

PROJEKTRAPPORT NR 9

Småskalig användning av torv – effekter av torvinblandning i träpellets på förbränningsresultaten i pelletsbrännare

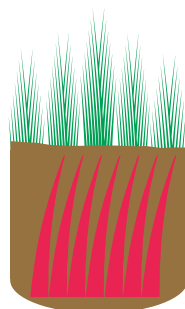
Small scale use of peat – effect of peat addition to woody biomass pellets on combustion characteristics in residential appliances

Henry Hedman, Energitekniskt Centrum i Piteå,

Ida-Linn Nyström, Marcus Öhman Avd för Energiteknik, Luleå Tekniska Universitet

Dan Boström, Christoffer Boman, Energiteknik och Termisk Processkemi Umeå Universitet

Robert Samuelsson, Biomassateknologi och Kemi, Sveriges lantbruksuniversitet



TorvForsk
Stiftelsen Svensk Torvforskning

Småskalig användning av torv- effekter av torvinblandning i träpellets på förbränningsresultaten i pelletsbrännare

Henry Hedman

Energitekniskt Centrum i Piteå, 941 28 Piteå

Ida-Linn Nyström, Marcus Öhman

Avd för Energiteknik, Luleå Tekniska Universitet, 971 87 Luleå

Dan Boström, Christoffer Boman

Energiteknik och Termisk Processkemi, Umeå Universitet, 901 87 Umeå

Robert Samuelsson

Enheten för Biomassateknologi och Kemi, Sveriges Lantbruksuniversitet,
904 03 Umeå

FÖRORD

Föreliggande rapport redovisar en studie finansierad av direkta medel från NEOVA, Energimyndigheten (STEM) och Torvforsk. Projektet har bedrivits under 2007-08. Samverkan har inom detta projekt skett med STEM-programmet "Produktionsplattform för svensk pelletsindustri" där man i delprojektet "Vidgad råvarubas för svensk pelletsindustri" utfört pelleteringsstudier med mixar innehållande bl a torv, stamved (sågspån)- och energivedsfraktioner. Dessa pelletskvalitéer har nyttjats vid förbränningsförsöken i detta arbete.

Delar av de resultat som redovisas i denna slutrapport kommer också att publiceras/redovisas under World Bioenergy 2008 i Jönköping i Maj i år: Nyström I. L. et al. "*Effect of peat addition to woody biomass pellets on combustion characteristics in residential appliances*". Delar av resultaten har också tidigare redovisats vid branschkonferensen: *Pellets 08, Sundsvall, Jan 2007*.

Med hänsyn taget till deltagande industripartners krav för deltagande i projektet anges med avsikt ej detaljer rörande inblandningsgrader och torvprovernas härkomst såväl som vissa resultat i denna offentliga rapport.

Piteå i April 2008

ABSTRACT

Increased wood pellets demand in Scandinavia along with limited availability of wood assortments e.g. sawdust are pushing the market towards potentially more problematic raw materials with higher ash content, e.g. peat. The objective of the present work was to determine the effect of peat addition to woody biomass pellets on combustion characteristics (i.e. slagging tendencies/operational maintenance, gaseous- and particulate emissions) in residential appliances. Two peat assortments were studied; peat A with high ash and high Si content and peat B with low ash and high Ca content. These were co-pelletized in three different contents (low, medium, high) with sawdust and energy wood, respectively. A commercial underfed pellet burner (20 kW) installed in a reference boiler was used for the combustion experiments. Measurements of gaseous O₂, CO, NO, HCl and SO₂ as well as particle mass size distribution were made in the exhaust gas directly after the boiler. X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy combined with energy dispersive X-ray analysis (SEM/EDS) were used to characterize the collected slag deposit, the corresponding deposited bottom ash in the boiler and flue gas particulate matter regarding morphology and chemical composition. The slagging tendency generally increased when peat were added to the non-slagging wood assortments. The increment was moderate for peat B compared to when peat A were added. The sawdust fuel was generally stronger affected by the peat mixings compared to the energy wood fuel. The slag from fuels containing medium and high amounts of peat A had higher concentrations of Si, Al and Fe and lower concentrations of Ca compared with fuels containing the low admixture of peat A. No major differences in the elemental compositions were shown when comparing the slag from fuels containing different amounts of peat B. Further, the results showed a considerable reduction of the emitted mass of fine (<1 µm) particles when mixing peat A into the woody biomasses fuels.

SAMMANFATTNING

Effekter av inblandningsgraden av olika torvklaser i träpellets (sågspån och energived) på gas- (NO, HCl, SO₂, CO, THC) och partikelemissioner (totalstoft och storleksfördelning) såväl som uppkomsten av askrelaterade driftsproblem (slagging/beläggning) bestämdes genom kontrollerade förbränningsförsök i en undermatad pelletsbrännare (20 kW).

Typisk bränntorv med hög ask- och kiselhalt (torv A) samt en torv med låg ask-, N- och S-halt och med relativt hög Ca-halt i bränsleaskan (torv B) nyttjades i projektet. De båda torvproverna sampelleterades var för sig med spånet och energiveden i inblandningsgrader om noll, låg, medel och hög inblandningsgrad. Samma inblandningsgrader nyttjades för alla sortiment. Standardanalyser av bränslenas sammansättning d v s: 1) elementaranalys (C-, H-, O-, N-halt) 2) effektivt värmevärde; 3) askhalt; 4) fukthalt; 5) svavelhalt 6) klorhalt samt 7) huvud- och askbildande element utfördes.

Samtliga bränslekombinationer eldas i en för teknikområdet representativ P-märkt undermatad brännare. Försöken utfördes under kontinuerlig drift (ej intermitter) vid en konstant bränsleeffekt på 12 kW. Brännaren kompletterades med temperaturmätning (termoelement typ N) vid fyra positioner omkring rostret. Gasanalyser (O₂, CO₂, CO, HCl, SO₂, THC, NO) utfördes under samtliga försök. Provtagning av totalstoft skedde enligt standardmetod (SS-EN 13284-1). För ett flertal intressanta bränslemixar analyserades partiklarnas storleksfördelning m h a en 13-steps lågtrycksimpaktor. Efter provperiodens slut inspekterades utrustningen med avseende på beläggning (slag). Mängden avsatt aska och slagg bestämdes och ask- och partikelprover sparades för senare analys med avseende på utseende och kemisk sammansättning (både kvalitativt och kvantitativt).

Resultaten visade att inblandning av relativt höga andelar av torv med relativt låg askhalt (torv B) i sågspånpelletts torde kunna utföras utan att riskera att den slutgiltiga kvalitén ej benämns som klass 1 pellets enligt SS 18 71 20. Då främst askhalten är relativt hög i ”traditionell” bränntorv (torv A) torde högre inblandningsgrader i träpellets innebära att den slutgiltiga produkten ej kommer att benämnas som klass 1 pellets. Inblandning av torv till de båda nyttjade trädråvarorna (sågspån och energived) ökade slaggingstendens hos bränslena vid förbränning i pelletsbrännare. Denna ökning i slaggingstendens var relativt moderat vid inblandning av torv B (låg askhalt och relativt hög Ca-halt) emedan ökningen i slaggingstendensen var mycket kraftig vid inblandning av typisk bränntorv (Torv A) till de båda nyttjade träsortimenten. Den slagg som bildats vid förbränning av pellets innehållande medium och hög inblandning av torv A innehöll högre halter av elementen Si, Al och Fe samt lägre halter av Ca än den slagg som bildats vid förbränning av bränslen innehållande en låg inblandningsgrad av torv A. Inga större skillnader i elementsammansättning kunde skönjas mellan bränslen med varierande inblandningsgrad av torv B.

Mängden bildad botten(pannaska) såväl som dess volymdensitet ökade generellt vid inblandning av torv till de båda nyttjade träsortimenten. Mängden bildade oförbrända

gaser såsom CO och OGC ökade ej signifikant vid inblandning av torv. SO₂- och NO-emissionerna ökade dock generellt vid inblandning av torv i träpelletsen. En signifikant reduktion av utgående emissioner av de fina partiklarna erhöles vid inblandning av den typiska bränn-torven (torv A) innehållande hög ask- och kiselhalt.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. BAKGRUND	8
2. MÅLSÄTTNING	9
3. TIDIGARE ARBETEN/STUDIER/TEORIER RÖRANDE SAMELDNING/-PELLETERING AV TORV OCH BIOBRÄNSLEN	10
3.1 FÖRBRÄNNINGSPRINCIPER	10
3.2 UTSLÄPP TILL LUFT	10
3.3 UTSLÄPP TILL VATTEN	11
3.4 ASKANS EGENSKAPER	11
3.5 BRÄNSLEHANTERING OCH SLITAGE I FÖRBRÄNNINGSANLÄGGNINGAR	13
3.6 PELLETSPRODUKTION	13
4. METOD OCH UTFÖRANDE	15
4.1 NYTTJADE TORVKLASSER OCH BIOBRÄNSLEN	15
4.2 FÖRBRÄNNINGSFÖRSÖK	17
4.3 KEMISK OCH VISUELL ANALYS	19
5. RESULTAT OCH DISKUSSION	20
5.1 EMISSIONER	20
5.2 SLAGG OCH ASKBILDNING	
5.3 KEMISK SAMMANSÄTTNING HOS BILDAD SLAGG/ASKA OCH PARTIKLAR	22
6. SLUTSATSER	26
7. REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	28
8. REFERENSER	29

1. BAKGRUND

Torv som bränsle har under senare år ifrågasatts med anledning av aspekter som förnybarhet och klimatfrågan. Ett flertal utredningar som ser över torvens framtida förutsättningar som bränsle har tidigare presenterats. Marknaden för biobränslen har bara under senaste året ökat mycket kraftigt och många bränsleleverantörer har svårt att klara efterfrågan. Pelletsindustrin med sin kraftiga expansion i Sverige har särskilt svårt med råvarusituationen där inblandning av torv i skogsråvara och åkergrödor är intressant ur flera aspekter, vilket bl.a. utvärderats inom pelletsforskningsprogrammet SLUP.

Enligt beräkningar från STEM har Sverige en omfattande användning av olja för uppvärmning av småhus samt flerfamiljshus och lokaler utanför de stora städerna och tätorterna. Detta trots att det de senaste decennierna varit en stark övergång från olja till fjärrvärme och el. Totalt handlar det om över 20 TWh olja som används för småskalig uppvärmning i villor, flerfamiljshus samt lokaler inom handel, kontor, förvaltning och småindustri. Bioenergi i form av pellets är där ett starkt alternativ. För torvbränsle i uppvärmningsändamål föreligger en effektgräns på 20 MW, där torven som eldas i anläggningar < 20 MW undantas från handel med utsläppsrätter.

I flera regioner förekommer brist på biobränslen. Sverige har stora torvtillgångar och potential att utöka användningen. Bortsett från diskussionerna kring klimatfrågan kan torv som bränsle vara motiverad i ett mer långsiktigt perspektiv om detta skulle innebära fördelar ur ekonomisk- och tillgänglighetssynpunkt i hela bioenergisystemet.

De eldningsprinciper som framförallt nyttjas inom effektområdet < 20 MW bygger på roster- och brännarteknik (pellets/eller pulver). En stor potential för konvertering från olje- till biobränsleanvändning återfinns inom segmentet från villanivå upp till 3 MW. Inom detta segment är intresset att använda/nyttja pellets stort. En inmixning av torv till sågspån/flis och eventuellt andra råvaror vid pelletstillverkning skulle därmed relativt snabbt kunna medföra en kraftigt utökad användning av bränsletorv.

Inledande försök med torvinblandning med sågspån har visat att dammproblem såväl som ökat slitage i pelletspressar kan uppstå. Det är mycket angeläget att snabbt kvantifiera problemets storlek och därefter föreslå åtgärder för att en introduktion av torv till dessa råvaror skall kunna utföras. Vidare saknas detaljerade studier över torvinblandningens effekt på pelleteringsegenskaperna. Den stora skillnaden i densitet mellan torv och sågspån kan exempelvis ge upphov till segregering med inhomogen pellets kvalitet som följd. Effekten av skillnader i fukthalt mellan torv och trädråvara har ej heller studerats.

Det är viktigt att en introduktion av torv i träpelletsen utförs med målsättning att inte försämrade, utan helst förbättra, bränsleegenskaperna hos bränslepelletsen m a p emissioner och drifttillgänglighet/drifttillsyn. Anläggningar inom det diskuterade effektområdet är utförda för att producera värme under minimal drifttillsyn. För att säkerställa detta krävs att uppkomsten av såväl askrelaterade driftsproblem som driftstopp orsakade av inmatningsrelaterade problem undviks. Det är därför av intresse att bestämma såväl optimala inblandningsgrader som effekter av torv klass på uppkomsten och/eller

reduktionen av dessa problem vid inblandning i träpellets. Stamved i form av såg- och kutterspån, som normalt nyttjas i pellets har väldigt goda askegenskaper och en introduktion av torv kan påverka denna. Då kvävehalten hos torv varierar samtidigt som halten är betydligt högre än i trädbränslen bör inblandning av torv med låga bränstevävehalter eftersträvas för att minimera effekter av ökade NOx-utsläpp.

Diskussioner har på senare tid också förts vad gäller partikelemissionerna från små- och mellanstora förbränningsanläggningar, dels med anledning av de epidemiologiska samband som konstaterats mellan partiklar i omgivningsluften och olika hälsoeffekter och dels den stora osäkerhet som råder både vad gäller emissionernas omfattning och karaktäristik på såväl befintlig som framtida teknik. Tidigare forskning har indikerat att torvinblandning påverkar partikelbildningen vid förbränningen, bl a indikerar dessa studier att mängden fina partiklar kan reduceras vid inblandning av torv i trädbränslen.¹ Detta kan vara av generellt intresse då den reningsteknik som framförallt nyttjas i effektklassen 0,2-3 MW ofta bygger på cyklonavskiljning och denna teknik kan ej avskilja de fina partiklarna som normalt dominerar partikelantalet vid biomassa förbränning.

Inom det Europeiska Standardiseringsarbetet CEN finns ett 30 tal tekniska specifikationer framtagna för biobränslen. Vidare finns en speciell torvstandard framtagen inom Nordtest. Insatser krävs för att klarlägga hur torv kan få acceptans i denna klassificering.

2. MÅLSÄTTNING

Den övergripande målsättningen för projektet ”Småskalig användning av torv (< 20 MW)” är att demonstrera lämpliga bränstveblandningar av olika torvklasser i för pelletsbranschen idag intressanta bränslen (stamveds- och energivedsbaserat material) för att uppnå optimala förbränningsegenskaper (goda askbildningsegenskaper och låga emissionsnivåer). I detta projekt (etapp 1) var syftet därför att bestämma effekten av torvinblandning i träpellets (sågspån respektive energived) på gas- och partikelemissioner såväl som uppkomsten av askrelaterade driftsproblem vid förbränning i typisk pelletsbrännare.

3. TIDIGARE ARBETEN/STUDIER/TEORIER RÖRANDE SAMELDNING/-PELLETERING AV TORV OCH BIOBRÄNSLEN

3.1 FÖRBRÄNNINGSPRINCIPER

Torv har i större omfattning använts i fjärrvärmeproduktion sedan början av 80-talet. Torv används flitigt i många förbränningsanläggningar av flera skäl bl.a. pris, tillgång och förbränningstekniska aspekter. Produktionen av energitorv i Sverige har varit relativt konstant, omkring 3 TWh årligen, under de senaste tio åren. Den största andelen torv kommer från svenska leverantörer men en viss import förekommer från Baltikum och Finland i form av briketter respektive stycketorv från Finland. Torv kan eldas som frästorv, stycketorv, ministycketorv eller som pellets eller briketter. I Sverige används idag främst torv i värme-/kraftverk där det i de flesta fall sameldas med biobränslen och då oftast trädbränslen. Torv eldas idag i nästan samtliga förbränningsprinciper för fasta bränslen, vilka omfattas av roster-, fluidbädd-, pulverbrännare- och pelletsbrännarteknik. I den sist nämnda tekniken, som under senare decenium utvecklats starkt, har torv ännu ej börjat nyttjas kommersiellt i någon större omfattning. De tekniker som framförallt används i effektområden under 20 MW bygger på roster- och pelletsbrännarteknik. Pulverbrännare under 20 MW används också både i s.k. topplattanläggningar och vid kontinuerlig drift. Många av de pulverbrännare som idag installeras i området < 20 MW bygger på användande av pelletsbränslen. I dessa brännare mals pelletsen i samband med transport och inmatning in till själva brännaren. Även i de mindre anläggningarna (< 20 MW) torde sameldning av torv och andra biobränslen vara intressant.

3.2 UTSLÄPP TILL LUFT

De utsläpp till luft som är intressanta att diskutera vid eldning/-sameldning av torv är framförallt kväve-, svaveloxider och partiklar. Kväveoxidemissionernas storlek och karaktär beror på såväl bränslets sammansättning som förbränningsanläggningens utformning (förbrännings- och reningsteknik). Torven har generellt högre kvävehalt (0.5-2 %) än trädbränslen (0.1-1%) och i samma nivå som många åkerbränslen. Detta kan medföra att NOx-utsläppen kan öka vid nyttjande av torv i jämförelse med trädbränslen i anläggningar under 20 MW då dessa oftast saknar sekundär NOx-reduktion (SCR/SNCR).

Svavelinnehållet i torv är generellt lågt (ofta endast några tiondels procent av TS) i jämförelse med t.ex. kol. Torv innehåller dock generellt mer svavel än träd- och åkerbränslen, men samtidigt innehåller även torven ofta höga halter av ”reaktivt” kalcium^{2,3,4} som motverkar utsläppen av SO₂ genom bildandet av kalciumsulfat, s.k. egenretention.⁵ Vid sameldning med många träd- och åkerbränslen kan torvens svavel bindas upp till dessa bränslenes alkali och kalcium varvid eventuellt låga svavelutsläpp kommer att erhållas. I dessa sammanhang kan torvens svavelinnehåll i stället vara av värde för att minimera beläggingsbildning och uppkomsten av s.k. klorinducerad korrosion i anläggningarna (se vidare i 3.4).

Partikelutsläppens storlek och karaktär (såväl storlek som sammansättning) från en anläggning beror också på såväl bränslets sammansättning som förbränningsanläggningens utformning (förbrännings- och reningsteknik).

Partikelutsläppen härrör vid effektiv (normal) förbränning till största delen från bränsleaskkomponenter varvid torvens asksammansättning här är särskilt intressant. Relativt få partikelstudier finns utförda där torvens inverkan på partikelbildningen har studerats. De studier som finns utförda inom området har dock indikerat att torvinblandning i biobränslen reducerar mängden fina partiklar (<1 µm) och ökar mängden grova partiklar (> 1µm).^{6,1} Då utrustning under några MW ofta saknar effektiv partikelreningsutrustning för rening av de mindre partiklarna, och då dessa särskilt har diskuterats m a p hälsoeffekter, kan eventuellt torvinblandning i andra biobränslen vara en intressant lösning.

Då halten av oförbrända gaser (VOC, CO mm) beror mer av förbränningstekniska- än bränsleaspekter nämns dessa aspekter inte mer i denna rapport.

3.3 UTSLÄPP TILL VATTEN

Normalt är det endast aktuellt att diskutera utsläpp till vatten för anläggningar försedda med rökgaskondensering. Då en stor del av det intressanta segmentet för torvanvändning i de småskaliga användningsområdena nyttjar torra bränslen och/eller en investering i rökgaskondensering ej alltid är lönsam för mindre anläggningar diskuteras inte frågor rörande utsläpp till vatten mer i denna rapport.

3.4 ASKANS EGENSKAPER

Torv varierar kraftigt i innehåll av askbildande huvudkomponenter (Ca, Si, Fe, S, Mg, Al, P, K, Cl). Resultaten från en tidigare omfattande kemisk karaktärisering av skandinaviska torvprover visar att en relativt stor andel av torvens oorganiska innehåll föreligger i s.k. amorf form.² Resultaten indikerar dessutom att huvuddelarna av elementen kalium och natrium återfinns som fältspater vilka i normala förbränningssammanhang anses vara mindre reaktionsbenägna. Vidare framgår att en stor andel av torvens övriga oorganiska huvudelement, framförallt kalcium, kisel och svavel och eventuellt aluminium återfinns i mer reaktiv form d v s den största andelen av torvens askinnehåll deltar i kemiska reaktioner under själva förbränningsprocessen.

Askrelaterade driftsproblem

Vid biobränsleeldade anläggningar är det i huvudsak problem relaterat till bränsleinmatning samt askegenskaper som är huvudorsakerna till driftstörningar och driftsstopp. En mindre andel av driftstoppen beror på styr- och reglerfunktioner. Baddagglomerering är speciellt problematisk vid fluidbäddeldning. Detta försämrar värmeöverföring och fluidiseringsegenskaper i bädden, vilket försämrar kontrollen över viktiga styrparametrar för miljö- och verkningsgrad hos pannan. I värsta fall kan bädden haverera och bortfallet av värme-/kraftvärmeproduktion måste då ersättas med t.ex. olja, el eller gas.

Driftserfarenheter och även tidigare utförd forskning tyder på att problem med baddagglomerering och beläggningssbildning i konvektionsdelar minskar vid sameldning mellan torv och besvärliga träd- och åkerbränslen.^{7,8,9} Driftserfarenheter indikerar även minskade problem med beläggningar och korrosion i kraftvärmeverkens överhettardelar vid sameldning med dessa bränslen.¹⁰ Anledningen till de positiva resultat vad gäller

minskning av korrosion och beläggingsbildning har i tidigare utförda studier fokuserats på svavlets roll^{11,12} där huvudhypotesen varit att torvens innehåll av svavel förhindrar alkalimetallerna att förflyktigas som klorider och/eller hydroxider och att natrium och kalium istället binds upp till mer harmlösa sulfat. Indikationer att torvaska även kan ha en mild eroderande (rengörande) effekt som därmed kan reducera beläggningstillväxten på pannrör har också föreslagits.¹³ Svavelhalten varierar dock starkt mellan olika torvar och dessutom kan troligen även torvens innehåll av övriga askbildande komponenter påverka både beläggingsbildningen och sammansättningen på beläggningen.

De bakomliggande mekanismerna till torvens positiva sameldningsegenskaper med problematiska biobränslen har specifikt studerats i ett tidigare arbete.² Resultaten från detta arbete visar att de bakomliggande orsakerna till torvens positiva sameldningsaspekter är borttransport och/eller överföring av alkali i gasfas till mindre reaktionsbenägen partikulär form via sorption och/eller reaktion med reaktiv torvaska (innehållande kisel, kalcium m.m.) och/eller via svavelrika föreningar vid nyttjande av svavelrika torvar. Resultaten från detta arbete visar också att sameldning av problematiska biobränslen med torv ger tydligt positiva effekter vid förbränning vad avser bäddagglomerering, beläggingsbildning i konvektionsdelar samt korrosion. Alla nyttjade torvslag gav positiva resultat. Vid val av torvslag för att maximera de positiva effekterna vid förbränning av problematiska biobränslen kan en allmän rekommendation utifrån resultaten i denna studie göras att torvar med hög askhalt (t. ex. carexinnehållande torv), gärna med relativt höga inslag av svavel, troligtvis ger de bästa sameldningsegenskaperna.

Vid nyttjande av vissa carexdominerade torvar med relativt höga kiselhalter för sameldning med biobränslen i roster/pelletsbrännare, t ex som närvärme och fastighetsanläggningar, finns dock indikationer på en ökad slaggningstendens. Detta kan i sådana fall leda till ökade drifts- och skötselkostnader i dessa typer av anläggningar.¹

Erfarenheter och studier över påverkan av uppkomsten av relaterade driftsproblem vid sameldning med mindre problematiska bränslen som stamved (flis, spån mm), rundvirke och bark saknas dock. Det senare har aktualiserats då bl. a. aktörer inom pelletsindustrin har visat stort intresse att utöka bränslebasen genom inblandning av torv i sågspån (se vidare kap 3.6).

Restprodukter

I förbränningsanläggningarna återfinns de ingående bränsleaskkomponenterna och då även en stor del av i bränslet innehållande tungmetaller, till största delen i den s.k. bottenaskan (grövre askfraktioner) och flygaskan (finare askfraktioner; filteraska cyklonaska m.m.). Dessa restprodukter deponeras eller nyttjas idag i geotekniska konstruktioner. Arbetet pågår med att återföra aska från förbränning av biobränslen (främst trädbränslen) till skogen för vitaliseringsgödning. Skogsstyrelsen har därmed angivit riktlinjer för kvaliteten (bl.a. tungmetallinnehåll) av de askprodukter som återförs. Av intresse är därmed torvens innehåll av tungmetaller. Tungmetallinnehållet i torven styrs av valet av torvmark och marker med förhöjda metallinnehåll sorteras vanligen bort redan vid miljöprovningen av täktärendet. I ett tidigare specifikt arbete framgick att en 30

% - inblandning av torv i biobränslen skulle klara rådande gränsvärden för återföring till naturen.¹⁴

3.5 BRÄNSLEHANTERING OCH SLITAGE I FÖRBRÄNNINGSANLÄGGNINGAR

Torven är liksom trädbränslen volyminös och fodrar (framförallt som frästorv) därför mycket utrymme vid lagring och transport. Frästorv packas relativt lätt vid låga tryck varvid problem med valvbildning kan uppkomma i bränsleinmatningsystemet såsom silos och transportörer. Problemen ökar vid ökad humifieringsgrad och fukthalt.¹⁵ Stycketorven kan också slås sönder i bränslehanteringen innan pannan vilket gör att andelen finfraktion ökar vilket i sin tur kan orsaka förhöjda kväveoxidhalter som emitterade halter av oförbrända produkter (t.ex. CO, partiklar). Ökat slitage hos bränsletransportörer (skruvar) har såväl som damning uppmärksammats vid torvhantering. Under 2005 har produktionsförsök av s.k. ministycketorv initierats. Detta material har visat sig mindre damningsbenäget. Torv kan avge en lukt som avviker från träråvara. Det är angeläget att undersöka den eventuella effekten av torv och träblandningar i det avseendet.

3.6 PELLETSPRODUKTION

Sverige har byggt upp världens största produktionskapacitet för förädlade biobränslen. Ytterligare expansion av sektorn kräver att nya råvaror kan tillhandahållas till konkurrenskraftiga priser, men också att det förädlade biobränslet kan produceras med en kvalitet som gör det lämpligt att användas i befintliga anläggningar med befintlig förbränningsteknologi i såväl stor som liten skala. De biomassaresurser som har stor potential är t.ex. skogsbränsle (grot, röjningsvirke), energigrödor, industriavfall från skogs och jordbrukssektorn, hydrolysrester från etanolframställning m.fl. Idag är emellertid kunskapen om råvarornas förbränningsegenskaper respektive pelleterings-egenskaper för begränsad för att dessa utan problem skall kunna användas som pelletsråvara.

Vid en förändrad råvarubas måste effekter studeras i blandningar och i rena råvaror. De råvaror förutom de stamvedsbaserade (sågspån, kutterspån, torrflis m.fl.) som idag i första hand diskuteras att nyttjas inom landets pelletsindustri är olika rundvirkesfraktioner (energived; bark + stam) samt eventuellt bark. Inmixning av torv i sågspån och rundvirke är därmed en taktik som borde kunna tillämpas för att snabbt öka råvarubasen utan att detta skall behöva förändra förbrännings- och askegenskaperna nämnvärt gentemot befintliga pelletskvaliteter om det utförs på ett optimalt sätt. Torvinblandning i trädbränslen är också idag ett högaktuellt område för torv och pelletsindustrin, vilka har visat stort intresse i området.

Fullskalepelleteringserier med torvinblandning i spån har utförts vid svenska anläggningar ett antal tillfällen under senaste åren. Den allmänna bedömning av resultaten från dessa visar på goda möjligheter till produktion av pellets med hög kvalitet (hållfasthet, bulkdensitet m.m.). Vid en studie förekom dock ett kraftigt ökat slitage av pelleteringsutrustningen (bl. a. matriser). Kunskaperna kring hur torvens ursprung d v s, torvslag, humifieringsgrad, askhalt, kontamination etc. inverkar på

pelleteringsegenskaper och mekaniskt slitage är i dagsläget inte känt och det är av stor vikt att undersöka dessa samband. I Finland finns dock vissa erfarenheter från torvpellettering som bedöms som mycket viktiga att vidare undersöka.

Dammproblemen kring torvhantering i pelletsfabriker är viktiga att finna lösningar för. Kunskaperna är obefintliga kring de mängder damm som uppstår, kontra om den mörka färgen på dammet subjektivt uppfattas som om mer damm uppstår jämfört med trädråvara vid pelletstillverkning. Undersökningar från Finland visar att torvhantering i anläggningar kan orsaka mycket fina partiklar som ökar risker för dammexplosioner.

4. METOD OCH UTFÖRANDE

4.1 NYTTJADE TORVKLASSER/-PROVER OCH BIOBRÄNSLEN

Typisk skandinavisk brännertorv (torvprov A) med relativt hög kisel- och askhalt samt en torv med låg ask-, N- och S-halt och med relativt hög Ca-halt i bränsleaskan (torvprov B) nyttjades. Det använda spånprovet bestod av gran- och tallspån (ca 50/50 wt-%) och den nyttjade energiveden bestod av den kvistfria toppen (maximal diam. 15 cm) från slutavverkad tall. Torvproverna och spånprovet valdes ut tillsammans med deltagande industripartner.

Av tabell 1 framgår att värmevärdet för torv A och torv B ej skiljer sig markant från varandra. Askhalten mellan de olika torvarna skiljer sig däremot på ett antal procent. Vidare skiljer sig värmevärdet, kol- och vätehalten hos spånet och energiveden något och askhalten markant från de båda torvsorterna. Kvävehalten visar på tydliga skillnader mellan träproven, Torvprov A och torvprov B, respektive. Kvävehalten hos de båda torvproverna är betydligt högre än i trädbränslena.

Tabell 1 Bränslekaraktäristik för de ”rena” sortimenten- huvudelement, fukt- och askhalt samt värmevärde.

	Torv A	Torv B	Spån	Energived
Askhalt [% av TS]	5,30	1,10	0,20	1,0
Fukthalt [%]	53,00	54,60	9,20	8,50
Värmevärde [MJ/kg av TS]*	21,55	21,43	20,14	20,22
Kol, C [% av TS]	53,50	54,20	51,90 ¹⁶	50,4
Väte, H [% av TS]	5,60	5,60	6,00 ¹⁶	6,0
Syre, O [% av TS]	34,20	saknas	41,80 ¹⁶	saknas
Kväve, N [% av TS]	1,40	0,70	0,12 ¹⁶	<0,1

*) Kalorimetriskt

Av tabell 2 framgår att torvprov A:s bränsleaska domineras av kisel, aluminium och järn emedan torvprov B:s och energivedens bränsleaska domineras av kalcium. Kiselhalten hos torvprov A respektive torvprov B är ca 300 respektive 20 gånger högre än kiselhalten i spånet och ca 25 respektive 1,3 högre än kiselhalten i energiveden. Kaliumhalten i torv A är markant högre än den i både torvprov B och sågspånet. Kaliumet i torvprov A är dock sannolikt bunden i olika fältspater mm. Kaliumhalten i energiveden är klart högre än halterna som återfinns i de övriga sortimenten. Kalcium till kiselförhållandet i torv A är ca 0,3 emedan detta förhållande i torvprov B är ca 4. Svavelhalten i de båda torvarna är ca 10 gånger högre än i trädbränslena emedan klorhalterna endast är något högre i de båda torvarna jämfört med trädbränslena.

Tabell 2 Innehåll av askbildande huvudelement hos de studerade ”rena” torv-, spån- och energivedsproverna.

	Torvprov A	Torvprov B	Spån	Energived
Kisel, Si*	1,0600	0,0583	0,0032	0,044
Aluminium, Al*	0,4399	0,0506	0,0007	0,006
Kalcium, Ca*	0,2915	0,2200	0,030	0,27
Järn, Fe*	0,4240	0,0891	0,0086	0,0087
Kalium, K*	0,0742	0,0097	0,0038	0,1
Magnesium, Mg*	0,0848	0,0803	0,0052	0,03
Mangan, Mn*	0,0038	0,0014	0,0034	0,04
Natrium, Na*	0,0689	0,0132	0,0010	0,0046
Fosfor, P*	0,0530	0,0132	0,0019	0,015
Svavel, S	0,15	0,11	0,02	<0,01
Klor, Cl*	0,03	0,03	<0,01	<0,01

* % av TS

Pelletering av bränslena och bränsemixarna genomfördes vid BTC. Materialen maldes först i en grovkvärn (Lindner Micromat MS 2000) med 15 mm såll varefter bränslena torkades till en ungefärlig fukthalt på 12-14 % enligt standardmetoden SS 18 71 70. Respektive torvprov och biobränsle mixades väl i olika proportioner på basis av torrsubstanshalten hos bränslena. Blandningen utfördes i säckar genom vägning och med spade om 25 kg åt gången för att minimera risker för segregering. Säckarna tömdes i en matarficka med transportör kopplad direkt till pelletpressen för att minimera risk för kontaminering. Därefter pelleterades respektive mix till en diameter av 8 mm i en pelletpress av märket SPC 300 med en kapacitet av 200-300 kg/h utrustad med en finkvärn med 4 mm såll.

De båda torvproverna sampelleterades var för sig med spånet och energiveden i inblandningsgrader om noll, låg, medel och hög inblandningsgrad. Samma inblandningsgrader nyttjades för alla sortiment. Av tabell 3 framgår den slutliga fukt- och askhalten hos de pelleterade sortimenten som nyttjades vid förbränningsförsöken. Bulkdensiteten hos de pelleterade sortimenten skilde sig något åt medan kompaktdensitet (enskilda pelletsdensiteten) varierade lite och höll sig, i likhet med typisk svenskproducerad träpellets, mellan 1,2 -1,3 g/cm³.

Tabell 3 Fukt- och askhalt samt bulk- och kompaktdensitet för de olika pelleterade bränsleproverna.

Pellets-kvalitéer	Fukthalt (%)	Askhalt (%)	Bulkdensitet (kg/m³)	Kompakt densitet (kg/m³)
Spån	8,53±0,08	0,37±0,002	588±2	1190±44
Spån Torv A låg	7,68±0,05	0,60±0,01	640±12	1198±25
Spån Torv A medel	7,43±0,10	1,04±0,19	629±7	1270±28
Spån Torv A hög	8,29±0,13	2,30±0,10	659±24	1262±12
Spån Torv B låg	7,75±0,10	0,42±0,003	613±14	1264±40
Spån Torv B medel	8,07±0,06	0,47±0,005	602±10	1293±41
Spån Torv B hög	8,02±0,04	0,58±0,006	625±23	1288±46
Energived	8,54±0,03	1,00	581±10	1262±71
Energived Torv A låg	6,61±0,10	1,31±0,03	650±4	1276±32
Energived Torv A medel	6,99±0,14	2,43±0,26	636±13	1266±29
Energived Torv A hög	7,08±0,13	3,29±0,16	618±11	1297±10
Energived Torv B låg	7,47±0,04	0,99±0,009	636±17	1285±35
Energived Torv B medel	7,71±0,05	1,03±0,005	610±7	1274±28
Energived Torv B hög	7,74±0,06	1,06±0,006	642±17	1284±25

4.2 FÖRBRÄNNINGSFÖRSÖK

Försöken utfördes i en för teknikområdet representativ och P-märkt undermatad brännare, kallad Eco Tech A1. Försöken utfördes under 16-20 timmar per pellets-kvalité under kontinuerlig drift (ej intermitterant) vid en bränsleeffekt på 12 kW. Detta motsvarade en ingående mängd pellets på 40±10 kg pellets/försök. I de fall då brännarna stannade p g a uppkomsten av svåra beläggingsbildningar i brännarkoppen (slagg), avslutades försöken före 16 h. Bränsleinmatningshastigheten korrigerades beroende på pellets-kvaliténs bulkdensitet. Luftmängderna ställdes in så att en O₂-halt (torr) i medeltal hos utgående rökgaser på 10±1 % erhöles. Brännaren var utrustad med temperaturmätning (termoelement typ N) vid tre positioner omkring rostret.

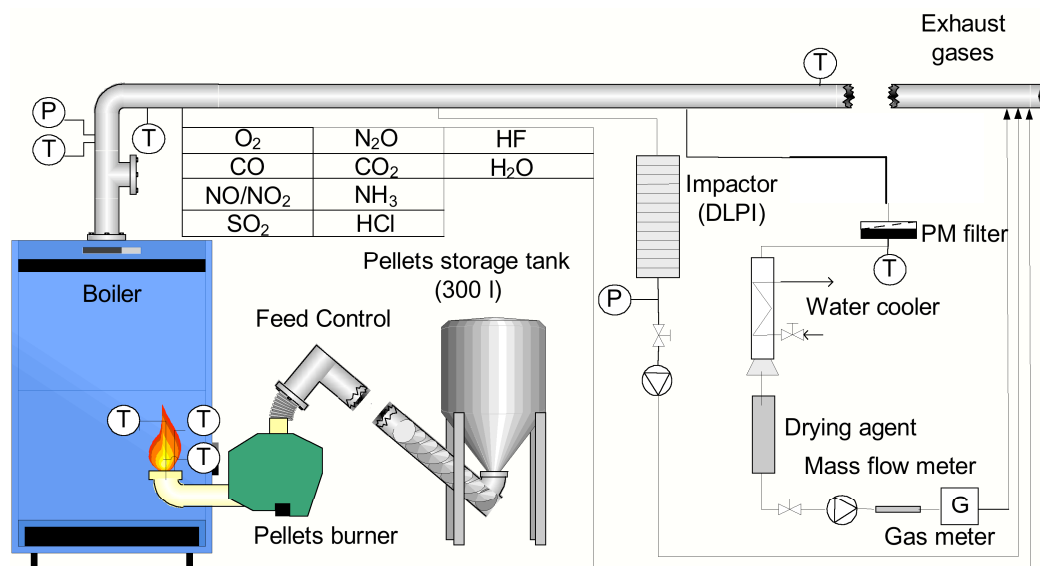
Brännaren var under försöken dockad till en panna av märket Combifire. Gasanalyser (O₂, CO₂, CO, NO) utfördes med standardinstrument (elektrokemiska celler), FTIR instrument (CO, CO₂, NO, SO₂, HCl), FID (THC) samt genom absorption i vätska (HCl och SO₂). Vidare kan nämnas att kolväteutsläppen är omräknade till organiskt bundet kol (OGC). För att minimera effekten av eventuellt bildad slagg på emissionerna utfördes såväl gas- som partikelmätningarna under provets tredje till fjärde timme d v s direkt efter

att termisk stabilitet uppnåtts. Gas- och totalstoff mätningarna redovisas som medelvärde uttryckt som mg/Nm³ vid 10% O₂ t.g. under denna provtagnings-tid.

Provtagning av totalstoff skedde isokinetiskt i rökgaskanal vid ca 150°C och i övrigt enligt principer i standardmetod (SS-EN 13284-1). Provtagning av totalstoff och analys av kolväteutsläpp utfördes endast vid försök med sågspån och sågspån/torvmixarna.

För att bestämma partiklarnas (mass)storleksfördelning m a p aerodynamisk diameterⁱ såväl som kemisk sammansättning hos respektive partikelstorlek användes en 13-steps lågtrycksimpaktor (LPI) från Dekati Ltd, som separerar partiklar i intervallet 0.03-10 µm. Provtagningen utfördes i pannans rökgaskanal vid en rökgastemperatur på ca 150°C och impaktorn värmdes till ca 100 °C under provtagningen. Icke infettad aluminiumfolie användes som substrat i impaktorn. Provtagningen av partiklar till impaktorn utfördes isokinetiskt för att erhålla ett representativt urval av partiklarna i den varma rökgasen. Vidare sparades partikelproven för analys med avseende på kemisk sammansättning. Impaktorprovtagningen utfördes också vid samma tillfälle (3-4:e försökstimmen) under totalt 2,5 minuter/försök fördelat på 5 provtagnings-/utsugningstillfällen a 30 sekunder.

Efter provperiodens slut inspekterades utrustningen med avseende på beläggingsbildning (slagg). Mängden avsatt slagg (partiklar >0.3 mm) och aska (bottenaska) bestämdes. Slagg- och askprover sparades för analys med avseende på utseende och kemisk sammansättning.



Figur 1. Schematisk bild över nyttjad pelletsbrännaruppställning och rökgasprovtagningsutrustning.

ⁱ Aerodynamisk diameter = diametern på en sfärisk partikel med densiteten 1 g/cm³ som har samma sedimenteringshastighet som den observerade partikeln.

4.3 KEMISK OCH VISUELL ANALYS

Sintringsgraden för de uttagna beläggningsproverna från brännarförsöken studerades visuellt och i mikroskåp och klassificerades enligt följande kriterier:

Kategori 1: Mycket lätt sintrad aska som faller sönder vid beröring.

Kategori 2: Något sintrad aska som håller ihop vid beröring men som mycket enkelt bryts isär. Det går fortfarande att enkelt urskilja en kornstruktur i materialet.

Kategori 3: Sintrad aska som fortfarande går att bryta isär. Man kan visuellt urskilja enskild kornstruktur men askan har dock börjat få en slagglignande struktur där smält material (glas) kan urskiljas visuellt.

Kategori 4: Totalt sintrad aska, askan går ej att brytas isär för hand. Askan är sammansmält till större block (slagg). Ingen enskild kornstruktur går att urskilja visuellt.

Den avsatta beläggnings (slaggens) och bildade pannbottenaskans kemiska sammansättning analyserades både semi-kvantitativt m h a svepelektronmikroskop (ESEM) med tillhörande energidispersiv röntgenanalys (EDS) och kvalitativt m h a pulverröntgendiffraktion (XRD). Innan proverna analyserades med ESEM/EDS göts dessa in i epoxi och slipades med SiC-papper. De provtagna fina partiklarna (< 1µm) analyserades också semi-kvantitativt med ESEM/EDS.

5. RESULTAT OCH DISKUSSION

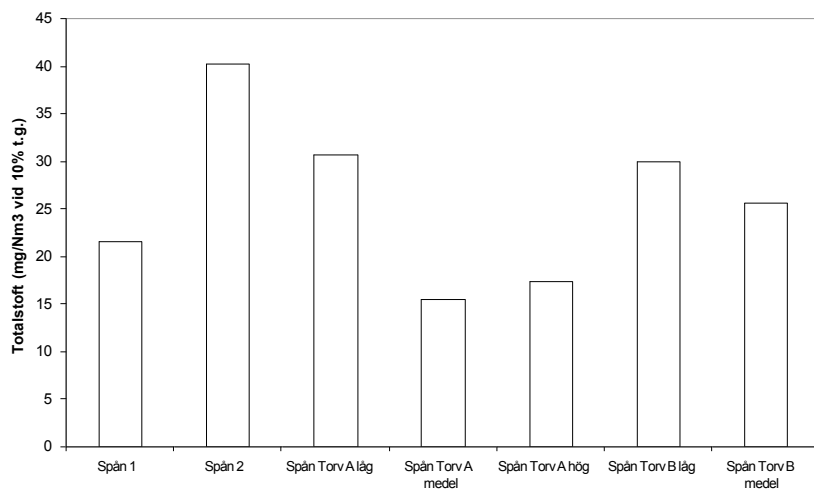
De uppmätta temperaturerna i området där aska avsätts i brännaren uppskattades till $1100 \pm 90^\circ\text{C}$.

5.1 EMISSIONER

CO-emissionerna varierade mellan $150\text{-}200\text{ mg/Nm}^3$ vid 10% O_2 t.g. vid förbränning av spån/spåntorvpelletsen och mellan $50\text{-}350\text{ mg/Nm}^3$ vid 10% O_2 t.g. vid förbränning av energived/energivedtorvpelletsen. OGC-emissionerna varierade i sin tur mellan $5\text{-}20\text{ mg/Nm}^3$ vid 10% O_2 under försöken med spån/spåntorvpelletsen. Ingen signifikant ökning av CO och OGC halterna kunde skönjas vid inblandning av torv till de båda träfraktionerna. Rapporten fokuserar på att karakterisera gas- och partikelemissioner vid ”normal” drift utan påverkan av beläggningar, d v s i början av eldningsförsöken. Tidigare arbeten har dock visat att såväl mängden oförbrända gaser som partiklar ökar vid svår beläggingsbildning i typiska pelletsbrännare.¹⁷

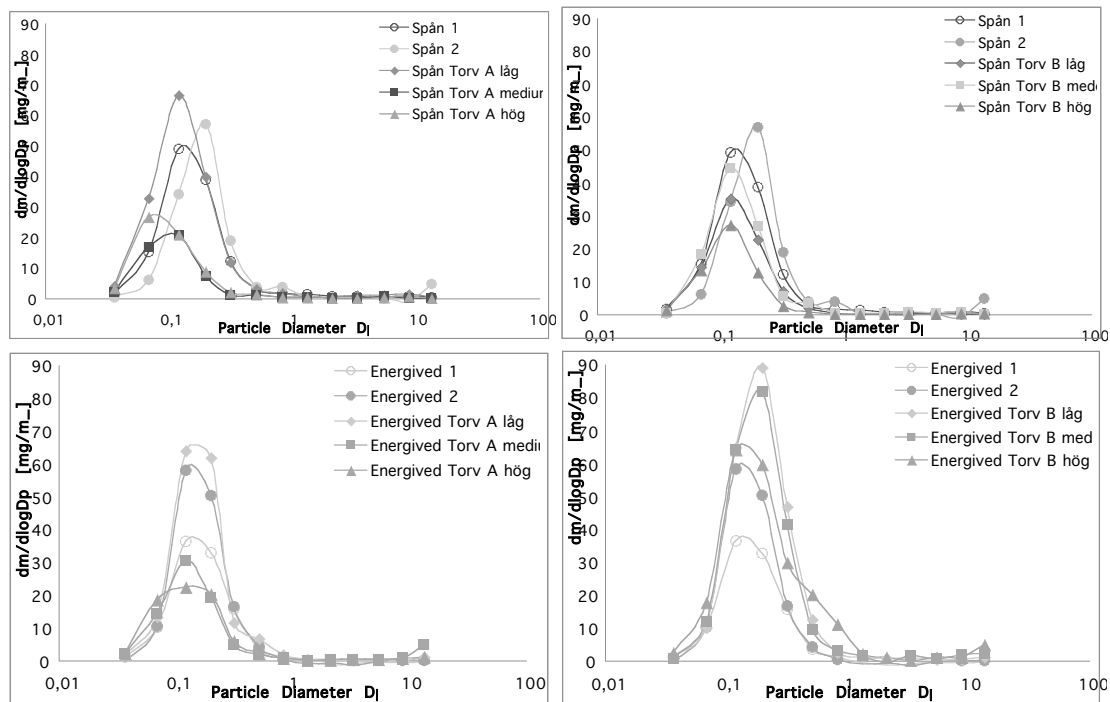
NO-emissionerna varierade mellan $105\text{-}125\text{ mg/Nm}^3$ vid 10% O_2 t.g. vid förbränning av de båda träpelletsarna och mellan $126\text{-}253\text{ mg/Nm}^3$ vid 10% O_2 t.g. vid torvinblandning. Inga väsentliga skillnader i utgående NO-emissioner mellan de båda nyttjade torvproverna kunde skönjas. De utgående SO_2 -halterna var dock generellt högre vid inblandning av torv A i jämförelse med torv B. SO_2 -emissionerna varierade mellan $10\text{-}112\text{ mg/Nm}^3$ vid 10 % O_2 t.g. vid förbränning av de olika torv-träpelletsarna och var under mätmetodens detektionsnivå (ca 2 ppm) vid förbränning av de båda rena träsortimenten. HCl-halterna var under mätmetodens detektionsnivå (ca 2 ppm) under samtliga förbränningsförsök.

Utsläppsnivåer av totalstoft visas i figur 2 för de olika försöken med spån/spåntorv kvalitétéerna. Av figur 2 framgår att en reduktion av totalstoftutsläppen erhöles vid inblandning av torv A till spånpelletsen samt tendenser till en reduktion av totalstoftutsläppen vid inblandning av torv B.



Figur 2. Partikelutsläpp (SS-EN 13284-1) för de spån/spån-torv försöken.

Resultaten från impaktorförsöken visade på att huvuddelen av partikelmassan bestod av partiklar med en aerodynamisk partikeldiameter mindre än 1 μm (PM 1), se figur 3. Vid inblandning av den relativt kiselrika torv A i både sågspån och energived erhölls en signifikant reduktion av mängden bildade fina partiklar (se figur 3). Inblandning av den kiselrika torven till de båda träsortimenten reducerar bränslets alkali till kisel förhållande kraftigt och tidigare arbeten har också visat att alkali till kisel förhållandet i bränslet påverkar mängden utgående aerosoler vid förbränning i typiska pelletsbrännarapplikationer.¹⁸ Vid inblandning av torv B i sågspån erhölls en lägre reduktion av utgående fina partiklar i jämförelse med torv A och vid inblandning av torv B i energiveden erhölls en ökning av utgående emissioner av fina partiklar (se figur 3).



Figur 3. Partikel (mass)storleksfördelningar i rökgaserna från försöken med förbränning av sågspån/sågspån torv A mixar (överst t.v.), sågspån/sågspåntorv B mixar (överst t.h.), energived/energived torv A mixar (nederst t.v.) och energived/energived B mixar (nederst t.h.).

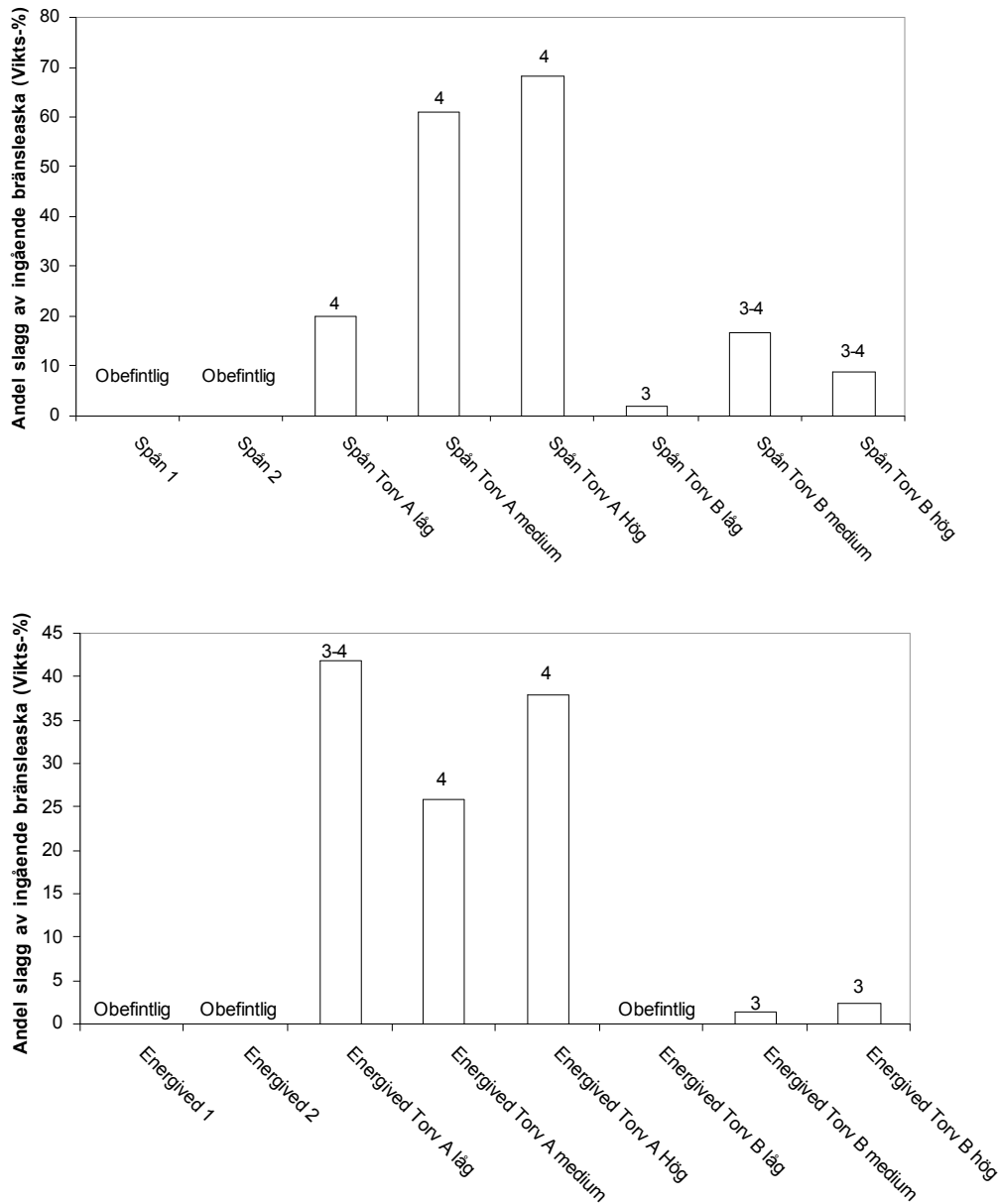
Resultat från tidigare studie¹⁹ utförda på andra pelleterade bränslen eldade enligt samma metod och utrustning visade på kraftiga skillnader i utgående totalstofthalter mellan de studerade bränslena. Då huvuddelen av partikelmassan bestod av fina partiklar ($< 1\mu\text{m}$) innehållande oorganiskt material kan det konstateras att de uppkomna skillnaderna kan relateras till variationer i bränslenas innehåll av askbildande element. De studerade gräsen med relativt högt Si- innehåll d v s samtliga hampor och rörflen visade på relativt låga partikelemissioner 30-60 mg/Nm^3 (10% O_2) i jämförelse med de nyttjade bark- och grotfraktionerna (100-140 mg/Nm^3) även då dessa båda bränslekategorierna hade liknande alkalihalter. Vetehalmen gav upphov till höga partikelemissioner (400 mg/Nm^3) och referenspelletsen (sågspån) gav inte oväntat lägst partikelemissioner ($< 10 \text{mg}/\text{Nm}^3$). Partiklarna bestod framförallt av elementen K, S, Cl, Na och Zn.¹⁹ De bildade partiklarna

vid förbränning av bark- och skogsbränslena hade generellt en högre S/Cl förhållande i jämförelse med de partiklar som bildades vid förbränning av halm och de olika gräsen.¹⁹ De senare samt halmbränslet gav inte oväntant upphov till kraftiga NO- (400-800 mg/Nm³ 10% O₂), SO₂- (20-80 mg/Nm³) samt HCl-emissioner (10-30 mg/Nm³). De nyttjade bark-och skogsbränslefraktionerna gav i jämförelse med sågspån en ungefär fördubbling av den utgående NO-emissioner d v s utgående halter på 300-500 mg/Nm³ 10% O₂).¹⁹ De utgående HCl emissionerna var dock låga (< 5 mg/Nm³) och SO₂-halterna var under detektionsnivån (ca 2 ppm) vid förbränning av bark- och skogsbränslefraktionerna. HCl- och SO₂-emissionerna var under detektionsnivån vid förbränning av sågspånpelletsen.¹⁹

5.2 SLAGG- OCH ASKBILDNING

Ingen slagg bildades vid förbränning av den rena spån- och energivedpelletsen. Även pelletskvalitéerna innehållande energived med låg inblandning av torv gav heller ej någon Slagg. Driftstopp inom tio timmars drift uppstod p g a beläggingsbildning (slaggbildning) på rostret vid förbränning av pellets innehållande medium och höga inblandningsgrader av torv A i både sågspån och energived. Slaggen avsattes ovanpå brännarens primärluftsring och bestod av oorganiskt material (aska) som till stor del var smält. Kvar i brännkoppen återfanns också oförbränt material. Betydligt mindre slaggmängder bildades vid inblandning av Torv B i de båda träfraktionerna. Av figur 5 framgår att andelen bildad slagg av ingående mängd bränsleaska, d v s bränsleaskans slaggningsstendens, är betydligt högre vid inblandning av torv B i jämförelse med torv A. Energivedens slaggningsstendens påverkas dessutom mindre av torvinblandningen än vad sågspånet gör. Sintringsgraden (definierad i kap 4.3) var också generellt högre vid inblandning av torv A i jämförelse med torv B.

Det oorganiska material som tillförs till brännarna återfinns till största delen som avsatt fast material i pannbotten. Detta innebär i stort sätt att om askhalten fördubblas p g a torvinblandning kommer ca dubbelt så mycket bottenaska att behöva tas ur systemet via pannaskan. Redan en låg inblandning av torv A i sågspån fördubblar askhalten i pelletsen emedan en låg inblandning av torv B i sågspån inte markant ökar pelletsens askhalt. Askhalten hos energivedspelletsen ändrades knappt vid inblandning av torv B men ändras märkbart vid inblandning av torv A i energiveden.



Figur 5. Slaggingstendensen hos de studerade pelletssortimenten (ovan spån/spåntorvpellets, nedan energived/energivedtorv pellets) uttryckt i andelen av ingående bränsleaska som bildar slagg samt sintringsgraden hos den bildade askan (siffran ovanför respektive stapel).

Pannaskans densitet ökade med 27 och 10 procent vid en hög inblandning av torv A respektive vid en hög inblandning av torv B. Denna skillnad torde endast ge upphov till mer positiva egenskaper ur ett ur-askningsperspektiv varför de askutmatningsanordningar som återfinns i de något större brännareffektintervallen >30 kW borde kunna nyttjas med liknande resultat med som utan torvinblandning. Genom att den fasta mängden material som måste tas omhand ökar vid kraftigare inblandningsgrader av torv till träbränslepellets

bör dessa pellets främst ske i anläggningar som nyttjar automatisk askutmatning vilket med dagens teknikläge innebär brännare i effektklassen över villaklassen (> 30 kW).

Resultat från tidigare studier utförda på andra pelleterade bränslen eldade enligt samma metod och utrustning visar på stora variationer i slaggningstendens såväl inom som mellan de olika tidigare studerade bränslekategorierna.¹⁹ Salix och rörflen med hög askhalt visade på en relativt låg slaggningstendens (< 3 vikts-% av ingående bränsleaska bildade slagg) medan samtliga barkmaterial, grot (den färska) och fiberhampa hade en moderat slaggningstendens (10-30% av bränsleaskan bildade slagg). Vetehalm, oljehampa, rörflen med låg askhalt och lagrad grot slaggade kraftigt (> 50 vikts-% av bränsleaskan bildade slagg). Vid förbränning av vetehalm och rörflen med låg askhalt orsakade den kraftiga beläggingsbildningen oplanerade driftstopp inom 1 dygns eldning.¹⁹

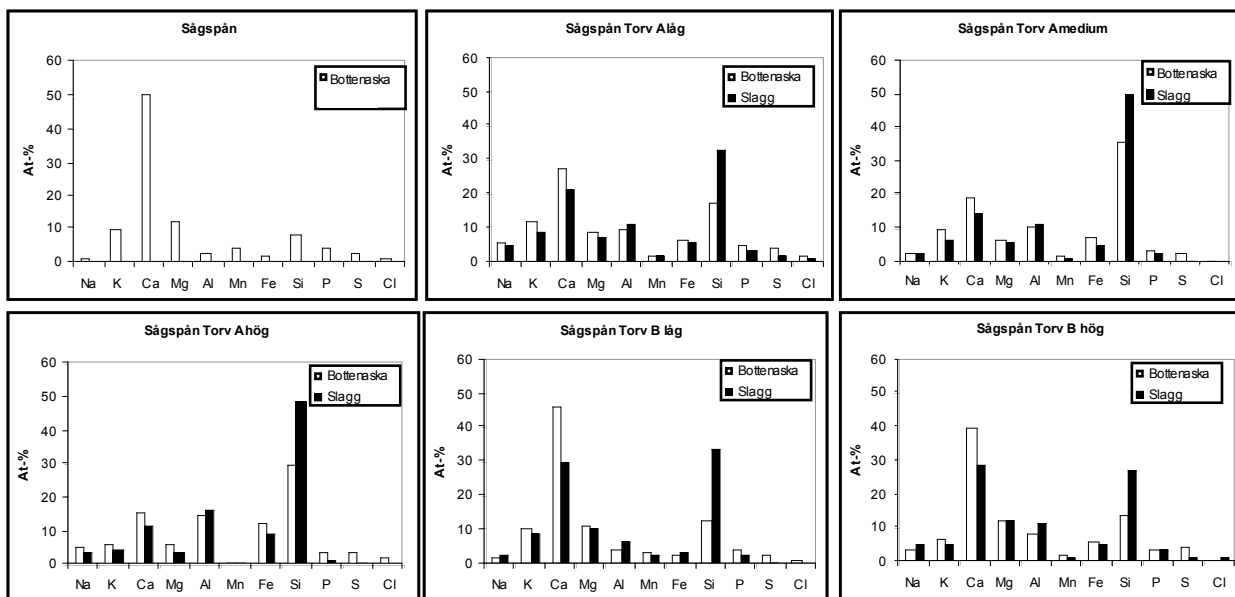
5.3 KEMISK SAMMANSÄTTNING HOS BILDAD SLAGG/ASKA OCH PARTIKLAR

Elementsammansättning hos bildad slagg och bottenaska

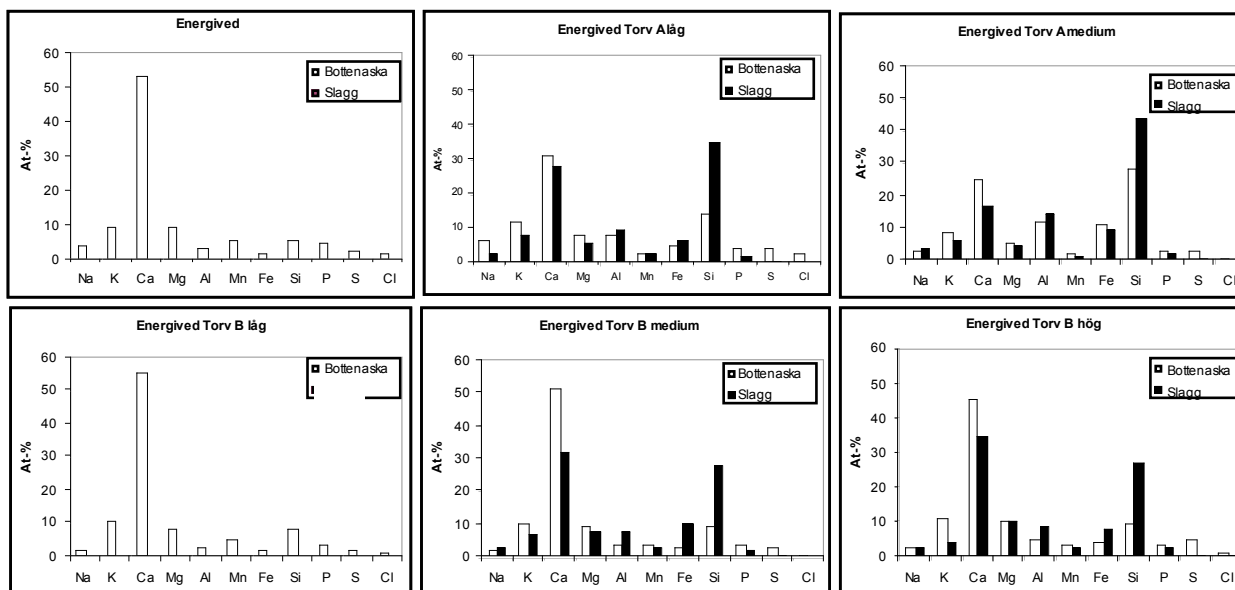
Representativa prover av bottenaska och slagg analyserades med ESEM/EDS för bestämning av kemisk sammansättning. I figur 6 och 7 redovisas medelsammansättningen hos den bildade slaggen och bottenaskorna för de olika studerade pelletskvalitéerna. Sammansättningen bygger på utförda s k areaanalyser om 100*100 µm på slaggen och bottenaskan.

Resultaten från ESEM/EDS-areaanalyserna av de bildade slaggen vid förbränning av sågspån-torv A och energived-torv A mixarna visar på innehåll av framförallt Si, Ca, Al, P, Fe och Mg (givna i sjunkande rangordning), d v s slaggen består troligen av olika silikater. Den slagg som bildats vid förbränning av pellets innehållande en medium och hög inblandning av torv A i träpelletsen innehöll högre halter av elementen Si, Al och Fe samt lägre halter av Ca än den slagg som bildats vid förbränning av bränslen innehållande en låg inblandningsgrad av torv A.

De slaggen som bildades vid förbränning av sågspån-torv B- och energived-torv B mixarna visar på innehåll av framförallt Ca, Si, Mg, Fe, P och Al. Inga större skillnader i elementsammansättning kunde skönjas mellan bränslen med varierande inblandningsgrad av torv B. Alla producerade slaggen hade i jämförelse med motsvarande bottenaskor högre Si- och lägre Ca-halt.



Figur 6. Den bildade slaggens och bottenaskans elementsammansättning på kol- och syrefri basis vid förbränning av sågspån/sågspån-torvmixarna.



Figur 7. Den bildade slaggens och bottenaskans elementsammansättning på kol- och syrefri basis vid förbränning av energived/energived-torvmixarna.

Fassammansättning hos de bildade askfraktionerna

De uttagna slagg- och botteaskproverna analyserades även med XRD för att bestämma de bildade faserna vid förbränningen. Påpekas bör att man med XRD endast kan identifiera kristallina föreningar i provet. Föreningar som i provet föreligger i amorf form, d v s i det här fallet framförallt smälta som ej kristalliserats när provet kylts ner efter förbränningsförsöket, kan inte identifieras.

Förbränningen av den ren träsortimenten resulterade inte i någon bildad slag (amorf fas). Sammansättningen hos de bildade bottenaskorna vid förbränning av de rena träkvalitéerna var relativt lika och dominerades av Ca- och Mg-oxider, Ca-karbonat, Ca-hydroxid och merwinite ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$).

Inblandning av torv A till de båda träsortimenten gav upphov till omfattande slaggbildning. Slaggen bestod av typiska sandmineral såsom kvarts (SiO_2) och olika fältspat ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ och KAlSi_3O_8), som troligen återfanns i torven, och mineral som bildats vid förbränningen såsom åkermanite ($\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$), leucite (KAlSi_2O_6), diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$). De senare mineralerna är typiska slaggfaser som tidigare också återfunnits i skogsbränsleaskor och -slaggar. Dessa faser kommer härnäst att benämnas slaggmineral. Generella skillnader mellan sammansättningen hos bottenaskan vid inblandning av torv A gentemot för de rena träfraktionerna var en ökad andel sandmineral och en sänkning av andelen Ca-, Mg-oxider och Ca-karbonater. Vid en hög inblandningsandel av torv A återfanns inga oxider, förmodligen på grund av träaskans reaktion med torvens kisel och sandmineralinnehåll under samtidigt utökad slaggbildning.

Inblandning av torv B gav i jämförelse med torv A upphov till en skild ask- och slaggkaraktäristik. Andelen bildad slag var betydligt lägre och en betydligt mindre mängd sandmineral återfanns i slaggen. Inga sandmineraler kunde identifieras i den bildade bottenaskan. Överskottet av Ca- och Mg-oxider, härrörande från träbränslena, reducerades vid inblandning av torv B men i betydligt lägre omfattning än när torv A nyttjades. Det var fortfarande kvar Ca-, Mg-oxid och Ca-karbonat och -hydroxid i bottenaskan vid en hög inblandning av torv B. Den bildade slaggen bestod också av tidigare nämnda sand- och slaggmineraler men hade i jämförelsevis en betydligt mer heterogen sammansättning än den slag som bildats vid inblandning av torv A.

Elementsammansättning hos bildade fina (< 1µm) partiklar

Resultaten från ESEM/EDS-areanalyserna av de fina partikelproverna visar på innehåll av framförallt K, O, C, S, Cl, Na och Zn. Kolet härrör antingen från oförbränt material (sot eller organiskt bundet kol) eller från karbonater. Syret härrör antingen från oorganisk eller organiskt material. De fina partiklarna som bildades vid medium och hög inblandningsgrad av de båda torvarna i sågspån hade högre Cl/S förhållande än de bränsleprov som hade låg eller ingen inblandning av torv i sågspån.

6. SLUTSATSER

- Inblandning av relativt höga andelar av torv med relativt låg askhalt (torv B) i sågspånspelletts torde kunna utföras utan att riskera att den slutgiltiga kvalitén ej benämns som klass 1 pellets enligt SS 18 71 20. Då främst askhalten är relativt hög i ”traditionell” bränntorv (torv A) torde högre inblandningsgrader i träpellets innebära att den slutgiltiga produkten ej kommer att benämnas som klass 1 pellets.
- Inblandning av torv till de båda nyttjade trädråvarorna (sågspån och energived) ökade slaggningstendens hos bränslena vid förbränning i pelletsbrännare. Denna ökning i slaggningstendens var relativt moderat vid inblandning av torv B (låg askhalt och relativt hög Ca-halt) emedan ökningen i slaggningstendensen var mycket kraftig vid inblandning av typisk bränntorv (Torv A) till de båda nyttjade träsortimenten.
- Den slagg som bildats vid förbränning av pellets innehållande medium och hög inblandning av torv A innehöll högre halter av elementen Si, Al och Fe samt lägre halter av Ca än den slagg som bildats vid förbränning av bränslen innehållande en låg inblandningsgrad av torv A. Inga större skillnader i elementsammansättning kunde skönjas mellan bränslen med varierande inblandningsgrad av torv B.
- Mängden bildad botten(pannaska) såväl som dess volymdensitet ökade generellt vid inblandning av torv till de båda nyttjade träsortimenten.
- Mängden bildade oförbrända gaser såsom CO och OGC ökade ej signifikant vid inblandning av torv. SO₂- och NO-emissionerna ökade dock generellt vid inblandning av torv i träpellets.
- En signifikant reduktion av utgående emissioner av de fina partiklarna erhöles vid inblandning av den typiska bränntorven (torv A) innehållande hög ask- och kiselhalt.

7. REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING

Traditionell brännrorv bör ej blandas in i varken spån- eller energivedspellet som avses användas i typiska pelletsbrännare då detta kraftigt ökar slaggingstendensen hos pelletsen och därmed leder till kraftigt ökat underhåll och tillsyn av brännarutrustningen. Det är också osannolikt att en inblandning av traditionell brännrorv till spån kan göras utan att den producerade pelletsen redan vid mycket låga iblandningsgrader tenderar att hamna utanför området för klass 1 pellets enligt SS 18 71 20.

Det är eventuellt möjligt att en låginblandning av den torv som i denna rapport går under benämningen torv B (låg askhalt relativt högt Ca-innehåll) kan göras till träspåns- och energivedspellet utan att förbränningsresultatet väsentligt försämras i en undermatad villapellletsbrännare. Innan denna pellets introduceras på marknaden bör dock ordentliga studier genomföras under en längre tid hos enskilda villakunder.

8. REFERENSER

- 1) Öhman, M., Boman, C., Erhardsson, T., Gilbe, C., Pommer, L., Boström, D., Nordin, A., Samuelsson, R., Burvall, J. Minskade askrelaterade driftsproblem (beläggning, slagging, högtemperatur-korrosion, bäddagglomerering) genom inblandning av torv i biobränslen. (2006), Slutrapport till Värmeforskprojektet A5-514
- 2) Pommer, L., Olofsson, I., Boström, D., Lundholm, K., Backman, R., Nordin, A., Öhman, M., Burvall, J. Klargörande av bakomliggande mekanismer för torvslags positiva effekter vad gäller minskande av askrelaterade driftsproblem vid sameldning med biobränslen. (2005), Slutrapport P 21369-1 inom STEM-programmet ”Förbränning och förgasning av fasta bränslen”.
- 3) Kurki, M., Main chemical characteristics of peat soils, 1982, in Peatlands and their utilization in Finland, Finnish peatland society, Finnish national committee of the international peat society, 37-41.
- 4) Zevenhowen, M., Yrjas, P., Backman, R., Skrifvars, B.-J., Hupa, M., The Åbo Akademi Database – Fuel Characterization, Accepted for publication in the 18th International Conference on Fluidized Bed Combustion, May 22-25, 2005, Toronto.
- 5) Nordin, A. Öhman, M. Sulphur capture by cocombustion with biomass fuels - gathered experiences of process optimization and emission minimization. (1996), Proc. of the Third Nordic Conference on SO_x and NO_x from Heat and Power Generation, Lyngby, March 13-14.
- 6) Linna, V., Selin, P. Fine particle emissions from fluidised bed combustion of peat and wood. In Aerosols in biomass combustion. 1st edition. IEA Bioenergy, Task 32. Workshop. Graz University of Technology, Graz, Austria, 18 Mars, 2005
- 7) Wrangensten, L., Förbränningstekniska aspekter på torv, 2002, Utredning utförd åt Statens Energimyndighet.
- 8) Burvall, J., Öhman, M., Systemstudie över askegenskaper i förbränningsanläggningar vid samförbränning av torv och biobränslen, 2002, Utredning utförd åt Statens Energimyndighet
- 9) Lundholm, K., Nordin, A., Öhman, M., Burvall, J., Näslund, B.O., Experimental studies on the role of peat fuel in preventing bed agglomeration during fluidized bed combustion of biomass fuels, 2002, Proc of 12th European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Amsterdam.
- 10) Hämäläinen, J., Markku Orjala, VTT Energy. 2001. Characterization of combustion behaviour of wood-based fuel to increase power plant availability. Paper for The First Biennial Meeting of The Scandinavian-Nordic Section of the Combustion Institute, Gothenburg, Sweden 18 – 20 April 2001.

-
- 11) Orjala, M., Ingalsuo, R., Paakkinen, K., Hämäläinen, J., Mäkipää M., Oksa, M., Malkow, T., Fordham, R.J., Baxter, D., How to control superheater tube corrosion in FB boilers which use wood and wood waste as fuel. Manuscript.
- 12) Henderson, P., Andersson, C., Kassman, H., The use of fuel additives in wood and waste wood-fired boilers to reduce corrosion and fouling problems, VGB PowerTech, 2004, 6, 58-62.
- 13) Skrifvars, B.-J., Lauren, T., Hupa, M., Korbee, R., Ljung, P. Ash behaviour in a pulverized wood fired boiler - a case study, Fuel, 2004, 1371-1379.
- 14) Rönnquist E.M. SVF, 2000, nr 708
- 15) Asplund, F. Torv som bränsle, Ångpanneföreningens småskrifter nr 2
- 16) C. Boman, A. Nordin, D. Boström, M. Öhman. 2003. Characterization of inorganic particulate matter from residential combustion of pelletized biomass fuel. Energy & Fuels 2004, 18, 338-348
- 17) Öhman, M., Boman, C., Hedman, H., Nordin, A., Pettersson, E., Boström, D., Westerholm, R. Beläggings-/slaggbildning och partikelutsläpp vid förbränning av olika pelletskvaliteér i pelletsbrännare, 2000), Slutrapport inom Energimyndighetens program ”Småskalig förbränning”.
- 18) Wiinikka, H., Gebart, R., Boman, C., Boström, D., Öhman, M. The influence of fuel ash composition on the formation of high temperature aerosols in fix bed combustion of woody biomass pellets. Fuel, 2007, 86, 181-193
- 19) Gilbe, C., Öhman, M., Lindström, E., Boström, D., Samuelsson, R., Burvall, J. Accepterad för publicering i den vetenskapliga tidskriften Energy&Fuels.

Ökad efterfrågan på trädbränslen kan lösas genom inblandning av torv

Bioenergi i form av pellets är ett starkt alternativ till olja och el för uppvärmning av villor, flerafamiljshus och mindre industrilokaler. Anläggningargar < 20 MW undantas från handel med utsläppsrätter. I flera regioner förekommer brist på biobränslen. Marknaden för biobränslen har bara under senaste året ökat mycket kraftigt och många bränsleleverantörer har svårt att klara efterfrågan. Genom att blanda torv och trä i pellets kan efterfrågan lättare tillgodoses. Sverige har stora torvtillgångar och potential att utöka användningen. De eldningsprinciper som framförallt nyttjas inom effektområdet < 20 MW bygger på roster- och brännarteknik (pellets/ eller pulver). En stor potential för konvertering från olje- till biobränsleanvändning återfinns inom segmentet från villanivå upp till 3 MW. Inom detta segment är intresset att använda/nyttja pellets stort. En inmixning av torv till sågspån/flis och eventuellt andra råvaror vid pelletstillverkning skulle därmed relativt snabbt kunna medföra en kraftigt utökad användning av bränsletorv.

Diskussioner har på senare tid också förts vad gäller partikelemissionerna från små- och mellanstora förbränningsanläggningar, dels med anledning av de epidemiologiska samband som konstaterats mellan partiklar i omgivningsluften och olika hälsoeffekter och dels den stora osäkerhet som råder både vad gäller emissionernas omfattning och karaktäristik på såväl befintlig som framtida teknik. Tidigare forskning har indikerat att torvinblandning påverkar partikelbildningen vid förbränningen, bl a indikerar dessa studier att mängden fina partiklar kan reduceras vid inblandning av torv i trädbränslen.

En rapport framtagen med stöd av TorvForsk, Energimyndigheten och Neova.

Rapporten kan beställas från:

TorvForsk
Torsgatan 12
111 23 Stockholm
marie.kofodhansen@torvforsk.se

eller laddas ned från www.torvforsk.se

