt 60 %.

Vandindholdet i den samlede vedfraktion har et interval på ca. 30 % til godt 45 % med en typisk årsmiddelværdi på ca. 40 %. **Askeindholdet er ca. 10 %**, og de resterende **ca. 50 % er brændbart organisk materiale (VS)**.

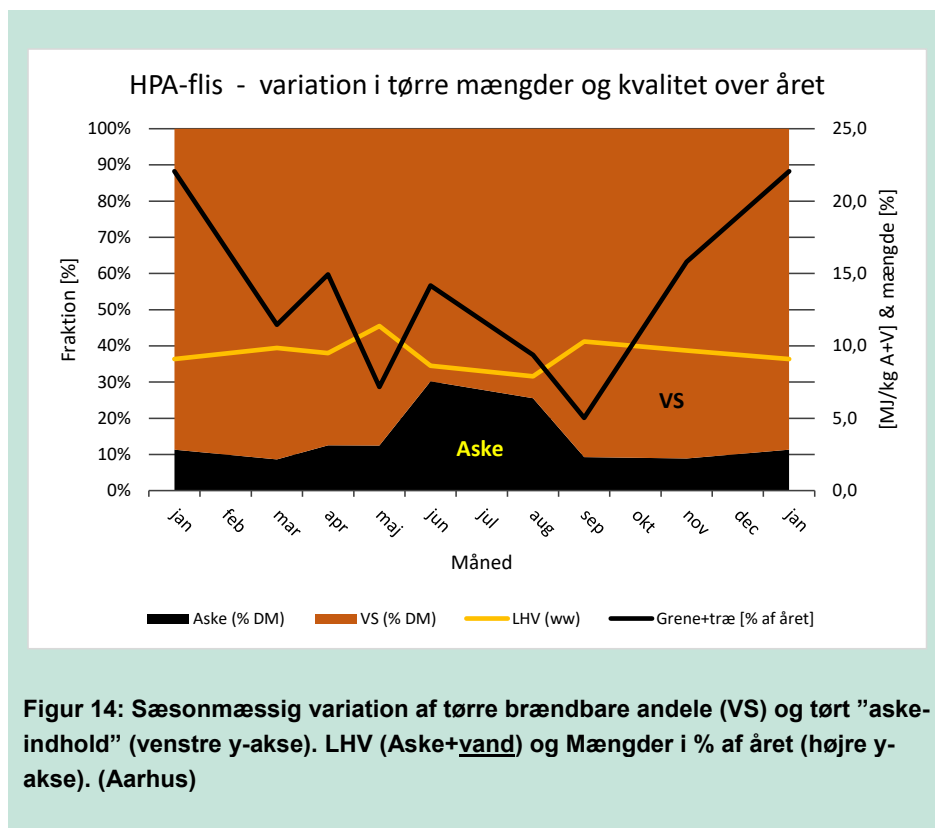
På Figur 13 er værdierne i Figur 12 fratrukket data for finstoffet for at synliggøre årsvariationen for HPA-flis. Som forventet er vandindholdet rimeligt stabilt, mens askeindholdet tydeligvis er påvirket af det høje "askeindhold" i finstoffet i sommermånederne. Effekten på den nedre brændværdi (inkl. aske og vand) er markant og illustrerer nødvendigheden af så vidt muligt at undgå sammenblanding af grene/træ med finstoffet.

Variationen i den samlede modtagne mængde vedfraktion fremgår af Figur 13. Kurven (sort linje) viser den månedlige procentuelle andel af hele årets modtagne mængde. Den store forskel i mængde og askeindhold stiller store krav til aktørernes fleksibilitet over sæsonen og deres maskineris evne til at bearbejde en fraktion med stor variation i "askeindhold" og andre fremmedlegemer. Som det fremgår i kapitel 1.1 (side 16), er maskinerne store og kraftige med en kapacitet, der samlet set er stor nok til at kompensere for sæsonvariationerne.



Askeindholdet på tør basis (Boldrin) er 16,2 % i årligt gennemsnit, hvor målingerne af hhv. grene og træ er 17,6 % og 10,8 %. Nedenstående Figur 14 viser askeindholdet på tør basis for at give et indtryk af, hvor markant større opgaven er i sommermånederne med at udskille "asken" (jord, sand, ler, småsten etc.). **Intervallet er ca. 9 % til 45 %**, hvor det høje tal naturligvis skyldes sammenblandingen af finstoffet med fraktionerne af grene og træ.

Til anvendelser i biomassefyrede kraft- og fjernvarmekedler er opgaven krævende for at nå ned på de 2 – 3 %, som der synes at være konsensus om blandt aktører inden for biomassefyrede fjern- og kraftvarmeverker. Affaldsenergianlæg kan anvende HPA-flisen hele året uden en specifik sigteproces.



Til brug for beregningerne i den efterfølgende scenariemodell giver ovenstående analyse baggrund for at vælge følgende data som inputværdier.

Brændværdierne er bestemt ud fra en detaljeret formel, hvis resultat er sammenlignet med målte data i Aarhus-projektet og andre publicerede data. Herudfra er brændværdien justeret til de forudsætninger, der anvendes i scenariemodellen.

Brændselsspecifikationer for HPA-flis til fyringsanlæg	Vandindhold [%]	Askeindhold [%]	Brændværdi [MJ/kg]
"HPA1" til biomassefyrede fjern-/kraftvarmeanlæg	40	3	10,2
"HPA2" til affaldsenergianlæg	40	10	8,8

Tabel 3: Inputdata til scenariemodell

4.2 Scenarie for anvendelse af HPA som brændsel

4.2.1 Baggrund

Modellerne er driftsøkonomiske modeller, som illustrerer økonomien for tre typer energiproducerende anlæg, som anvender HPA som supplement til anlæggets normale brændsel.

Modellerne viser derfor ikke, hvor der skabes den største samfundsmæssige effekt, økonomisk, energi-, klima- miljømæssigt jvf. de forudsætninger, som gælder ved godkendelser af projekter for varmforsyning m.m.

De tre anlægstyper er:

1. Fjernvarmeværk fyret med træflis (12 MW)
2. Kraftvarmeværk fyret træflis (23 t træflis/h, 20 MW_{el})
3. Affaldsenergianlæg (30 t affald/h, 20 MW_{el})

Alle anlæg antages at køre med røggaskondensering. Størrelsen på de to el-producerende anlæg er valgt, så de har samme el-produktion (20 MW_{el}) svarende til et stort, dansk affaldsenergianlæg med en kapacitet på 30 t/h. Størrelsen på det flisfyrede fjernvarmeværk svarer også til et stort, dansk fjernvarmeanlæg med en kapacitet på 12 MW_{varme}.

De økonomiske modeller er baseret på data fra Energistyrelsens Teknologikatalog for el, fjernvarme, energilagring og energiproduktion og -konvertering - Maj 2012. Opdateret 2015:

- 43 District Heating Boiler, Biomass Fired - Wood Chips Medium.
- 09 Biomass CHP, Steam Turbine - Woodchips Medium.
- 08 Waste-to-Energy CHP Plant.

Modellerne er uden afgifter og omfatter:

- Køb/modtagerpris for brændsel
- Salg af varme og evt. el
- Drifts- og vedligeholdelseskostninger inkl. afskrivninger
- Kapitalomkostninger

Modellerne beregner driftsoverskuddet (DKK/år) for ét anlæg af hver type og et tilhørende, normeret driftsoverskud pr. årligt produceret energi (DKK/GJ/år).

Modellerne forholder sig ikke til, hvor meget HPA-flis der vil være til rådighed for de tre typer anlæg.

4.2.1.1 Scenarier

De økonomiske modeller anvendes på tre scenarier for hver type anlæg:

1. Fjernvarmeværk fyret med træflis
 - a. Træflis: 100%
 - b. Træflis: 75% + 25% HPA1
 - c. Træflis: 50% + 50% HPA1
2. Kraftvarmeværk fyret med træflis
 - a. Træflis: 100%
 - b. Træflis: 75% + 25% HPA1
 - c. Træflis: 50% + 50% HPA1
3. Affaldsenergianlæg
 - a. Affald: 100%
 - b. Affald: 90% + 10% HPA2
 - c. Affald: 80% + 20% HPA2

I alle scenarier erstatter HPA et andet brændsel, så den samlede mængde brændsel er den samme som uden HPA. Scenarierne viser ændringer i økonomien, som primært stammer fra forskelle i priserne på brændsel. For kraftvarme- og fjernvarmeværker antages omkostningerne til vedligehold at vokse med 10% for den anvendte mængde HPA i forhold til træflis. Anlæggenes virkningsgrad påvirkes kun marginalt og er den samme i alle scenarier.

For affaldsenergianlæg vil anvendelsen af HPA-flis sandsynligvis medføre lavere omkostninger til vedligehold, fordi HPA2-flis indeholder færre korrosive stoffer end affald.

4.2.2 Priser på skovflis

Priser fra DANSK FJERNVARME (DF) for skovflis

Ifølge Kenney Lundtofte (formand for DF's halm- og flisgruppe) er prisen ca. 50 DKK/GJ. Ifølge Kate Wieck-Hansen er den ca. 46 DKK/GJ, men priserne har ifølge medlemmerne været faldende, mens dette arbejde er gennemført og ligger i intervallet 41-44 DKK/GJ.

Projektets scenarier benytter en pris på 45 DKK/GJ.

4.2.3 Priser på HPA⁸

Prisdannelsen er generelt meget afhængig af markedets størrelse, eller om der overhovedet er et marked. Vi har fundet følgende typiske priser:

- **Bedste kvalitet** (laveste "aske" og forbedret struktur): 35 – 40 DKK/GJ
Det koster omkring 100 – 150 kr./ton at hæve kvaliteten fra "basiskvaliteten" (bedste til affaldsenergianlæg)
- **Mellemkvaliteten** (f.eks. er egnet til Dall Energys biomasseovn eller fluid bed forbrændingsanlæg). Askeindhold: 5 – 8 % og typisk lange partikler: 25 – 30 DKK/GJ.
- **Rodflis** er en bedre kvalitet og koster omkring 40 DKK/GJ, hvilket nærmer sig prisen for skovflis, men som også har en bedre struktur og lavere askeindhold (2-4 %, dog også eksempler på 1-2 %). Mængdemæssigt udgør det en mindre del (10 – 20.000 t/år) af den samlede mængde HPA-flis.

Baseret på samtaler med leverandører benytter vi følgende priser i scenariemodellerne:

Kvalitet til fjernvarme-/kraftvarmeanlæg: 35 DKK/GJ.
Affaldsenergianlæg: 25 DKK/GJ.

4.2.4 Priser på el og varme

Prisen ved salg af varme er for alle tre typer anlæg sat til Energistyrelsens udmelding for varmemprisloftet for affaldsenergianlæg i 2017: 84,20 DKK/GJ.

Prisen ved salg af el er for begge de to el-producerende anlægstyper den gennemsnitlige el-spot-pris på Norpool i perioden 2017-01-01 til 2017-07-15: 223,88 DKK/MWh.

4.2.5 Parametre i følsomhedsanalyser

Da priserne på HPA-flis varierer betydeligt, har vi gennemført en følsomhedsanalyse for alle tre anlægstyper med følgende priser:

	DKK/GJ		
	Min.	Standard	Max.
HPA1	10	35	50
HPA2	10	25	60

⁸ Erfaringsmæssigt er der betydelig variation i priserne, og det er vor vurdering, at der er brug for et langt mere sikkert datagrundlag for at kunne bestemme prisniveauet. Da dette formentlig vil være ressourcerkrævende, har følgegruppen foreslået, at der gennemføres følsomhedsberegninger med en betydelig prisvariation.

De tilsvarende priserne pr. vægtenhed baseret på brændværdierne i Tabel 3 er:

	DKK/t		
	Min.	Standard	Max.
HPA1	102	357	510
HPA2	88	220	528

Afsnit 4.2.9 viser resultaterne af følsomhedsanalysen.

4.2.6 Scenariemodell 1 – Flisfyret fjernvarmeværk

4.2.6.1 Basis

Fjernvarmeværkets kapacitet er 12 MW_{produceret}.

Tabel 4 viser brændselsspecifikationerne for de to brændsler: Træflis og HPA-flis.

Brændsel	Betegnelse	Vandindhold	Askeindhold	Brændværdi	Pris	Pris	Kommentar	Ref.
		[%]	[%]	[MJ/kg]	DKK/GJ	DKK/t		
Have-/park-affaldsflis egnet til DH+CHP+WtE	HPA1	40	3	10,2	35			2
Træflis	WC	40	1,5	10,4	45			3

Reference	
2	Estimat baseret på projektets undersøgelser
3	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen

Tabel 4: Brændselsspecifikation og priser for brændsel til flisfyret fjernvarmeværk.

Tabel 5 viser, hvilke data fra Teknologikataloget der indgår i modellen.

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologi-katalog	Data til HPA økonomi-model	Enhed
Generating capacity for one plant (MJ/s)	1 - 12	12	MW output
Availability (%)	96-98	0,98	
Total efficiency (%) net	108	108	
Nominal investment (M€ per MJ/s)	0.5 - 1.1	3.750.000	DKK/MW
Technical lifetime (years)	20	20	
Total O&M (€/MWh)	5,4	40,5	DKK/MWh

Tabel 5: Data fra teknologikataloget i økonomi-modellen for et flisfyret fjernvarmeværk.

Bilag 5: indeholder de samlede inddata til økonomimodellen inkl. data fra Energistyrelsens Teknologikatalog, referencer og kommentarer.

Scenarier:

- A. 100% skovflis (basis-scenarie)
- B. 75% skovflis + 25% HPA1
- C. 50% skovflis + 50% HPA1

4.2.6.2 Resultat: Scenariemodell 1

Driftsoverskuddet pr. produceret energienhed er i basisscenariet 23,9 DKK/GJ/y.

For di prisen for HPA1-flis er lavere pr. energienhed end for træflis i basisscenariet, bliver økonomien for det enkelte værk forbedret med:

- B. 75% skovflis + 25% HPA1:
 - 682.000 DKK/y i forhold til 8.85.000 DKK/y, dvs. et øget overskud på ca. 8%.
- C. 50% skovflis + 50% HPA1:
 - 1.366.000 DKK/y i forhold til 8.85.000 DKK/y, dvs. et øget overskud på ca. 15%.

Beskrivelse	Scenarie A Flis: 100%				Scenarie B Flis: 75% HPA1: 25%				Scenarie C Flis: 50% HPA1: 50%			
	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK
Brændsel												
MSW	0	t	-230	0	0	t	-230	0	0	t	-230	0
Importeret affald	0	t	-300	0	0	t	-300	0	0	t	-300	0
HPA1	0	t	357	0	8.255	t	357	-2.947	16.509	t	357	-5.894
HPA2	0	t	220	0	0	t	220	0	0	t	220	0
Træflis	33.018	t	468		24.764	t	468	-11.589	16.509	t	468	-7.726
Delsum				-15.453				-14.536				-13.620
Energiproduktion												
Fjernvarmeproduktion	370.863	GJ	84,20	31.227	369.080	GJ	84	31.077	367.297	GJ	84	30.926
El-produktion, netto	0	MWh	223,88	0	0	MWh	223,88	0	0	MWh	223,88	0
Delsum				31.227				31.077				30.926
Øvrige omkostninger												
Drift og vedligehold på anlæg												
Faste vedligeholdsmkostninger	1	-	0	0	1	-	0	0	1	-	0	0
Samlede vedligeholdsmkostninger	103.018	MWh	-	-4.172	102.522	t	-	-4.256	102.027	t	-	-4.339
Delsum				-4.172				-4.256				-4.339
	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK
Kapitalomkostninger												
Biomassefyret fjernvarmeanlæg			45.000				45.000				45.000	
Samlede kapitalomkostninger	20,00	2%	45.000	-2.752	20,00	2%	45.000	-2.752	20,00	2%	45.000	-2.752
Overskud/underskud				8.850				9.532				10.216
Overskud/underskud (pr. årlig energiproduktion, DKK/GJ)				23,86				25,83				27,81

Tabel 6: Scenariemodell for HPA på flisfyret fjernvarmewærk: A: Basis. B: 75% skovflis + 25% HPA1. C: 50% skovflis + 50% HPA1

4.2.7 Scenariemodell 2 – Flisfyret decentralt kraftvarmewærk

Anlægs kapacitet: 20 MW_{El} eller 71,3 MW_{Total energiproduktion}, dvs. samme el-produktion som for det affaldsfyrede decentrale kraftvarmewærk.

Tabel 7 viser brændselsspecifikationerne for de to brændsler: Træflis og HPA-flis.

Brændsel	Betegnelse	Vandindhold [%]	Askeindhold [%]	Brændværdi [MJ/kg]	Pris DKK/GJ	Pris DKK/t	Kommentar	Ref.
Have-/park-affaldsflis egnet til DH+CHP+WtE	HPA1	40	3	10,2	35			2
Træflis	WC	40	1,5	10,4	45			3

Reference	
2	Estimat baseret på projektets undersøgelser
3	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen

Tabel 7: Brændselsspecifikation, mængder og priser for brændsel til flisfyret kraftvarmewærk.

Tabel 8 viser, hvilke data fra Teknologikataloget der indgår i modellen.

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologi-katalog	Data til HPA økonomi-model	Enhed
Availability (%)	90	90	%
Electricity efficiency (%) net	30	30	%
Heat efficiency (%) net; with flue gas condensation	77	77	%
Specific investment (M€/MW)	4,0	30.000.000	DKK/MW
Technical lifetime (years)	30	30	y
Fixed O&M (€/MW/year)	29.000	Beregnes	
Variable O&M (€/MWh)	3,9	Beregnes	

Tabel 8: Data fra teknologikataloget i økonomi-modellen for et flisfyret kraftvarmeværk.

Bilag 6: indeholder de samlede inddata til økonomimodellen inkl. data fra Energistyrelsens Teknologikatalog, referencer og kommentarer.

Scenarier:

- A. 100% skovflis (basis-scenarie)
- B. 75% skovflis + 25% HPA1
- C. 50% skovflis + 50% HPA1

4.2.7.1 Resultat: Scenariemodell 2

Driftsoverskuddet pr. produceret energienhed er i basisscenariet 18,3 DKK/GJ/y.

Fordi prisen for HPA1-flis er lavere pr. energienhed end for træflis i basisscenariet, bliver økonomien for det enkelte værk forbedret med:

- C. 75% skovflis + 25% HPA1:
 - 4.088.000 DKK/y i forhold til ca. 37 MDKK/y, dvs. et øget overskud på ca. 11%.
- D. 50% skovflis + 50% HPA1:
 - 8.177.000 DKK/y i forhold til ca. 37 MDKK/y, dvs. et øget overskud på ca. 22%.

Beskrivelse	Scenarie A Flis: 100%				Scenarie B Flis: 75% HPA1: 25%				Scenarie C Flis: 50% HPA1: 50%			
	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK
Brændsel												
MSW	0	t	-230	0	0	t	-230	0	0	t	-230	0
Importeret affald	0	t	-300	0	0	t	-300	0	0	t	-300	0
HPA1	0	t	357	0	45.485	t	357	-16.238	90.969	t	357	-32.476
HPA2	0	t	220	0	0	t	220	0	0	t	220	0
Træflis	181.938	t	468	-85.147	136.454	t	468	-63.860	90.969	t	468	-42.574
Delsum				-85.147				-80.098				-75.050
Energiproduktion												
Fjernvarmeproduktion	1.456.963	GJ	84,20	122.676	1.449.959	GJ	84	122.087	1.442.954	GJ	84	121.497
El-produktion, netto	157.680	MWh	223,88	35.302	156.922	MWh	223,88	35.132	156.164	MWh	223,88	34.962
Delsum				157.978				157.219				156.459
Øvrige omkostninger												
Drift og vedligehold på anlæg												
Faste vedligeholdskosten	1	-	4.350.000	-4.350	1	-	4.458.750	-4.459	1	-	4.567.500	-4.568
Variable vedligeholdskosten	157.680	MWh	-	-4.612	156.922	MWh	-	-4.705	156.164	MWh	-	-4.796
Delsum				-8.962				-9.163				-9.364
Kapitalomkostninger												
Tilbagebet.		Realrente	Investering	Årlige omkostninger	Tilbagebet.	Realrente	Investering	Årlige omkostninger	Tilbagebet.	Realrente	Investering	Årlige omkostninger
	y	% p.a.	1.000 DKK	1000 DKK	y	% p.a.	1.000 DKK	1000 DKK	y	% p.a.	1.000 DKK	1000 DKK
CHP, damp turbine, rsggaskond.			600.000				600.000				600.000	
Samlede kapitalomkostninger	30,00	2%	600.000	-26.790	30,00	2%	600.000	-26.790	30,00	2%	600.000	-26.790
Overskud / underskud				37.079				41.167				45.256
Overskud / underskud (pr. årlig energiproduktion, DKK/GJ)				18,31				20,43				22,57

Tabel 9: Scenariemodell for HPA på flisfyret kraftvarmeværk: A: Basis. B: 75% skovflis + 25% HPA1. C: 50% skovflis + 50% HPA1

4.2.8 Scenariemodul 3 – Affaldsenergianlæg

Anlægskapacitet: 20 MW_{El} eller 95,8 MW_{Total energiproduktion}, dvs. samme el-produktion som for det flisfyrede decentrale kraftvarmeværk.

Tabel 7 viser brændselsspecifikationerne for de to brændsler: Træflis og HPA-flis.

Brændsel	Betegnelse	Vandindhold	Askeindhold	Brændværdi	Pris	Pris	Kommentar	Ref.
		[%]	[%]	[MJ/kg]	DKK/GJ	DKK/t		
MSW	MSW	20	23	10		-230	A	1
Have-/park-affaldsflis egnet til WtE	HPA2	40	10	8,8	25			2

Reference	
1	Energistyrelsens Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) - Forbrænding
2	Estimat baseret på projektets undersøgelser

Kommentar	
A	Den vægtede gennemsnitlige modtagepris er 427 - 435 kroner pr. ton, incl. afgifter (s. 10). De samlede afgifter inkl. SO ₂ -afgift udgør ca. 46% af modtageafgiften (s. 13 + 15). Den gennemsnitlige modtagepris ekskl. afgifter er derfor ca. 230 kr./t. +/- 150 kr./t. Fordelingen af modtagepriser, incl. afgifter fremgår af s. 11.

Tabel 10: Brændselsspecifikation, mængder og priser for brændsel til affaldsfyret kraftvarmeværk.

Tabel 11 viser, hvilke data fra Teknologikataloget der indgår i modellen.

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologi-katalog	Data til HPA økonomi-model	Enhed
Fuel input capacity (tonnes/hr)	25 - 35	30	
Forced outage (%)	1		
Planned outage (weeks per year)	3		
Total efficiency (%) net	97	115	%
Electricity efficiency (%) net	26	24	%
Electricity efficiency (%) gross	30	28	%
Specific investment (M€/MW)	7 - 10	52.500.000	DKK/MW
Technical lifetime (years)	20	20	år
Fixed O&M (€/MW/year)	29.000	4.350.000	DKK/år
Variable O&M (€/MWh)	3,9	29,25	DKK/MWh

Tabel 11: Data fra teknologikataloget i økonomi-modellen for et Affaldsfyret Kraftvarmeværk.

Bilag 7: indeholder de samlede inddata til økonomimodellen inkl. data fra Energistyrelsens Teknologikatalog, referencer og kommentarer.

Scenarier:

- A. 100% MSW
- B. 90% MSW + 10% HPA2
- C. 80% MSW + 20% HPA2

4.2.8.1 Resultat: Scenariemodul 3

Driftsoverskuddet pr. produceret energienhed er i basisscenariet 44,8 DKK/GJ/y.

Fordi affaldsenergianlæg får penge for at modtage affald til forbrænding, men skal betale for HPA-flis, bliver driftsoverskuddet for det enkelte værk i forhold til basisscenariet mindsket med:

B. 90% MSW + 10% HPA2:

- Ca. 7,4 MDKK/y i forhold til ca. 126 MDKK/y, dvs. et mindsket overskud på ca. 6%.

C. 80% MSW + 20% HPA2:

- Ca. 16,2 MDKK/y i forhold til ca. 126 MDKK/y, dvs. et mindsket overskud på ca. 13%.

Økonomien i at anvende HPA til energiudnyttelse på affaldsenergianlæg beror på en række forudsætninger, dels om mulighederne for at nyttiggøre en ellers ledig kapacitet, dels om de lokale energisubstitutionsforhold. Derfor kan der lokalt være langt større økonomiske incitamenter til at nytte HPA i et affaldsenergianlæg.

Beskrivelse	A MSW: 1 HPA2: 0				B MSW: 0,9 HPA2: 0,1				C MSW: 0,8 HPA2: 0,2			
	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK	Årligt forbrug	Enhed	Pris pr. enhed DKK	Årlig omsætning 1000 DKK
Brændsel												
MSW	245.052	t	-230	56.362	220.547	t	-230	50.726	196.042	t	-230	45.090
HPA2	0	t	220	0	24.505	t	220	-5.391	49.010	t	220	-10.782
Deltum				56.362				45.335				34.307
Energiproduktion												
Fjernvarmeproduktion	2.131.952	GJ	84,20	179.510	2.106.369	GJ	84,20	177.356,27	2.080.786	GJ	84,20	175.202
El-produktion, netto	163.368	MWh	223,88	36.575	161.408	MWh	223,88	36.136	159.447	MWh	223,88	35.697
Deltum				216.086				213.493				210.900
Øvrige omkostninger												
Drift og vedligehold på anlæg												
Samlede vedligeholdsomkostninger	71.194.345	-	1,00	-71.194	64.982.028	-	1,00	-64.982	58.758.242	-	1,00	-58.758
Deltum				-71.194				-64.982				-58.758
	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK	Tilbagebet. y	Realrente % p.a.	Investering 1.000 DKK	Årlige omkostninger 1000 DKK
Kapitalomkostninger												
Affaldsenergianlæg			1.225.000				1.225.000				1.225.000	
Samlet investering	20,00	2%	1.225.000	-74.917	20,00	2%	1.225.000	-74.917	20,00	2%	1.225.000	-74.917
Overskud / underskud				126.336				118.928				110.097
Overskud / underskud (pr. årlig energiproduktion, DKK/GJ)				44,83				42,71				40,03

Tabel 12: Scenariemodell for HPA på affaldsfyret kraftvarmeværk:

A: 100% MSW. B: 90% MSW + 10%

HPA2. C: 80% MSW + 20% HPA2.

4.2.9 Følsomhedsanalyse

Da priserne på HPA-flis varierer betydeligt, har vi gennemført en følsomhedsanalyse med stor variation i prisen for alle tre anlægstyper.

Tabel 13 sammenfatter resultaterne af følsomhedsanalysen over for ændringer i prisen for HPA og affald.

Figur 15 viser en grafisk afbildning af følsomhedsanalysens resultater for alle tre anlægstyper. For både det flisfyrede fjernvarmeanlæg og kraftvarmeanlæg giver den laveste pris på HPA-flis en betydelig forbedring af økonomien. Med en andel på 50% HPA-flis viser beregningerne en forbedring på henholdsvis 65% og 86% i det årlige overskud. Fordelen ved fyring med HPA-flis forsvinder imidlertid, hvis prisen på HPA-flis nærmer sig 510 DKK/t svarende til 50 DKK/GJ, hvorved det økonomiske resultat ligger henholdsvis 12% og 15% under driftsresultatet for flisfyring alene.

For affaldsenergianlæg har HPA-prisen selvfølgelig størst indflydelse på anlæg med en høj modtagepris for affaldet og mindst for anlæg med en lav modtagepris. For anlæg med en lav modtagepris på fx 80 DKK/t vil fyring med 20% HPA-flis stort set ikke påvirke driftsresultatet, hvis pris på HPA-flisen er lav (88 DKK/t). En høj HPA-pris på 528 DKK/t svarende til 60 DKK/GJ vil medføre et driftsresultat ca. 25% lavere end fyring med affald alene. Har anlægget derimod en høj modtagepris fx 380 DKK/t, vil driftsresultatet blive mellem 12% og 22% mindre med henholdsvis den lave og den høje HPA-pris.

Økonomien i at anvende HPA til energiudnyttelse på affaldsenergianlæg beror på en række forudsætninger, dels om mulighederne for at nyttiggøre en ellers ledig kapacitet, dels om de lokale energisubstitutionsforhold. Derfor kan der lokalt være langt større økonomiske incitamenter til at nyttiggøre HPA i et affaldsenergianlæg.

Biomassefyret fjernvarmeanlæg
Overskud nominelt [DKK/G_{Jout}/y]

Flis, pris 45 DKK/GJ

HPA1-pris DKK/t	Andel HPA1 (w/w)		
	0%	25%	50%
102	23,9	31,5	39,3
357	23,9	25,8	27,8
510	23,9	22,4	20,9

CHP, dampturbine, røggaskondensering
Overskud nominelt [DKK/G_{Jout}/y]

Flis, pris 45 DKK/GJ

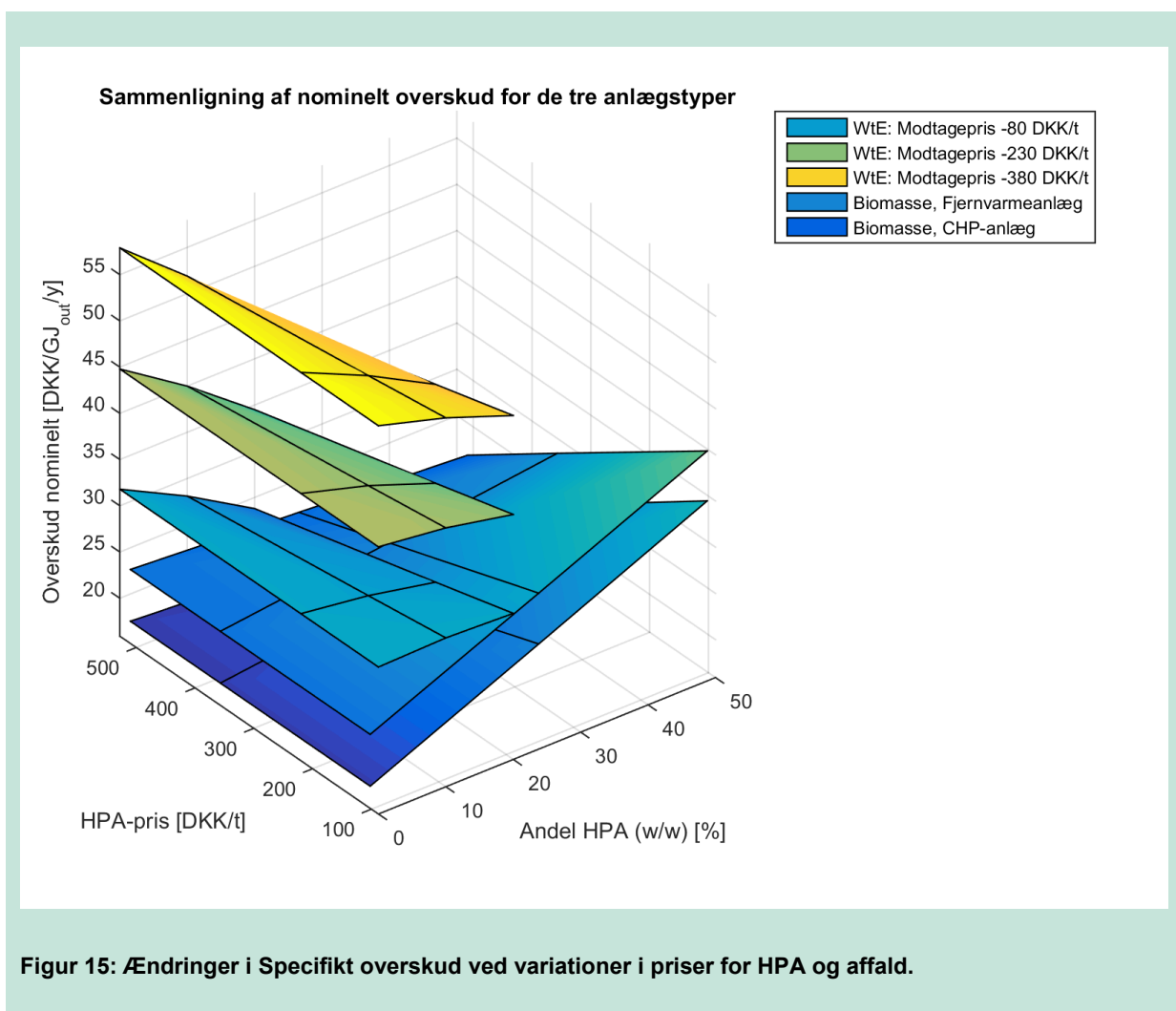
HPA1-pris DKK/t	Andel HPA1 (w/w)		
	0%	25%	50%
102	18,3	26,2	34,1
357	18,3	20,4	22,6
510	18,3	17,0	15,6

Affaldsenergianlæg
Overskud nominelt [DKK/G_{Jout}/y]

HPA2-pris DKK/t	Modtagepris for affald								
	-80			-230			-380		
	Andel HPA2 (w/w)			Andel HPA2 (w/w)			Andel HPA2 (w/w)		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%	0%	10%	20%
88	31,8	32,0	31,7	44,8	43,9	42,4	57,9	55,8	53,1
220	31,8	30,8	29,3	44,8	42,7	40,0	57,9	54,6	50,7
528	31,8	28,1	23,8	44,8	40,0	34,5	57,9	51,9	45,2

Tabel 13: Ændringer i Specifikt overskud ved variationer i priser for HPA og affald.

Farvede felter markerer basisscenariet.



4.2.10 Delkonklusion, scenariemodeller

Nedenstående afsnit indeholder konklusionerne på beregninger og følsomhedsanalyserne baseret de økonomiske modeller, som indeværende projekt skulle udvikle.

4.2.10.1 Flisfyrede fjernvarme- og kraftvarmeværker

For kraftvarme- og fjernvarmeværker antages omkostningerne til vedligehold at være de samme i alle scenarier, idet de tænkes at anvende en kvalitet af HPA, som er tilpasset værkerne.

På grund af den lavere pris på HPA1-flis – i udgangspunktet på 35 DKK/GJ i forhold til træflis på 45 DKK/GJ – er det en klar økonomisk fordel for både flisfyrede fjernvarme- og kraftvarmeværker at erstatte en stor del af brændslet med HPA-flis i en kvalitet tilpasset anlæggene.

Et flisfyret fjernvarmeanlæg vil kunne forbedre sit overskud med 17% (fra 23,9 til 27,8 DKK/GJ/år) ved at fyre med 50% HPA-flis (35 DKK/GJ). Ved en lav pris på HPA-flis på 10 DKK/GJ vil forbedringen være hele 65% svarende til et overskud på 39,3 DKK/GJ/år. Modsat vil en høj pris på HPA (50 DKK/GJ) selvfølgelig gøre det økonomisk uinteressant at fyre med.

Et flisfyret kraftvarmeanlæg vil kunne forbedre sit overskud med 23% (fra 18,3 til 22,6 DKK/GJ/år) ved at fyre med 50% HPA-flis (35 DKK/GJ). Ved en lav pris på HPA-flis på 10 DKK/GJ vil forbedringen være hele 86% svarende til et overskud på 34,1 DKK/GJ/år. Modsat vil en høj pris på HPA (50 DKK/GJ) selvfølgelig gøre det økonomisk uinteressant at fyre med.

Bemærk at det nominelle overskud (DKK/GJ/år) iflg. modellerne i sammenlignelige situationer er større for et træflis-/HPA-fyret fjernvarmeanlæg end for et kraftvarmeværk (Tabel 13 og Figur 15).

4.2.10.2 Affaldsfyrede kraftvarmeværker

For affaldsenergianlæg har HPA-prisen selvfølgelig størst indflydelse på anlæg med en høj modtagepris for affaldet og mindst for anlæg med en lav modtagepris. For anlæg med en lav modtagepris på fx 80 DKK/t vil fyring med 20% HPA-flis stort set ikke påvirke driftsresultatet, hvis prisen på HPA-flisen er lav (88 DKK/t). En høj HPA-pris på 528 DKK/t svarende til 60 DKK/GJ vil medføre et driftsresultat ca. 25% lavere end ved fyring med affald alene. Har anlægget derimod en høj modtagepris fx 380 DKK/t, vil driftsresultatet blive mellem 12% og 22% mindre med henholdsvis den lave og den høje HPA-pris.

Bemærk at det nominelle overskud (DKK/GJ/år) iflg. modellerne i sammenlignelige situationer er højere for et affaldsfyret kraftvarmeanlæg end for både et træflis-/HPA-fyret fjern-/kraftvarmeanlæg (Tabel 13 og Figur 15).

Økonomien i at anvende HPA til energiudnyttelse på affaldsenergianlæg beror på en række forudsætninger, dels om mulighederne for at nyttiggøre en ellers ledig kapacitet, dels om de lokale energisubstitutionsforhold. Derfor kan der lokalt være langt større økonomiske incitamenter til at nyttiggøre HPA i et affaldsenergianlæg. Der bør i forlængelse af dette projekt udarbejdes en nærmere og mere dybtgående redegørelse for de specifikke forhold, der gør sig gældende for energiudnyttelse af HPA på danske affaldsenergianlæg.

Følgegruppen anbefaler, at energiudnyttelsen af HPA i Danmark bør ske efter en bred samfundsøkonomisk vurdering af, hvor der skabes den største samfundsmæssige effekt, økonomisk, energi-, klima- miljømæssigt jvf. de forudsætninger, som gælder ved godkendelser af projekter for varmeforsyning m.m.

5. Vejen til forbrugsmålet

5.1 Anbefalinger til fremadrettede aktiviteter

Projektet har bidraget til at skabe et klarere og samlet overblik over og viden om alle direkte involverede og interessentkredsen for HPA, samt status for anvendelsen af HPA-flis til energiformål ved forbrænding.

Følgegruppen anbefaler, at der i forlængelse af dette arbejde udarbejdes en nærmere og mere dybtgående redegørelse for de specifikke forhold, der gør sig gældende for energiuudnyttelse af HPA på danske affaldsenergianlæg. Energiudnyttelsen af HPA i Danmark bør ske efter en bred samfundsøkonomisk vurdering af, hvor der skabes den største samfundsmæssige effekt, økonomisk, energi-, klima- miljømæssigt jvf. de forudsætninger, som gælder ved godkendelser af projekter for varmforsyning m.m.

Aktiviteterne har været omfattende i relation til kommunikation, litteratursøgning, interviews, hjælp til indkredsning af virksomheder med erfaringer på området etc. Denne hjælp har været uvurderlig, og det er kun via projektets store netværk, det har været muligt at drage den række af konklusioner, der i det følgende skal fremhæves som væsentlige og nødvendige indsatsområder for at opnå regeringens mål om at anvende 22 % af den samlede mængde HPA til energiformål ved forbrænding i 2018.

Alle de punkter, der er fremhævet under konklusionen, har betydning for den videre udvikling af forbruget af HPA-flis i termiske energianlæg. Disse bør tages i betragtning, når de fremadrettede planer og aktiviteter for at accelerere et stabilt forbrug bliver lanceret. Herunder vil det være anbefalelsesværdigt at gennemføre et eller flere projekter til at følge op på nærværende anbefalinger og monitorere udviklingen med gode erfaringer og områder, der kræver yderligere indsats på.

5.1.1 HPA-flisens uundgåelige, men meget begrænsede indhold af plast er en barriere for udnyttelse på biomassefyrede energianlæg

Både aktører og ejere af biomassefyrede energianlæg har den klare opfattelse, at myndighederne i deres fortolkning og håndtering af "Bekendtgørelse om biomasseaffald" (som regulerer reglerne for afgiftsfri anvendelse af HPA-flis) anlægger en "nul-tolerance" for indholdet af plast.

For adskillige potentielle kunder til HPA-flis er der et udtalt behov for at ændre "nul-tolerancen" til f.eks. et indhold, der med sikkerhed kan opnås med en nærmere specificeret kombination af maskintekniske processer. For de fleste interessenter er ændringen en forudsætning for at gå ind i konkrete nye projekter.

Projektet, følgegruppen og øvrige interessenter, projektet har været i kontakt med, anbefaler derfor Miljøstyrelsen at ændre Biomassebekendtgørelsen ved at indarbejde en petitessegrænse for plastindholdet i HPA-flis til biomassefyrede, som relateres til oparbejdningsprocesserne.

5.1.2 Tungmetalbelastning i HPA-flis til biomassefyrede energianlæg

HPA-flis kan i visse tilfælde/områder være belastet af højere niveauer af tungmetaller. Dansk Fjernvarme (DF) har fremført, at det er et stort ønske fra branchen, at biomassefyrede anlæg friholdes evt. økonomisk negative konsekvenser. Hvis dette ikke sker, er udsigten til, at de flisfyrede fjern-/kraftvarmeværker vil anvende HPA-flis yderst begrænset eller nærmest ikke eksisterende.

Miljøstyrelsen anbefales derfor at indarbejde en passus i Biomassebekendtgørelsen, som tager højde for denne beskrevne usikkerhed.

5.1.3 Forbedring af kvalitet og jævn levering til biomassefyrede energianlæg

Det foreslås at iværksætte en koordineret indsats i tæt samarbejde med aktørerne med henblik på at sikre levering af en forbedret og ensartet kvalitet HPA-flis.

Af hensyn til de biomassefyrede energianlægs driftsbetingelser anbefales det at udvikle planer for, hvordan produktion og levering af HPA-flis kan foregå jævnt fordelt igennem året.

5.1.4 Implementering og erfaringsopsamling ved brug af det udarbejdede forslag til brancheanerkendt brændselsspecifikation til biomassefyrede energianlæg

Projektet anbefaler at starte et nyt projekt, der følger op på det udarbejdede forslag til brancheanerkendt brændselsspecifikation til biomassefyrede energianlæg. Dette skal sikres bl.a. ved information til aktører og energianlæg, som opfordres til bringe standarden i anvendelse på anlæg, der bruger HPA-flis i deres energiproduktion.

Det nye projekt bør sikre, at der indhentes konkrete tilbagemeldinger om erfaringer med brændselsspecifikationen. Denne information vil kunne anvendes til vurdering af, på hvilke områder det nuværende forslag bør modificeres.

Herunder bør der fokuseres på, hvordan en kommende brancheanerkendt standard beskriver og klassificerer HPA-flisens struktur og de heraf følgende udfordringer med dårlige skridegenskaber.

5.1.5 Kortlægning af HPA-flis mængder i Danmark

Analyser af data i Energistyrelsens Energiproducenttællingen og Miljøstyrelsens Affaldsdatasystem (ADS) viser, at de tal, der kommer ind i energisystemet som HPA-flis, er blandet med data om andre træfraktioner, som har en anden oprindelse end den, Miljøstyrelsen forudsætter for registrering i ADS.

Fremadrettet anbefaler projektet, at Energistyrelsen og Miljøstyrelsen får afklaret disse forskelle og tilretter deres registreringssystemer, så det bliver muligt at synliggøre forbruget af HPA-flis.

5.1.6 Holdningsbearbejdning hos ejerne af biomassefyrede energianlæg

Det er vigtigt at skabe et antal succes historier med anvendelsen af HPA-flis i biomassefyrede energianlæg, da der i branchen hersker en udbredt og i mange tilfælde dårligt dokumenteret negativ indstilling til at anvende HPA-flis som tilsatsbrændsel.

Udbredelsen af denne type informationer bør foregå på en systematisk form, hvor den aktivitetsansvarlige inddrager ejere af biomassefyrede fjern- og kraftvarmeanlæg i arbejdet og viderebringer disse informationer på en effektiv og koordineret måde.

6. Referencer

Følgende referenceliste gælder for alle rapportens kapitler, undtaget kapitel

3. Udvikling af en brancheanerkendt standard, hvis referenceliste findes i forlængelse af kapitlet.

Alakangas E. & Impola R., 2014. Quality guidelines for wood fuels in Finland, VTT-M-04712-15.

ARC, 2015. Miljøredegørelse 2014. Amager Ressource Center. Marts 2015.

BioPress, 2014. Nyhedsbrev om bioenergi, brint & brændselsceller nr. 41, april 2014, side 3. Sønderborg Fjernvarme investerer i miljøvenlig multibrændselsovn. Dall Energy. April 2014.

Birkmose T et al., 2013. Biomasse til biogasanlæg i Danmark - på kort og langt sigt. Birkmose T, Hjort-Gregersen K, Stefanek K, AgroTech. November 2013.

Boldrin A, 2009. PhD Thesis: Environmental Assessment of Garden Waste Management. DTU Environment, Department of Environmental Engineering. Boldrin A. September 2009.

Boldrin A, 2010. Presentation: Environmental assessment of garden waste management/Dakofa. DTU Environment, Department of Environmental Engineering. Boldrin A. 2010.

Boldrin A & Christensen TH, 2010. Seasonal generation and composition of garden waste in Aarhus (Denmark). Boldrin A, Christensen TH, Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark. Waste Management 30 (2010) 551–557.

Bredsdorff M, 2012. Artikel: Forskere: Kompostering af vores haveaffald er hul i hovedet. Ingeniøren, 23. marts 2012. <http://ing.dk/artikel/forskere-kompostering-af-vores-haveaffald-er-hul-i-hovedet-127841>

Clowes LA et al., 2008. Driftsvilkår for komposteringsanlæg. Miljøprojekt Nr. 1212 2008, Miljøstyrelsen. Clowes LA, Lund E & Petersen PH, Rambøll.

Dansk Fjernvarme, 2013. Statistik 2012/2013: Benchmarking, 2013. Dansk Fjernvarme. 2013.

Dansk Fjernvarme, 2014. Statistik 2013/2014: Benchmarking, 2014. Dansk Fjernvarme. 2014.

Dansk Skovforening, Skovdyrkerforeningerne og HedeDanmark a/s, 2013. Notat: Danmarks forsyning af træflis i fremtidens energimarked. Dansk Skovforening, Skovdyrkerforeningerne og HedeDanmark a/s. Februar 2013

Energistyrelsen, 2013. Energistatistik 2013.

Energistyrelsen Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) Forbrænding

Energistyrelsen Teknologikatalog, Maj 2012. Opdateret 2015:

08 Waste-to-Energy CHP Plant.

e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme_-_termiske_processer.xlsx

Energistyrelsen Teknologikatalog, Maj 2012. Opdateret 2015:

09 Biomass CHP, Steam Turbine - Woodchips Medium.

e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme_-_termiske_processer.xlsx

Energistyrelsens Teknologikatalog, Maj 2012. Opdateret 2015:

43 District Heating Boiler, Biomass Fired - Wood Chips Medium.

e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme_-_termiske_processer.xlsx

Evald, A, 2013. Biomass Statistics: Wood chips - Update: 6th edition, November 2013, the Danish Energy Agency. Af Evald A, FORCE Technology. November 2013.

Evald, A, 2013. Biomass Statistics: Wood waste - Update: 6th edition, October 2013, the Danish Energy Agency. Af Evald A, FORCE Technology. October 2013.

FIB, 2013. Tidsskrift. FIB nr. 45, 2013.

FIB, 2013. Biomassetyper. FIB nr. 45, side 18, september 2013.

FIB, 2015. Biomasse: Forskere ser på alternative biobrændsler. FIB nr. 52, side 15, juni 2015.

Gamborg C, 2002. Træbrændsler: Fysiske egenskaber. Skovbrug videnblade, Skov & Landskab. Bladnr. 7.9-3, maj 2002.

Hansen & Boldrin, 2007. Bilagsrapport 4: Haveaffald – systembeskrivelse. Modellering af behandlingen af haveaffald i Herning Kommune. Hansen TL & Boldrin A, Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. Marts 2007.

Hansen & Boldrin, 2007. Bilag 3: Emissioner fra kompostering, laboratorieforsøg og Litteraturværdier, side 26-28, i Bilagsrapport 4: Haveaffald – systembeskrivelse. Modellering af behandlingen af haveaffald i Herning Kommune. Hansen TL & Boldrin A, Institut for Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. Marts 2007.

HedeDanmark, 2009. Markedet for træflis i Danmark. HedeDanmark. Oktober, 2009.

Hillerød Kommune, 2009. Kortlægningsrapport 2009-2020. Kortlægning af oplysninger fra modtageanlæg. Hillerød Kommune. Juni 2009.

Kofman P & Gamborg C, 2004. Quality of wood fuels in Denmark: Summary report. Kofman P & Gamborg C, Danish Forest and Landscape Research Institute, 2004.

Larsen B, 2009. Biobrændsel af rødder og have-affald. Foredrag i Dansk Fjernvarme. Larsen B, KomTek Miljø A/S. 2009.

Miljøstyrelsen, 2006. Affaldsstatistik 2005. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 6 2006.

Miljøstyrelsen, 2009. Notat om høring af ændring af biomasseaffaldsbekendtgørelsen. Miljøstyrelsen, Jord & Affald, November 2009. J.nr. MST-739-00023.

Miljøstyrelsen, 2010. Affaldsstatistik 2007 og 2008. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 5 2010.

Miljøstyrelsen, 2011. Affaldsstatistik 2009 og Fremskrivning af affaldsmængder 2011-2050. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 4 2011.

Miljøstyrelsen, 2013. Affaldsstatistik 2011. Notat. Miljøstyrelsen, Jord & Affald, Juni 2013. J.nr. MST-7761-00516.

Miljøstyrelsen, 2013. Miljøgodkendelse – Tillægsgodkendelse for I/S Vestforbrænding. Miljøstyrelsen, MST-Virksomheder, j.nr. MST-1270-01005, januar 2013.

Miljøstyrelsen, 2014. Affaldsstatistik 2012. Notat. Miljøstyrelsen, Jord & Affald, Oktober 2014. J.nr.: MST-7761-00562.

Miljøstyrelsen, 2014. Danmark uden affald. Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 4, 2014.

Miljøstyrelsen, 2016. Bekendtgørelse om biomasseaffald. BEK nr 84 af 26/01/2016. Miljøstyrelsen, j.nr. MST-745-00011.

Møller et al., 2010. Miljøvurdering af udbringning af haveparkaffald på landbrugsjord. Rapport udarbejdet for Vestforbrænding I/S og AffaldVarme, Århus. Møller J, Andersen JK, Christensen TH, DTU Miljø. Nielsen MP, Bruun S, Jensen LS, Institut for Jordbrug og Økologi, KULIFE. September 2010.

Olesen GB, 2014. Baggrundsnotat: VedvarendeEnergi's Energivision. 5.5 Biomasse. Februar 2014.

Petersen C et al., 2014. Organiske restprodukter - vurdering af potentiale og behandlet mængde. Miljøprojekt nr. 1529, 2014, Miljøstyrelsen. Petersen C, Kaysen O, Hansen J P, Econet A/S, 2012.

REFA, 2012. Have- og parkaffald. Affaldsfraktioner, Bilag.Nr. 1.19. REFA, august 2012.

Regeringen, 2013. Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre. Oktober, 2013.

Skovdyrkerne, 2013. Deltagerliste Konferencen "Skovbruget som energileverandør" 30.05.2013. Skovdyrkerne. Maj 2013.

Solum, 2011. Brochure: Entreprenørydelser, Knusning/neddeling. Fra affald til værdifulde ressourcer.

Toft R et al., 2015. Affaldsstatistik 2013. Miljøstyrelsen, 2015. Af Toft R, Fischer C, Bøjesen N Aa, Kristensen E.

Vestforbrænding, 2009. Gentofte Kommune: Affaldsplan 2014-2024, Bilag 1: Kortlægning af oplysninger fra modtageanlæg 2009. Veksebo Miljørådgivning. September 2010.

Vestforbrænding, 2010. Brøndby Kommune: Affaldsplan 2013-2024, Bilag 1: Kortlægning af oplysninger fra modtageanlæg 2009. Veksebo Miljørådgivning. September 2010.

Videncenter for Halm- og Flisfyring, 1999. Publikation: Træ til energiformål – Teknik – Miljø – Økonomi for Energistyrelsen. 1999.

Wagner H et al., 2013. Presentation: Gasification of urban biomass residues. IEA, Task 33 workshop, Gothenburg, Sweden. Wagner H, Stooß A, Luebben S, Kaltschmitt M, Siechau R,

Grundmann J, Weber S, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft, Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH). November 2013.

Bilag 1: Interviewskema til energianlæg

Målgruppe: Kedelproducenter, der selv vurderer at kunne omsætte HPA-flis.
Skemaet kan også bruges til hjælp ved interview med anlæggene

Hjælpekema til interviews om kedelmodifikationer

Formål

At skabe en bedre forståelse for producenternes vurdering af muligheder for at udvikle et kedelsystem, der er mere robust over for anvendelse af HPA-flis. Det er væsentligt at få identificeret, hvor de kritiske og begrænsende tekniske og procesmæssige løsninger eksisterer, og især fokusere på realismen i at udvikle kommercielt interessante løsninger.

Herunder søges konkrete informationer om, hvilke maksimale indhold (og evt. typer) af ikke-brændbare komponenter producenterne mener, er realistisk at kunne transportere igennem hele kedelsystemet.

Interviewskema

1. Indlede med at forklare baggrunden: Udredning på vegne af Miljøstyrelsen. Oplysningerne skal understøtte fokus på, hvilke krav der evt. skal stilles til en fremtidig øget udsortering og oparbejdning til brændselskvalitet af egnede fraktioner af have-/parkaffald i Danmark.
2. Erfaringer med HPA-flis:
 - kører nogle af jeres kedelsystemer med HPA-flis (hvor)
 - hvilke gode og dårlige erfaringer har I gjort jer
 - har dette givet anledning gennemførelse af udvikling af forbedrede løsninger – eller har I planer herom ("åbnings spørgsmål")
3. Teknisk overblik:
 - varme- eller kraftvarme- eller kraftværkskedel
 - størrelser (mindste og største)
 - har I udviklet løsninger, der medfører større tolerance af fremmedlegemer og irregulære partikler
 - på hvilke områder er kedelsystemet blevet forbedret (transport, indfødning, ristedesign, slaggefald, askeudmadning)
4. Absolutte (ufravigelige) kvalitetskrav m.h.t.:
 - vandindhold
 - størrelsesfordeling
 - neddelingsmetode (flis, hogged fuel)
 - ensartethed
 - største partikler
 - fremmedelementer (sten, jord/sand, metal, plastic)
 - på hvilket områder kan der evt. fraviges fra disse krav
5. Kontaktinformationer
 - producentens navn
 - adresse
 - telefon
 - teknisk ansvarliges navn
 - mobil

Target liste for kedelproducenter

Det vurderes ikke påkrævet at interviewe alle, og det er også kun en mindre del af projektet. Ud fra den foreløbige bruttoliste vælges 2-3 stykker:

- Babcock & Wilcox Vølund A/S
- BWSC
- Verdo
- Euro Therm A/S
- Dall Energy
- Justsen Energiteknik A/S

Antallet vil afhænge af, hvad der kommer ud af de første interviews.

Target liste for energianlæg

Er udarbejdet i løbet af projektets indledende fase.

Dokumentation

Noter tages løbende under interviews. Indsættes evt. som bilag i rapporten i en ret rå form (inkl. en del trykfejl). De sammenfattede erfaringer præsenteres kort i udredningsrapporten.

Konsekvenser af leverandørernes respons

Ovenstående hjælpeskema blev udarbejdet i forventning om, at en række producenter af træflis-fyrede kedler og anlægsejere ville være indstillet på at bruge tiden til at hjælpe med de forholdsvis detaljerede spørgsmål.

Erfaringerne viste hurtigt, at ambitionsniveauet ikke kunne opfyldes hos hverken anlæggene eller kedelproducenterne. Årsagerne hertil var for anlægsejerne, at erfaringsgrundlaget var til stede, men ikke så detaljeret som ønsket. Kedelproducenterne havde kun i begrænset omfang erfaringer med håndtering, indfødning og fyring med HPA-flis. Nogle havde dog været involveret i forsøgsaktiviteter og korterevarende driftsperioder på få anlæg.

For begge grupper var tidsforbruget en begrænsning, som projektet naturligvis måtte respektere og justere ambitionsniveauet i forhold til.

Opgaven udviklede sig derfor til at have fokus på de væsentligste erfaringer og oplysninger, som kunne bidrage til en forståelse for, hvor begrænsningerne ligger for eksisterende teknologi.

I dialogen blev der spurgt ind til, på hvilke område respondenterne vurderede, der var behov for modifikation af de tekniske løsninger, som konsekvens af de konstaterede udfordringer.

Disse tilbagemeldinger er sammenfattet under kapitel 2.2 Erfaringer med HPA-flis på energianlæg (side [26](#)).

Bilag 2: Baggrundsinformation til kortlægning

Tabel 2 Affaldsproduktion i Danmark i 2003, 2004 og 2005 opgjort på affaldstype og behandlingsform. Angivet i tons og i %.

HELE LANDET	Genanvendelse						Forbrænding						Deponering						Særlig behandling						Total						
	2003		2004		2005		2003		2004		2005		2003		2004		2005		2003		2004		2005		2003		2004		2005		
Affaldstype	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	
Dagrenovation	227	13	252	14	252	14	1.516	86	1.527	85	1.566	85	28	2	14	1	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Behandlingsrest	1.960	76	1.679	72	1.595	74	339	13	341	15	336	16	279	11	314	13	217	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Storskrald	109	17	95	14	98	12	314	45	369	54	412	52	143	23	132	19	165	21	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Høveaffald	677	98	664	97	726	99	1	0	1	0	1	0	15	2	20	3	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Erhvervsaffald	4.998	77	5.808	78	6.595	80	1.027	15	1.099	15	1.069	13	426	7	450	6	479	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Færligt affald	49	21	52	20	22	10	85	36	95	38	83	38	87	37	92	36	97	45	16	7	15	6	17	8	238	2	254	2	218		
Sygehusaffald	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Emballageaffald	195	99	192	99	256	100	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ikke oplyst	2	27	0	9	2	28	3	42	4	90	5	71	2	31	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	8.218	65	8.746	65	9.545	67	3.287	26	3.437	26	3.473	24	961	8	1.024	8	963	7	20	0	16	0	18	0	12.614	100	13.359	100	14.210	100	

Kilde: ISAG indberetninger, Regeringens Affaldsstrategi 2005-2008, Danisco, Genvindingsindustrien og andre større skrothandlere, indberetning til Miljøstyrelsen om slam til udbringning på landbrugsjord m.v. og afbrænding af slam på slamforbrændingsanlæg (tal vedrørende 2001). Affaldsmængden fra renseanlæg er inkl. ristestof og sand

Ref. Miljøstyrelsens Affaldsstatistik 2005

Tabel A3 Affaldsproduktion i Danmark i 2006, 2007 og 2008, opgjort på affaldstype og behandlingsform. Angivet i tons og i %.

HELE LANDET	Genanvendelse						Forbrænding						Deponering						Særlig behandling						Oplagring					
	2006		2007		2008		2006		2007		2008		2006		2007		2008		2006		2007		2008		2006		2007		2008	
Affaldstype	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
Dagrenovation	248	13	256	13	240	12	1.806	86	1.838	85	1.856	86	17	1	29	1	31	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Behandlingsrest	1.824	77	1.808	76	1.534	69	336	14	335	14	335	15	218	9	239	10	370	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Storskrald	76	10	89	11	134	19	406	56	444	57	382	53	158	21	146	19	109	15	1	0	1	0	1	0	104	14	100	13	88	12
Høveaffald	766	99	846	99	774	98	1	0	2	0	3	0	7	1	9	1	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Erhvervsaffald	7.534	82	7.118	82	7.735	83	1.050	11	1.072	12	1.048	11	503	5	429	5	406	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Færligt affald	55	21	68	22	68	21	85	33	89	29	94	29	100	39	129	42	141	44	18	7	18	6	20	6	0	0	0	0	0	0
Sygehusaffald	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emballageaffald	282	99	279	100	229	100	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ikke oplyst	5	48	16	65	11	12	5	51	5	19	74	83	0	0	4	15	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	10.788	70	10.480	69	10.725	69	3.489	23	3.594	24	3.590	23	1.002	6	984	6	1.072	7	19	0	20	0	21	0	181	1	167	1	167	1

Kilde: ISAG indberetninger, Regeringens Affaldsstrategi 2009-2012, Danisco, Genvindingsindustrien og større skrothandlere, indberetning til Miljøstyrelsen om slam til udbringning på landbrugsjord m.v. og afbrænding af slam på slamforbrændingsanlæg (tal vedrørende 2001). Affaldsmængden fra renseanlæg er inkl. ristestof og sand.

Ref. Miljøstyrelsens Affaldsstatistik 2007 og 2008

Tabel A3 Affaldsproduktion i Danmark i 2007, 2008 og 2009, opgjort på affaldstype og behandlingsform. Angivet i 1000 tons og i %.

HELE LANDET	Genanvendelse						Forbrænding						Deponering						Særlig behandling						Oplagring				Total						
	2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009
Affaldstype	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	000 t	%	
Dagrenovation	256	13	240	12	257	14	1.638	85	1.666	86	1.620	85	29	1	31	2	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Behandlingsrest	1.808	76	1.534	69	1.585	72	335	14	335	15	335	15	239	10	370	17	277	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Storskrald	89	11	134	19	154	26	444	57	382	53	282	47	146	19	109	15	88	15	1	0	1	0	1	0	100	13	88	12	77	13	779	5	715	5	
Høveaffald	846	99	774	98	813	99	2	0	3	0	4	0	9	1	11	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Erhvervsaffald	7.118	82	7.356	83	6.415	82	1.072	12	1.046	11	1.011	13	429	5	406	4	301	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Færligt affald	68	22	68	21	54	21	89	29	94	29	101	30	129	42	141	44	88	34	18	6	20	6	17	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sygehusaffald	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Emballageaffald	279	100	229	100	249	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Ikke oplyst	16	65	11	12	9	20	5	19	74	83	34	74	4	15	4	4	3	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
Total	10.480	69	10.725	69	9.536	69	3.584	24	3.590	23	3.386	24	984	6	1.072	7	779	6	20	0	21	0	18	0	167	1	167	1	152	1	15.235	100	15.575	100	

Kilde: ISAG indberetninger, Regeringens Affaldsstrategi 2009-2012, Danisco, Genvindingsindustrien og andre større skrothandlere, indberetning til Miljøstyrelsen om slam til udbringning på landbrugsjord m.v.. Affaldsmængden fra renseanlæg er inkl. ristestof og sand

Ref. Affaldsstatistik 2009 og fremskrivning af affaldsmængder 2011-2050, Bilag A

Bilag 3: Miljøstyrelsens baggrund for HPA-indsatsen

I Ressourceplan for affaldshåndtering 2013-2018 under kapitel 5, Mere genanvendelse af affald fra husholdninger og servicesektoren gives følgende under afsnit 5.4, Haveaffald:

5.4.1 Miljø og ressourceforhold

Når haveaffald behandles på komposteringsanlæg, har den færdige kompost en positiv miljøpåvirkning, fordi den kan erstatte spagnum og handelsgødning og give en jordforbedrende virkning, hvor det anvendes. Mere end halvdelen af haveaffaldet er bedst egnet til at blive komposteret og anvendt til jordforbedringsmiddel og gødskning.

Gennem central kompostering af haveaffald kan der fremstilles et ukrudtsfrit kompostprodukt, der i et vist omfang kan erstatte haveejernes anvendelse af spagnum og handelsgødning. Denne substitution bør fremmes, bl.a. fordi der er en væsentlig CO₂-emission ved anvendelse af spagnum. En mindre del af haveaffaldet kan anvendes til biogasproduktion, så både næringsstoffer og energi udnyttes. Større grene er et godt CO₂-neutralt brændsel og indeholder kun få næringsstoffer.

5.4.2 Status, datagrundlag og regler

Haveaffald er ikke nærmere defineret i affaldsbekendtgørelsen, men det skal håndteres i overensstemmelse med den generelle affaldslovgivning og affaldshierarkiet. Haveaffald kan normalt afleveres på kommunernes genbrugspladser, og mange kommuner har etableret henteordninger for haveaffald. Rent haveaffald (komposteret eller ikke-komposteret) er ikke omfattet af bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål⁹. Hvis haveaffaldet er blandet med andet, kan det være omfattet.

Grene, stød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer har kunnet håndteres efter bekendtgørelse om biomasseaffald siden 1. februar 2010¹⁰ således, at energien i de energirige, men næringsfattige dele af haveaffald kan udnyttes, uden at der svares energifgift ved forbrænding. Denne ændring forventes at betyde, at op til 1/3 af haveaffaldet fremover anvendes til energiproduktion¹¹.

5.4.3 Initiativernes forventede effekter for haveaffald i 2018 og udviklingen frem mod 2024

Det forventes, at 25 % af haveaffaldet energiudnyttes ved forbrænding eller bioforgasning i 2018. Højst 2 % af haveaffaldet deponeres, og resten komposteres. I dag energiudnyttes 4 % af haveaffaldet.

Dette forventes øget i 2024, såfremt man fortsætter samme indsats som frem mod 2018. De forventede effekter af initiativerne for behandling af haveaffald skal bidrage til, at energiudnyttelsen af haveaffaldet stiger, at næringsstofferne fortsat udnyttes effektivt, og at den lave deponeringsgrad fastholdes. Dette gælder for haveaffald fra både husholdninger og erhverv.

⁹ Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, nr. 1650 fra 2006.

¹⁰ Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om biomasseaffald, nr. 57 af 11. januar 2010.

¹¹ Miljøvurdering af udbringning af have-/parkaffald på landbrugsjord. DTU Miljø og KU-Life for Vestforbrænding I/S og AffaldsVarme Århus, 2010.

	Bioforgasnin g	Kompostering	Forbrænding	Deponering
Mængde i 2011*	-	534.000 tons	23.000 tons	22.000 tons
Behandling i 2011*	-	87 %	4 %	4 %
Forventet effekt i 2018	3 %	73 %	22 %	2 %

Tabel 5.3: Mængde, behandling og forventet effekt for haveaffald fra husholdninger og erhverv, der indsamles til central behandling

* ekskl. mængder registreret som 'Særlig behandling' og 'Midlertidig oplagring'

5.4.4 Initiativer i 2013-18

Der gennemføres et projekt for at støtte øget udsortering og kvalitet af biobrændsler, der er fremstillet af grene, stød, rødder og andet rent vedmateriale fra haver, parker og andre træ- og buskbevoksede arealer med henblik på anvendelse i biomassefyrede energianlæg eller affaldsenergianlæg. *Forf. bemærk.: Dette er baggrunden for nærværende udredningsprojekt.* Desuden gennemføres der en undersøgelse af mulighederne for indsamling/udsortering af rent, grønt haveaffald og lignende affald (f.eks. græsklip, grødebeskæring, tang) med højt gas-potentiale med henblik på biogasproduktion og efterfølgende anvendelse til jordbrugsformål.

Der vil være støtte fra staten til, at der udarbejdes og distribueres oplysningsmateriale om kvalitet og anvendelse af have-parkkompost for at nedsætte forbruget af spagnum og handelsgødning og herved reducere klimaeffekten fra dette forbrug.

Bilag 4: Brændselsdata for scenariemodeller

Brændsel	Betegnelse	Vandindhold	Askeindhold	Brændværdi	Pris	Pris	Kommentar	Ref.
		[%]	[%]	[MJ/kg]	DKK/GJ	DKK/t		
MSW	MSW	20	23	10		-230	A	1
Have-/park-affaldsflis egnet til DH+CHP+WtE	HPA1	40	3	10,2	35			2
Have-/park-affaldsflis egnet til WtE	HPA2	40	10	8,8	25			2
Træflis	WC	40	1,5	10,4	45			3

Reference	
1	Energistyrelsens Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) - Forbrænding
2	Estimat baseret på projektets undersøgelser
3	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen

Kommentar	
A	Den vægtede gennemsnitlige modtagepris er 427 - 435 kroner pr. ton, incl. afgifter (s. 10). De samlede afgifter inkl. SO ₂ -afgift udgør ca. 46% af modtageafgiften (s. 13 + 15). Den gennemsnitlige modtagepris ekskl. afgifter er derfor ca. 230 kr./t. +/- 150 kr./t. Fordelingen af modtagepriser, incl. afgifter fremgår af s. 11.

Bilag 5: Inddata til scenariemodell for et Biomassefyret Fjernvarmeanlæg

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologikatalog	Data til HPA økonomimodell	Enhed	Kommentar	Ref.
Kapacitet					
Fuel input		3,8	t/h		
Nominal capacity, heat		11,1	MW input		
Generating capacity for one plant (MJ/s)	1 - 12	12,0	MW output	A	1
Driftstimer pr. år		8.760	h/år		
Ækvivalente fuldlasttimmer		8.585	h/år		
Availability (%)	96-98	98%			1
Electricity efficiency (%) net		0	%		
Total efficiency (%) net	108	108			1
Priser					
MSW		-230	DKK/t		2
HPA1		357	DKK/t		3
HPA2		220	DKK/t		3
Træflis		468	DKK/t		4
Kurs		7,50	DKK/€		
Varmepris (varmepri loft for affaldsforbrænding)		84,20	DKK/GJ		5
El-pris		223,88	DKK/MWh		6
Kapitalomkostninger					
Nominal investment (M€ per MJ/s)	0.5 - 1.1	3.750.000	DKK/MW	B	1
Generating capacity for one plant (MJ/s)		12,0	MW		
Investering		45.000.000	DKK		
Technical lifetime (years)	20,00	20,00			1
Realrente		2%			
Vedligehold					
Total O&M (€/MWh)	5,4				1
Faste vedligeholdelseskostninger		0	DKK/år		1
Samlede vedligeholdelseskostninger		40,50	DKK/MWh		
Faktor for vedligehold for HPA		10%	%	C	

Reference	
1	ENS Teknologikatalog: 43 District Heating Boiler, Biomass Fired - Wood Chips. h_datablade_for_fjernvarmeproduktion_0.xlsx e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme - termiske processer.xlsx
2	Energistyrelsens Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) - Forbrænding
3	Estimat baseret på projektets undersøgelser
4	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen
5	Energistyrelsens udmelding for 2017.
6	Norpool el-spot, DK1+2, gennemsnit
7	

Kommentar	
A	Justeret til højeste anlægsstørrelse i Teknologikatalog
B	Mindste nom. inv. pga. stort anlæg
C	Skøn baseret på samtaler med værker, som har kort erfaring med HPA-flis

Bilag 6: Inddata til scenariemodell for et Biomassefyret Kraftvarmeværk

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologikatalog	Data til HPA økonomimodell	Enhed	Kommentar	Ref.
Kapacitet					
Fuel input		23,1	t/h	A	
Nominal capacity, heat + power		66,7	MW input	A	
Nominal capacity, heat + power		71,3	MW output	A	
Generating capacity for one unit (MW)		20,0	MW _{el} output	A	
Driftstid					
Driftstimer pr. år		8.760	h/år		
Ækvivalente fuldlasttimer		7.884	h/år		
Availability (%)	90%	90%			1
Electricity efficiency (%) net	30	30	%		1
Heat efficiency (%) net; with flue gas condensation	77	77	%	B	1
Total efficiency (%) net		107	%		
Priser					
MSW		-230	DKK/t		2
HPA1		357	DKK/t		3
HPA2		220	DKK/t		3
Træflis		468	DKK/t		4
Kurs		7,50	DKK/€		
Varmepris (varmepri loft for affaldsforbrænding)		84,20	DKK/GJ		5
El-pris		223,88	DKK/MWh		6
Kapitalomkostninger					
Specific investment (M€/MW)	4,0	30.000.000	DKK/MW	C	1
Electrical power generation		20,0	MW		
Investering		600.000.000	DKK		
Technical lifetime (years)	30,00				1
Realrente		2%			
Vedligehold					
Fixed O&M (€/MW/year)	29.000				1
Variable O&M (€/MWh)	3,9				1
Faste vedligeholdelsomkostninger		4.350.000	DKK/år		
Variable vedligeholdelsomkostninger		29,25	DKK/MWh		
Faktor for vedligehold for HPA		10%	%	D	

Reference	
1	ENS Teknologikatalog: 09 Biomass CHP, Steam Turbine - Woodchips Medium. e datablade for elproduktion og kraftvarme - termiske processer.xlsx
2	Energistyrelsens Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) - Forbrænding
3	Estimat baseret på projektets undersøgelser
4	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen
5	Energistyrelsens udmelding for 2017.
6	Norpool el-spot, DK1+2, gennemsnit

Kommentar	
A	Justeret til samme el-produktion som WtE-anlæg: 20,0 MW.
B	WtE har røggaskondensering.
C	Teknologikatalogets kommentar: For electricity generating technologies, incl. combined heat and power generation, the denominator is electric capacity and electricity generation.
D	Skøn baseret på samtaler med værker, som har kort erfaring med HPA-flis

Bilag 7: Inddata til scenariemodell for et Affaldsenergianlæg

Energi- og tekniske data	Data fra Teknologikatalog	Data til HPA økonomimodell	Enhed	Kommentar	Ref.
Kapacitet					
Fuel input capacity (tonnes/hr)	25 - 35	30			1
Nominal kapacitet, varme + el		83,3	MW input		
Nominal kapacitet, varme + el		95,8	MW output		
Nominal kapacitet, el netto		20,0	MW _{el} output		
Driftstid					
Forced outage (%)	1				1
Planned outage (weeks per year)	3				1
Driftstimer pr. år		8.760	h/år		
Ækvivalente fuldlasttimer		8.168	h/år		
Ækvivalent fuldlasttid		93%			
Virkningsgrad					
Total efficiency (%) net	97	115	%	A	1
Electricity efficiency (%) net	26	24	%	H	1
Electricity efficiency (%) gross	30	28	%	H	1
Priser					
MSW		-230	DKK/t	G	2
HPA1		357	DKK/t	B	3
HPA2		220	DKK/t	B	3
Træflis		468	DKK/t	B	4
Kurs		7,50	DKK/€		
Varmepris		84,200	DKK/GJ	C	5
El-pris		223,88	DKK/MWh		6
Kapitalomkostninger					
Specific investment (M€/MW)	7 - 10	52.500.000	DKK/MW	D	1
El-produktion, brutto		23,3	MW		
Investering		1.225.000.000	DKK		
Technical lifetime (years)	20	20	år		1
Realrente		2%			
Vedligehold, WtE					
Vedligeholdsomkostninger		291	DKK/t	E	1
Vedligehold, CHP, wood					
Fixed O&M (€/MW/year)	29.000	4.350.000	DKK/år	F	7
Variable O&M (€/MWh)	3,9	29,25	DKK/MWh	F	7

Reference	
1	ENS Teknologikatalog: 08 Waste-to-Energy CHP Plant. e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme_-_termiske_processer.xlsx
2	Energistyrelsens Benchmarking af affaldssektoren 2016 (data fra 2015) - Forbrænding
3	Estimat baseret på projektets undersøgelser
4	Dansk Fjernvarme. Kenny Lundtofte, Kate Vich-Hansen
5	Energistyrelsens udmelding for 2017.
6	Norpool el-spot, DK1+2, gennemsnit 2017-01-01 til 2017-07-15
7	ENS Teknologikatalog: 09 Biomass CHP, Steam Turbine - Woodchips Medium. e_datablade_for_elproduktion_og_kraftvarme_-_termiske_processer.xlsx

Kommentar	
A	Røggaskondensering øger total virkningsgrad med 15-20%. Valg: 18%, da flere værker melder om relativt høje tal.
B	Anvendes for alle tre anlægstyper
C	Varmprisloft for affaldsforbrænding
D	For anlægstørrelse på 30 t/h anv. mindste investeringsomkostning sv. 7 M€/MW Teknologikatalog: For electricity generating technologies, incl. combined heat and power generation, the denominator is electric capacity and electricity generation.
E	Teknologikataloget: The quoted figure is the average total O&M for plants established in Denmark since 1999. The analysis revealed an economy-of-scale (between 50,000 and 250,000 tonnes/year):
F	Teknologikataloget: For electricity generating technologies, incl. combined heat and power generation, the denominator is electric capacity and electricity generation.
G	Modtagepris ekskl. afgifter
H	Røggaskondensering mindsker el-virkningsgraden med 1-2%-point. Konservativt valg: -2%-point.

Have-/parkaffald til energiudnyttelse ved forbrænding

Rapporten viser bl.a., at der er behov for videreudvikling af metoder til at udskille plast, tekstil, metalstykker, sten, jord og sand samt af maskintekniske løsninger med henblik på at undgå lange partikler. Herudover er der behov for at fremstille en ensartet kvalitet med en lille variation i "askeindholdet" og partikelstørrelsesfordeling.

Det fremgår endvidere af rapporten, at danske affalds-energianlæg er designet på en sådan måde, at de teknisk set kan aftage have-/parkaffald, der anvises til energiudnyttelse uden særlig behov for yderligere sortering og neddeling og omfattende analyser.

Det anbefales, at Miljøstyrelsen udarbejder en petitesse-grænse for plastindholdet i HPA-flis til biomasefyrede energianlæg.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk