

# Planera massa med energi

Av Martin Waldemarsson

Med anledning av den senaste tidens uppvaknande kring klimatfrågans akuta läge har jakten på förnybara bränslen intensifierats. Hur och när den fossilbaserade ekonomin kommer överges återstår att se, men mycket talar för att skogsindustrin med sina biobaserade energibärare kommer spela en fortsatt betydande roll, såväl i Sverige som i andra länder med mycket skog.

## Energy Mission

Södra Cell är en av de stora aktörerna i den svenska skogsindustrin och är, med sin årliga volym på ca 1,7 miljoner ton massa (2017), en betydande leverantör av pappersmassa på den internationella marknaden. Planeringsmässigt utgör råvaruanskaffning, schemaläggning av recept/kampanj, samt distribution av massa till kund en stor del i den årliga budgetplaneringen. För detta används en optimeringsmodell (Mill Mission) som finns presenterad i Gunnarsson et al. (2007).

Huvudinkomsterna kommer från försäljning av pappersmassa, men betydande bidrag kan också uppstå från en rad olika biprodukter. För att analysera hur stor betydelse dessa biprodukter skulle kunna ha i den årliga budgetplaneringen har optimeringsmodellen Energy Mission skapats som finns presenterad i sin helhet i Waldemarsson et al. (2013) och Waldemarsson et al. (2017). Denna utgår från Mill Mission-modellen, men vissa avgränsningar och förenklingar i planeringen av råvaruanskaffning och distribution har gjorts och i modellen läggs istället fokus på att väva in biprodukter och energibärare i receptstrukturen.

## Systembeskrivning

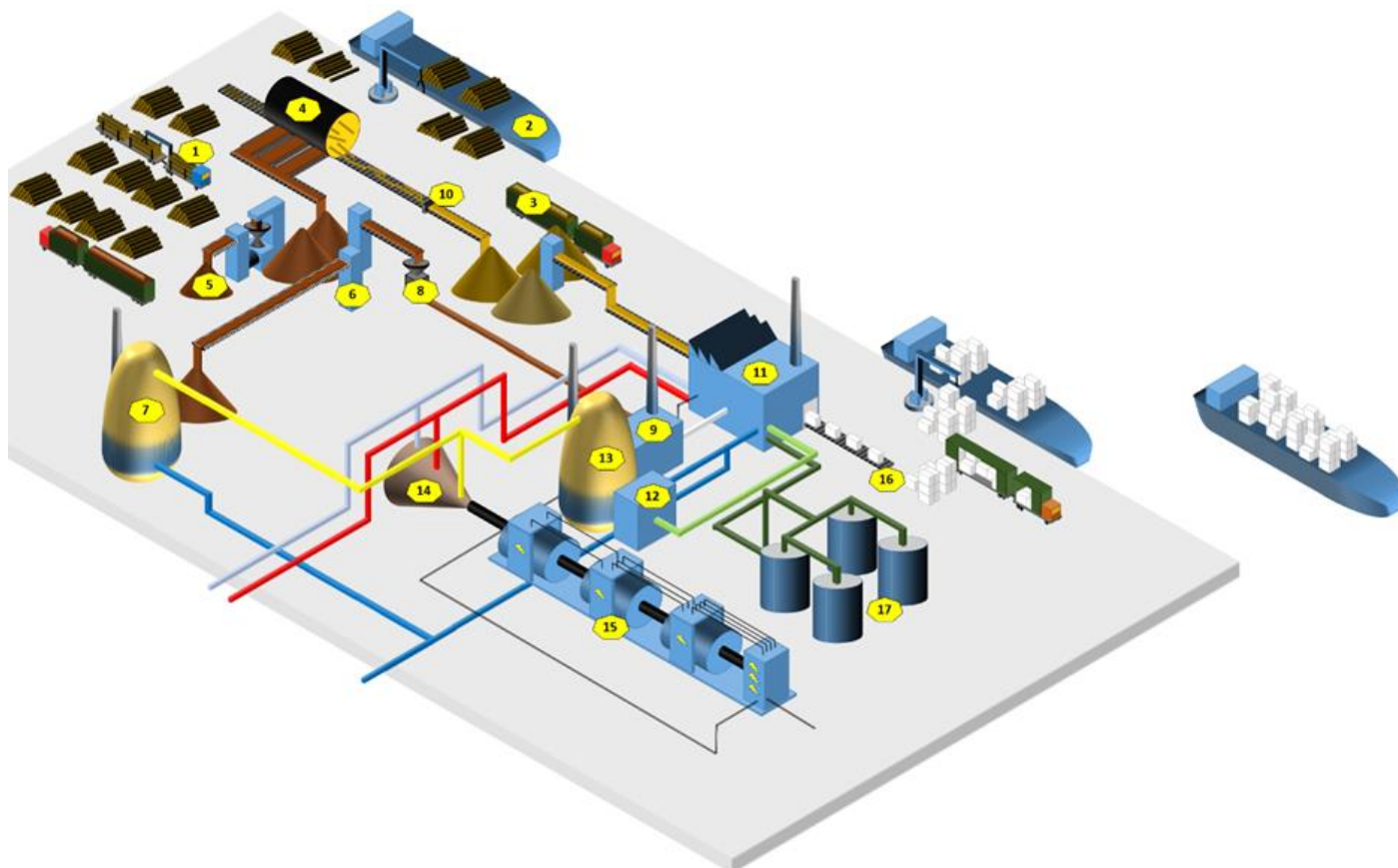
En något förenklad systemöversikt över ett typiskt fabriksområde presenteras i Figur 1.

Flödet börjar egentligen i något av de många råvarudistrikten runt om i landet där råvaran (massaveden)

hämtas vid bilväg och körs med lastbil till fabriksområdet (se Figur 1 [nr. 1]), massaved transporteras även med båt eller järnväg [2]. Råvara i form av massaved och flis kan också anlända från sågverk [3] och i viss mån även från utlandet. Vid fabriken barkas massaveden [4] och den första biprodukten, bark, avskiljs från huvudlinjen för att sedan antingen bli pellets [5], beredas [6] för förbränning i ångpannan [7], eller pulveriseras [8] för användning i mesaugnen [9]. Den barkade massaveden flisas sedan [10]. In till själva massafabriken [11] transporteras en viss typ av flis, eller en viss kombination av olika sorters flis

## ***”fokus på att väva in biprodukter och energibärare”***

(gran, tall, barr, löv), beroende på vilken slutprodukt som önskas. I massafabriken finns bland annat kokprocesser, blekningsprocesser, torkprocesser och förpackningsprocesser. Från kokeriet pumpas tunn-lut (s.k. svartlut) till indunstning [12] för att sedan processas i sodapannan [13], som dels ger grönlut till mesaugnen [9] och dels genererar högtrycksånga till turbinen [14]. Turbinen, som även får högtrycksånga från ångpannan [7], driver i sin tur en (eller en serie av) generator(er) [15] som producerar elektricitet. Elen kan sedan användas i de egna produktionsprocesserna eller säljas på den externa elmarknaden. Turbinen ger även mellantrycksånga och/eller lågt



Figur 1. En något förenklad systemöversikt över ett typiskt fabriksområde.

rycksånga, beroende på hur mycket av högtrycksångens energi som systemet föredrar att omvandla till el. Både mellantrycksånga och lågtrycksånga behövs för diverse produktionsprocesser och det antas i modellen att överskottet av dessa kan säljas på en extern marknad.

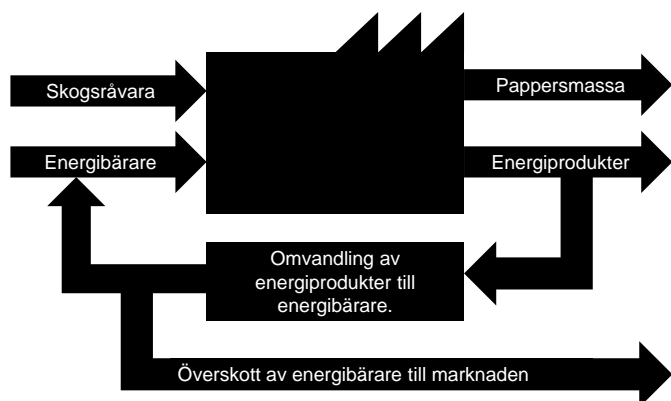
## ***”varje recept blir unikt i hur mycket energi som kan tappas av”***

Totalt kan 15 olika slutprodukter från de fyra olika bruken produceras (när studien gjordes ingick även ett sulfatmassabruk i Norge i försörjningskedjan). Vilken produkt som produceras styrs genom att välja ett av ett 20-tal olika recept. Massaprodukterna fraktas sedan till kund via båt, tåg och/eller lastbil [16].

Vid sidan av huvudprodukten pappersmassa samt biprodukterna bark och tunnlut, faller det även ut en del andra biprodukter, såsom metanol, tallolja och terpentin, från produktionsprocessernas olika steg [17]. Även dessa antas kunna säljas på den externa marknaden eller användas internt för den egna energiförsörjningen (genom att styra dess utfall).

## **Modellen**

Det unika med Energy Mission-modellen är att den kan ta hänsyn till de olika produkternas, energiintensitet vilket grundar sig i att de olika råvarorna som behövs har olika proportioner av energiprodukter inbäddade i sig och därmed sin egen energikarakteristik. Det innebär att varje recept blir unikt i hur mycket energi som kan tappas av i form av energiprodukter: bark, tunnlut, metanol, tallolja och terpentin. Modellen, som översiktligt beskrivs i Figur 2 och som i sin helhet finns beskriven i Waldemarsson et al.



Figur 2. Förenklad systemskiss över modellen Energy Mission.

(2017), tar hänsyn till hur mycket av en viss massa-produkt samt hur mycket av en viss energiprodukt som genereras under ett dygns produktion enligt ett visst recept. Massaproduktionen kräver också olika mängder av energibärarna; el, mellantrycksånga och lågtrycksånga. Därtill har de olika brukens pannor olika effektivitet och dess turbiner olika förmågor att producera el. Ju mer el som tas ut, desto mindre energi finns kvar att tappa ut i form av mellantrycksånga. Om bruket väljer att ta ut maximal mängd el blir det inget över till mellantrycksånga utan då fås bara lågtrycksånga. Energibalans måste råda mellan användandet av energiprodukter och producerad mängd mellantrycksånga, lågtrycksånga och el. Modellen ser sedan till få rätt mix av energibärare i relation till gränserna för hur mycket el som kan/får produceras vid respektive bruk. Därtill måste det råda energibalans mellan den totala produktionen av energibärare med hur mycket av en viss energibärare som används i den egna produktionen, som säljs, eller som går till spillo. Modellen styr hur mycket av energibärarna som åtgår i produktionen av massa med hjälp av en nyckel för hur mycket av respektive energibärare som åtgår när en enhet massa produceras enligt ett visst recept.

Planeringen utförs för ett år indelat i tolv tidsperioder. Efterfrågan på pappersmassa styrs av diverse kontrakt som består av en eller flera kundorder. Efterfrågan baseras på en årlig volym och därmed ges

modellen valmöjligheten att förlägga produktionen av massa i valfri tidsperiod, givet att bland annat produktionskapaciteter och lagerkapaciteter inte överskrids.

## Vikten av energi

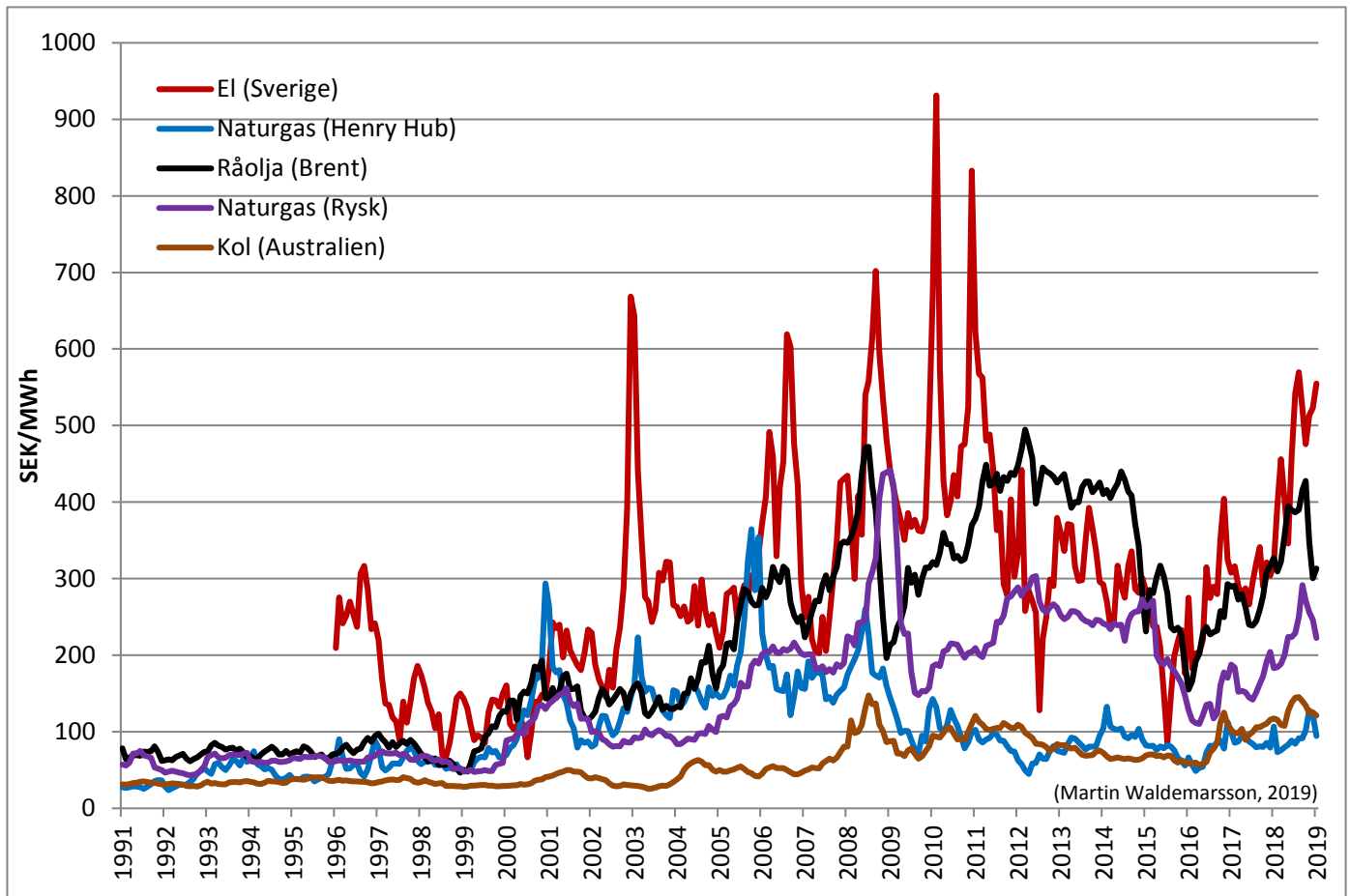
På energimarknaden är det mer regel än undantag med turbulenta priser och kraftiga prissvängningar (Figur 3). Historiskt sett har elpriserna (i Sverige) generellt varit högre under vinterhalvåret än under sommarhalvåret. Vintertid finns ofta också större avsättningsmöjligheter för olika typer av överskottsenergi. Frågan som uppstår blir hur mycket som skulle kunna avsättas och hur mycket det skulle kunna vara värt.

***”värt att reda ut om det skulle löna sig att förlägga den mest energiintensiva produktionen till vinterhalvåret”***

Med denna prisvariation är det således värt att reda ut om det skulle löna sig att förlägga den mest energiintensiva produktionen till vinterhalvåret, då energipriserna förväntas vara högre och de mindre energiintensiva recepten till sommarhalvåret. Fördelen med modellen Energy Mission är att den gör det möjligt att undersöka om och i så fall, hur mycket en sådan omplanering skulle kunna vara värd.

## Vikten av vinst

Modellen är vinstmaximerande och har som mål att maximera intäkter från försäljning av massaprodukter, energiprodukter, energibärare och gröna elcertifikat och minimera kostnader för transport och inköp av råmaterial, produktion, byte av produktionsalternativ, massadistribution, lagerhållning vid råvarudistrikten, samt kostnader för lagerhållning av råvaror, massaprodukter och energiprodukter vid bruken.



Figur 3. Priset\* på energi varierar stort över tiden.

Vid sidan av de villkor som redan beskrivits finns förstås även en uppsättning villkor som bland annat garanterar lagerbalanser, att inte råvarutillförseln över-skrids och att valda order och kontrakt uppfylls.

## Stresstest

För att analysera hur systemet skulle uppföra sig i olika situationer med varierande energipriser har olika scenarier testas. Fem scenarier testas där priset på olika energislag får gå från lågt till högt.

På detta sätt testas modellen genom att justera priset på el (1), gröna elcertifikat (2), kombinerat el och gröna elcertifikat (3), energiprodukter (4), samt samtliga energirelaterade parametrar (5). Resultatet

från dessa scenarier skvallrar om att energiprisförändringar kan vara starka motiv för att prioritera vissa produkter framföra andra, att i mån av tillgänglig kapacitet omfördela produktionen från ett bruk

till ett annat mot ökad distributionskostnad, samt att planeringsmässigt styra viss produktion till vinterhalvåret. Gemensamt är att den totala vinsten ökar till synes linjärt med ökat pris i samtliga av dessa scenarier. Det går också att urskilja brytpunkter när modellen kastar om i planeringen och tydligt

går från ett hörn i utfallsrummet till ett annat. Till exempel pekar en prisförändring på gröna elcertifikat tydligt på vikten av att behålla energiprodukter, för

**” energiprisförändringar kan vara starka motiv för att prioritera vissa produkter framföra andra ”**

att i stället producera och sälja mera grön el, om förutsättningarna tillåter. Konsekvensen blir att ett helt annat produktionsschema genereras, men också att andra kontrakt och order prioriteras på grund av den enskilda energiprisförändringen.

I Figur 4 ges ett exempel på hur modellen omprioriterar några produkter i några av brukna vilket tyder på att modellen påverkas av de olika produkternas energikarakteristik och hur väl de platsar i de nya förutsättningarna.

## Från teori till praktik

Att Södra Cell helt skulle kasta om sin planering och vända upp och ner på massakontrakt enbart på grund av vissa rörelser på energimarknaden bör ses som något långsökt. Detta är heller inte tanken med Energy Mission. Snarare ger modellen företaget en möjlighet att sätta prioritet på vissa produkter, bruk, order, kontrakt osv. i några givna framtidsscenarioer.

**En tanke och rimlig början skulle vara att använda sig av någon slags differentierad prissättning som har koppling till produktens energikarakteristik. De skulle exempelvis kunna ge rabatt på produkter som hjälper företaget att producera mer grön el när vintern är hård och elpriset högt.**

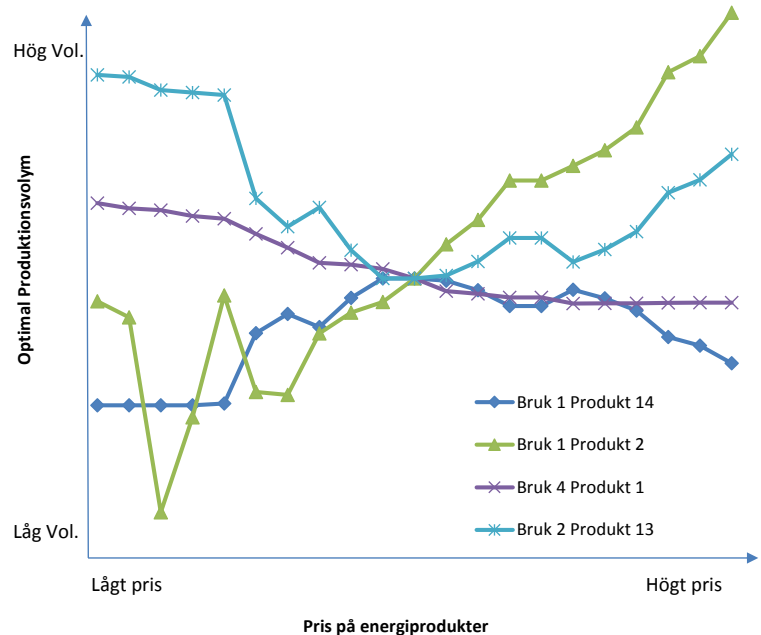
## Referenser

Gunnarsson, H., Rönnqvist, M., Carlsson, D. (2007) "Integrated production and distribution planning for Södra Cell AB", *Journal of Mathematical Modeling and Algorithms*, 6(1), 25-45. DOI: 10.1007/s10852-006-9048-z

Waldemarsson, M., Lidestam, H. & Karlsson, M. (2017) "How energy price changes can affect production- and supply chain planning - A case study at a pulp company", *Applied Energy*, 203, 333-347. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.05.146

Waldemarsson, M., Lidestam, H. & Rudberg, M. (2013) "Including energy in supply chain planning at a pulp company", *Applied Energy*, 112, 1056-1065. DOI: 10.1016/j.apenergy.2012.12.032

Waldemarsson, M. (2019), "Planering med energi i fokus", *ORbit* 32, 4-9.



Figur 4. Flera produkters optimala produktionsvolymerna påverkas av en prisförändring på energiprodukter.



Martin Waldemarsson är teknologie doktor i produktionsekonomi och universitetslektor i kvantitativ logistik på Institutionen för teknik och naturvetenskap vid Linköpings universitet. Studien på Södra Cell genomfördes i samarbete med Helene Lidestam, Martin Rudberg och Magnus Karlsson inom ramen för Processindustriellt Centrum Linköping (PIC-Li) med Stiftelsen för Strategisk Forskning (SSF) som huvudfinansierare.