

Biobränslefabrik – för att effektivt utnyttja framtida värmeöverskott

Biofuelfactory – a way to effectively use excess heat in the future

Växjö, datum

15 hp

Energiteknik

Handledare: Johan Saltin, VEAB

Handledare: Björn Zethräus, Växjö universitet, Institutionen för teknik och design

Examinator: Katarina Rugar-Gadd, Växjö universitet, Institutionen för teknik och design

Examensarbete nr: TD XXX/2009

Pernilla

Sammanfattning

En väg att öka produktionen av grön el är att utnyttja befintliga biobränsleeldade kraftvärmeanläggningar under hela året. I ett energikombinat produceras mer än en nyttig energibärare. Det finns redan flera anläggningar i Sverige med en integrerad pellettillverkning.

En anledning till att vilja torka biobränsle är att hejda den nedbrytning som sker då mikrobiell aktivitet är möjlig med energiförluster som följd. En bäddtork kan torka vid låga temperaturer och drivas med fjärrvärmevatten.

För att kunna pelletera skogsråvara krävs dels förbehandling i form av sönderdelning, torkning, malning och eventuellt konditionering dels pressning i form av kompaktering, och slutligen efterbehandling som har två syften, att sänka temperaturen på pelleten och att återföra trädamms till produktionen. Då sågspån har blivit en bristvara vill VEAB använda sig av det material som redan finns till förfogande, alltså skogsflis bestående av avverkningsrester och grot (grenar och toppar). Då askhalten är högre i den tilltänkta typen av råvara kommer följaktligen pelletens kvalitet att påverkas. Den pelletkvalitet som kan komma i fråga är troligen industripelletens vilket kommer att avspeglas i försäljningspriset. En pelletkvalitet med hög askhalt används med fördel inom stor- och mellanskalig energiproduktion där det redan finns utrustning för askhantering och rökgasrening.

Information om värmelast och elproduktion och deras fördelning på olika produktionsanläggningar baserar sig på VEABs egna underlag. Dels den verkliga produktionen 2008, dels uppskattningar för 2020.

I dagsläget produceras el och värme vid SV2. Verkets totalverkningsgrad, η_{tot} , beskriver hur stor del av det tillförda bränslets energinnehåll som utnyttjas för värme och el.

För att beskriva förhållandet mellan den producerade mängden el med den producerade mängden värme används begreppet elutbytesfaktor, α -värde. Ett värde som beskriver hur lasten i pannan ökar elutbytet.

Att man vill maximera elproduktionen i SV3 beror på de elcertifikat som kan tillgodoräknas i anläggningen. Elcertifikat kan inte produceras i befintlig panna längre än till och med 2012.

Lönsamhetsanalyserna visar att samtliga alternativ klarar lönsamhetskravet på 9 % vid en integrering av pelletfabrik.

Summary

A way to produce more green power is to utilize existing biofuel fired heat- and power production plants trough out the year. In an energy producing combinat there is more than one energy carrier. There are already several plants in Sweden, integrated with woodpellet manufacturing.

A reason to dry biofuel is to stop the degradation by microbes resulting in energy losses. This can be done by using a beltdryer driven by hot water.

To pelletize wood raw material pretreatment is necessary in form of grinding, drying, fine grinding and conditioning. Also compacting and after treatment is demanded in form of lowering the pellets temperature and to recirculate wood dust.

Since sawdust for the moment is rare, effort to make pellets out of wood chips is being done. This means higher ash content in the product which in turn makes it suitable for bigger boilers with ash handling equipment. These characteristics affect the price.

Information regarding heat load and production of power comes from VEAB (Växjö Energi AB). 2008 is described with real figures yet figures regarding 2020 are estimated.

Sandviksverket produces heat and power with a total efficiency of 85 %, a number that describes the energy content of the fuel.

To describe the relationship between the production of heat and power we use the term α -value. This value describes how the load of the boiler affects the production of power.

Maximizing production of power is related to power certificate. They run out at the year 2013 for the present boiler.

Analysis of profitability shows good results.

Abstract

Energikombinat i form av kraftvärmeverk utnyttjar värmelasten en tork utgör för att öka produktionen av grön el som genererar elcertifikat. Bandtorkar kan användas för att torka biobränsle vid låga temperaturer med hjälp av fjärrvärmevatten. Dessa torkar kan utnyttjas för att torka skogsflis inför pelletering. Det är fullt möjligt att utgå från flis i pelletproduktion.

Här beskrivs hur lasten i pannan påverkar α -värdet som i sin tur påverkar elproduktionen.

Lönsamhetskalkyler utförda vid VEAB visar på lönsamhet för flera produktionsalternativ.

Energikombinat, lågtemperaturtork, flis, pellettillverkning.

Förord

Det här examensarbetet sammanfattar, på många sätt, de kunskaper som jag har fått mig tillgodo under tre års studier till högskoleingenjör, på programmet Energi och Miljö, vid Växjö universitet.

Ett första tack till all personal på Växjö Energi som har hjälpt mig med frågor och fått mig att känna mig välkommen. Ett särskilt tack vill jag rikta till Johan Saltin, min handledare på Växjö Energi, som har hjälpt mig med allt från teknik till ekonomi och praktiska ting.

Ett andra tack vill jag rikta till Björn Zethräus, min handledare på Växjö universitet, som har hjälpt mig både innehållsmässigt och språkligt.

Ett tredje tack till Torbjörn Gustavsson och Peter Bengtsson på Andritz som ställde upp med tid och tekniska kunskaper.

Pernilla Hansson,

Växjö, maj 2009

Innehållsförteckning

Sammanfattning	III
Summary	IV
Abstract.....	V
Förord	VI
Innehållsförteckning.....	VII
1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	1
1.3 Mål	1
1.4 Avgränsningar.....	1
2. Teori.....	3
2.1 Energikombinat – befintliga anläggningar.....	3
2.1.1 Hedensbyn.....	3
2.1.2 Storuman.....	4
2.1.3 Vansbro.....	4
2.1.4 Anläggningar under uppförande.....	4
2.2 Torkning – med olika tekniker och temperaturer	4
2.2.1 Torkteknik	5
2.2.2 Torkmetoder	6
2.2.3 Miljöaspekter vid torkning, pelletering och transporter.....	6
2.3 Pelletering av trädbränsle	7
2.3.1 Förbehandling.....	7
2.3.2 Pelletering	8
2.3.3 Efterbehandling.....	9
2.3.4 Pelletering av avverkningsrester.....	9
3. Metod.....	11
3.1 Kvantitativ metod.....	11
4 Genomförande	13
4.1 VEAB, anläggningsbeskrivning 2008.....	13
4.1.1 Kraftvärmeproduktion	13
4.1.2 Huvudprodukter 2008 med ekonomiska och tekniska villkor.....	14

4.2 VEAB, anläggningsbeskrivning 2020.....	17
4.2.1 Huvudprodukter 2020 med ekonomiska och tekniska villkor.....	18
4.3 Anläggningsbeskrivning tork och pelletsfabrik	18
4.3.1 Råvara och sållning	18
4.3.2 Tork.....	19
4.3.3 Förbehandling.....	19
4.3.4 Pelletering och efterbehandling.....	20
4.3.5 Produktion av fjärrvärmevatten för torkning	20
4.3.6 Produktion av el	21
5. Resultat	23
5.1 Resultat för alternativ 1	23
5.1.1 Bränsle- och råvaruförsörjning.....	23
5.1.2 Produktion av värme	23
5.1.3 Produktion av el	25
5.1.4 Produktion av pellets	25
5.1.5 Ekonomisk utvärdering.....	26
5.2 Resultat för alternativ 2	26
5.2.1 Bränsle- och råvaruförsörjning.....	26
5.2.2 Produktion av värme	26
5.2.3 Produktion av el	28
5.2.4 Produktion av pellets	28
5.2.5 Ekonomisk utvärdering.....	29
5.3 Resultat för teoretiska, ekonomiska villkor.....	29
6. Analys.....	31
7. Diskussion	32
8. Slutsatser.....	33
9. Referenser	34

1. Introduktion

En väg att öka produktionen av grön el är att utnyttja befintliga bibränsleeldade kraftvärmeanläggningar under hela året. En nödvändighet eftersom världen står inför en omvälvande förändring av sin energianvändning när allt fler aktörer inser att dagens vidlyftiga användning av fossila bränslen inte är hållbar i längden. Det kan kännas övermäktigt att försöka ändra hela världens energianvändning, men om varje aktör däremot gör vad de kan, har vi kommit en bit på väg.

1.1 Bakgrund

VEAB (Växjö Energi AB) producerade 2008 197 GWh el. Produktionsanläggningen utnyttjade sin fulla kapacitet för elproduktion under 7 av årets 12 månader. Försäljningen av el, inom elbolaget Östkraft, är verkets viktigaste inkomstkälla.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka förutsättningarna för en utökad elproduktion under året hos VEAB. För detta krävs en större värmelast under årets varma månader.

1.3 Mål

Målet med examensarbetet är att undersöka om det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att torka skogsflis (grot, avverkningsrester och dylikt) i en lågtemperatortork, driven med hjälp av fjärrvärmevatten, och att sedan pelletera flisen. Detta skulle dels innebära en högre värmelast under sommarhalvåret med ökad elproduktion som följd, dels ytterligare en produkt i VEABs produktportfölj.

1.4 Avgränsningar

Det torkalternativ som tas upp i arbetet är begränsat till en leverantör, Andritz. Det finns två orsaker till detta. För det första den geografiska närheten till Andritz försäljningskontor här i Växjö. För det andra att Peter Bengtsson, doktorand vid Växjö Universitet, vars avhandling berör just lågtemperatortorkning, numera är anställd på Andritz.

I detta arbete kommer enbart den skogsflis som VEAB använder som bränsle att beaktas som råvara för pelletering. Detta kommer att medföra en ökad investeringskostnad då malning måste ske i fler steg än vid pelletering av sågspån. Den vanligaste råvaran för tillverkning av bränslepellets i Sverige är sågspån (Abrahamsson 2008, s 21). I dagsläget råder brist på sågspån. Detta har lett till konkurrens om spånet mellan energi- och tillverkningsindustrin (tmf.se). Tidningen Bioenergi rapporterar att flera pelletstillverkare har stått helt utan råvara under vintern 08/09 (2-2009, s35).

Under rubriken ”Bränsle och råvaruförsörjning” kommer transporter att tas upp så till vida att antalet lastbilsleveranser per dag undersöks. Detta är av vikt då det måste finnas personal från virkesmätares förening, VMF, som kan ta emot inkommande transporter av flis. Detta kan visa sig vara en begränsande faktor för produktionen. Däremot antas att det finns avsättning för all producerad pellets. Pelleten kommer att säljas i bulk.

Andritz-Sprout har även föreslagit pelleteringsutrusning. Det här arbetet fördjupar sig inte i fler alternativ.

Huvudmålet är att producera el, därför kommer alternativ med, för elproduktionen, ogynnsamma α -värden inte att undersökas närmare.

Arbetet tar inte upp eventuella tillstånd för de miljöpåverkande aspekter som utsläpp av terpen och buller.

2. Teori

I ett energikombinat produceras mer än en nyttig energibärare. Alltså är alla kraftvärmeanläggningar kombinat, eftersom både el och fjärrvärme är nyttiggjorda produkter. Detta ska jämföras med kondenskraftverk, som svenska kärnkraftverk, där enbart den producerade elen kommer till nytta, medan värmen kyls bort i havet. I ett kraftvärmeverk använder man sig således av fjärrvärme som värmelast. En nackdel med fjärrvärmenät som värmelast är den temperaturvariation vi upplever under året, -10° C i januari och +25° C i juli. Den fluktuerande temperaturen medför produktionsbortfall under den varma delen av året då en kraftvärmeanläggning inte kan köras på full last eller inte köras alls. Enligt vissa bedömare (Börjesson 2008, s50) skulle elproduktionen teoretiskt kunna ökas till det dubbla. I VEABs fall producerades 2008 70 % av den maximala elproduktionen räknat på 11 månaders full drift. En lågtemperatortork skulle kunna utgöra en ökad värmelast.

2.1 Energikombinat – befintliga anläggningar

Ett energikombinat kan producera flera olika energibärare (el, värme, kyla, pellets, biodrivmedel eller annat) med hjälp av ett eller flera biobränslen som råvara (Börjesson 2007, s 3). Hos VEAB produceras redan el, värme och fjärrkyla. En pelleteringsanläggning skulle ytterligare kunna öka samordningsvinsten i energikombinatet. Det finns redan flera anläggningar i Sverige med en integrerad pellettillverkning.

2.1.1 Hedensbyn

I Skellefteå, Hedensbyn, finns sedan 1997 en anläggning för kombinerad produktion av el, fjärrvärme och pellets. Verket är på 98 MW som fördelar sig på 34 MW el och 64 MW värme. Pannan eldas huvudsakligen med sågspån men även med bark, torv och GROT. Då pelletfabriken startade beräknades att elproduktionen skulle kunna ökas med 40-50 % per år. Produktionen av pellets ligger på 130 000 ton/år. Råvaran för pelletsproduktionen består av sågspån. I strömtorken används ånga som medium. Här sänks fukthalten i råmaterialet från 50 % till 13 %. Torkmediet värms upp med överhettad ånga från högtrycksturbinens avtappning genom värmeväxling. Detta är nödvändigt för att ångan i elkraftprocessen inte ska förorenas. Ångan används först i högtrycksturbinen för att sedan, efter att den värmeväxlat till torkprocessens ånga, ledas in i en lågtrycksturbin för ytterligare elproduktion. Detta betyder att 80-90 % av torkenergin kan tas till vara för elproduktion. Detta utan att verkets värmeunderlag behöver ökas. Istället kan elproduktion hållas igång under en längre period varje år under dellastsäsongen. (Gode m fl 2008, s 89).

2.1.2 Storuman

I Storuman finns en anläggning som ägs av Skellefteåkraft. Den har ett begränsat värmeunderlag men ett stort råvaruunderlag. Pannans effekt är 32 MW och den eldas med egenproducerat träpulver. Torkprocessen är den samma som i Hedensbyanläggningen (Abrahamsson 2008, s19). Produktionen av pellets uppgår till 105 000 ton/år (skekraft.se). Pelleteringsråvaran består av sågspån, kutterspån, gallringsvirke, avverkningsrester och ratad massaved (Gode m fl 2008, s 89). En optimerad elproduktion ger hög totalverkningsgrad, 98 % (Börjesson 2007, s 41).

2.1.3 Vansbro

I Vansbro produceras 50 000 ton pellets per år sedan 2006. Även denna anläggning är ett kombinat med både el och fjärrvärmeproduktion. Pannan är på 6,5 MW (Bioenergi 2006, s 29). Pelletproduktionen ska ökas med ytterligare en pelletpress så att tillverkningen blir 70 000 ton/år. Den utökade produktion bedöms motsvara en effektökning på 4 GWh i genomsnitt. Det medför att fjärrvärmenätet byggs ut från 17 till 21 GWh. Främsta råvarorna är rundved och sågspån. Dessa torkas med ”en tvåstegs indirekt torkning i tubulära trumtorkar”. Sluttorkning sker i en högttemperaturtork med ånga av 16 bar. Sluttorkningens kondensat driver förtorken. Det malda materialet torkas från en fukthalt på 55 % till 10 %. (Gode m fl 2008, s 89).

2.1.4 Anläggningar under uppförande

I Älvdalen är ett kombinat med fjärrvärme och pelletstillverkning under uppförande. Produktionen beräknas uppgå till 11 – 13 ton pellets per timme 11 månader om året (alvdalen.se).

I Sveg tillverkar Härjedalens Miljöbränsle, HMAB, pellets och briketter av antingen spån eller en blandning av träspån och torv. Produktionen ligger på 30 000 ton pellets per år. Torksystemet är ånga, av 16 bar in och 4 bar ut, i en strömtork. Temperaturen på torkgodset är 150°C. (Abrahamsson 2008, s 18).

I Överkalix ska en förstudie genomföras för att undersöka förutsättningarna för ett bioenergikombinat. Pilotanläggningen ska producera pellets eller andra efterfrågade bioenergi produkter. Råvaran ska utgöras av torv grot och stubbar från närområdet. Projektet stöds av både svenska och finska intressenter. (nll.se).

2.2 Torkning – med olika tekniker och temperaturer

En anledning till att vilja torka biobränsle är att hejda den nedbrytning som sker då mikrobiell aktivitet är möjlig. Då fuktigt biobränsle lagras sker en nedbrytning av 2,5 -3 % TS per månad. Är materialet torrt förloras endast 0,5-1% per månad (Johansson m fl 2004, s 10).

I det här kapitlet beskrivs de, vid pelletstillverkning, vanligaste torkteknikerna schematiskt. Det här arbetet fokuserar på torkning vid låga temperaturer i bandtork.

2.2.1 Torkteknik

Då man torkar biobränsle förångas vattnet som finns i materialet och kan på så sätt föras bort med hjälp av ett torkmedium. Aktuella torkmedier är rökgaser, luft och ånga.

Genom förbränning framställs rökgas som blandas med luft till lämplig temperatur. Blandningen möter det våta bränslet som torkar snabbt men det föreligger även en viss brandrisk. Dessutom fäster aska från rökgasen på torkgodset så att pelleten i slutskedet får en förhöjd askhalt.

Ånga som torkmedium gör att råvaran hamnar i en icke oxiderande miljö. Torkningen sker vid under-, över- eller lufttryck. Under- och övertryck kräver speciell utrustning.

Används luft som torkmedium värms denna upp indirekt. Detta ger en lägre risk för brand än i rökgastorken då temperaturökningen blir begränsad.

Vill man utnyttja spillvärme är luft det torkmedium som erbjuds (Johansson m fl 2004, s 4). Luften drivs med hjälp av fläktar genom en värmeväxlare, för uppvärmning, och möter sedan torkråvaran där vatten ska förångas.

2.2.1.1 Luftbehov

Vid torkning med luft, eller rökgaser, bestämmer gasens utgående temperatur hur mycket vatten som den kan bära med sig bort från råmaterialet som ska torkas. Lägre temperaturer kräver alltså större luftflöden för samma kapacitet. Detta medför att torkanläggningar med tillgång till låga temperaturer, kan bli väldigt stora (Bengtsson, 2009).

2.2.1.2 Energitillförsel

Vid torkning används el och värme. Värme förångar det vatten som ska transporteras bort. El driver en fläkt som skapar den ström som driver bort den fuktiga gasen. Värmeenergiförbrukningen kan delas på fyra poster: Förångningsenergi, uppvärmning av torkmediet, uppvärmning av torkgodset och värmeförlust till omgivningen. Förångningsenergin är den största posten, beroende på vilken torrhalt man vill uppnå på torkgodset. Uppvärmning av torkmediet sker med den spillvärme som finns att tillgå. Uppvärmning av torkgodset sker då godset möter mediet. Förluster sker överallt i anläggningen. För att överföra värme från en vattenkrets till luft krävs värmeväxlare med ytförstoring. (Johansson m fl 2004, s 5, 9).

Det vanligaste sättet att tillföra värmeenergi är att det sker i ett steg. Tillförsel i flera steg ger mer komplicerad utrustning. Tillförsel i flera steg kan dock minska antingen värmeförlusten eller luftmängden som tillförs. (Johansson m fl 2004, s 7).

2.2.1.3 Torkgodsets egenskaper

Fukt i trä kan förekomma på tre olika sätt: Fritt vatten, vattenånga i cellen och bundet vatten i cellväggen. Vid torkning av en träpartikel avgår först det fria vattnet inuti cellen. I detta skede befinner sig partikeln inom det kapillära området där det finns fritt vatten i cellen. Då allt fritt vatten är borta inträder den så kallade fibermättnadspunkten varvid träpartikeln övergår till att vara hygroskopisk. Ett hygroskopiskt material kan avge respektive uppta vattenånga från omgivningen. Vid fibermättnadspunkten är fuktkvoten cirka 30 %. Fuktkvoten (u) beskriver den fuktiga

träbitens massa (m_0) fördelat på den torra träbitens massa (m_{TS}). Alltså hur stor del av massan som är vatten (m_{H_2O}) respektive torrsubstans. (Bengtsson, 2007)

$$u = \frac{m_0 - m_{TS}}{m_{TS}} = \frac{m_{H_2O}}{m_{TS}}$$

Då gods ska torkas till hög torrhalt är det svårt att utnyttja torkmediets hela kapacitet. Detta beror dels på att fukt kan stängas in i partikeln då ytan torkat, dels på att den värmeöverförande ytan på partikeln minskar. Även träets hygroskopiska effekt spelar in, vilket betyder att det bundna vattnet vid låga fuktkvoter är svårare att driva bort. (Johansson m fl 2004, s 10).

2.2.2 Torkmetoder

2.2.2.1 Bäddtorkar

En bäddtork består av ett perforerat transportband där torkmediet blåser igenom materialbädden uppifrån eller nedifrån. Då gasen blåses in ovanifrån fungerar transportbandet som ett filter. Den drivande kraften vid torkning är temperaturgradienten. Då temperaturskillnaden är låg vid spillvärmestorkning innebär det lång torktid. I samtliga tekniker utom bäddtork måste varje partikel lyftas av torren. Detta arbete utförs med insats av elenergi. I en bäddtork sker inget lyftarbete vilket minskar insatsen av elenergi. I en bäddtork kan ett inhomogent material torkas. Man kan också mala materialet före torkning. För att minska bäddtorkens storlek kan man ha flera band över varandra. (Johansson m fl 2004, s 5-6).

2.2.2.2 Trumtork, Strömtork, Fluidbäddstork

En trumtork (även kallad rotertork) klarar stora produktionsvolymen och inhomogent material. Trumtorkar är ofta direkt eller indirekt rökgasdrivna. Den vanligaste tekniken för torkning av såg-/kutterspån för pelletstillverkning är trumtorkar drivna med direktverkande rökgas (Abrahamsson 2008, s 48).

Strömtorken för med sig materialet med en uppvärmd gasström. Materialet avskiljs i en cyklon. Uppehållstiden för råvaran i torren är väldigt kort. Strömtorken har krav på en homogen råvara.

Fluidbäddstorken har en lägre gashastighet än strömtorken och därmed längre uppehållstid. I torren sker omblandning men inte förflyttning av torkgodset. Fluidbäddstorken kräver homogent material. (Johansson m fl 2004, s 5-6).

2.2.3 Miljöaspekter vid torkning, pelletering och transporter

VOC (lättflyktiga kolväten) avges naturligt från skog. Terpener är den största gruppen VOC som avges. Kolväteutsläpp kan bidra till att marknära ozon bildas, vilket hämmar tillväxt. Terpener är dock svaga ozonbildare (Johansson m fl 2004, s 54). Vid torkning av trämaterial påverkas mängden avgående terpener dels av temperaturen dels av torrhalten. Mängden avgående terpener ökar dels med en höjd ingående torktemperatur dels med en högre torrhalt. Så länge som torrhalten inte drivs över 90 %, vid en ingående temperatur på 140 °C, avges terpener bara i liten mängd. Drivs torrhalten längre, avgår 90 % av terpenerna oberoende av materialets temperatur. Vid

lågtemperaturtorkning bör de avgående terpenmängderna vara låga så länge som torrhalten hålls på rätt nivå. De bör även vara av naturlig art istället för de nedbrytningsprodukter, som formaldehyd, som kan uppkomma vid hög temperatur. (Johansson m fl 2004, s 54).

Pellettillverkning är behäftat med buller, främst från kvarnar pressar och fläktar. Detta bör åtgärdas med förebyggande åtgärder som att man bygger in nämnda apparater (Abrahamsson 2008, s 18).

Transport av torkat biobränsle minskar transportvikten. Detta gör att transportrelaterade utsläpp av CO₂ och NO_x (kväveoxider) sjunker. Om torkat material dessutom pelleteras eller briketteras får det till följd att NO_x utsläppen sjunker till hälften per ton torrsbstans vid transport med lastbil om man antar att transportererna då begränsas av vikt istället för volym. (Johansson m fl 2004, s 56).

2.3 Pelletering av trädbränsle

2.3.1 Förbehandling

För att kunna pelletera skogsråvara krävs förbehandling i form av sönderdelning, torkning, malning och eventuellt konditionering. Råvaran bör ha en torrhalt på 85-90 % och en storleksfraktion på 3 mm eller mindre. (Näslund 2003, s 24)

2.3.1.1 Sönderdelning

Sönderdelningen sker i flishugg eller hammarkvarn. Den kan ske före eller efter torkning. Det är viktigt att sälla bort sand och andra föroreningar då sådant material orsakar erosion på huggen/kvarnen. Dessutom sänker sand asksmältpunkten hos slutprodukten med risk för asksinträng vid förbränning. (Näslund 2003, s 24)

2.3.1.2 Torkning

Torkning kan ske med ett flertal olika tekniker (se del 2.2.2). Vanligen används en trumtork med rökgas eller ånga som torkmedium. Är materialet storleksmässigt inhomogent kan torkningen bli ojämn. Hög torktemperatur kan medföra energiförluster då VOC avgår. (Näslund 2003, s 24).

Torkkoncept med banddriven torkning vid låg temperatur (under 90°C) har utvecklats av flera leverantörer. Både enligt Näslund (2003, s 24) och Bengtsson, (2009) framstår bandtorken som en teknik lämplig ur teknisk och kommersiell synvinkel. (Se kapitel 2.2.2.1).

2.3.1.3 Finfördelning

Finfördelning sker vanligen i en hammarkvarn. Kvarnens såll bestämmer storleksfraktionen på utgående material. Mindre partiklar ger mer hållfasta pellets men kan också ge problem med damm. Större partiklar kan påverka hållfastheten i en

enskild pellet. Fukthalten sjunker med cirka 1 % under malningen. (Näslund 2003, s 24)

2.3.1.4 Konditionering

Enligt Näslund (2003, s 25) utförs konditioneringen för att göra spånet mjukt så att friktionen mot pressmatrisen ska minska, vilket innebär en besparing av elenergi i pressteget. Det är inte helt klarlagt vilken temperatur på förvärmning eller vilken ångmängd som ger den bästa hållfastheten och lägsta energiförbrukningen.

Enligt ett försök vid Växjö Universitet kan man utläsa tre viktiga karaktärsdrag. För det första att lagrat spån kräver mer energi i pressteget, för det andra att hållfastheten förbättras vid konditionering med ånga och slutligen att pellets uppvisar en sämre hållfasthet med ökad förvärmningstemperatur. (Abrahamsson m fl 2002, s 29)

2.3.2 Pelletering

Principen för pelletering är densamma för alla tekniker. Råvaran pressas ihop genom en avsmalnande kanal. Kombinationen av tryck, uppehållstid i kanalen och den temperatur som friktionen ger upphov till bestämmer slutresultatet.

Det finns flera typer av pelletpressar. Ringmatriser, med rullpressar antingen på insidan eller på utsidan, planmatriser och presskolvar.

I en ringmatrispress kan antingen matrisen eller pressrullarna vara fasta. Om pressrullarna roterar och ringmatrisen är fast fås ett bra stöd hos matrisen för pressraften. Matrisbytet underlättas även vid denna teknik. Däremot kan det vara svårt att sprida råvaran jämt runt matrisen med ojämn belastning som följd. Om pressrullarna sitter på utsidan av ringmatrisen blir det gott om plats för inloppsöppningarna medan det blir trängre i utloppet.

Planmatriser har en fast matris och rörliga pressrullar på ovansidan. På undersidan skärs pelletarna av vid lämplig längd.

Kolvpresstekniken bygger på teknik för brikettillverkning. En kolv Rörelse pressar in materialet genom en kanal. (Näslund, 2003, s 30).

Pelletpressens viktigaste komponent är matrisen. Det samband som finns mellan matrishålens längd och diameter, som skapar rätt hållfasthet i pelleten, påverkas av slitage. Då ytan slitits ned måste matrisen bytas, annars påverkas pelletarnas hållfasthet. En viktig ekonomisk post, inom pelletstillverkning, är byte av matris på grund av den förslitning som sker. Enligt Näslund (2003, s 32) håller matrisen för 2 000 timmars produktion och innebär en kostnad på 10 SEK per ton pellets.

Den näst viktigaste komponenten är pressrullarna. I varje matris placeras två eller tre pressrullar. Dessa ska sitta så nära matrisen som möjligt men utan att vidröra densamma. Pressrullarna utformas med räfflor eller hålmönster för att rullarna inte ska börja glida på råvaran. När materialet i pressrullarna slits kan de börja glida på materialet. Förslitningen innebär också att pressrullarna måste justeras kontinuerligt för att avståndet till matrisen inte ska bli för stort. (Näslund, 2003, s 33).

En pelleteringspress från en etablerad tillverkare med kapacitet mellan 3 och 5 ton/h förbrukar 50kWh el/ton pellets (Näslund, 2003, s 35-39).

2.3.3 Efterbehandling

Efterbehandlingen har, i huvudsak, två syften. Dels att sänka temperaturen på pelleten. Dels att återföra trädamn till produktionen.

2.3.3.1 Kylning

Med kylningen uppnås en minskad risk för självantändning. Kylningen innebär också att risken för kondensation av avgående fukt från pelleten minskar. Fukthalten minskar med några procent under kylningsförfarandet. Den kondenserade fukten kan annars leda till att biologisk aktivitet uppstår, med nedbrytning som följd.

Trots de höga trycken, cirka 700 bar, i pressningen utgörs närmare 30 % av pelletens volym av porer. I dessa porer finns luft och ånga. Vid temperatursänkningen minskar trycket i porerna och därmed risken för att en pellet sprängs sönder.

Vanligtvis kyls pelleten till en temperatur fem grader över omgivningens. (Näslund, 2003, s 46)

2.3.3.2 Sällning

Med sällningen vill man skilja pelleten från damm och finfraktioner utan att pelleten går sönder ytterligare. Detta görs ofta med hjälp av antingen en roterande trumma eller sikt eller med hjälp av skakning på ett siktplan som lutar. (Näslund, 2003, s 47-48)

2.3.4 Pelletering av avverkningsrester

2.3.4.1 Råvarutillgång

Som tidigare nämnts är sågspån den vanligaste råvaran för pellets i dagsläget. Då sågspån har blivit en bristvara vill VEAB använda sig av det material som redan finns till förfogande, alltså skogsflis bestående av avverkningsrester och grot (grenar och toppar). Enligt Näslund (2003, s66) kan det finnas avverkningsrester med ett energiinnehåll på 4,7 TWh/år att tillgå i södra Sverige.

2.3.4.2 Råvarukvalitet

VEAB gör inte löpande askhaltsbestämningar av sitt ingående bränsle i dagsläget utan man använder sig av schablonvärden framtagna i en undersökning på 80-talet, se tabell 1 (Nylinder m fl, 1986).

Tabell.1 Effektiva värmevärden (torrsubstans)

Källa: Nylinder m fl 1986, s 46.

Sortiment	Effektivt värmevärde 10% fukt (MJ/kg)	Askhalt (%)	
Skogsrester (barr)	19,4	2,2	(1,8-2,6)
skogsflis (barr)	19,9	1,8	(1,3-2,3)
bark (barr)	19,6	2,2	(1,4-3,4)
sågspån (lagrad)	18,8	0,4	(0,3-0,5)

Den skogsflis som VEAB har för avsikt att använda i pelletstillverkning har en högre andel bark och därmed högre andel aska än det traditionella sågspånet. En högre askhalt sänker värmevärdet i pelleten eftersom en högre andel av massan då är utan energiinnehåll. Bark (torr och askfri, DAF) har dock ett högre energiinnehåll än stamved (sågspån). Det medför att det sänkta energiinnehållet, som beror på barkens högre askhalt, till viss del kan kompenseras av barkens (DAF) högre energiinnehåll. Tabell 2 visar hur energivärdet ändras med askhalten vid konstant fukthalt. Normalvärdet är satt till 19 MJ/kg TS värmevärde vid 2 % askhalt. (Nylinder m fl 1986, s 14).

Tabell.2 Variationer av askhalt och värmevärde vid konstant fukthalt

Källa: Nylinder m fl 1986, s 14.

Effektivt värmevärde (MJ/kg TS)	Askhalt (%)				
	0	1	2	3	4
18	96	95	94	93	92
19	102	101	100	99	98
20	109	107	106	105	104
21	115	113	112	111	110
22	121	120	118	117	115

2.3.4.2 Pellets kvalitet

Då askhalten är högre i den tilltänkta typen av råvara kommer följaktligen pelletens kvalitet att påverkas. Den pelletskvalitet som kan komma i fråga är troligen industripellets vilket kommer att avspeglas i försäljningspriset. En pelletskvalitet med hög askhalt används med fördel inom stor- och mellanskalig energiproduktion där det redan finns utrustning för askhantering och rökgasrening. (Näslund 2003, s 20).

3. Metod

Information om torkning, pelletering, befintliga energikombinat och ekonomi har hämtats från rapporter främst från 2000-talet. Det är dels rapporter från organisationer som Värmeforsk och Svensk Fjärrvärme, men även examensarbeten som berör de aktuella områdena torkning, pelletering och tillverkningskostnader. Då sammanställningar av befintliga energikombinat och pellettillverkare har gjorts dels i tidigare examensarbeten dels i tidskrifter har ingen egen sådan undersökning genomförts då det är tidskrävande. Vissa uppgifter har även hittats på internet i form av tidningsartiklar och kommuners hemsidor.

Information om värmelast och elproduktion och deras fördelning på olika produktionsanläggningar baserar sig på VEABs egna underlag. Dels den verkliga produktionen 2008, dels uppskattningar för 2020.

Dagens värmelast innebär produktion av el och värme i Sandvik 2 (SV2) med Växjö's fjärrvärmenät som värmelast. Morgondagens alternativ innebär en utbyggnad med Sandvik 3 (SV3), att Alvesta integreras i fjärrvärmenätet och en viss utbyggnad av fjärrkyla. Utrustningen för pelletering, med kringutrustning, antas vara densamma vid samtliga alternativ.

Då Andritz, som tillverkar och säljer torkanläggningar, finns på plats i Växjö, har vi vänt oss till dem för hjälp med teknik och kostnader för tork- och pelleteringsanläggning. Då vi begränsar oss till att använda flis som råvara i pelleteringsprocessen har vi även lagt till en extra trumhugg från annan leverantör. För eventuella delar i anläggningen som inte har beskrivits kommer vi att använda kostnadsuppskattningar.

VEAB har ett internt beräkningsprogram för att undersöka huruvida en investering uppvisar lönsamhet eller ej. Detta program kommer att ligga till grunden för känslighetsanalyser av projektet.

För att kunna implementera projektet på andra anläggningar kommer även en mer teoretisk och allmängiltig formel för lönsamhet att presenteras. Den här ekonomiska modellen vill visa betydelsen av sambandet mellan en anläggnings alfavärde, el-, värme- och pelletproduktion. Den modell som beskriver en anläggnings ekonomiska och tekniska villkor har skapats av professor Björn Zethraeus, Växjö universitet, 2009

3.1 Kvantitativ metod

För att kunna jämföra olika laster med avseende på elproduktion, värmeproduktion och för att kunna göra ekonomiska bedömningar har två olika värmelaster undersökts. Alternativ 1 beskriver dagens värmelast och alternativ 2 beskriver en tänkt värmelast år 2020 (se tabell 3). Beräkningar har utförts med hjälp av Microsoft Excel. VEAB har stått för det underlag i form av siffror som rör allt från produktion till priser.

Tabell 3: Produktionsalternativ

Alternativ	1A	1B	2A	2B
Maximerad pelletproduktion	X		X	
Maximerad elproduktion		X		X

För att få en realistisk bild av intäkter och kostnader i en tork- och pelleteringsanläggning, har prisuppgifter inhämtats från nämnda leverantörer. Uppgifterna är verklighetstroga men inte bindande om en anläggning skulle realiseras.

4 Genomförande

4.1 VEAB, anläggningsbeskrivning 2008

Växjö Energi AB (VEAB) är ett energibolag som är helägt av Växjö kommun. Bolaget har tre grenar: kraft och värme, elnät samt bredband. Företaget var tidigt ute med omställning från fossilbränsle till biobränsle. Redan 1980 konverterades dåtidens elproducerande panna från att eldas med olja till att bli biobränsleeldad. Sedan dess har oljeberoendet successivt minskat och olja står idag för 1,4 % av den ingående energin. Oljan används främst vid uppstart av Sandvik 2 (SV2). Torven stod för 6 % av energitillförseln. Torv räknas idag som ett fossilt bränsle men det genererar ändå elcertifikat. Sandviksverket som anläggning och Växjö som kommun har nått världsrykte i och med sina ansträngningar att minska fossila utsläpp.

VEAB producerar både el och värme. Detta sker dels inom Sandviksverket som består av flera större och mindre produktionsenheter, dels i närvärmecentraler i mindre orter som Ingelsta, Braås och Rottne. Den el som produceras säljs till elmarknaden. Värmen säljs som fjärrvärme till företag och privatpersoner. All el produceras i en högtrycksturbin (HT) respektive lågtrycksturbin (LT) i anläggningen SV2. För att täcka spetslast, vid kall väderlek eller vid produktionsbortfall, finns tre hetvattenpannor, en biobränsleeldad, en oljeeldad och en elpanna. Verket har även den oljeeldade ångpannan Sandvik 1, vilken endast tas i bruk vid större driftsstörningar. Fjärrvärmeackumulatören utjämnar driften i SV 2 över dygnet.

4.1.1 Kraftvärmeproduktion

Huvudanläggningen på Sandviksverket är den biobränsleeldade pannan SV2. Den 104 MW stora pannan är uppbyggd av en förbränningsugn där man eldar flis, bark och torv. Torven är främst till för att förbättra sintringsegenskaper hos det huvudsakliga bränslet, flis. Bränslet håller en fukthalt på 50-55 %. Pannan har fyra bränsleinmatningar, och det är där bränslemängden regleras. Pannan är en Cirkulerande Fluidiserad Bädd (CFB) vilket innebär att förbränningen sker i en sandbädd som rör sig som en fluid (vätska). Sanden rör sig upp genom pannan tillsammans med förbränningsgasen. Sanden, tillsammans med ännu ej förbränt bränsle, avskiljs med en cyklon och återförs till pannan. Sandens funktion är att bibehålla en jämn hög temperatur trots ett inhomogent bränsle. SV2 förbrukar ca 7-8 ton sand per dygn. Förbränningen sker vid ungefär 850°C. Pannan är fodrad med vattenfyllda ståltuber. Det är här ånga till turbinerna produceras. Vattnet i tuberna, matarvatten (mava), fylls kontinuerligt på i tuberna för att sedan vid ökad temperatur övergå till ångfas av 540°C och 140 bar. Elproduktionen sker i två steg. Ångan leds först in i högtrycksturbinen (HT) där kraftöverföring sker till generatorns elproduktion. Från högtrycksturbinens avlopp leds ångan i en ”crossover” -ledning till lågtrycksturbinen (LT). På så vis kan ytterligare el produceras i generatorn, som är kopplad till de båda turbinerna. Sammanlagt kan de båda turbinerna producera 25 GWh el per månad, vid full drift. Då ångan passerat genom lågtrycksturbinen kondenserar den och värmets överförs via värmeväxlare till fjärrvärmevatten. Vid driftsstörning i turbinerna kan ångan ledas förbi desamma till en direktkondensator där

ångans energiinnehåll växlas till fjärrvärme. Maximalt kan 45 GWh värme produceras per månad.

HT har två avtappningar för förvärmning av mava mellan matarvattentanken och pannan. En viss del av ångan från crossover-ledningen leds till mava-tankens. LT har även den två avtappningar. Den första förvärmer fjärrvärmereturen in till mava-tankens, den andra avtappningen växlar mot utgående fjärrvärmevatten. För tillståndstorheter se tabell 4.

Tabell 4 tryck, temperatur, massflöde och entalpi i olika punkter i SV2 (internt material, Veab)

SV2 100% last	Temperatur (°C)	Tryck (bar)	Flöde (kg/s)	Entalpi (kJ/kg)
Ånga ut från panna	540	140,0	41,00	3432
Ånga in HT	540	140,0	41,00	3432
Ånga ut HT avt1	327	29,8	2,47	3063
Ånga ut HT avt2	261	16,4	2,02	2944
Ånga crossover	191	8,8	33,96	2813
Ånga in LT	191	8,8	33,96	2813
Ånga ut LT avt1	138	3,5	3,30	2662
Ånga ut LT avt2	83	0,5	21,10	2410
Ånga ut LT fjv kond	61	0,2	9,52	2303

SV2 är även utrustad med en rökgaskondensator där ytterligare energi kan tas till vara för fjärrvärmevatten. Den energi som tas till vara är kondenseringsenergi från fukten i bränslet. Hur mycket vattenånga som kan kondenseras ut i rökgaskondensorn styrs av flera faktorer. Den första faktorn är fjärrvärmevattnets returtemperatur. Ju större skillnad mellan rökgastemperaturen och returtemperaturen desto större mängd energi kan frigöras. Optimalt är returvattnet 42°C. Den andra faktorn är fjärrvärmevattnets flöde som maximalt kan vara 1800 t/h och minst ungefär 300 t/h. 18 GWh värme per månad kan utvinnas som mest. (Strömngren, 2009)

4.1.2 Huvudprodukter 2008 med ekonomiska och tekniska villkor

4.1.2.1 Tekniska villkor

I dagsläget produceras el och värme vid SV2. Verkets totalverkningsgrad, η_{tot} , beskriver hur stor del av det tillförda bränslets energiinnehåll som utnyttjas för värme och el.

$$\eta_{tot} = \frac{Q_{el} + Q_{fjv}}{B}$$

Där Q_{el} är producerad eleffekt, Q_{fjv} är producerad värmeeffekt och B är tillförd effekt från bränslet.

2008 uppgick Sandviksverkets totalverkningsgrad (η_{tot}) till 106 % (se tabell 5). Att totalverkningsgraden överstiger 100 % beror på den energimängd som kan utvinnas i rökgaskondensatorer. Det effektiva värmevärdet som beskriver bränslet inkluderar inte

den kondenseringsenergi som kan frigöras här. Totalverkningsgraden för SV2 är 85 %, ett värde som används vid beräkningar inom VEAB.

Tabell 5 Årsproduktion 2008 Källa: VEAB, 2009

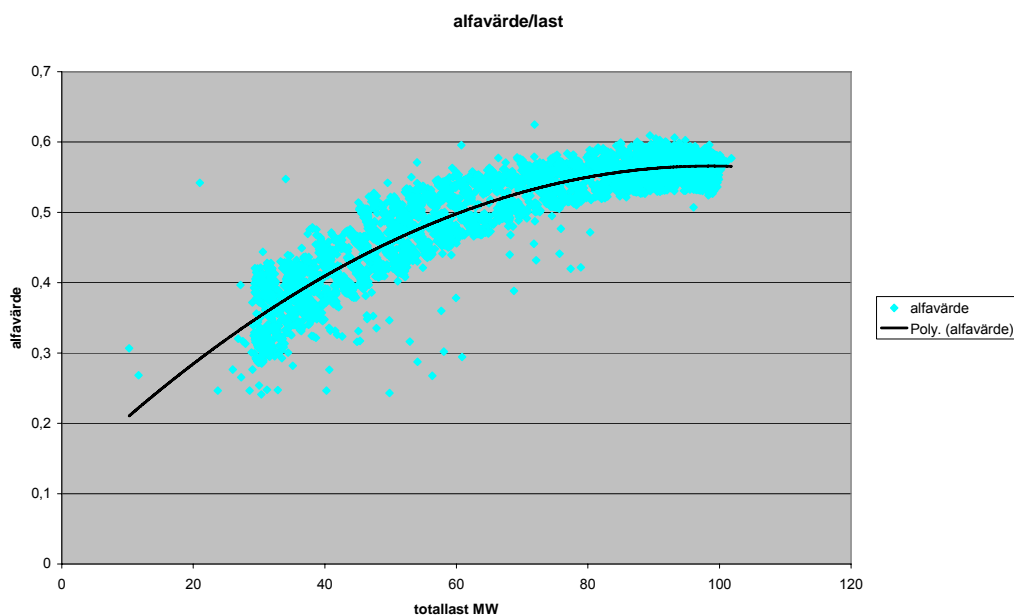
Produktion VEAB 2008	
Bränsle in (B, GWh)	776
El ut (P, GWh)	197
Värme ut SV2. (Q, GWh)	369
Värme fr rgk SV2 (GWh)	120
Övrig värme prod* (GWh)	133
Totalverkningsgrad (η_{tot})	1,06

* HH21 & HH11

För att beskriva förhållandet mellan den producerade mängden el med den producerade mängden värme används begreppet elutbytesfaktor, α .

$$\alpha = \frac{Q_{el}}{Q_{fv}}$$

Där Q_{el} , som tidigare, är producerad eleffekt och Q_{fv} , åter igen, är producerad värmeeffekt. VEAB använder sig av medelalfavärdet 0,55. Pannans last påverkar α -värdet. En lägre last ger ett lägre α -värde. Vid en högre last ökar α -värdet så att elutbytet blir större än bara den del som kan hänföras till ökad produktionstid.



Figur 1: α -värdet som en funktion av lasten i SV2.

Källa VEAB, 2009

Det ligger i VEABs intresse att ha en hög last och därmed ett högre α -värde. Alltså, för att kunna öka produktionen av el krävs en utökad värmelast.

4.1.2.2 Ekonomiska villkor

I dagsläget, 2009, finns bland annat intäktsposterna el och fjärrvärme. Produktionen av grön el genererar elcertifikat. Intäkten från elcertifikat är rörlig och bestäms av marknaden. VEAB har dock riktpriis för samtliga intäkts- och kostnadsslag vid kalkylering.

De teoretiska ekonomiska villkoren för ett kraftvärmeverk kan förenklat beskrivas så här:

$$NETTO(N) = INTÄKT(I) - KOSTNAD(K)$$

Till intäkter kan hänföras: försäljning av el och försäljning av fjärrvärme. Elpriset är inte påverkningsbart då priset bestäms på Nordpool, den nordiska el-börsen. Fjärrvärmepriset kan visserligen påverkas men är ofta avtalsbundet över ett eller flera år. Intäkten, I , kan brytas ned i I_{el} som motsvarar intäkten för elförsäljning och I_{fjv} som motsvarar intäkterna för fjärrvärmeförsäljningen. Kostnadsposten, K , består av en fast och en rörlig del. Till den fasta delen, K_F , kan de flesta kostnader knytas så som personal och anläggningskostnader. Den rörliga delen, K_R , består i huvudsak av bränselbehovet.

$$N = (I_{el} + I_{fjv}) - (K_F + K_R)$$

Inkomsten för de båda energibärarna kan skrivas om till följande:

$$I_{el} = i_{el} * Q_{el}$$

Där i_{el} beskriver priset i kr/MWh och Q_{el} den producerade energimängden i MWh.

Och på samma sätt:

$$I_{fjv} = i_{fjv} * Q_{fjv} = i_{fjv} * \frac{Q_{el}}{\alpha}$$

Om fjärrvärmepriset är fast i förhållande till elpriset kan det beskrivas som en konstant:

$$i_{fjv} = k_1 * i_{el}$$

Vi har nu följande utseende för den totala intäkten:

$$I_{tot} = i_{el} * (Q_{el} + k_1 * \frac{Q_{el}}{\alpha})$$

På kostnadssidan har vi redan antagit att K_F är konstant. Den rörliga kostnaden som beror på bränslepriset, K_{BR} (kr/MWh) och bränslebehovet, B (MWh), kan beskrivas som en funktion av α -värdet. Då produktionen av värme och el inte är förlustfria

tillkommer termen som beskriver förlusten i panna, el- och värmeproduktion, Q^0 .
 Q^0 kan uppskattas till 5 % av pannans nominella effekt (Zethraeus, 2009):

$$\text{om } \alpha = \frac{Q_{el}}{Q_{fjv}} \text{ så är } B = Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \text{ och } K_R = K_{BR} * B$$

(Zethraeus, 2009).

Den totala kostnaden för el och värmeproduktion blir således:

$$K_{tot} = K_F + K_{BR} * B \text{ eller } K_{tot} = K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right]$$

Följaktligen beskrivs nettot av ekvationen:

$$N = (i_{el} * (Q_{el} + k_1 * \frac{Q_{el}}{\alpha})) - (K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right])$$

Denna formel kan deriveras med avseende på termen Q_{el} , alltså den totala elproduktionen och blir då som följer:

$$\frac{dN}{dQ_{el}} = i_{el} * \left(1 + \frac{k_1}{\alpha} \right) - K_{BR} * \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) = i_{el} - K_{BR} + \frac{i_{fjv} - K_{BR}}{\alpha}$$

Den term som dominerar är det energislag med högst pris (kr/MWh). Vanligen är detta el priset, i_{el} , men om α -värdet blir lågt kommer även priset på fjärrvärme, i_{fjv} , att inverka på nettot.

4.2 VEAB, anläggningsbeskrivning 2020

För att möta ett utökat behov av fjärrvärme som en anslutning till Alvesta skulle innebära, behöver Sandviksverkets produktionskapacitet utökas. Detta är tänkt att ske med en ny panna som har arbetsnamnet Sandvik 3 (SV 3). De elcertifikat som VEAB idag kan tillgodogöra sig i SV2 kommer att upphöra 2013 enligt dagens regler. En ny biobränsleeldad anläggning, med elproduktion, skulle enligt samma regler kunna tillgodoräkna sig nya elcertifikat. Förslag på ny anläggning är en 70 MW stor panna som kan eldas med samma bränsle som SV 2, eventuellt utrustad med rooster för att kunna te emot ett sämre bränsle, än dagens, som mer bark eller krossat material med en högre grad av föroreningar. Även SV3 är tänkt att utrustas med en rökgaskondensator.

4.2.1 Huvudprodukter 2020 med ekonomiska och tekniska villkor

4.2.1.1 Tekniska villkor

SV3 är tänkt att utrustas med en ångturbin som kan producera maximalt 16 GWh el och 32 GWh värme per månad. Den är även utrustad med en rökgaskondensator som kan producera 10 dito. Tanken är att maximera elproduktionen genom att koppla turbinerna i SV2 och de nya i SV3 i serie. Men projektet är fortfarande under utredning. Värmelasten kommer även att utökas genom en utbyggnad av fjärrkyla.

4.2.1.2 Ekonomiska villkor

Att man vill maximera elproduktionen i SV3 beror på de elcertifikat som kan tillgodoräknas i anläggningen. Den nya pannan beräknas ha en totalverkningsgrad på 85 % och ett α -värde på 0,55. För övrigt är de ekonomiska förutsättningarna lika som i avsnitt 4.1.2.2.

4.3 Anläggningsbeskrivning tork och pelletsfabrik

För att göra en realistisk teknisk dimensionering och ekonomisk bedömning av den tänkta pelletsfabriken har offertliknande underlag använts. Dessa pris- och tekniska specifikationer är inte på något sätt bindande för de företag som varit behjälpliga med uppgifter. Kostnader som inte har offererats bygger antingen på underlag från verkliga projekt inom VEAB eller på uppskattningar. Då huvudsyftet är att producera el är det främst den värmeproduktion som kan generera el som eftersträvas. Men för att kunna utöka pelletsproduktionen under året kan man tänka sig att även utnyttja värme från rökgaskondensatorn/kondensatorerna.

4.3.1 Råvara och sållning

Som råvara för pellets har enbart flis beaktats. Avsnitt 2.3.4 beskriver hur det påverkar pelletens slutkvalitet. Leveransen av råvara sker på, för VEAB, ordinarie sätt antingen med bil och släp med en lastvolym på 100-120 m³ eller med containerlastbil med en lastvolym på 90 m³.

I dagsläget klarar man att, vid högsäsong, maximalt ta emot sex lastbilskepp i timmen. Tabell 6 visar hur mycket flis som kan tas emot varje dygn.

Tabell 6 Transportbegränsningar.

Flismottagning	Lastbil med släp	Containerlastbil	Kapacitet /dygn
Volym (m ³)	120	90	2880
Vikt (ton)	36	27	864
Densitet (ton/m ³)	0,3	0,3	0,3
Energiinnehåll (MWh)	102	76,5	2448

Vid maximal produktion under vintermånader måste även spetsvärmeanläggningarna HH21 och HH11 förses med bränsleflis. Det betyder att det under de månader då

dessa anläggningar inte är i drift, finns ett visst leveransutrymme för flis till pelletering även om SV2 körs på full last.

Begränsningar i mottagningsledet utgörs, för närvarande, av antalet inmätningar som personalen från VMF (vikesmätarföreningen) kan utföra. VMF är det oberoende organ som sköter kontrollen av ingående flis med avseende på fukthalt och leveransmängd.

Förbehandlingen består av sållning. Man vill alltså ha bort sten, pinnar, metallskrot och andra främmande föremål som kan skada apparater och bidra till föroreningar i pelleten. Denna typ av sållning finns även före inmatning av bränsle i pannan.

Inmatning av torkgods till torken och spån till pelletpressen sker med transportband och skruvar. Dessa har en uppskattad kostnad på 5 miljoner SEK.

4.3.2 Tork

Andritz har, genom Peter Bengtsson, grovdimensionerat en tork enligt önskemål från VEAB. Hela iden med torken är att använda den som extra värmelast och därför är det nödvändigt att fjärrvärmevatten ska kunna användas som värmekälla. Torken är en bandtork som ska torka flis vid en, i torksammanhang, låg temperatur.

Tabell 7 beskriver torken i siffror. Ett ungefärligt pris anges till 24 miljoner SEK (2 milj EUR). Torken anses inte kräva någon extra personal, den sköts parallellt av personalen som arbetar vid pelleteringsanläggningen. Andritz har inte angett någon eleffekt för att driva torken. Ett ungefärligt värde skulle kunna anges till 500 kW, en siffra som bygger på en bandtork av annat fabrikat men med liknande torkkapacitet (Bringhed 2008, sid 45).

Tabell 7 data för tork.

Andritz Belt Dryer System (BDS)	
Massa in (ton/h)	25
Torrhalt in (%)	40
Massa ut (ton/h)	12
Torrhalt ut (%)	85
Vattentemperatur in (°C)	90
Vattentemperatur ut (°C)	45
Vattenförbrukning (kg/s)	100
Värmeeffekt (MW)	18
Storlek <i>l</i> x <i>b</i> (m)	60x5
Torktid (min)	20
Energiförbrukning (MWh/ton)	1,5

4.3.3 Förbehandling

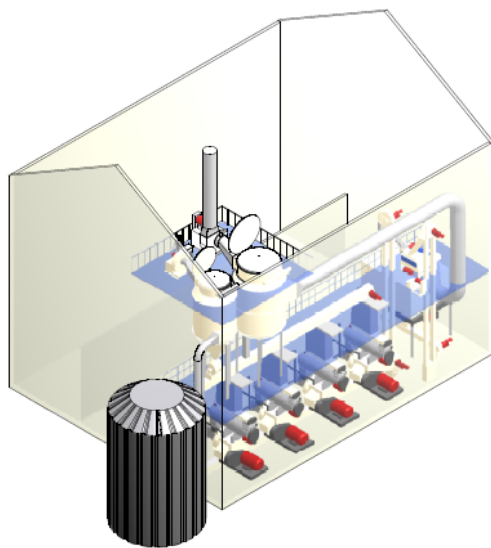
Då det är flis i storleksfraktionerna 30 – 50 mm som torkas måste den efter torkning genomgå ett mellansteg med malning till en storleksfraktion på 5x10x10 mm. Detta

sker med hjälp av en hammarkvarn. En möjlig modell, på rekommendation av ingenjörfirman J Mared AB, har kapaciteten 13 ton/h torkat material och priset 1 100 000 kr. Den rekommenderade kvarnens effekt är 350 kW. Kvarnar har hög energiförbrukning varför denna del inte är oviktig.

4.3.4 Pelletering och efterbehandling

Andritz har även dimensionerat en pelleteringsanläggning med utgångspunkt i de flöden som kommer från torken. Anläggningen inkluderar en hammarkvarn för malning från 5x10x10 mm till maximala 6mm fraktion, plats för fyra pelletpressar, se figur 2, som tillsammans producerar 12 ton pellets per timme, kylutrustning och övervakningssystem. Anläggningen kan tänkas kosta 1 746 800 EUR (21 miljoner SEK). Lagring av pellets tas inte direkt upp i arbetet men utgör en teoretisk del i den ekonomiska utvärderingen i form av bulklager till en kostnad av 8 miljoner SEK. Byggnader uppskattas till 10 miljoner SEK och markarbeten till 3 miljoner SEK. Anslutning till ånginlopp för konditionering, finns i den föreslagna anläggningen. Kostnaden för anslutning har inte tagits med i arbetet. Pelletering och efterbehandling kan ha en uppskattad eleffekt på 900 kW. Varav den största posten härrör från malning- och pressteget med 250 respektive 500 kW.

Det buller som nämnts i 2.2.3 bör dämpas genom att man bygger in apparater i välisolerade byggnader.



Figur 2 Pelleteringsfabrik med fyra parallella linjer. Källa: Andritz-Sprout

4.3.5 Produktion av fjärrvärmevatten för torkning

Torken ansluts till fjärrvärmenätet på samma sätt som en vanlig abonnent, alltså efter ackumulatortanken. Med hjälp av en värmexväxlare förs värmets över till torkmediet, som är luft.

4.3.6 Produktion av el

Den ökning av elproduktion som åstadkoms vid en ökad värmelast härrör dels från den produktionsökning av fjärrvärme, som driften av torken innebär, men också från omstyrning från icke elgenererande värmeproduktion till elgenererande dito. 2008 producerades 18 GWh värme i rökgaskondensorer och spetsvärmeanläggningar, under fyra månader, som inte bidrog till elproduktion. De månader på året då elproduktionen inte är i full drift är april till september. Halva juni hela juli och halva augusti är SV2 stängt för revision. I oktober kan man utnyttja rökgaskondensorn för att förlänga säsongen för pelletproduktion.

4.3.6.1 Ekonomiska villkor

Teoretiskt kan intäkter och kostnader i en pelleteringsfabrik beskrivas som följer:

Intäkten från pellets (I_p) kan beskrivas på samma sätt som för el och värme i avsnitt 4.1.2.

$$I_p = i_p * Q_p = k_2 * i_{el} * Q_p$$

Där, i_p , är pelletens försäljningspris, Q_p , är den producerade mängden pellets. Även pelletpriset kan knytas till elpriset med hjälp av en konstant, k_2 .

Den totala intäkten för de tre olika energibärarna kan nu skrivas som:

$$I_{tot} = i_{el} * (Q_{el} + k_1 * Q_{fjv} + k_2 * Q_p)$$

Vi måste nu införa två nya kostnads poster. Den första är den fasta kostnad för pelletanläggningen, $K_{F,p}$, vilken inkluderar kostnaden för anläggningen och driften.

Den andra är den rörliga kostnaden, $K_{R,p}$, som speglar råvaruförbrukningen (flis) både i form av pelleteringsmaterial och extra bränsle för värmeproduktion:

$$K_{tot,p} = \frac{K_{F,p}}{Q_p} + K_{R,p} * Q_p$$

$K_{tot,p}$, beskriver den totala kostnaden för pelletproduktion. Q_p , beskriver, åter igen, den producerade mängden pellets.

Den totala kostnaden för de tre energibärarna blir således:

$$K_{tot} = \left(\frac{K_{F,p}}{Q_p} + K_{R,p} * Q_p \right) + (K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right])$$

Vårt totala netto kan nu beskrivas som:

$$N_{tot} = i_{el} * (Q_{el} + k_1 * Q_{ffv} + k_2 * Q_p) - \left(\frac{K_{F,p}}{Q_p} + K_{R,p} * Q_p \right) - (K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right])$$

om man inför termen $\beta = \frac{Q_{el}}{Q_p}$ på ett liknande sätt som $\alpha = \frac{Q_{el}}{Q_{ffv}}$ kan även

Q_p beskrivas i form av Q_{el} enligt $Q_p = \frac{Q_{el}}{\beta}$ Med hjälp av införandet av denna term får den slutliga formeln följande utseende:

$$N_{tot} = i_{el} * \left(Q_{el} + k_1 * \frac{Q_{el}}{\alpha} + k_2 * \frac{Q_{el}}{\beta} \right) - \left(\frac{K_{F,p}}{\left(\frac{Q_{el}}{\beta} \right)} + K_{R,p} * \frac{Q_{el}}{\beta} \right) - (K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right])$$

Vid en derivering, med avseende på elproduktionen, får man följande utseende:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dQ_{el}} &= i_{el} * \left(1 + \frac{k_1}{\alpha} + \frac{k_2}{\beta} \right) - \left(- \left(K_{F,p} * \beta \right) + \frac{K_{R,p}}{\beta} \right) - K_{BR} * \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) = \\ &= i_{el} + \frac{i_{ffv}}{\alpha} + \frac{i_p}{\beta} + \beta * K_{F,p} - \frac{K_{R,p}}{\beta} - K_{BR} - \frac{K_{BR}}{\alpha} \end{aligned}$$

5. Resultat

Den, för VEAB positiva, effekt som kan uppnås med en integrerad pelletproduktion är i första hand en högre utnyttjandegrad av ångturbinerna. Detta kan bara ske under den del av året då elproduktionen inte utnyttjas maximalt och värmelasten är låg. Som en följd av detta kommer produktionsanläggningen för pellets inte att drivas de månader det skulle inverka negativt på fjärrvärmelieferanserna för hushåll.

5.1 Resultat för alternativ 1

Alternativ 1 visar hur en pelleteringsanläggning påverkar dagens produktionsanläggning. I alternativ 1A produceras 36 000 ton pellets under 2 994 timmar. I alternativ 1B produceras 26 000 ton pellets under 2160 timmar

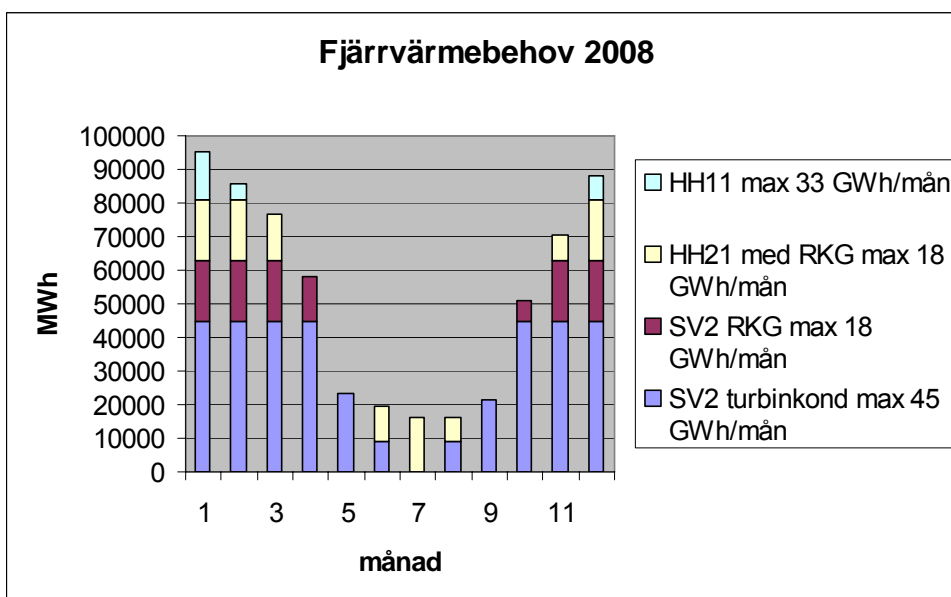
5.1.1 Bränsle- och råvaruförsörjning

Den maximala flismottagningsmängden kan variera mellan 360 och 720 m³/h. Torken har kapacitet att ta emot 83 m³/h (71 MWh/h) flis för pelletproduktion och det krävs 37 m³/h (31 MWh/h) flis för att producera värme till torken. Vid de tillfällen där den högre fjärrvärmeproduktionen tillåter ökad elproduktion behövs även bränsle för detta ändamål. Det behövs 150 m³/h (128 MWh) bränsle för att köra SV2 på full last. Alltså är mottagningskapaciteten inte en begränsning för pelletstillverkning

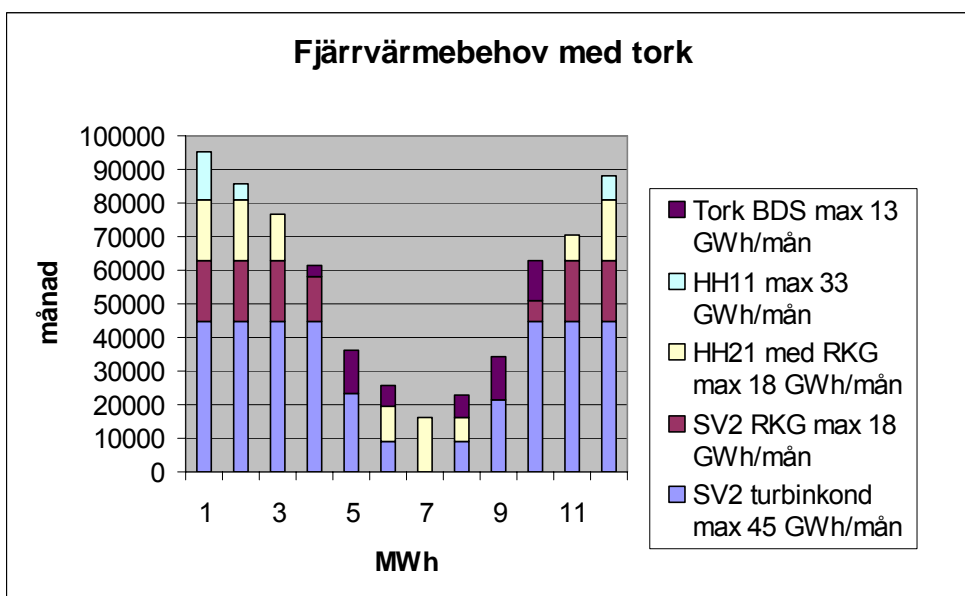
Flis lagras utomhus på gårdsplanen. Här finns ett lager som vanligtvis omfattar en veckas förbrukning. Det betyder att vid högsäsong finns ett lager på cirka 30 500 m³ flis och vid lågsäsong ett lager på cirka 5 200 m³. En pelletfabrik skulle addera 20 200 m³ flis/vecka. En siffra som inkluderar både bränsle- och produktionsflis men inte bränsle för ökad elproduktion.

5.1.2 Produktion av värme

Värmeproduktionen kan öka men också styras om till för elproduktion gynnsamma enheter med hjälp av en integrerad tork. Värmeproduktionens fördelning på Sandviksverkets olika produktionsenheter i dag och fördelningen med en tork kan studeras i figur 3 och 4. Figurerna visar att fjärrvärmeproduktionen i SV2 kan öka. I dagsläget är SV2 stängt för revision i två månader en tidsperiod som eventuellt kan kortas till en månad och därmed utöka utrymmet för ytterligare el- och pelletproduktion.



Figur 3 Fjärrvärmeproduktion fördelad på produktionsenheter 2008.



Figur 4 Fjärrvärmeproduktion, vid integrering av tork, fördelad på produktionsenheter.

Resultaten i tabell 8 indikerar en total ökning, av fjärrvärme, med 30 % under sommarhalvåret från 187 GWh till 243 GWh vid maximerad pelletsproduktion. Vid maximerad elproduktion, vilket innebär pelletsproduktion från maj till september, blir ökningen 51 % från 79 GWh till 119 GWh. Produktionsökningen av fjärrvärmeproduktionen går dock uteslutande till torken.

Tabell 8 Produktionsökning fjärrvärme, alt 1.

Alternativ 1 (GWh)	april	maj	juni	juli	aug	sept	okt	totalt
Fjärrvärmeprod 2008	58	23	19	0	16	21	51	194
Fjärrvärmeprod m tork	61	36	26	0	23	34	63	244

5.1.3 Produktion av el

Som en direkt följd av den ökade värmeproduktionen kan också elproduktionen öka.

Tabell 9 visar att elproduktionen i anläggningsalternativ 1 skulle kunna öka med 21 GWh eller 27 %.

Tabell 9 Produktionsökning el, alt 1.

Alternativ 1 (GWh)	april	maj	juni	juli	aug	sept	okt	totalt
Elproduktion 2008	25	10	4	0	4	10	25	78
Elproduktion m tork	25	18	7	0	7	17	25	99

5.1.4 Produktion av pellets

Pelletsfabriken kan vara igång under sex olika månader (se tabell 10), vid maximerad produktion, med en sammanlagd drifttid på 2 994 timmar. Pelletsfabriken går alltid på full last då den är igång. Full last innebär tre arbetsskift. 834 produktionstimmar härrör från värme producerad i rökgaskondensator som på så sätt förlänger produktionssäsongen. Den typen av värmeproduktionen leder dock inte till någon elproduktion.

Tabell 10 Maximerad pelletsproduktion, alt 1.

Pelletsfabrik Alt 1	apr	maj	juni	juli	aug	sept	okt	tot
Drifttid (h)	174	720	360	0	360	720	660	2994
produktion (GWh)	10	41	20	0	20	41	37	169
produktion (ton)	2088	8640	4320	0	4320	8640	7920	35928

Om pelletproduktionen bara ska ligga till grund för en utökad elproduktion blir driftstiden 2160 timmar med 26 000 ton producerad pellets enligt tabell 11.

Tabell 11 Maximerad elproduktion, alt 1.

Pelletsfabrik Alt 1	apr	maj	juni	juli	aug	sept	okt	tot
Drifttid (h)	0	720	360	0	360	720	0	2160
produktion (GWh)	0	41	20	0	20	41	0	122
produktion (ton)	0	8640	4320	0	4320	8640	0	25920

Förbrukningen av el är hög vid torkning, malning och pressning. Den aktuella anläggningen har en uppskattad eleffekt på 1750 kW. Utslaget på en pelletproduktion på 12 ton/h blir elförbrukningen 146 kWh/ton tillverkad pellets medan produktionen av el uppgår till mellan 583-807 kWh/ton tillverkad pellets.

5.1.5 Ekonomisk utvärdering

En ekonomisk utvärdering utförd av VEAB visar att både alternativ 1A och 1B klarar förräntningskravet, vilket visas i tabell 12. Då skillnaden i produktion är mängden producerad pellets kan man dra slutsatsen att försäljningen av pellets bidrar positivt till resultatet. Resultatet baserar sig på en totalinvestering på 81 miljoner SEK över 25 år, ett elpris på 609 kr/MWh och elcertifikatpris på 250 kr/MWh. Nämnas bör att elcertifikat ingår år 2009-2012 men inte år 2013 och framåt.

Tabell 12 Lönsamhetskalkyl för alt 1A och 1B Källa: VEAB

Lönsamhetskalkyl	1A	1B
Avkastning (%)	9,87	9,37
Återbetalningstid (År)	13,7	19,3
Nettonuvärde (Mkr)	17,7	7,1

För att nå förräntningskravet 9,00 % finns det utrymme för ökad investeringskostnad eller lägre elpris (tabell 13).

Tabell 13 Känslighetsanalys för alt 1A och 1B Källa: VEAB

Känslighetsanalys	1A	1B
Investeringskostnad (Mkr)	99,8	89,1
Elpris (kr/MWh)	523	575

5.2 Resultat för alternativ 2

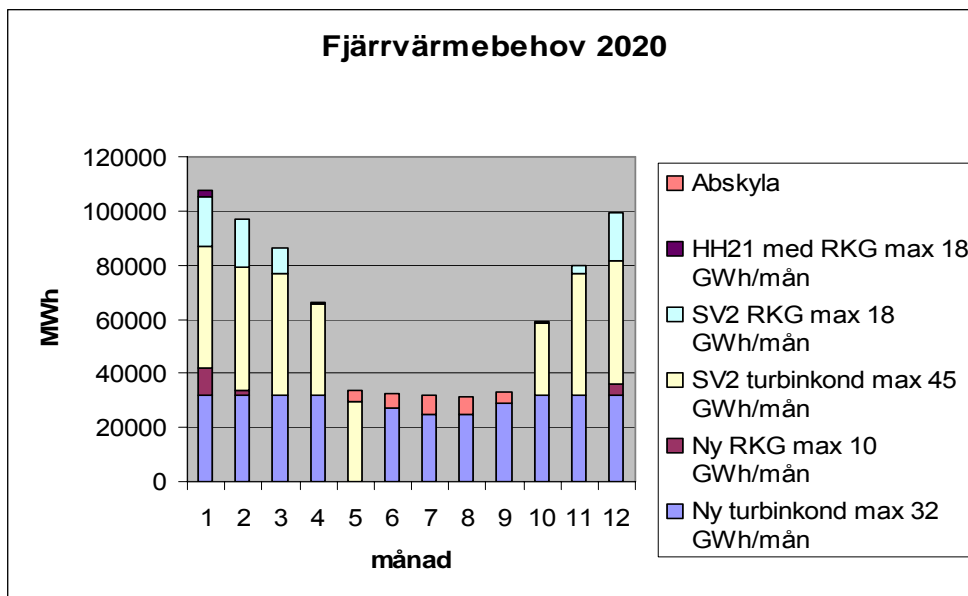
Alternativ 2, beskriver morgondagens anläggning, 2020, och hur en integrering av en tork och pelleteringsfabrik skulle påverka produktion av samtliga energibärare och anläggningens ekonomi. Alternativ 2A utgörs av att pelletsfabriken är i drift 7 242 timmar och producerar 87 000 ton/år. I alternativ 2B är drifttiden 5040 timmar och årsproduktionen 60 500 ton.

5.2.1 Bränsle- och råvaruförsörjning

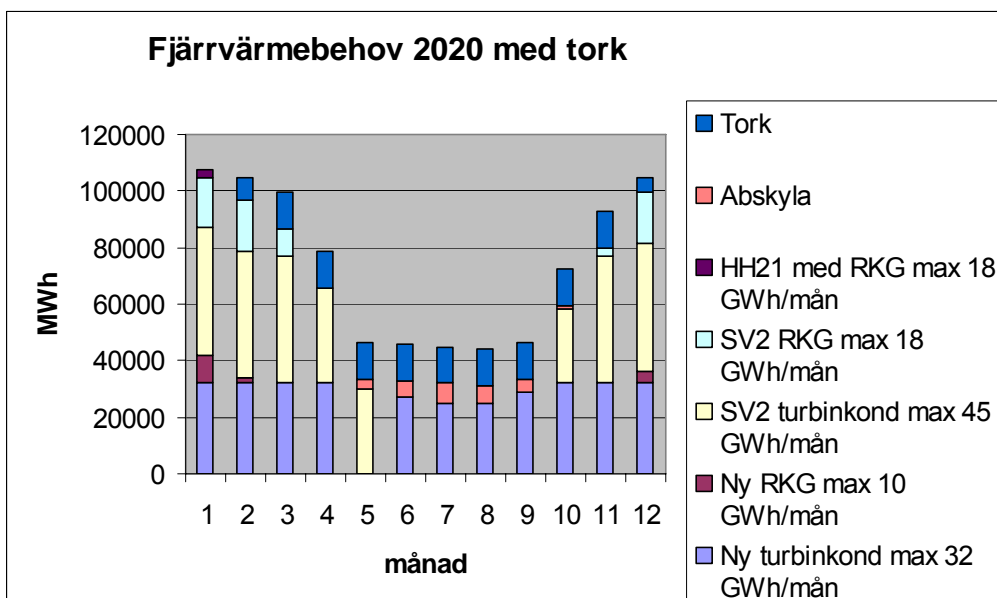
Om SV3 uppförs kommer den ökade bränslemängden att kräva mer personal för mottagning av flis och en större lagrings yta. Det finns anledning att anta att det, på samma sätt som vid dagens anläggning, finns utrymme för att ta emot material även för pelletproduktion.

5.2.2 Produktion av värme

I alternativ två kan produktionen av värme utökas under elva månader. Detta visar en jämförelse mellan figur 5 och 6. Under maj är SV3 stängt för revision medan SV2 enligt figur inte är i drift under juni till och med september.



Figur 5 Fjärrvärmeproduktion fördelad på produktionsenheter 2020.



Figur 6 Fjärrvärmeproduktion, vid integrering av tork, fördelad på produktionsenheter.

Den totala värmeproduktionen (tabell 13) ökar med 18 %, eller 131 GWh. Hela ökningen används för pelletproduktion.

Tabell 13 Produktionsökning fjärrvärme, alt 2.

Alternativ 2 (GWh)	jan	feb	mars	apr	maj	juni
fjärrvärmeprod 2020	107	97	87	66	30	27
fjärrvärmeprod m tork	107	105	100	79	43	40

Alternativ 2 (GWh)	juli	aug	sept	okt	nov	dec	tot
fjärrvärmeprod 2020	25	25	29	58	80	99	730
fjärrvärmeprod m tork	38	38	42	71	93	105	861

I alternativ två utnyttjas en ökad rökgaskondensering med mellan 21 och 54 GWh, vilket innebär att bränslebehovet minskar i motsvarande grad.

5.2.3 Produktion av el

Elproduktionen ökar till följd av den ökade värmelasten. Som man kan utläsa i tabell 14 ökar den totala elproduktionen med 29 GWh. Av dessa 29 GWh produceras 11,7 i SV3 som berättigar till försäljning av elcertifikat. Resterande 17 GWh produceras i SV2.

Tabell 14 Produktionsökning el, alt 2.

Alternativ 2 (GWh)	jan	feb	mars	apr	maj	juni
elproduktion 2020	41	41	41	33	15	13
elproduktion m tork	41	41	41	41	21	16

Alternativ 2 (GWh)	juli	aug	sept	okt	nov	dec	tot
elproduktion 2020	12	13	14	29	41	41	334
elproduktion m tork	16	16	16	32	41	41	363

5.2.4 Produktion av pellets

I den anläggning som beskrivs enligt stycke 4.2 ökar produktionsförutsättningarna jämfört med i dagens anläggning. Den längre drifttiden innebär volymmässigt ökad produktion. I tabell 15 kan man se att pelletsfabriken utnyttjar sin maximala drifttid, den står bara still under januari.

Tabell 15 Produktionsökning el, alt 2.

Max drifttid	
Pelletsfabrik Alt 2A	
Drifttid (h)	7242
Produktion (GWh)	408
Produktion (ton)	87000

I tabell 16 kan man se effekterna på drift och produktion om driften begränsas till att bara maximera elproduktionen.

Tabell 16 Produktionsökning el, alt 2.

Max elproduktion	
Pelletsfabrik Alt 2B	
Drifttid (h)	5040
Produktion (GWh)	284
Produktion (ton)	60500

5.2.5 Ekonomisk utvärdering

En lönsamhets analys har genomförts även på alternativ 2A och 2B. Dessa visar att förräntningskravet uppfylls även här (tabell xx). I dessa analyser bidrar elcertifikat med inkomster under tio år mellan 2020 och 2030 baserat på dagens regler. Även i dessa två alternativ bidrar mängden producerad pellets positivt till resultatet. Resultatet baserar sig på samma siffror som i alternativ 1, alltså, en totalinvestering på 81 miljoner SEK över 25 år, ett elpris på 609 kr/MWh och elcertifikatpris på 250 kr/MWh.

Tabell 17 Lönsamhetskalkyl för alt 2A och 2B Källa: VEAB

Lönsamhetskalkyl	2A	2B
Avkastning (%)	12,7	11,91
Återbetalningstid (År)	5,3	6,6
Nettonuvärde (Mkr)	105	75

För att nå förräntningskravet 9,00 % finns det utrymme för ökad investeringskostnad eller lägre elpris (tabell 13).

Tabell 18 Känslighetsanalys för alt 2A och 2B Källa: VEAB

Känslighetsanalys	2A	2B
Investeringskostnad (Mkr)	187	157
Elpris (kr/MWh)	232	340

5.3 Resultat för teoretiska, ekonomiska villkor

Den inledande formeln i del 4.1.2.2:

$$NETTO(N) = INTÄKT(I) - KOSTNAD(K)$$

som utvecklats i del 4.3.6.1 till:

$$N_{tot} = i_{el} * (Q_{el} + k_1 * Q_{fv} + k_2 * Q_p) - \left(\frac{K_{F,p}}{Q_p} + K_{R,p} * Q_p \right) - (K_F + K_{BR} * \left[Q_{el} \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) + Q^0 \right])$$

kan om man inför termen β användas för att beräkna om en investering i en pelleteringsanläggning är lönsam. Dock krävs det kunskap om alla inblandade faktorer.

6. Analys

Det finns inga tekniska hinder för att torka bibränsle med hjälp av fjärrvärmevatten.

Det finns inte heller tekniska hinder för att tillverka pellets av flis. Det kräver dock en högre insatsenergi i form av extra malningsutrustning.

Det finns även utrymme för en ökad värmelast för att driva en tork, både idag och i framtiden.

Ett ökat alfavärde på grund av ökad last i pannan ökar nettoinkomsten med mer än förlängd drifttid.

Lönsamhetsanalyserna visar att samtliga alternativ klarar lönsamhetskravet på 9 % vid en integrering av pelletfabrik. Det finns även utrymme för fördyrade investeringar.

De teoretiska ekonomiska villkoren visar att investeringens nettot beror dels på elpriset dels på α -värdet.

Miljöstörande verksamhet, som buller och utsläpp av VOC, uppvisar inga direkta resultat. Detta är ett område som kräver fördjupade undersökningar.

7. Diskussion

Diskussionen är det kapitel som skrivs mer fritt, här tas författarens egna tankar och åsikter upp. Huvudresultaten och hur väl resultaten stämmer med andra liknande studier diskuteras. Begränsningar, vad som skulle kunna göras annorlunda, effekter samt vilka konsekvenser resultaten ger kommenteras. Även vad som kan göras för att förbättra resultatet diskuteras. Författaren får dock inte tillföra något nytt i diskussionen utan att alltid anknyta till resultaten i sitt tyckande.

En integrering av en pelleteringsanläggning med Sandviksverket uppvisar en stor möjlighet att producera mer el under en större del av året. Resultatet visar på en ökning med 27 %, om anläggningen skulle finnas idag. El- och pelletproduktionen skulle dessutom kunna fördubblas under juni och augusti om revisionstiden för SV2 sänktes till en månad istället för två.

Även vid en integrering med SV3 och SV2 visar beräkningarna dels att det är en lönsam investering dels att det finns plats för värmelasten som torken utgör. Däremot måste man tänka på den större osäkerhet det innebär då samtliga siffror, även underlaget, bygger på prognoser.

En annan osäkerhetsfaktor är kvalitén på pelleten som är svår att bedöma. Däremot är det troligt att fler producenter kommer att tvingas att pröva nya råvaror så länge som efterfrågan på sågade varor är låg och efterfrågan på pellets hög. Det antagna priset i beräkningarna har hämtats från den barkpellets som produceras vid Mönsterås Bruk, vilken troligen har en ännu högre askhalt än den som kan komma ifråga här.

I teorin om torkade bibränslets inverkan på CO₂ och NO_x utsläpp påpekas att NO_x-utsläppen reduceras till hälften efter torkning och följaktligen även då bibränslet kompakteras. En uttransport av pellets med tåg istället för lastbil skulle påverka utsläppen i en positiv riktning. En transport till kusten skulle även öppna upp exportmarknaden via fartygstransporter.

Bränsle/råvaruhanteringen skulle kunna förbättras genom att sålla materialet direkt vid ankomst till anläggningen. Istället för att som idag sållas i samband med användning. Då skulle man få en samordningsvinst i sållningssteget.

8. Slutsatser

Här ska författaren sammanfatta arbetets resultat och dess konsekvenser, inte att blandas ihop med kapitlet Sammanfattning i början av arbetet som är en sammanfattning av hela arbetet. Här gäller det att utifrån analysen göra egna tolkningar. Slutsatserna bör vara rakt på sak och får enbart baseras på information som presenteras tidigare i rapporten.

Det här examensarbetet ville visa på nyttan av energikombinat och med hjälp av varmvatten, som i värmekraftanläggningar går till spillo, har en förädling av biobränsle kunnat ske.

Den tork som Andritz har dimensionerat blev inte exceptionellt dyr. Storleksmässigt upptar den en stor yta, 300 m². Dessa värden kan dock påverkas av ingående parametrar som fjärrvärmevattnets temperatur och vilken torrhalt som måste uppnås. Som en rekommendation till VEAB måste naturligtvis fler torkleverantörer kontaktas då det finns fler leverantörer av bäddtorkar.

Pelleteringsutrustningen är av standardtyp förutom ett extra malningssteg som är en stor elförbrukande post. Hela anläggningen är energiintensiv men uppvisar ändå en positiv nettoproduktion.

Den slutsats man kan dra av arbetets resultat är att en investering i en pelleteringsanläggning är en lönsam affär. Resultatet visar att det inte enbart är elproduktionen som genererar inkomster utan även pelletförsäljningen. Min rekommendation är att VEAB går vidare i utredningsarbetet. Det gäller också effekterna på miljön, som inte utretts här.

9. Referenser

Uppsatser eller rapporter:

Abrahamsson, Karin m fl 2002 Utveckling av träpelletstillverkning – råmaterialhanterings påverkan på tillverknings- och produkttegenskaper, rapport, avdelningen för bioenergiteknik, Växjö Universitet

Börjesson, Pål m fl 2008 Potentiell avsättning av biomassa för produktion av el, värme och drivmedel inklusive energikombinat Regionala analyser och räkneexempel, rapport, Institutionen för teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola

Börjesson, Pål m fl 2007 Förädling och avsättning av jordbruksbaserade biobränslen, rapport nr 62 Institutionen för teknik och samhälle, Lunds Tekniska Högskola

Gode, Jenny m fl 2008:8 Effektiv produktion av biodrivmedel, rapport, Svensk Fjärrvärme

Granström, Karin 2001 Utsläpp av lättflyktiga kolväten vid torkning av biobränslen ,delprogram torkning av biobränsle 745, Värmeforsk

Johansson, Inge m fl 2004 Torkning av biobränslen med spillvärme, A4-312, rapport, Värmeforsk

Näslund, Magnus 2003 Teknik och råvaror för ökad produktion av bränslepellets, rapport, Energidalen i Sollefteå AB

Abrahamsson, Charlotta 2008 Integrering av pelletsfabrik med Rya Kraftvärmeverk i Göteborg – en teknisk och ekonomisk utredning examensarbete 20 p SLU

Bringhed, Lisa Torkning av biobränslen – en studie av komersiella metoders för- och nackdelar med avseende på kvalitet, kostnader och miljöprestanda examensarbete 20 p institutionen för ekonomisk och industriell utveckling Linköpings universitet Tekniska högskolan

Zakrisson, Mårten 2002 Internationell jämförelse av produktionskostnader vid pelletstillverkning examensarbete 20 p institutionen för skogshushållning SLU

Elektroniska källor:

www.alvdalen.se <http://www.alvdalen.se/Bygga--bo/Fjarrvarme-i-Alvdalen/> maj 2009

www.energihandbok.se <http://energihandbok.se/x/a/i/10127/Tabell-over-varmevarde-och-densitet-for-nagra-vanliga-branslen.html> maj 2009

www.novator.se <http://www.novator.se/bioenergy/wood/A4.pdf> maj 2009

www.tmf.se <http://www.tmf.se/Templates/News1.aspx?PageID=b9c934af-1993-48e8-b87c-23cbc08fd1fa> maj 2009

www.tradbransle.se http://www.tradbransle.se/fakta_flis.asp maj 2009

Muntliga källor:

Bengtsson, Peter PhD, Växjö Universitet och Andritz A/S maj 2009

Frisén, Helene Bränsleinköpare, VEAB, april-maj 2009

Strömgren, Fredrik TF Driftschef, VEAB april-maj 2009

Saltin, Johan Projektledare, VEAB april-maj 2009

Wallin, Bengt Ingegörsfirman J Mared AB, 2009-05-11 mailkontakt

Zethräus, Björn Professor, Växjö Universitet, april-maj 2009



Växjö
universitet

Institutionen för teknik och design

351 95 Växjö

tel 0470-70 80 00, fax 0470-76 85 40

www.vxu.se/td