



SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för Skogsekonomi  
SE-901 83 Umeå

# **Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri**

*Economic forest production with consideration of  
the forest and energy industries*

*Peter Lohmander*

**Erkännanden**

*Varmt Tack till E.ON Sverige AB för ekonomiska medel till projektet "Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri".*

*Peter Lohmander*

**Acknowledgements**

*Thank you E.ON Sweden AB for economic support to the project "Economic forest production with consideration of the forest and energy industries".*

*Peter Lohmander*

## **Innehåll / Contents**

	Sida / Page
Sammanfattning (Briefing in Swedish)	3
Briefing (English)	7
Mål, verksamhet och resultat	12
Case Study	18
CO2, skogs- och energisektorn	24
Regioner och produktionsmöjligheter	31
Rationella beslut på alla nivåer	34
Hinder för en rationell utveckling i Sverige samt möjliga lösningar	38
Skogsresursutnyttjande – Hinder och möjliga lösningar	38
Rationell utveckling inom den skogsråvarubaserade energisektorn och skogsindustrisektorn – Hinder och möjliga lösningar	40
Detaljerad beskrivning av förutsättningar och beräkningsantaganden	44
Multinationella och multisektoriella konferenser	49
Projektets utveckling och planer för den kommande perioden	49
Resurser	51
Referenslista	53
<b><u>Bilaga 1.</u></b>	
Regional optimeringsmodell med förklaringar	63 (- 81)

## ***Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri - Sammanfattning***

Det finns mycket stora möjligheter att kraftigt öka det industriella utnyttjandet av skogsråvara, oavsett hur denna användning fördelas mellan skogsindustri och energiindustri.

Virkesförrådet i den svenska skogen har ökat mycket kraftigt under hela den tid som systematiska mätningar har genomförts. Vi hade 2010, ett virkesförråd som var nästan dubbelt så stort som vad vi hade när mätningarna inleddes, 1926. Virkesförrådet var redan år 2007, 3 237 miljoner kubikmeter och det var år 1926 ca 1 747 miljoner kubikmeter. (I denna text skrivs för enkelhets skull "kubikmeter" istället för "skogskubikmeter". Källa för statistiken: Skogsstyrelsen [71]).

Om vi dividerar mellanskillnaden, 1 490 miljoner kubikmeter, med 81 år, så finner vi att tillväxten i medeltal, under dessa 81 år, har överstigit avverkningen med ca 18.4 miljoner kubikmeter. Under de senaste 30 åren har tillväxten i medeltal legat ännu högre i relation till avverkningen, vilket har inneburit att virkesförrådet har ökat ännu snabbare. År 1977 fanns det 2 487 miljoner kubikmeter i landet. Därför har förrådet i medeltal, under den senast kontrollerade trettioårsperioden, ökat med ca 25 miljoner kubikmeter per år.

En mycket enkel men rimlig kalkyl av vad dessa 25 miljoner kubikmeter motsvarar i effektivt värmevärde, grundad på offentlig statistik, är följande: Vi använder den omräkningsfaktor för ved med 50% fukthalt som Skogsstyrelsen redovisar, nämligen 1.9 MWh/m<sup>3</sup>f. Vi finner då att lagret har ökat med ca 47.5 TWh per år under den senast kontrollerade 30-årsperioden. Denna senaste lagerökning motsvarar ca 1425 TWh.

Även om vi inte är beredda att sänka virkesförrådsnivån under den nivå som gällde för några decennier sedan så vore det rationellt att kraftigt öka avverkningen och rejält investera i skogs- och/eller energi- industri. Flera alternativa beräkningsmodeller, med olika grad av detaljupplösning, har utvecklats inom projektet. Beräkningarna har i samtliga fall genomförts med försiktighetsmarginaler av olika slag samt olika känslighetsanalyser. Beräkningsmodellerna och resultaten har presenterats och diskuterats vid en lång rad internationella konferenser.

Det totala ekonomiska värdet, d.v.s. nuvärdet av all verksamhet inom skogsbruk, skogs- och energiindustri, stiger rejält om avverkning och kapacitetsutbyggnad genomföres i enlighet med kalkylerna.

Även om vi inte ens är beredda att sänka virkesförrådsnivån under 2010 års extremt höga nivå och även om vi inte alls beaktar det faktum att nyplanterad skog växer betydligt snabbare än äldre skogar, så bör avverkningen och det industriella utnyttjandet ökas mycket redan idag. Industri av olika slag som utnyttjar skogsråvara bör expanderas mycket. Sysselsättningen förbättras då dessutom kraftfullt under lång tid i hela landet. De viktigaste resultaten från den inledande övergripande analysen publicerades i Nordisk Papper och Massa [13] samt i Nordisk Energi [19].

## Regioner och produktionsmöjligheter

Det är givetvis viktigt att analysera de rationella åtgärderna inom projektområdet med hänsyn även till rumsliga förhållanden och regionala fördelningar.

Därför har beräkningar genomförts av hur stora uttag av stamved, bark, GROT och stubbar som man kan göra i olika län respektive inom representativa cirklar med radien 50 km inom de olika länen, förutsatt att man avverkar lika mycket som skogen tillväxer [39], [41]. Även de totala energiinnehållen i de olika sortimenten fastställdes länsvis.

### Tabell A.

Källor: [39] & [41]

#### Energi inom olika regioner

(Förutsatt att all avverkning sker i form av slutavverkning samt att avverkningen motsvarar tillväxten.)

Län och Land	Stamved	Bark	GROT	Stubbar	Totalt	Andel	Total
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	Skogsmark	Landareal
							1000 ha
Norrbottnens	14,99904	1,644984	2,0739	3,5154	22,233324	0,3627184	9 903
Västerbottnens	16,144128	1,7705688	2,23223	3,78378	23,930707	0,5775613	5 544
Jämtlands	14,660352	1,6078392	2,02707	3,43602	21,731281	0,539628	4 946
Västernorrlands	13,7088	1,50348	1,8955	3,213	20,32078	0,7920746	2 145
Gävleborgs	13,14432	1,441572	1,81745	3,0807	19,484042	0,809499	1 916
Dalarnas	11,93472	1,308912	1,6502	2,7972	17,691032	0,6661967	2 837
Värmlands	12,773376	1,4008896	1,76616	2,99376	18,934186	0,7312534	1 827
Örebro	5,999616	0,6579936	0,82956	1,40616	8,8933296	0,6608796	864
Västmanlands	3,725568	0,4085928	0,51513	0,87318	5,5224708	0,5674419	645
Uppsala	4,064256	0,4457376	0,56196	0,95256	6,0245136	0,5893108	711
Stockholms	2,58048	0,283008	0,3568	0,6048	3,825088	0,4157815	659
Södermanlands	3,822336	0,4192056	0,52851	0,89586	5,6659116	0,5214067	654
Östergötlands	7,596288	0,8331048	1,05033	1,78038	11,260103	0,5890538	1 078
Västra Götalands	15,418368	1,6909728	2,13188	3,61368	22,854901	0,5243852	2 399
Jönköpings	8,434944	0,9250824	1,16629	1,97694	12,503256	0,7106549	1 023
Kronobergs	7,612416	0,8348736	1,05256	1,78416	11,28401	0,7665877	844
Kalmar	7,805952	0,8560992	1,07932	1,82952	11,570891	0,6438721	1 126
Gotlands	0,548352	0,0601392	0,07582	0,12852	0,8128312	0,4027778	288
Hallands	4,290048	0,4705008	0,59318	1,00548	6,3592088	0,5881226	522
Blekinge	2,74176	0,300696	0,3791	0,6426	4,064156	0,6563574	291
Skåne	5,789952	0,6349992	0,80057	1,35702	8,5825412	0,3489209	1 112
<b>Sverige</b>	<b>177,79507</b>	<b>19,499251</b>	<b>24,58352</b>	<b>41,67072</b>	<b>263,54856</b>	<b>0,5541685</b>	<b>41 334</b>

Den regionala fördelningen av råvaror från skogarna är minst lika viktig på den globala nivån. Vid en internationell skogssektorkonferens i Ryssland i mars 2009, visade Lohmander att det finns mycket stora möjligheter att väldigt kraftigt öka all slags skogsråvarubaserad verksamhet i Ryska Federationen [37], vilken ledde till fler analyser och fler ”internationella regionala” studier [43], en internationell forskningsplan med medverkande från de flesta regioner i världen [46], [47], en studie av Canada [48] samt en presentation för Chile [51].

### **CO2, skogs- och energi- sektorn**

Problematiken med växthusgaser, virkesförråd och jordens uppvärmning har under projekttiden blivit en dominerande fråga i alla medier och konferenser. Projektet har därför inkluderat denna fråga i analyserna, vilket referenslistan visar.

### **Tabell B.**

Källor: [32] & [34]

#### **Flera effektfulla steg för klimatet**

För att motverka växthuseffekten är det bra att bruka och använda skogen. Man kan dela upp nyttan i fyra olika trappsteg.

*A) Den första koldioxideffekten:*

Om vi avverkar skog och använder virke för att bygga trähus och broar binder vi koldioxiden i dessa konstruktioner. Vi flyttar alltså koldioxidlagret från skog till byggnad.

*B) Den andra koldioxideffekten:*

Skogsmarken frigörs i samband med avverkningen så att vi kan låta ny skog växa där. Denna nya skog kan binda ännu mer koldioxid. Om vi bara låter skogen stå kvar och inte använder den, avtar nettotillväxten så småningom och nettoupptaget av koldioxid upphör.

*C) Den tredje koldioxideffekten:*

När vi efter många år river byggnaderna så använder vi det utslitna trävirket i kraftvärmeverk där det ersätter fossila bränslen.

*D) Den fjärde koldioxideffekten:*

Vi har även möjlighet att avskilja den koldioxid som bildas vid förbränning i kraftvärmeverken. Denna kan lagras under marken. (Tekniken kallas CCS, Carbon Capture and Storage.) Den del av avverkningen som går till massa och pappersindustri genererar restprodukter i processerna (returlutar) som ger energi och därmed positiv koldioxideffekt. Pappersprodukter kan cirkuleras på marknaderna i flera år. Returpapper återanvänds och ger nytt papper. När kvaliteten efterhand blir för dålig på grund av att fibrerna slits ned, så skickas resten till kraftvärmeverken.

Några viktiga slutsatser för skogsbruket med koppling till CO2 och klimat sammanfattades även på svenska [32] i Vi Skogsägare och i Skogssverige [34].

En av projektets centrala slutsatser för Sverige är att det ur såväl ekonomiskt som miljömässigt totalperspektiv finns mycket att vinna på att kraftfullt öka skogsavverkningen. Det ökade avverkningsuttaget kan då användas som råvara i energiindustrin och/eller skogsindustrin. Detta kan bevisligen göras utan att man behöver befara att uthålligheten i skogsbruket är hotad, eftersom tillväxten avsevärt överstiger avverkningen och eftersom virkesförrådet aldrig har varit större än nu. Dessutom kan ju tillväxten ökas i kommande skogsgenerationer tack vare plantmaterial med högre tillväxtpotential än tidigare.

De mest uppenbara hindren för att utvecklingen sker på det sätt som vore optimalt för samhället i stort, står att finna i de regelverk som styr de lagliga åtgärderna i skogssektorn, nämligen i första hand skogsvårdslagen och dess föreskrifter. Även den rådgivning och den utbildningsverksamhet som Skogsstyrelsen kontinuerligt genomför är starka styrmedel, vilka påverkar vad som anses ”normalt”, legitimt, rationellt och motiverat ur olika perspektiv inom skogsägarkretsar och i samhällsdebatten. I skogsvårdslagen och dess föreskrifter finner vi begränsningar vilka reglerar tidpunkt för slutavverkning, avverkningsareal per tidsperiod, virkesförråd per hektar efter gallring samt föryngringsmetoder och artval med mera. Det finns inga officiella kalkyler som visar att alla dessa regler är vare sig ekonomiskt eller miljömässigt motiverade. Man kan i många fall visa att dessa regler medför betydande sänkningar av de ekonomiska resultat som skulle kunna uppnås utan dessa bestämmelser. Skaleffekter är också av stor betydelse när det gäller ekonomiskt optimala lösningar. Ekonomiska fördelar av storskalighet kan givetvis även påverka den optimala graden av samordning.

*Hur bör vi motverka hindren för en rationell utveckling:*

*Slutsatser:*

*#1: Tillsätt en utredning som reviderar skogsvårdslagens paragrafer och dess föreskrifter. Direktiv: Ingen lag eller regel ska finnas som förhindrar ekonomiskt och miljömässigt rationella åtgärder.*

*#2: Skogsstyrelsens rådgivnings- och utbildningsverksamhet ska anpassas till de reviderade lagarna och förordningarna.*

*#3: Tillsätt en utredning och inled ett forskningsprojekt som fastställer den totalt sett mest rationella utvecklingen för Svensk Fjärrvärme. Här ska alla systemrelevanta aspekter finnas med, inklusive skogsindustrin och skogssektorn i stort.*

## ***Economic forest production with consideration of the forest and energy industries***

### ***Briefing***

There are very good options to strongly increase the industrial utilization of raw materials from the forests, such as roundwood and other assortments, irrespective of how these assortments are distributed between saw mills, pulpmills and companies in the energy industry.

The growing stock in the Swedish forests has increased very much during the time when systematic measurements have been undertaken. In the year 2010, the stock level was almost two times as high as the stock level in the year 1926, which was the year when these measurements started. In the year 2007, the growing stock was 3 237 million cubic metres, and in 1926 it was 1747 million cubic metres. (In this text, “cubic metres” should be interpreted as “cubic metres standing volume, from stump to tip”. Statistics source: Swedish Board of Forestry (Skogsstyrelsen [71]).)

If we divide the difference, 1 490 million cubic metres, by 81 years, we find that, during these 81 years, the yearly growth has on average been 18.4 million cubic metres higher than the yearly harvest.

During the latest 30 year period, the growth has been even higher in relation to the harvest, which explains why the forest stock level has increased even faster. In the year 1977, we had 2 487 million cubic metres in Sweden. On average, the stock level has increased by 25 million cubic metres per year during the 30 year period from 1977 to 2007.

A very simple but robust calculation, based on official statistics, of what these 25 million cubic metres represent in effective heat value, is the following: Wood, with a water content of 50%, represents 1.9 MWh per cubic metre (solid), according to the Swedish Board of Forestry (Skogsstyrelsen [71]). With this information, we find that the Swedish forest stock of effective heat value has increased by 47.5 TWh per year during the latest investigated 30 year period. This stock increase represents 1425 TWh.

Even if we are not willing to reduce the forest stock below the level that Sweden had a few decades ago, it is rational to strongly increase the harvest level and to invest in increased capacity in the forest products and/or energy industries. Several calculation and optimization models, with different degrees of detail, have been developed within the project. In all cases, the calculations have been performed with considerable security margins and sensitivity analyses. The calculation and optimization models and results have been presented and discussed at a large number of international conferences.

The total economic value, the present value of all activities in forestry, the forest products industry and the energy industry, increases strongly if harvesting and capacity expansion develop in the ways derived in and suggested by the optimization models.



Even if we are not willing to reduce the stock level below the extremely high level of 2010, and even if we do not consider the fact that new forest plantations grow much faster than earlier forest generations (because of the use of genetically improved seedlings etc.), we should increase harvesting and the industrial use of forest resources much, already today.

Capacities of industries of different kinds, using raw materials from the forests, should be strongly expanded. This also leads to increased employment in the whole country during many decades. The most important results from the introductory general analyses of these issues were also published in the Swedish language in *Nordisk Papper och Massa* [13] and in *Nordisk Energi* [19].

### **Regions and production possibilities**

Of course, it is important to analyze the rational activities, also with consideration of spatial conditions and regional distributions.

For this reason, derivations have been performed that show how large the sustainable harvest levels of different assortments are, within different counties and within representative circles in these counties with the radius 50 km. In each county, these sustainable harvest levels are the same as the forest growth. The investigated assortments are: stem wood (stamved), bark (bark), branches and tops (GROT) and stumps (stubbar). The original reports of these results are found here: [39], [41].

**Table A.**

Sources: [39] & [41]

**Energy in different regions**

(Assumptions: All harvests are clear fellings and the harvest volumes are equal to the growth.)

County and country	Stem wood	Bark	Branches and tops	Stumps	Total	Share of forest land	Total land area 1000 ha
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh		
Norrbottnens	14,99904	1,644984	2,0739	3,5154	22,233324	0,3627184	9 903
Västerbottnens	16,144128	1,7705688	2,23223	3,78378	23,930707	0,5775613	5 544
Jämtlands	14,660352	1,6078392	2,02707	3,43602	21,731281	0,539628	4 946
Västernorrlands	13,7088	1,50348	1,8955	3,213	20,32078	0,7920746	2 145
Gävleborgs	13,14432	1,441572	1,81745	3,0807	19,484042	0,809499	1 916
Dalarnas	11,93472	1,308912	1,6502	2,7972	17,691032	0,6661967	2 837
Värmlands	12,773376	1,4008896	1,76616	2,99376	18,934186	0,7312534	1 827
Örebro	5,999616	0,6579936	0,82956	1,40616	8,8933296	0,6608796	864
Västmanlands	3,725568	0,4085928	0,51513	0,87318	5,5224708	0,5674419	645
Uppsala	4,064256	0,4457376	0,56196	0,95256	6,0245136	0,5893108	711
Stockholms	2,58048	0,283008	0,3568	0,6048	3,825088	0,4157815	659
Södermanlands	3,822336	0,4192056	0,52851	0,89586	5,6659116	0,5214067	654
Östergötlands	7,596288	0,8331048	1,05033	1,78038	11,260103	0,5890538	1 078
Västra Götalands	15,418368	1,6909728	2,13188	3,61368	22,854901	0,5243852	2 399
Jönköpings	8,434944	0,9250824	1,16629	1,97694	12,503256	0,7106549	1 023
Kronobergs	7,612416	0,8348736	1,05256	1,78416	11,28401	0,7665877	844
Kalmar	7,805952	0,8560992	1,07932	1,82952	11,570891	0,6438721	1 126
Gotlands	0,548352	0,0601392	0,07582	0,12852	0,8128312	0,4027778	288
Hallands	4,290048	0,4705008	0,59318	1,00548	6,3592088	0,5881226	522
Blekinge	2,74176	0,300696	0,3791	0,6426	4,064156	0,6563574	291
Skåne	5,789952	0,6349992	0,80057	1,35702	8,5825412	0,3489209	1 112
Sweden	177,79507	19,499251	24,58352	41,67072	263,54856	0,5541685	41 334

The regional distributions of raw materials from the forests are very important also at the global level. At an international forest sector symposium in Russia, March 2009, Lohmander showed that all kinds of forest raw material dependent activities in Russian Federation can be very strongly increased [37]. “International regional” studies followed [43], an international research agenda with cooperators from most parts of the world was developed [46], [47], an analysis of Canada [48] and a presentation for Chile [51] were developed.

## **CO<sub>2</sub>, the forest and the energy sectors**

The complex problems of the global system with green house gases and global warming and the level of the carbon stock in the forests, have become dominating topics in all media and conferences during the lastest years. For this reason, the project has included analyses of these things, which is documented in the list of references.

### **Table B.**

Sources: [32] & [34]

#### **Several effective steps for the climate**

In order to avoid global warming, it is rational to manage and use the forests. You may consider four different effects.

##### *A) The first CO<sub>2</sub> effect:*

When we harvest a forest and use the timber to build wooden houses, bridges and other constructions, the carbon that was originally captured by and stored in the forests is moved to the constructions.

##### *B) The second CO<sub>2</sub> effect:*

When we harvest the forest, the forest land is "released" and can be used for new plantations. These new plantations can absorb even more CO<sub>2</sub> from the atmosphere. In case we do not use the old forests and harvest them, the forest net growth sooner or later stops. Then, the forests do not contribute to the net uptake of CO<sub>2</sub> anymore.

##### *C) The third CO<sub>2</sub> effect:*

When we, after many decades, want to replace the wooden buildings, bridges and other constructions, we use the old wood material as a source of energy in combined heat and power plants. This way, we can avoid using fossile fuels such as coal and oil, that are not renewable and sustainable.

##### *D) The fourth CO<sub>2</sub> effect:*

*We may also capture the CO<sub>2</sub> that we obtain in the combined heat and power plants. This can be permanently stored. The technique is called "CCS", carbon capture and storage. The part of the harvest that becomes raw material in the pulp and paper industry generates "black liquor", that gives energy and a positive CO<sub>2</sub> effect. Paper can circulate in the markets during several years. Waste paper can be used again. Finally, the fibre quality falls below an acceptable level, and the rest can be sent to the combined heat and power plants.*

Some important conclusions for foresty, with connection to the CO<sub>2</sub> and global climate issue, were also published in Swedish in "Vi Skogsägare" [32] and in "Skogssverige" [34].

One of the most important conclusions for Sweden is the following:

The total economical result and the environmental situation would both improve if we could increase forest harvesting.

The harvested forest raw material, such as timber, pulpwood, branches and tops, should then be utilized in the energy and forest industries. This can be done sustainably. The present stock of wood is much higher than earlier and the present harvest is lower than the growth. Furthermore, with improved seeds and seedlings, the future growth can increase.

Will this development, which would be optimal for society, take place in reality? The laws and regulations in Swedish forest laws and regulations represent constraints that can stop the desirable development.

The advisory and training activities administrated by the Swedish Board of Forestry also influence the development and what is considered “normal”, legitimize, rational and motivated from different perspectives in the public debate.

The forest act and regulations include rules and constraints concerning: The lowest allowable harvest age, harvest area per time period, lowest allowable stock level after thinning, forest regeneration methods, choice of species etc..

It is not possible to find any official investigations with calculations that prove that all of these detailed rules are economically and/or environmentally motivated.

In several cases, it is possible to show that these rules imply considerable reductions of the economical results that could have been obtained without these restrictions.

It is also important to consider economies of scale when we want to determine economically rational solutions. Such things can also influence the optimal degree of coordination.

### ***How should we make a rational development come true?***

#### ***Conclusions:***

*#1: Initiate a commission with an investigation that should revise the Forest Act and its regulations. Directives: No laws or rules should exist that prevent economically and environmentally rational actions.*

*#2: The advisory and training activities of the Swedish Board of Forestry should be adapted to the revised laws and regulations.*

*#3: Initiate a commission with an investigation and a research project that should determine the most rational development of district heating and connected activities in Sweden. All conditions of importance to the total system should be considered, including the forest industry and the forest sector.*

## ***Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri – Mål, verksamhet och resultat***



*Picture: Skellefteå Kraft CHP in Lycksele, Sweden, uses roundwood.*

### **Projektets mål och inriktning**

*Här följer ett citat ur projektbeskrivningen:*

”Målsättningen är att analysera hur ekonomiskt optimal skogsproduktion kan uppnås med hänsyn till såväl skogsindustrins som energiindustrins råvaruefterfrågan för olika möjliga framtida utvecklingar. Här studeras både skogens tillväxt och avverkning ur ett ekonomiskt perspektiv med användning av de intäkter och kostnader som beror av såväl timmer och massavedsproduktion som GROT och andra energisortiment. Skogsproduktionen optimeras dels i befintliga skogsbestånd och dels i skogsbestånd som kommer att anläggas i framtiden. Samtliga relevanta regelverk inklusive skogsvårdslagen och dess föreskrifter samt möjliga justeringar beaktas i analyserna. När det gäller framtida skogsproduktion ska möjligheterna att använda högproducerande hybrider av asp och poppel inkluderas liksom alla andra möjligheter som står till buds med hänsyn till genetiska förbättringar och andra omständigheter. Årliga rapporter samt seminarier genomföres. Projektet inkluderar en utförlig ”case study” inom en region där skogs- och energiindustrin samt skogsproducenterna ingår. Denna studie avslutas med ett kombinerat evenemang bestående av ett seminarium och en tvådagars exkursion.”  
(Slut citat)

### **Projektets verksamhet**

*Här redovisas projektets verksamhet, måluppfyllelse samt metoder och modeller som har utvecklats för att genomföra projektet. Även konferenser o motsvarande som är en följd av projektet redovisas.*



*Picture: GROT, the sum of branches and tops, is one result of a harvest.*

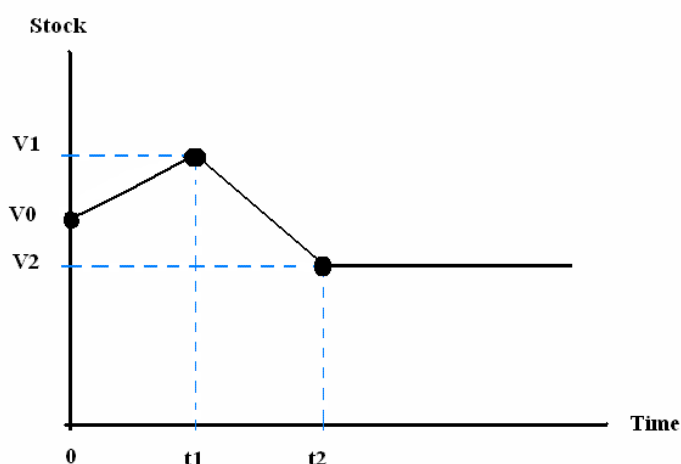
### **Inledande övergripande analys**

Verksamheten har fokuserats på den övergripande målsättningen, nämligen att analysera hur ekonomiskt optimal skogsproduktion kan uppnås med hänsyn till såväl skogsindustrins som energiindustrins råvaruefterfrågan för olika möjliga framtida utvecklingar.

Därför har några dynamiska beräknings- och optimeringsmodeller utvecklats, dels i form av generella matematiska ekvationer och dels i form av datorprogram som nu är användbara direkt via Internet. Dessa dynamiska modeller har använts som redskap för att bland annat beräkna följande (Citat ur Lohmanders rapport [11] och två timmars föredrag vid Energy Forum, Stockholm, Februari 2008):

*”- Det visar sig att det finns mycket stora möjligheter att kraftigt öka det industriella utnyttjandet av skogsråvara, oavsett hur denna användning fördelas mellan skogsindustri och energiindustri.*

*Analysernas grundversioner bygger på antagandet att priserna är reallt oförändrade över tiden. Känslighetsanalyser av olika slag genomföres. Läsaren kan också själv undersöka vad alternativa antaganden betyder för resultaten genom att direkt använda de nyutvecklade datorprogrammen. Dessa finns tillgängliga på Internet samt redovisas i Appendix.*



**Figur 1.**

Virkesförrådet (Stock) som funktion av tiden. Kapaciteten av skogs- och energiindustri expanderas. Samtidigt ökas skogsavverkningen så att råvarubehoven täcks. Planeringsproblemet har parametriserats och optimerats. Interaktiv programvara för detta har utvecklats och finns tillgänglig på Internet. Källa: [11].

*Även om vi inte är beredda att sänka virkesförrådsnivån under den nivå som gällde under 1980-talet så vore det rationellt att kraftigt öka avverkningen och rejält investera i skogs- respektive energi- industri. I en kalkyl har viss ökad tillväxt i den skog som anläggs efter avverkning beaktats. Kalkylen har inte på långa vägar utnyttjat hela den möjliga ökningen av tillväxten i den nya skogen vilken enligt redovisade uppgifter ligger på ca 40% (eller betydligt mer vid intensivodling). Kalkylen visar att vi ändå bör öka avverkningen ordentligt under en lång period.*

*Avverkningen kan exempelvis läggas på ca 136 Miljoner M3sk per år under en 20-årsperiod. Med anledning av att avverkningen i mitten av 2000-talets första decennium har legat på ca 86 miljoner M3sk per år, så innebär detta en ökad avverkning och ett ökat industriellt utnyttjande med ca 60%! Denna period inleds om fem år, d.v.s. år 2013. Om 25 år, d.v.s. år 2033, har vi då ca 2.6 miljarder kubikmeter kvar i skogen (vilket motsvarar läget i slutet av 1980-talet) även om vi inte räknar med mer än 19% tillväxtökning efter nyplantering. (Med andra ord är detta en försiktig kalkyl.)*

*Det totala ekonomiska värdet, d.v.s. nuvärdet av all verksamhet inom skogsbruk, skogs och energiindustri, beräknat vid kapitalmarknadens räntekrav, stiger rejält om avverkning och kapacitetsutbyggnad genomföres i enlighet med kalkylerna. Även om vi inte alls är beredda att sänka virkesförrådsnivån under 2008 års extremt höga nivå och även om vi inte alls beaktar det faktum att nyplanterad skog växer betydligt snabbare än äldre skogar, så bör avverkningen och det industriella utnyttjandet ökas mycket redan idag. Då kan vi exempelvis öka avverkningen till 112 Miljoner M3sk per år (en ökning med drygt 30 % i jämförelse med avverkningsnivån i mitten av 2000-talets första decennium) under mer än 21 år. Industri av olika slag som utnyttjar skogsråvara bör expanderas mycket. Sysselsättningen förbättras kraftfullt under lång tid i hela landet.” (Slut citat). De viktigaste resultaten från den inledande övergripande analysen publicerades även i Nordisk Papper och Massa [13] samt i Nordisk Energi [19].*

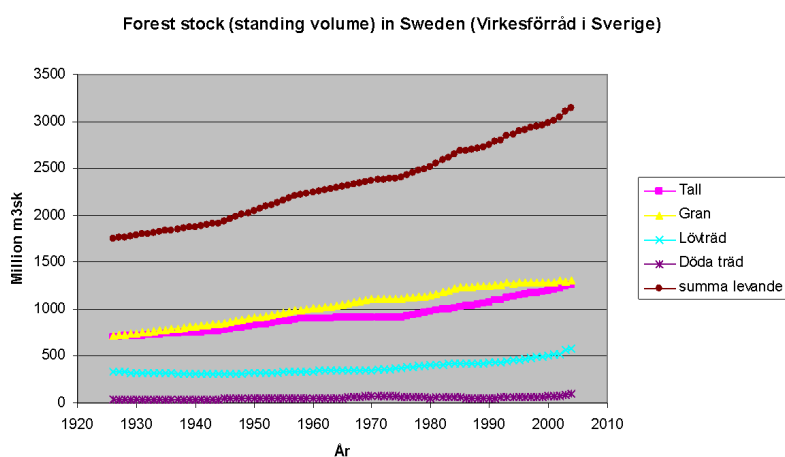
### **Lagar, förordningar och skogspolitik:**

I projektbeskrivningen finner vi även följande avsnitt:

*”Samtliga relevanta regelverk inklusive skogsvårdslagen och dess föreskrifter samt möjliga justeringar beaktas i analyserna.”*

Projektet har ägnat avsevärt engagemang åt just frågan om lagar och förordningar samt den förda skogspolitikens lämplighet och möjligheterna att anpassa dessa till vad som är lämpligt för skogs- och energisektorn samt Sverige och världen i stort. En orsak till detta är att de mycket detaljerade lagar och föreskrifter som gäller för skogsbruk i Sverige inte har grundats på redovisade ekonomiska kalkyler. Skogsvårdslagen, föreskrifterna och den tillämpade skogspolitiken är av avgörande betydelse för projektets huvudsakliga fråga, nämligen *”Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri”*.

Flera föredrag, artiklar, reportage och TV-inslag med Peter Lohmander tog upp dessa centrala frågor under projektets två första år, bland annat Peter Lohmanders krönika [10] i Nordisk papper och Massa 8/2007.



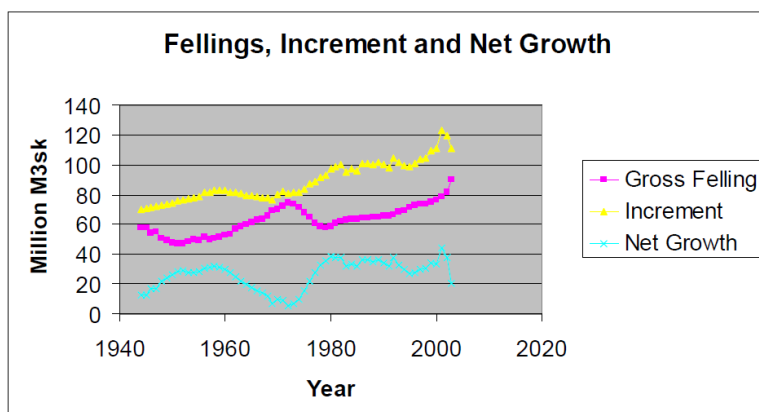
**Figur 2.**

Virkesförrådets utveckling.

Källa: [45].

Projektets inlägg utgjorde en högst betydande, möjligen dominerande, del av den svenska skogspolitiska debatten med inriktning mot ekonomiskt skogsbruk och ökad avverkning under projektets första och andra år.





**Figur 3.**

Avverkning (Gross Felling), tillväxt (Increment) och nettotillväxt i virkesförrådet (Net Growth). Det är mycket tydligt att tillväxten har överstigit avverkningen och att virkesförrådet har växt mycket kraftigt under lång tid.

Källa: [13] och [19].

### **Mer högproducerande skog vid nyplantering:**

I projektbeskrivningen finner vi även följande (citatt):

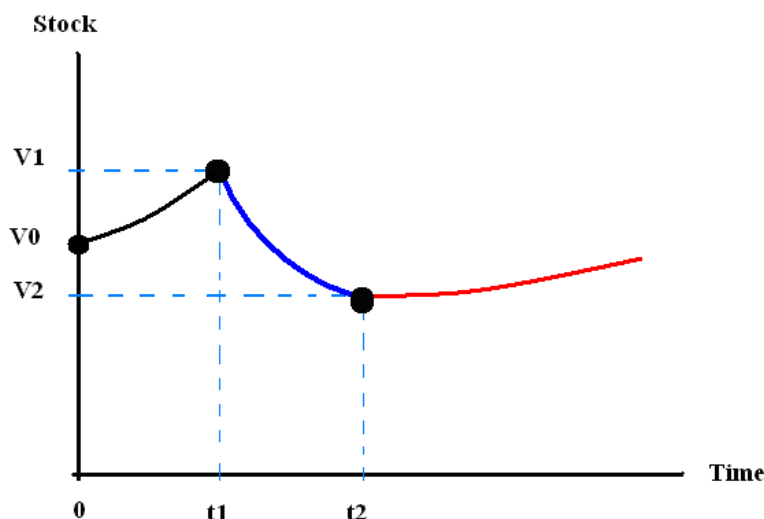
*”När det gäller framtida skogsproduktion ska möjligheterna att använda högproducerande hybrider av asp och poppel inkluderas liksom alla andra möjligheter som står till buds med hänsyn till genetiska förbättringar och andra omständigheter.”*  
(Slut citat).

I en av de modeller som har utvecklats inom projektet och som redovisats vid flera konferenser och i flera skrivna alster, kan man studera och beräkna ekonomiskt optimala dynamisk avverkningsförlopp med hänsyn till tillväxtförbättringar i nästa skogsgeneration, oavsett vad dessa förbättringar beror av.

Peter Lohmander [17] rapporterar exempelvis i “Proceedings from the 16th European Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spain, 02-06 June, 2008” bl.a. följande (citatt):

*” In Total Perspective II, the derivations are based on the fact that the growth in the forests that are planted after the harvest of the old forests, may be different. In most cases, it can be shown that new plants will grow much better than plants from earlier forest stands. In some cases, it is also possible to replant the forest land with other species. The optimal intensities of future forest management activities of different kinds may also be quite different from the traditions. Now, the energy industry is expanding. The relative values of different wood dimensions, species, qualities etc. are quite different from a forest energy perspective compared to from a traditional forest products industry perspective. Maybe the species distribution, the number of seedlings per hectare, the thinning methods and the age of the final fellings should be modified? It would be very surprising if the earlier standard methods would still be optimal in this new situation.*

Since the area that is replanted with more rapidly growing plants increases over time, the growth also increases. As a result, the stock level curves describe strictly convex functions of time during every time interval when the harvest level is constant.



**Figur 4.**

Virkesförrådet (Stock) som funktion av tiden i fallet med ökande tillväxt och intervallvis konstant avverkning. Källa: [11].

*With data from Sweden, it was possible to derive these results:*

*Even if we are not willing to reduce the forest stock level below the level of the year 1980, it is rational to strongly invest in industrial capacity and increase harvesting as soon as possible.*

*In one “standard version” of the analysis, it was assumed that the growth in new plantations increases by 19% in relation to the earlier growth level. This is a “conservative assumption” since several studies show that the growth can improve much more than that with intensive production methods. Still, the analysis shows that we should increase harvesting very much during a long time period. For instance, we may harvest 136 million cubic metres during a 20 years period. From the year 2000 to 2008, the average harvest level has been close to 86 million cubic metres per year. Hence, the harvest level increases by 50 million cubic metres, or by 58%! This period starts five years from now, 2013. 25 years from now, in 2033, we will have 2.6 billion cubic metres in the forest stock, which is the same as we had in the year 1980.*

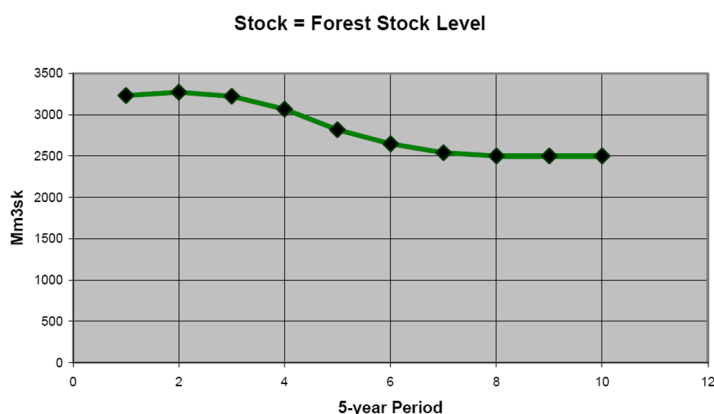
*The total economic value, the present value of the forest resource, the forest products industry and the forest raw material based energy industry, strongly increases if we follow this strategy.” (Slut citat)*

## Case study

Projektbeskrivningen innehåller även följande (citat):

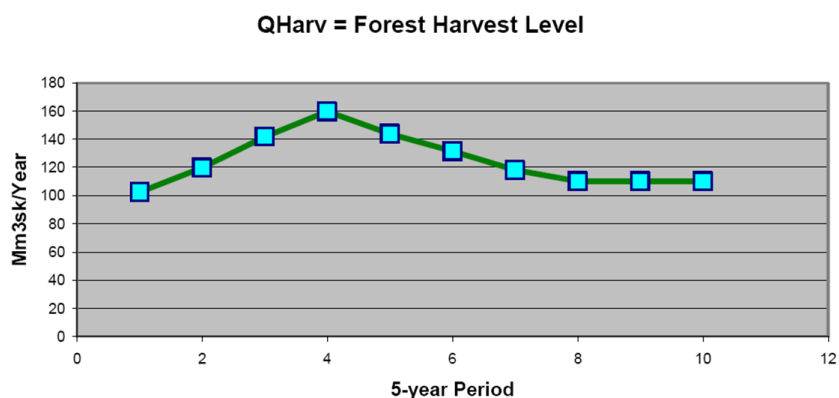
*”Projektet inkluderar en utförlig ”case study” inom en region där skogs- och energiindustrin samt skogsproducenterna ingår. Denna studie avslutas med ett kombinerat evenemang bestående av ett seminarium och en tvådagars exkursion.”  
(Slut citat)”*

Den första versionen av en regional modell som optimerar det totala ekonomiska värdet av hela den skogs- och skogsbränslebaserade energisektorn (pappersmassa, board, sågad vara och energi baserad på skogsråvara) presenterades på E.ON i Norrköping i december 2008 [31]. I den modellen beaktas samtliga verksamheter, inklusive investeringar i olika slags industrikapacitet och skogsproduktion, samt uttag av timmer, massaved och GROT. Även ”halvfabrikat” såsom flis, spån och svartlut hanteras i modellen. Efter gradvisa justeringar presenterades modellen även på SLU i Umeå i januari 2009 [33], på E.ON i Stockholm i maj 2009 [44] samt vid European Biomass and Bioenergy Forum i London [45] i Juni 2009. En orientering om optimeringsmodellen och slutsatserna grundade på beräkningsresultaten finns även som abstract från WFC 2009, XIII World Forestry Congress [55b]. Modellen har efterhand utvecklats och dess resultat har presenterats för och diskuterats med internationella experter inom de relevanta områdena ekonomisk industriutveckling, operationsanalys, skogsbruk och skogsindustri, bioenergi samt myndigheter och kommuner. De senaste presentationerna och diskussionerna med koppling till modellen har ägt rum vid INFORMS International, Buenos Aires, Juni 2010 [74], Systems Analysis in Forestry, Chile, Mars 2011 [92], Energimyndighetens konferens Energiutblick, Göteborg, Mars 2011 [94] samt World Congress on Bioenergy, Dalian, Kina, April 2011 [96].



**Figur 5a.**

Totalekonomiskt optimal utveckling av virkesförrådet i Sverige med hänsyn till såväl skogsproduktion som energi- och skogs- produktproduktion och investeringar med mera under vissa förutsättningar. Period 1 är tidsintervall ”år 2010 – 2014”. Källa: [45]

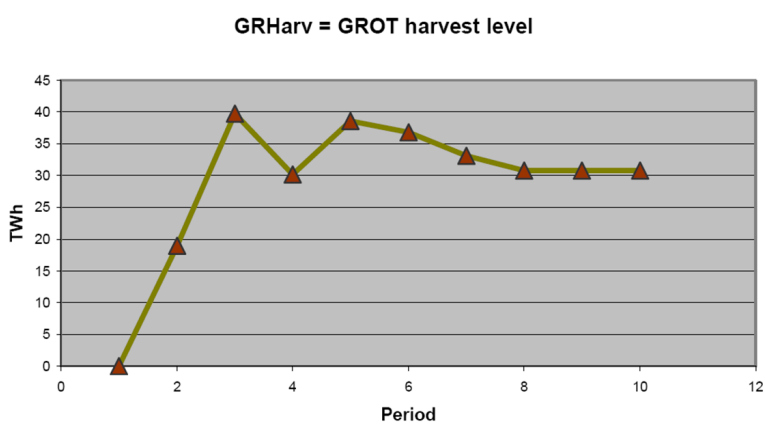


**Figur 5b.**

Optimal avverkning i Sverige. Jämför Figur 5a. Källa: [45]



Picture: Forest harvesting close to Lycksele, Sweden.



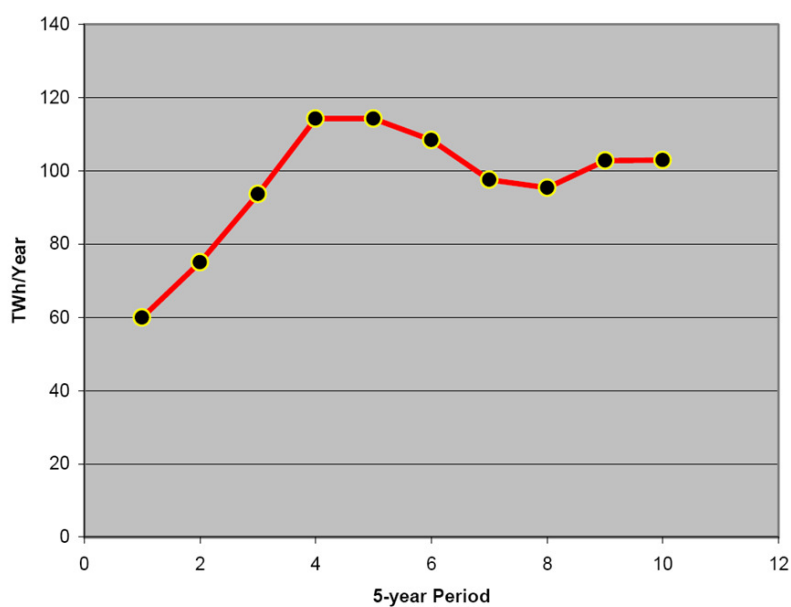
**Figur 5c.**

Optimalt uttag av GROT i Sverige. Jämför Figur 5a. Källa: [45]



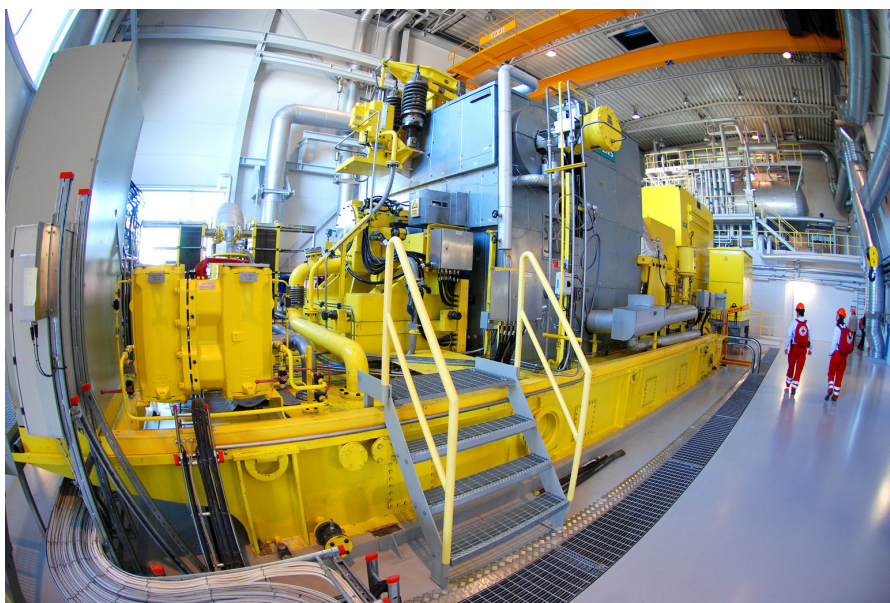
Picture: GROT stored at Däva 2 CHP, close to Umeå, Sweden.

qenergy = Net energy production (energy produced and not internally consumed in the system) based on forest resource feedstock

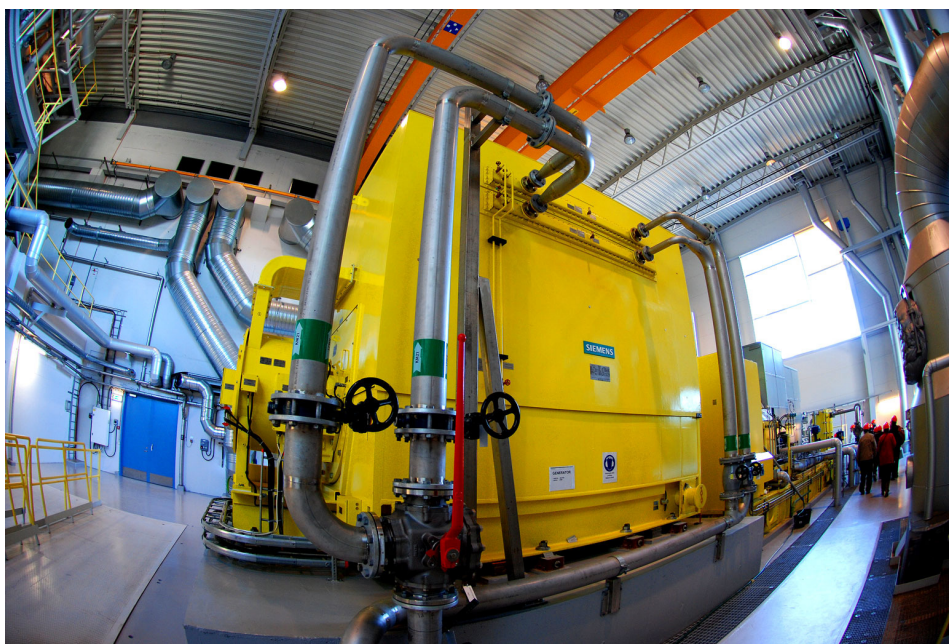


**Figur 5d.**

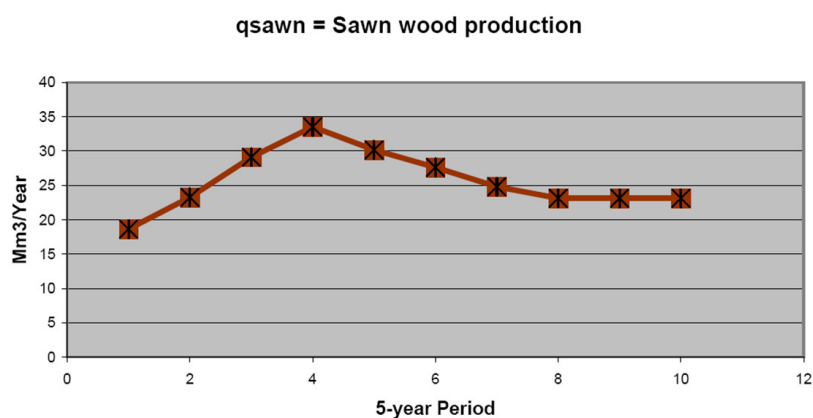
Optimal "netto-energiproduktion" grundad på skogsråvara. I netto-energiproduktionen har den totala energiproduktionen reducerats med den energi som internt konsumeras inom skogs- industrin, särskilt massaindustrin. Jämför Figur 5a. Källa: [45]



*Picture: Steam turbine at Dåva 2 CHP, close to Umeå, Sweden.*



*Picture: Electrical generator at Dåva 2 CHP, close to Umeå, Sweden.*

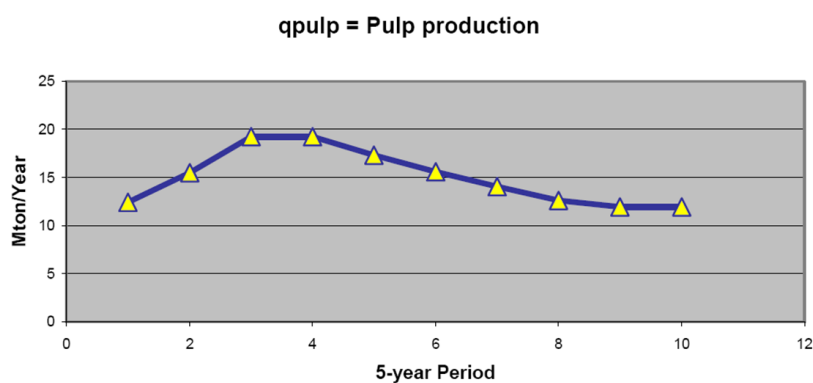


**Figur 5e.**

Optimal produktion av sågad vara i Sverige. Jämför Figur 5a. Källa: [45]



Picture: Sawn wood production in Germany.



**Figur 5f.**

Optimal produktion av pappersmassa i Sverige. Jämför Figur 5a. Källa: [45]



Picture: SCA Nordliner, a liner mill, close to Umeå, Sweden.

Ekonomiska förutsättningar, särskilt råvaru- och produktpriser, kan genomgå snabba förändringar. En avgränsad men uppdaterad optimeringsmodell för skogsbaserad industriverksamhet i en region i Norrland definierades och presenterades även vid SLU i augusti 2009 [49].

På grund av de snabba och oförutsägbara prisförändringar som präglar marknaderna för såväl energisortiment som för skogliga råvaror och skogsindustriprodukter är det angeläget att utveckla modellversioner som kan hantera denna typ av risk. Den typ av modell som kan hantera sådana omständigheter optimalt är stokastisk dynamisk programmering, en metod som beskrevs 2007 [3]. Vid "Informs international", Puerto Rico, 2007, presenterades en skogssektormodell av den typen [1], dock med relativt låg upplösning och utan energisektor. För att metoden ska vara möjlig att utnyttja i högre upplösning och med fler sektorer, krävs programvara som ej fanns att tillgå år 2007.

Under 2009 har den senaste och mest generella programmerings- mjukvaran införskaffats, Lingo 11.0, och programmeringsarbete med konstruktion av modeller för stokastisk dynamisk programmering, med stegvis optimerande submodeller, har inletts.

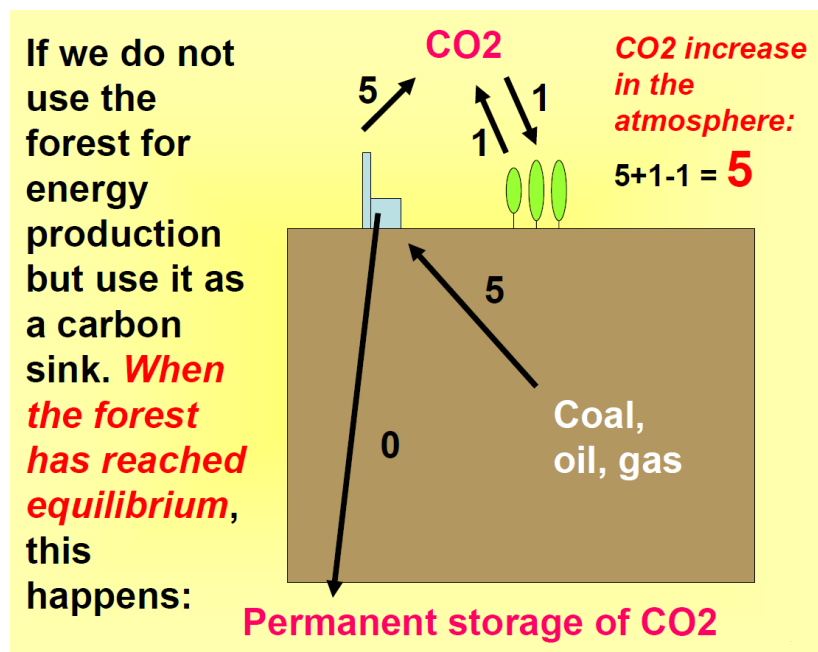
Godtyckliga problem, vilka kan hanteras med principen backward induction, såsom deterministisk och stokastisk dynamisk programmering och deterministisk och stokastisk dynamisk spelteori, kan lösas med hjälp av denna programvara. Några modeller har utvecklats för detta, [52] samt, [54], vilka även har använts inom en ny doktorandkurs i problemlösning via programmering vid SLU under hösten 2009.

Ambitionen är att efterhand utveckla den regionala modellen så att den även kan hantera stokastiska prisvariationer. Detta är nu genomförbart tack vare nyförvärvade kunskaper och färdigheter i kombination med den nyutvecklade mjukvaran Lingo 11.0.



## CO<sub>2</sub>, skogs- och energi- sektorn

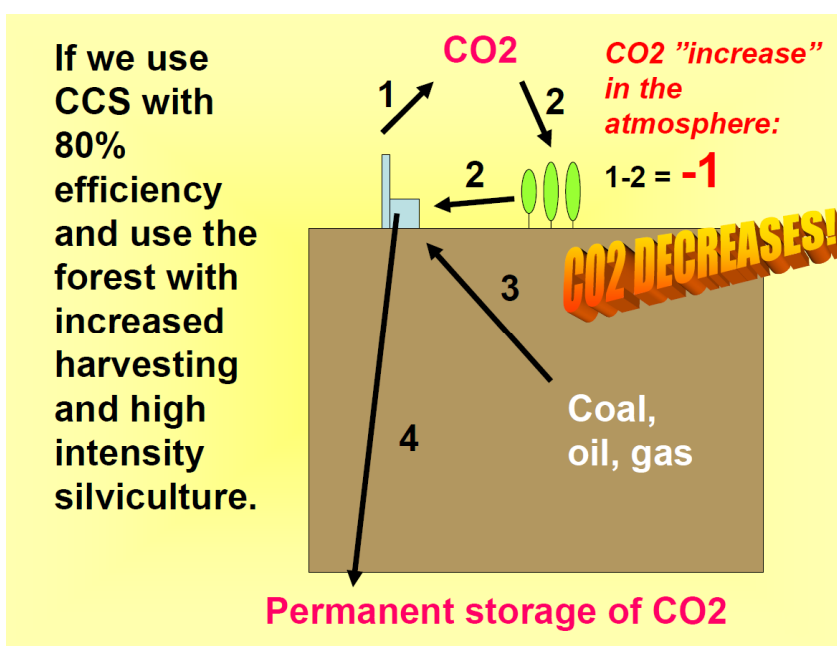
Problematiken med växthusgaser, virkesförråd och jordens uppvärmning har under projekttiden blivit en dominerande fråga i alla medier och konferenser. Projektet har därför inkluderat denna fråga i analyserna, vilket referenslistan visar.



**Figur 6a.**

Systemanalys utan skogsanvändning och utan CCS. Källa: [28]

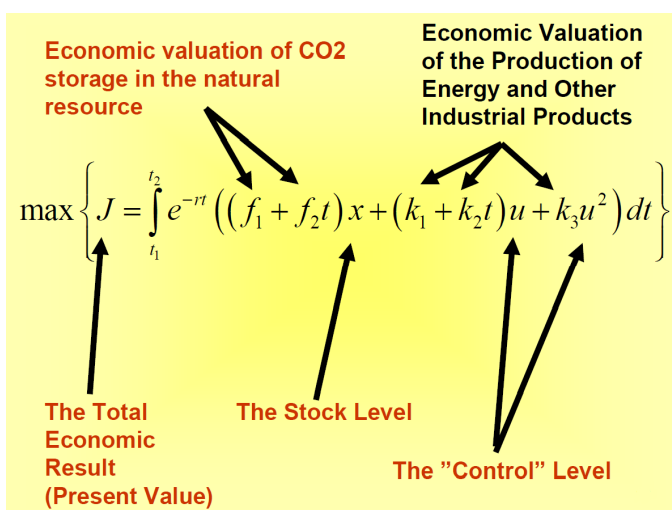
Om skogen inte avverkas utan lämnas ”som kolsänka”, upphör skogen praktiskt taget att fungera som kolsänka när virkesförrådet har nått maximum. Se Figur 6a. Då ökar mängden CO<sub>2</sub> i atmosfären snabbt. Med intensifierad skogsproduktion och avverkning i kombination med CCS kan CO<sub>2</sub> problemen lösas fullständigt. Se Figur 6b. Detta är en insikt som på ett helt avgörande sätt bör styra världens klimat- och skogspolitik.



**Figur 6b.**

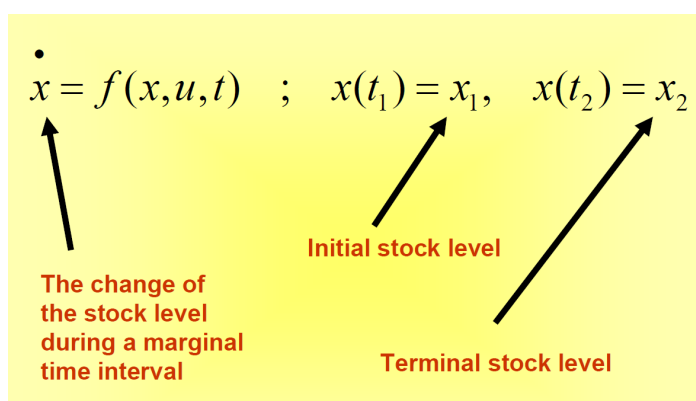
Systemanalys med skogsanvändning och med CCS. Källa: [28]

Vid konferenserna 2008 i Valencia [17] och Amsterdam [18] inkluderades CO<sub>2</sub> i analyserna. En optimal kontrollmodell i kontinuerlig tid utvecklades för skogsresursoptimering m.h.t. CO<sub>2</sub> [20] och presenterades vid SLU i september 2008. Den integrerades även i en doktorandkurs vid SLU.



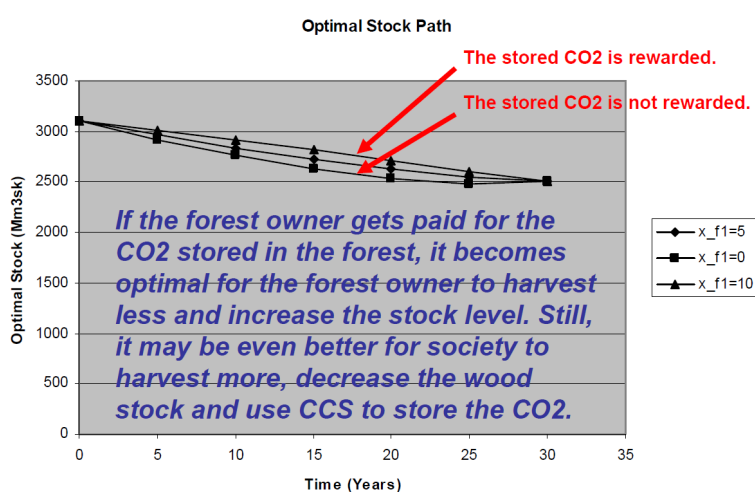
**Figur 7a.**

Skogsuttagsoptimering med CO<sub>2</sub>-lagervärdering. Källa: [20], [21], [27], [28].



**Figur 7b.**

Jfr. Fig 7a.



**Figur 7c.**

Jfr. Fig 7a.

Vid konferensen “EMISSIONS REDUCTION FORUM” i Madrid, september 2008, presentades “Tools for optimal coordination of CCS, power industry capacity expansion and bio energy raw material production and harvesting” [21]. I oktober 2008 utvecklade Peter Lohmander en ny stokastisk optimal kontrollmodell för ”Optimal CCS, Carbon Capture and Storage, Under Risk”, vilken presenterades vid Polytechnical University of Valencia [22]. Under september 2008 gavs en projektpresentation vid E.ON, Malmö, i vilken även CO2 frågorna översiktligt inkluderades [25].

## Optimal CCS, Carbon Capture and Storage, Under Risk

The objective function is the total present value of CO<sub>2</sub> storage minus CCS costs.

$$\int_0^{\infty} e^{-rt} (k_1 u + k_2 u^2 + f_1 x + f_2 x^2) dt$$

↑  
 Discounting factor

↑  
 u = control = CCS level

↑  
 x = The total storage level of CO<sub>2</sub>

**Figur 8a.**

Optimering av CCS. Källa: [21], [22], [25].

## The controlled storage

A stochastic differential equation:

$$dx = (u - Lx - S) dt + \sigma x dz$$

↑  
 Change of the CO<sub>2</sub> storage level.

↑  
 Control = CCS level.

↑  
 Expected CO<sub>2</sub> leakage.

↑  
 The CO<sub>2</sub> storage level is to some extent affected by stochastic leakage and other stochastic events. Z = standard Wiener process.

**Figur 8b.**

Optimering av CCS. Källa: [21], [22], [25].

Föredraget "Optimal dynamic control of the forest resource with changing energy demand functions and valuation of CO<sub>2</sub> storage" gavs vid en stor EU-policy konferens i Nancy i Frankrike, November 2008, där klimatförhandlare från de flesta EU-länder och många höga politiker, inklusive jordbruksministern från EUs ordförandeland Frankrike, fanns med. Detta resulterade i flera olika publikationer [27], [28], [29], [30] på engelska och franska.

### **Tabell 1.**

Källa: [32] & [34]

#### **Flera effektfulla steg för klimatet**

För att motverka växthuseffekten är det rationellt att bruka och använda skogen. Man kan dela upp nyttan i fyra olika trappsteg.

*A) Den första koldioxideffekten:*

Om vi avverkar skog och använder virke för att bygga trähus och broar binder vi koldioxiden i dessa konstruktioner. Vi flyttar alltså koldioxidlagret från skog till byggnad.

*B) Den andra koldioxideffekten:*

Skogsmarken frigörs i samband med avverkningen så att vi kan låta ny skog växa där. Denna nya skog kan binda ännu mer koldioxid. Om vi bara låter skogen stå kvar och inte använder den, avtar tillväxten så småningom och upptaget av koldioxid upphör.

*C) Den tredje koldioxideffekten:*

När vi efter många år river byggnaderna så använder vi det utslitna trävirket i kraftvärmeverk där det ersätter fossila bränslen.

*D) Den fjärde koldioxideffekten:*

Vi har även möjlighet att avskilja den koldioxid som bildas vid förbränning i kraftvärmeverken. Denna kan lagras under marken. (Tekniken kallas CCS, Carbon Capture and Storage.) Den del av avverkningen som går till massa och pappersindustri genererar restprodukter i processerna (returlutar) som ger energi och därmed positiv koldioxideffekt. Pappersprodukter kan cirkuleras på marknaderna i flera år. Returpapper återanvänds och ger nytt papper. När kvaliteten efterhand blir för dålig på grund av att fibrerna slits ned, så skickas resten till kraftvärmeverken.

Några viktiga slutsatser för skogsbruket med koppling till CO<sub>2</sub> och klimat sammanfattades även på svenska [32] i Vi Skogsägare och i Skogssverige [34].

Lohmander visade vid INFORMS International i Juni 2010 hur man kan beräkna optimala beslut inom biomassa systemet m.h.t. växthusproblematiken [73].



*Picture: Dåva 2 CHP with storage silos and roundwood, Umeå, Sweden.*



*Picture: Stumps stored at Dåva 2 CHP, Umeå, Sweden.*



*Picture: Saw dust stored at Dåva 2 CHP, Umeå, Sweden.*



*Picture: Roundwood stored at Dåva 2 CHP, Umeå, Sweden.*

## Regioner och produktionsmöjligheter

Det är givetvis viktigt att analysera de rationella åtgärderna inom projektområdet med hänsyn även till rumsliga förhållanden och regionala fördelningar.

Lohmander räknade därför ut hur stora uttag av stamved, bark, GROT och stubbar som man kan göra i olika län respektive inom representativa cirklar med radien 50 km inom de olika länen, förutsatt att man avverkar lika mycket som skogen tillväxer [39], [41]. Även de totala energiinnehållen i de olika sortimenten fastställdes länsvis.

### Tabell 2.

Källa: [39] & [41]

#### Energi inom olika regioner

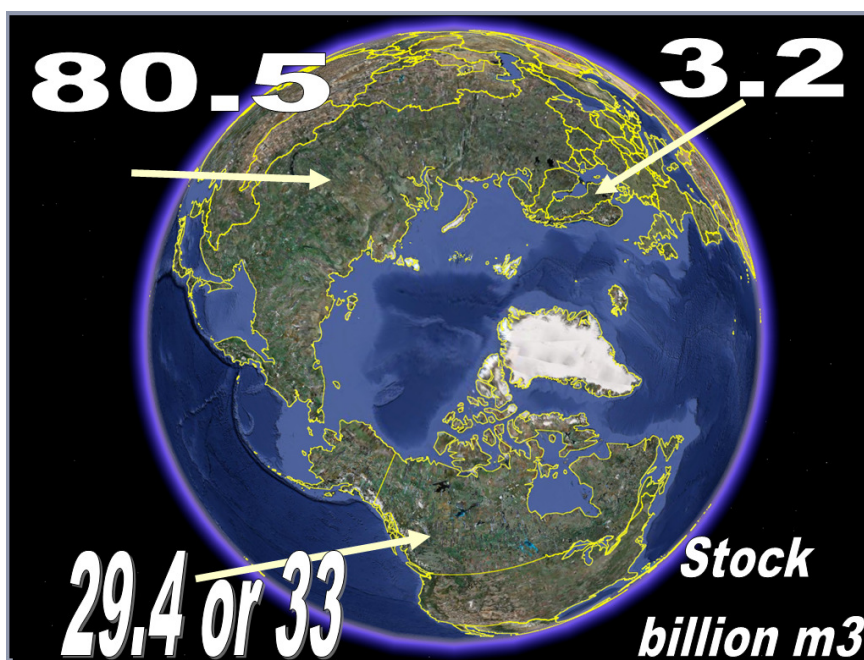
(Förutsatt att all avverkning sker i form av slutavverkning samt att avverkningen motsvarar tillväxten.)

Län och land	Stamved	Bark	GROT	Stubbar	Totalt	Andel	Total
	TWh	TWh	TWh	TWh	TWh	Skogsmark	Landareal
	ESPR	EBPR	EGPR	ERPR	ETPR		1000 ha
Norrbottnens	14,99904	1,644984	2,0739	3,5154	22,233324	0,3627184	9 903
Västerbottnens	16,144128	1,7705688	2,23223	3,78378	23,930707	0,5775613	5 544
Jämtlands	14,660352	1,6078392	2,02707	3,43602	21,731281	0,539628	4 946
Västernorrlands	13,7088	1,50348	1,8955	3,213	20,32078	0,7920746	2 145
Gävleborgs	13,14432	1,441572	1,81745	3,0807	19,484042	0,809499	1 916
Dalarnas	11,93472	1,308912	1,6502	2,7972	17,691032	0,6661967	2 837
Värmlands	12,773376	1,4008896	1,76616	2,99376	18,934186	0,7312534	1 827
Örebro	5,999616	0,6579936	0,82956	1,40616	8,8933296	0,6608796	864
Västmanlands	3,725568	0,4085928	0,51513	0,87318	5,5224708	0,5674419	645
Uppsala	4,064256	0,4457376	0,56196	0,95256	6,0245136	0,5893108	711
Stockholms	2,58048	0,283008	0,3568	0,6048	3,825088	0,4157815	659
Södermanlands	3,822336	0,4192056	0,52851	0,89586	5,6659116	0,5214067	654
Östergötlands	7,596288	0,8331048	1,05033	1,78038	11,260103	0,5890538	1 078
Västra Götalands	15,418368	1,6909728	2,13188	3,61368	22,854901	0,5243852	2 399
Jönköpings	8,434944	0,9250824	1,16629	1,97694	12,503256	0,7106549	1 023
Kronobergs	7,612416	0,8348736	1,05256	1,78416	11,28401	0,7665877	844
Kalmar	7,805952	0,8560992	1,07932	1,82952	11,570891	0,6438721	1 126
Gotlands	0,548352	0,0601392	0,07582	0,12852	0,8128312	0,4027778	288
Hallands	4,290048	0,4705008	0,59318	1,00548	6,3592088	0,5881226	522
Blekinge	2,74176	0,300696	0,3791	0,6426	4,064156	0,6563574	291
Skåne	5,789952	0,6349992	0,80057	1,35702	8,5825412	0,3489209	1 112
Sverige	177,79507	19,499251	24,58352	41,67072	263,54856	0,5541685	41 334

Den regionala fördelningen av råvaror från skogarna är minst lika viktig på den globala nivån. Vid en internationell skogssektorkonferens i Ryssland i mars 2009, visade



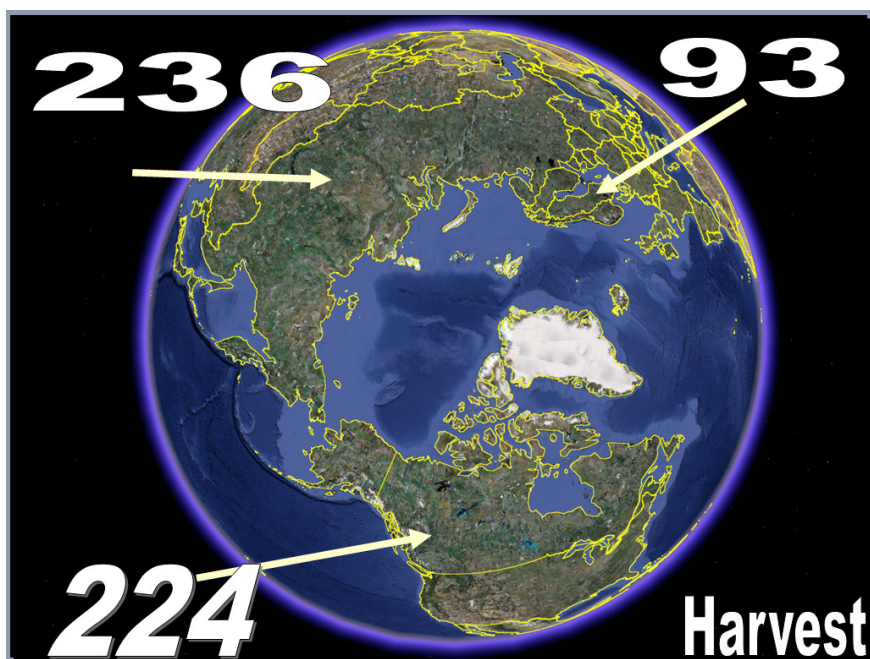
Lohmander att det finns mycket stora möjligheter att väldigt kraftigt öka all slags skogsråvarubaserad verksamhet i Ryska Federationen [37], vilken ledde till fler analyser och fler ”internationella regionala” studier [43], en internationell forskningsplan med medverkande från de flesta regioner i världen [46], [47], en studie av Canada [48] samt en presentation för Chile [51]. Lohmander [59] inkluderar en rad analyser och presentationer för en internationell målgrupp av de centrala utvecklingsfrågorna inom det kombinerade skogssektor och bioenergiområdet. Lohmander och Zazykina [60] visar hur de olika frågorna inom det totala system som inkluderar samtliga skogliga verksamheter optimalt bör koordineras med bioenergiutveckling och andra användningar av skogarna.



**Figur 9a.**

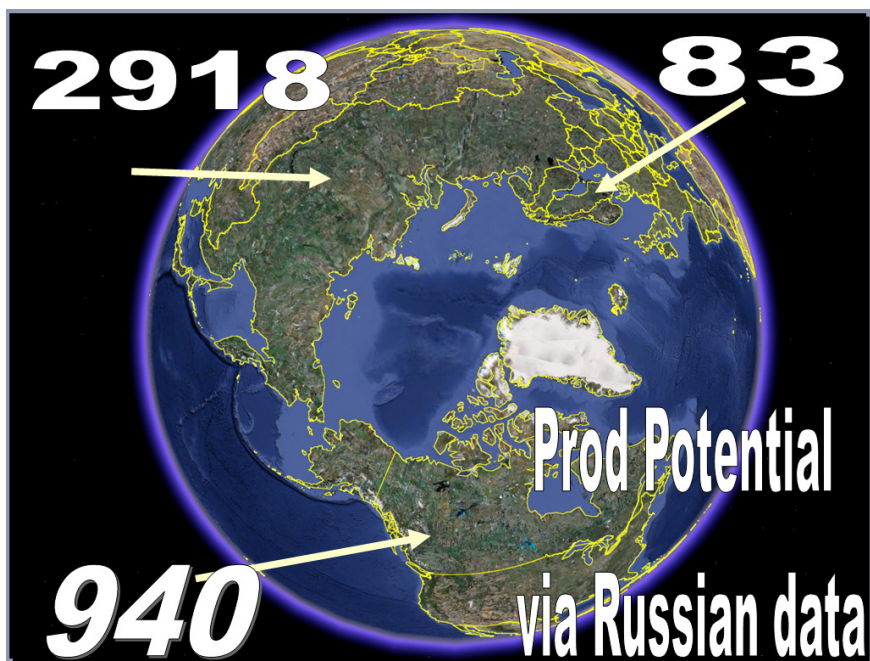
Virkesförråd i vissa regioner. (Miljarder m<sup>3</sup>sk) Källa: [48]

Under Juni 2010 beskrev Lohmander den globala bioenergisituationen och optimala lösningar för skogssektorn och energisektorn, dels vid INFORMS International i Buenos Aires [75] och dels vid BOKU i Wien [66]. I September 2010 visade Lohmander hur EU och Ryska Federationen med hjälp av konstruktiv samverkan kan lösa EUs mål gällande 20% förnyelsebar energi från och med år 2020, samtidigt som man kan göra en ekonomisk vinst med ett nuvärde motsvarande ca 200 miljarder Euro. Lohmander visade detta dels för den Europeiska energiindustrin som talare och ordförande för European Biomass and Bioenergy Forum 2011 [77] och dels som key note speaker vid konferensen Forests of Eurasia i Moskva [78], där bl.a. högsta administrativa chefen för Ryska Federationens skogar var närvarande.



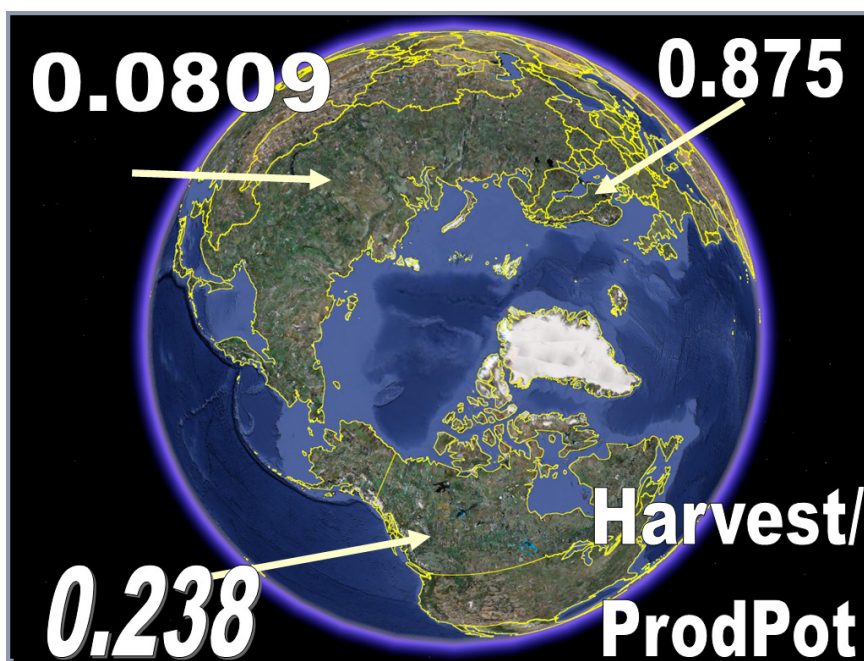
**Figur 9b.**

Aktuell avverkning i vissa regioner. (Miljoner m<sup>3</sup>sk per år) Källa: [48]



**Figur 9c.**

Skogsproduktionspotential i vissa regioner enligt schablonkalkyl. (Miljoner m<sup>3</sup>sk per år) Källa: [48]



**Figur 9d.**

Aktuell avverkning dividerad med skogsproduktionspotential i vissa regioner enligt schablonkalkyl. Källa: [48]

### ***Rationella beslut på alla nivåer***

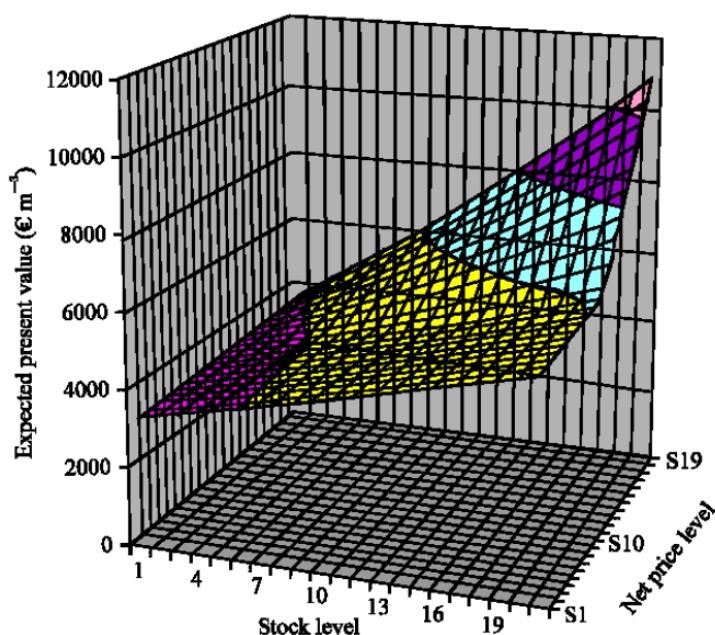
Projektområdet ”*Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri*” kan och bör analyseras på alla relevanta nivåer, från den globala nivån till beslut och åtgärder i skogen, i det konkreta skogsbeståndet. Referenslistan ger också exempel på studier av beslutsproblem på alla dessa nivåer. Här ska endast ett par nivåer lyftas fram:

En av de viktiga frågorna på den mest fundamentala nivån, i praktiskt skogsbruk, gäller val av avverkningsform. I många länder är slutavverkningar förbjudna och kontinuerligt skogsbruk med ”eviga gallringar” är det enda tillåtna alternativet. I Sverige är ”kontinuerligt skogsbruk” vanligen inte en accepterad metod, i alla fall inte om man vill tillämpa denna metod med ekonomiskt rationella val av virkesförråd. Dessa frågor har debatterats under flera år i media och åtskilliga enskilda skogsägare har tvingats vidta åtgärder som inte ekonomiskt kan försvaras. Lohmander har under många år efterlyst sakliga ekonomiska kalkyler och redovisningar som motiv för olika skogspolitiska beslut i dessa frågor, vilka har varit omöjliga att få fram från myndigheterna. Detta har givetvis stor betydelse för projektet. Tack vare att Skogsstyrelsen i Sverige har fått en ny generaldirektör under projekttiden så har möjligheten öppnats att diskutera dessa frågor även i Skogsstyrelsens egen tidning Skogseko, landets största skogstidning. Här finns Lohmanders senaste vetenskapliga studier av denna fråga: [3], [14] och [40].

Entering stock (cubic metres per hectare)	Price (SEK per cubic metre)				
	220	260	300	340	380
30	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	37
81	0	0	0	0	51
97	0	0	0	0	67
116	0	0	0	49	86
136	0	0	0	69	106
159	0	0	0	92	129
183	0	0	46	116	153
207	25	25	71	140	178

**Figur 10.**

Optimala avverkningsuttag (m<sup>3</sup>sk/ha och femårsperiod) vid optimering av förväntat nuvärde vi kontinuerligt skogsbruk, som funktion av aktuellt virkesförråd och nettopris under vissa förutsättningar. Källa: [3]



**Figur 11.**

Optimalt förväntat nuvärde vi kontinuerligt skogsbruk som funktion av initialvillkoren gällande virkesförråd och nettopris under vissa förutsättningar. Källa: [14]

Här finns de senaste debattinläggen i denna fråga: [36] och [50].

Lohmander och Zazykina [79] visade vid en konferens i Moskva hur man kan analysera ekonomiskt optimalt skogsbruk utan slutavverkningar, beträffande bl.a. dynamiskt råvaruflöde till skogs och energiindustrin, i situationer när rekreationsvärden och flyttkostnader inkluderas i kalkylerna.

Våren 2010 präglas av betydande ekonomisk osäkerhet, särskilt inom EU. De senaste publicerade studierna inom projektet gällande optimal skoglig primärproduktion visar just hur man bör optimera investeringar i skoglig produktion och avverkning m.h.t. att produktpriserna varierar mycket och oförutsägbart. Lu och Lohmander [56] samt Mohammadi, Lohmander och Obersteiner [62] är sådana exempel.

Marknaderna och marknadsaktörerna påverkas givetvis av såväl prisvariationer som ökande kapacitet och verksamhet inom bioenergiområdet. Lohmander [57] och [58] diskuterar dessa omständigheter.

Ett stort antal ekonomiskt betydelsefulla beslut vilka kräver stor kompetens i logistik och ekonomi, ligger på råvaruförsörjnings- och lagerpolicynivån, såväl inom den traditionella skogsindustrin som inom energiföretagen, särskilt värme- och kraftvärmeverken. Några matematiska modeller och datorprogram för att optimera anskaffning och lager med hänsyn till säsongsvariationer och oförutsägbara variationer av olika slag har utvecklats och även integrerats i jägmästarutbildningen och forskarutbildningen: [23], [24], [26].

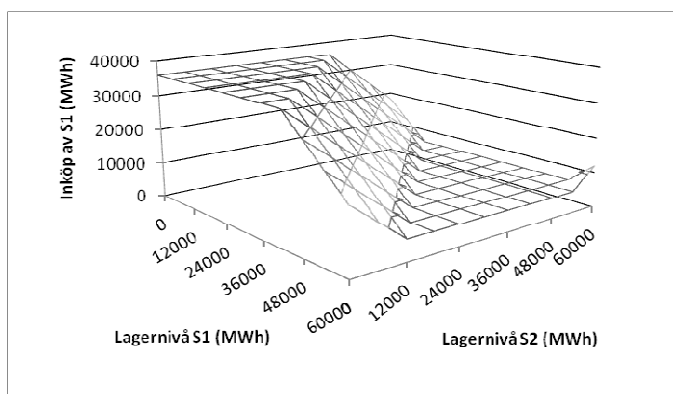
Optimal stock investment table

i =	0	1	2	3	4	5	6	7	8
t = 0	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 1	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 2	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 3	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 4	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 5	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 6	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 7	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 8	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 9	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 10	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 11	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 12	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 13	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 14	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 15	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 16	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 17	4	4	4	4	4	3	2	1	0
t = 18	3	3	3	3	3	2	1	0	0
t = 19	2	2	2	2	2	1	0	0	0
t = 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Figur 12.**

Optimal råvaruanskaffning (km<sup>3</sup>/vecka) vid olika ingående lagernivåer (km<sup>3</sup>), i, under olika veckor, t, för viss grad av leveransvariation. Källa [52]

Ett examensarbete har även genomförts med titeln: Optimalt råvarulager för biobränsleföretaget [42] vilket bygger på användningen av en av dessa optimeringsmodeller. Där utvecklas en metod för optimering av hur ett värmeverk (eller kraftvärmeverk) bör anpassa lagernivåerna av olika slags energiråvaror (inklusive GROT etc.) till årstid, temperatur och andra omständigheter.



**Figur 13.**

Bestämning av optimal verksamhet under ett år vid ett värmeverk via stokastisk dynamisk programmering. Figuren visar en del av resultatet, nämligen optimal anskaffning av S1 (skogsbränsle) vid olika kombinationer av lagervolymer för S1 (skogsbränsle) och S2 (Industriprodukter). Låg temperatur, vecka 1. Källa: [42].

Under 2010 har Lohmander och Lacruz studerat och analyserat hur skogsråvara kan och bör användas inom den expanderande fjärrvärmesektorn. En studie av optimal expansion av fjärrvärme inom en kommun kan nu studeras [76] med empiriskt underlag från Lycksele. För detta syfte har särskild programvara för dynamisk och rumslig optimering av fjärrvärmesystem utvecklats. Programmet DHINV och exempel kan nu studeras och användas via Internet: <http://www.lohmander.com/Program/Program.htm> . Under oktober 2010 har nya projektansökningar gällande expansion av detta forskningsområde ställts till olika forskningsfinansiärer.

## ***Hinder för en rationell utveckling i Sverige samt möjliga lösningar***

Inom föreliggande projekt ligger fokus på att hitta de totalt sett mest förmånliga åtgärderna med avseende på det diskonterade värdet av samtliga intäkter minus kostnader. I flera fall har även miljöaspekter, såsom effekten på klimatet, beaktats i analyserna. Dessutom har effekterna av ofullständig information om framtida förhållanden, ”risk” och ”osäkerhet”, inkluderats i flera delstudier.

Ett avgörande skäl för att använda projektets ”totalperspektiv” är att det uppkomna optimala totalresultatet per definition verkligen är det bästa totala resultat som kan uppnås. Det vore irrationellt att hävda att någon lösning vore den mest eftersträvansvärda om denna lösning inte gav det bästa möjliga samlade resultatet. Hur det totalt sett bästa resultatet bör fördelas mellan olika intressenter, såsom olika delar av industrin, skogsägarna i olika regioner, övriga intressen i samhället etc., är en annan fråga. Antag att vi har en möjlig lösning, L1, där summan av alla parter resultat blir A och en annan lösning, L2, vilken är den lösning som ger bästa möjliga totala resultat, B.  $A + C = B$ . C representerar förbättringen av det totala resultatet om vi väljer L2 istället för L1. Det är alltid möjligt att på olika sätt se till att alla parter får minst lika bra resultat med hjälp av lösning L2 som med hjälp av lösning L1. Exakt hur fördelningen av den totala resultatförbättringen C ska genomföras behöver vi inte diskutera här, så länge vi är överens om att L2 är att föredra före L1.

En central fråga är om de beslut och åtgärder som projektet kommit fram till vore rationella för den totala ekonomiska och miljömässiga utvecklingen, kommer att genomföras i verkligheten.

## ***Skogsresursutnyttjande – Hinder och möjliga lösningar***

En av projektets centrala slutsatser för Sverige är att det ur såväl ekonomiskt som miljömässigt totalperspektiv finns mycket att vinna på att kraftfullt öka skogsavverkningen. Det ökade avverkningsuttaget kan då användas som råvara i energiindustrin och/eller skogsindustrin. Detta kan bevisligen göras utan att man behöver befara att uthålligheten i skogsbruket är hotad, eftersom tillväxten avsevärt överstiger avverkningen och eftersom virkesförrådet aldrig har varit större än nu. Dessutom kan ju tillväxten ökas i kommande skogsgenerationer tack vare plantmaterial med högre tillväxtpotential än tidigare.

Vore det då lönsamt för skogsägarna att öka avverkningen på det sätt som vore totalekonomiskt optimalt? Lohmander [11] skriver följande (Citat):

- *Med kalkyler ur råvaruperspektiv kan man visa att det finns en mycket stor mängd skog i Sverige som idag bör avverkas omedelbart även om man inte har högre kalkylränta än 3%.*
- *Om kalkylräntan är högre bör man om möjligt avverka ännu mer.*
- *Om tillväxten i kommande skog förbättras stiger markvärdet. Då bör man också avverka den äldre skogen tidigare.*

• *Det finns omfattande juridiska begränsningar vilka gör det omöjligt för många skogsägare att vidta de åtgärder i skogsbruket som leder till bästa möjliga ekonomiska resultat. I skogsvårdslagen och dess föreskrifter finner vi begränsningar vilka reglerar tidpunkt för slutavverkning, avverkningsareal per tidsperiod, virkesförråd per hektar efter gallring samt föryngringsmetoder och artval med mera. Det finns inga officiella kalkyler som visar att alla dessa regler är ekonomiskt ("eller miljömässigt", Lohmanders tillägg, 2010) motiverade. Man kan i många fall visa att dessa regler medför betydande sänkningar av de ekonomiska resultat som skulle kunna uppnås utan dessa bestämmelser. (Referenslistan inkluderar flera texter som behandlar dessa frågor.)*  
(Slut citat.)

Tveklöst finns det starka ekonomiska skäl för skogsägare, såväl privata skogsägare som skogsföretag, även ur ett "rent råvaruperspektiv", att öka avverkningen på det sätt som projektet funnit rationellt. Även ur ett "rent miljöperspektiv", finns det starka skäl att i ökad utsträckning använda skogsmarken effektivt för att producera mer förnyelsebara råvaror till energiindustri och skogsindustri. Därigenom kan man ju minska användningen av icke förnyelsebara råvaror som kol och olja, och som konsekvens erhålla en gynnsammare klimatutveckling. Om skogens tillväxt ökas så ökas ju också bindningen av koldioxid, varigenom jordens temperaturökning kan reduceras.

De mest uppenbara hindren för att utvecklingen sker på det sätt som vore optimalt för samhället i stort, står att finna i de regelverk som styr de lagliga åtgärderna i skogssektorn, nämligen i första hand skogsvårdslagen och dess föreskrifter. Även den rådgivning och den utbildningsverksamhet som Skogsstyrelsen kontinuerligt genomför är starka styrmedel, vilka påverkar vad som anses "normalt", legitimt, rationellt och motiverat ur olika perspektiv inom skogsägarkretsar och i samhällsdebatten.

I skogsvårdslagen och dess föreskrifter finner vi begränsningar vilka reglerar tidpunkt för slutavverkning, avverkningsareal per tidsperiod, virkesförråd per hektar efter gallring samt föryngringsmetoder och artval med mera. Det finns inga officiella kalkyler som visar att alla dessa regler är vare sig ekonomiskt eller miljömässigt motiverade. Man kan i många fall visa att dessa regler medför betydande sänkningar av de ekonomiska resultat som skulle kunna uppnås utan dessa bestämmelser. Referenslistan inkluderar många texter som behandlar dessa frågor.

Projektet indikerar att det vore optimalt att uttaget av skogsråvara, delvis för energiändamål expanderar kraftigt. Hur ser det ut i verkligheten? Skogsstyrelsen skriver (text nedladdad 2010-11-01) (Citat):

*"Fler avverkningsanmälningar under 2009:  
Anmäld areal föryngringsavverkning under 2009 var 216 240 ha, vilket är en ökning med 4 % eller 7 580 ha jämfört med 2008. Ökningen har skett i Svealand och Götaland. Det är främst Aktiebolag och övriga allmänna som har ökat."*  
(Slut citat.)

Källa:

<http://www.svo.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=44333>



Vi kan jämföra denna observerade ökning på 4% med den som vi finner i Figur 5b. Där visas att den optimala ökningstakten när det gäller avverkningsvolymen är just 4% per år under de närmaste åren (d.v.s. ca 20 % per femårsperiod, vilket figuren visar).

Man kan givetvis inte vara säker på att slutavverkningsarealen och avverkningsvolymen ökar med samma procentsats. Sveriges virkesförråd per arealenhet har ökat med tiden under många decennier. Det är därför sannolikt att avverkningsvolymens relativa ökning är något högre än slutavverkningsarealens relativa ökning. Vi kan inte heller veta om avverkningsvolymen kommer att fortsätta öka under kommande år. Den senaste informationen från Skogsstyrelsen stämmer dock uppenbarligen anmärkningsvärt väl med den optimala lösningen när det gäller riktningen och storleken på den aktuella årliga relativa förändringen av avverkningen.

Även om avverkningens relativa ökningstakt för närvarande stämmer väl med den optimala lösningen så kan vi också konstatera att avverkningen inte ligger så högt som den optimala lösningen enligt Figur 5b utvisar.

### **Hur bör vi motverka hindren för en rationell utveckling:**

#### ***Slutsats:***

- ***Tillsätt en utredning som reviderar skogsvårdslagens paragrafer och dess föreskrifter. Direktiv: Ingen lag eller regel ska finnas som förhindrar ekonomiskt och miljömässigt rationella åtgärder.***
- ***Skogsstyrelsens rådgivnings- och utbildningsverksamhet ska anpassas till direktiven samt till de reviderade lagarna och förordningarna.***

### ***Rationell utveckling inom den skogsråvarubaserade energisektorn och skogsindustrisektorn – Hinder och möjliga lösningar***

Expansionshastigheterna inom den skogsråvarubaserade energisektorn och skogsindustrisektorn är givetvis starkt beroende av skogsavverkningens utveckling. Den frågan har dock behandlats i föregående stycke och ska inte beröras ytterligare i den följande texten. Nedan kommer övriga perspektiv och möjliga hinder för en rationell utveckling att behandlas. Låt oss inleda med principiella och generella perspektiv på hela systemets funktionssätt och efterhand övergå till konkreta observationer och fall med bäring på denna fråga.

Med en perfekt marknad avses normalt en marknad där det finns ett mycket stort antal oberoende säljare och köpare, vilka ofta även kan betecknas som producenter och konsumenter. Den klassiska ekonomiska teorins portalfigur, Adam Smith, hävdade att den perfekta marknadens ”osynliga hand” leder till att det totala ekonomiska överskottet automatiskt maximeras, om varje säljare och köpare agerar i sitt eget intresse och maximerar sin egen vinst alternativt sin egen nytta. Det är också möjligt att

konstatera att detta är helt korrekt med användning av enkla matematiska modeller för sådana system. Denna perfekta marknad har dock vissa egenskaper som vi inte alltid finner på verkliga marknader.

Man kan ibland ana att det kan finnas många slags "imprefektioner" i världen som medför att den optimala lösningen inte verkställs. Inom ekonomisk teori brukar ett antal sådana ofullkomligheter diskuteras och analyseras.

Bland sådana hinder för en totalt rationell utveckling finner vi bl.a. det som kan kallas "marknadsimprefektioner". Sådana kan vara av olika slag. En klassisk situation är att antalet säljare eller köpare på en marknad är litet. Om vi bara har en säljare men många oberoende köpare så har vi ett monopol. Om vi bara har en köpare men många oberoende säljare så har vi monopsoni. Dessutom finns karteller av olika slag, där flera företag samordnar sina åtgärder, vilket leder till en marknad som mer eller mindre fungerar som om vi hade monopol eller monopsoni. Oligopol och oligopsoni, är beteckningar på situationer där antalen säljare eller köpare är mycket begränsade. Om företagen i dessa situationer maximerar sina egna vinster så leder alla dessa fem nämnda marknadsformer till marknadslösningar sådan att det totalt sett optimala överskottet blir sämre än det totala överskott som en perfekt marknad skulle leda till. Dessutom blir fördelningen av det samlade överskottet inte den fördelning som en perfekt marknad ger.

Det kan också vara av intresse att konstatera att en "perfekt planekonomi" *i princip* kan leda till samma lösning som den perfekta marknaden, d.v.s. att det totala överskottet maximeras. Ett praktiskt problem är att det har visat sig svårt att få fram en perfekt planekonomi i verkligheten. Den dominerande historieskrivningen hävdar att 1900-talets planekonomier inte klarade av den ekonomiska kapplöpningen med marknadsekonomierna, vilket ledde till att de planekonomiska systemen upplöstes. Man bör dock vara medveten om att planeringsarbete i sig inte nödvändigtvis är olämpligt, snarare tvärt om. Det finns också betydande fördelar om man kan samordna åtgärderna och samtidigt koordinera flera organisationers insatser så att gemensamma mål kan uppnås på ett bättre sätt. Vi kan här konstatera att den optimala graden av samordning, i det generella fallet, är en öppen fråga. Om all verksamhet i ett helt ekonomiskt system centralplaneras finns en uppenbar risk för maktfullkomlighet, nepotism, korruption och totalt misslyckande. Om ingen samordning sker, finns också risk för att stora projekt som kräver omfattande koordinering av investeringar och andra åtgärder inom flera samhällssektorer för att bli rationella för det totala utfallet, aldrig genomförs.

Ytterligare problem inom ett ekonomiskt system, vilka kan klassificeras som imprefektioner, kan vara kapitalmarknadsimprefektioner och ofullständig information. De stora ekonomiska problem som delar av kapitalmarknaden har medfört under projektperiodens mer eller mindre globala finanskris, är uppenbara.

Med imperfekta kapitalmarknader och ofullständig information, blir konsekvenserna av lån och sparande samt investeringar i skogsproduktion, skogsindustri, energiindustri, infrastruktur etc. ovissa. Därmed blir värdet av ekonomiska utfall i senare perioder svåra att fastställa.

”Externa effekter” är också något som brukar framföras som skäl för att inte tro på antagandet att en fri marknad alltid leder till bästa möjliga totala resultat. Ett typiskt fall är när ett företag finner det ekonomiskt optimalt att öka produktionen av någon vara och därmed släpper ut mer av något giftigt ämne, vilket försämrar situationen för andra individer och/eller företag. Om inte det företag som orsakar dessa utsläppsökningar får betala för det ”korrekta” värdet av de försämringar som andra individer och/eller företag drabbas av, så leder marknadslösningen inte till den totalt sett optimala lösningen.

Rationella åtgärder kan förhindras av lagar, förordningar och/eller andra administrativa hinder på olika nivåer. Med ett fullständigt marknadsliberalt perspektiv kan man, som Adam Smith, hävda att marknadens osynliga hand automatiskt leder till det bästa möjliga samlade överskottet. I så fall kan vi också driva tesen att det inte behövs några lagar och förordningar. Marknaden löser ju själv alla problem på bästa sätt. Då bortser vi emellertid från alla de möjliga imperfektioner som har beskrivits ovan.

Projektet indikerar att det vore optimalt att svensk energiförsörjning, exempelvis inom fjärrvärmesystemet, expanderar, baserad på skogsråvara. Hur ser det ut i verkligheten, enligt den senaste branschprognosen? Svensk Fjärrvärme skriver (text hämtad 2010-11-01) följande:

*”Fjärrvärmens fortsätter växa: Rapporten presenterar en samlad prognos för fjärrvärmebranschens utveckling till år 2015. Prognosen bygger på intervjuer och enkät till medlemsföretagen år 2009. Den visar att fjärrvärmens fortsätter att öka, liksom kraftvärme och fjärrkyla. Samtidigt fortsätter utfasningen av fossila bränslen, vilket ytterligare stärker fjärrvärmens ställning som klimat- och miljövänligt uppvärmningsalternativ. Sammantaget räknar företagen med att fjärrvärmeleveranserna ökar med drygt 4 TWh eller med åtta procent från år 2007 till år 2015. Enligt prognosen levereras nästan 53 TWh fjärrvärme år 2015.”*

Källa:

[http://www.svenskfjarrvarme.se/Rapporter--Dokument/Rapporter\\_och\\_Dokument/Statistik/Fjarrvarmen-fortsatter-vaxa/](http://www.svenskfjarrvarme.se/Rapporter--Dokument/Rapporter_och_Dokument/Statistik/Fjarrvarmen-fortsatter-vaxa/)

Vi kan konstatera att utvecklingstrenden rapporterad av Svensk Fjärrvärme stämmer väl med den rationella utvecklingen enligt projektets optimeringar. Enligt en av projektets optimeringsmodeller (Se Figur 5d.) bör energianvändningen grundad på skogsråvara ökas snabbare än 4 TWh per 8 år (= 0.5 TWh per år), nämligen med ca 3 TWh per år, under den närmaste tiden. Notera att optimeringsmodellens ökning om 3 TWh per år är fullt förenlig med Svensk Fjärrvärmes fjärrvärmeökningsprognos 0.5 TWh per år, om andelen skogsråvara som användes i fjärrvärmens ökar. Dessutom kan naturligtvis skogsråvara användas i ökande grad även inom andra delar av energiförsörjningen.

Svensk Fjärrvärme gör också bedömningen att trädbränsleanvändningen kommer att öka högst betydligt (Citat):

*Framtidens fjärrvärme kommer framförallt från oförädlat trädbränsle och avfall. Trädbränslets andel ökar från 22 till 40 procent mellan år 2007 och 2015,...*

(Slut citat.)

Med hjälp av Svensk Fjärrvärmes ovan redovisade siffror, kan vi göra följande kalkyler för trädbränsleanvändningen för fjärrvärme:

År 2007:

22% av 49 TWh = 10.78 TWh

År 2015:

40% av 53 TWh = 21.2 TWh

Förändring mellan åren 2007 och 2015:

(21.2 – 10.78) TWh = 10.42 TWh

Årlig förändring mellan åren 2007 och 2015:

10.42 TWh/ 8 år = 1.30 TWh / år

Lena Sommestad, vd för Svensk Fjärrvärme, skriver också i förordet (citat):

*”För en positiv utveckling av fjärrvärmens i framtiden behövs politiska beslut som ger fortsatt stöd till ett systemperspektiv där energiförsörjningen betraktas som en helhet. Med ett sådant perspektiv kan vi än bättre utnyttja möjligheterna till energieffektivisering, till exempel genom att bygga samman fjärrvärmesnät och utnyttja industriell överskottsvärme bättre.”* (Slut citat.)

Vi kan konstatera att Sommestad argumenterar för ett helhetsperspektiv vid planering av energiförsörjningen. Detta ligger långt ifrån Adam Smith och hans osynliga hand.

Ökningen av trädbränsleanvändningen för fjärrvärme är också en viktig förklaring till den rejäla förbättringen m.h.t. koldioxidutsläppen. (Citat):

*”År 2007 var koldioxidutsläppen från fjärrvärmeproduktionen 86 gram per levererad kWh. År 2015 beräknas utsläppsnivåerna ha minskat till 46 gram per kWh.”* (Slut citat)

Skaleffekter är också av stor betydelse när det gäller ekonomiskt optimala lösningar. Ekonomiska fördelar av storskalighet kan givetvis även påverka den optimala graden av samordning.

Karin Jarl-Månsson VD på E.ON Värme säger (Citat):

*Effektivitet förutsätter i många fall storskalighet. Småskalighet och uppdelning i separata nät begränsar fjärrvärmens effektivitet på flera sätt. Men på E.ON anser man att många nät går att bindas samman till regionala enheter med fler kunder. En sådan ihopkoppling av näten innebär att befintliga anläggningar kan användas effektivare, att kostnaden för att hålla reservkapacitet kan minska och att fler leverantörer kan erbjuda fjärrvärme.* (Slut citat.)

Källa:

<https://www.eon.se/templates/Eon2PressPage.aspx?id=70824&epslanguage=SV>

**Hur bör vi motverka hindren för en rationell utveckling:**

***Slutsats:***

***- Tillsätt en utredning och inled ett forskningsprojekt som fastställer den totalt sett mest rationella utvecklingen för Svensk Fjärrvärme. Här ska alla systemrelevanta aspekter finnas med, inklusive skogsindustrin och skogssektorn i stort.***

***Detaljerad beskrivning av förutsättningar och beräkningsantaganden***

Projektet har lett till ett stort antal olika modeller, publikationer och presentationer, vilka redovisas i referenslistan. De modellantaganden och analyser som har gjorts i dessa fall finns regelmässigt avrapporterade inom respektive dokumentation. I detta kapitel kommer förutsättningar och beräkningsantaganden använda inom kapitlet "Case study" att beskrivas närmare.

Modellen inkluderas i sin helhet och samtliga delar beskrivs i detalj i Bilaga 1.

Modellen optimerar det totala ekonomiska värdet av hela skogssektorn och den skogsbränslebaserade energisektorn (pappersmassa, board, sågad vara och energi baserad på skogsråvara). Den första versionen presenterades på E.ON i Norrköping i december 2008 [31]. I den modellen beaktas samtliga verksamheter, inklusive investeringar i olika slags industrikapacitet och skogsproduktion, samt uttag av timmer, massaved och GROT. Även "halvfabrikat" såsom flis, spån och svartlut hanteras i modellen. Efter gradvisa justeringar presenterades modellen även på SLU i Umeå i januari 2009 [33], på E.ON i Stockholm i maj 2009 [44] samt vid European Biomass and Bioenergy Forum i London [45] i Juni 2009. En orientering om optimeringsmodellen och slutsatserna grundade på beräkningsresultaten finns även som abstract från WFC 2009, XIII World Forestry Congress [55b]. Modellen och dess resultat presenterades i sin helhet vid INFORMS International, Buenos Aires, Juni 2010 [74]. Även på Universität fur Bodenkultur, BOKU, i Wien, presenterades och diskuterades modellen och dess resultat, som "offentlig föreläsning" inom området "Economics of Multifunctional Forest Management Systems", 30 juni 2010.

[http://www.lohmander.com/Lohmander\\_BOKU\\_100630.ppt](http://www.lohmander.com/Lohmander_BOKU_100630.ppt)

De senaste presentationerna av modellen och dess resultat, gavs vid SSAFR 2011 [92], på Energimyndighetens symposium Energiutblick 2011 [94] och vid World Congress on Bioenergy [96] under våren 2011. (Brytning av stubbar inkluderas ej i den modell som finns redovisad i Bilaga 1. Med en justerad modell kan sådan brytning givetvis komma med i analysen. Nu kan vi dock konstatera, att eftersom denna möjlighet ej har inkluderats i modellen, så har vi en extra säkerhetsmarginal i kalkylernas resultat när det gäller mängden tillgänglig energiråvara.)

*Centrala antaganden och parametrar i modellens grundutförande:*

Observera att nedan angivna funktioner är grundantaganden som har bedömts som rimlig approximationer av typiska förhållanden vid modellens konstruktion. I detta skede har offentlig statistik använts i högsta möjliga utsträckning. Användaren av optimeringsmodellen har möjlighet att modifiera dessa antaganden och generera nya lösningar. Det är också möjligt att införa tidstrender i varje funktion. Den optimala lösningens känslighet för alternativa antaganden har studerats. Det finns dock ett så stort antal möjliga kombinationer av alternativa funktionsantaganden att det är omöjligt att redovisa dessa på ett meningsfullt sätt. Det är viktigt att vara medveten om att alla siffror kan ändras med tiden och att ny statistik blir tillgänglig efterhand. Det är också angeläget att vara medveten om att gränsen mellan fast kostnad och rörlig kostnad är diffus i offentlig statistik och i årsredovisningar samt att det statistiska underlaget i vissa fall är begränsat. I optimeringsmodellen är det möjligt att efterhand avveckla befintlig industrikapacitet samt att bygga upp ny kapacitet. Investeringskostnader för industrikapacitet som existerade i utgångsläget betraktas som "sunk costs". Sådana kostnader kan ej längre påverkas. Normalt stiger underhållskostnaderna i takt med att industrikapaciteten blir äldre. I modellen användes begreppet kapacitetskostnad som ett sätt att lägga ihop nytillkomna investeringskostnader med underhållskostnader. Dessutom användes begreppet setup kostnader för att markera att vi normalt möter "igångkörningskostnader" av olika slag under den första perioden när ny kapacitet användes. Av naturliga skäl är de exakta värden som dessa kostnader kommer att ha i framtiden väldigt svåra att bestämma exakt. Dessutom är det statistiska underlaget av naturliga skäl mycket begränsat.

Via denna länk, <http://www.lohmander.com/NorrDec08/NorrDec08.pdf>, sid 106-118, kan man hitta bakgrundsstatistik, kalkyler och särskilda överväganden som ligger bakom ett antal av nedan angivna grundantaganden. Här kan de versioner av modellen som presenterades och diskuterades på European Biomass and Bioenergy Forum i London, juni 2009, studeras i detalj:

[http://www.lohmander.com/London09/London\\_Lohmander\\_09.ppt](http://www.lohmander.com/London09/London_Lohmander_09.ppt)

Denna modellversion presenterades på INFORMS International, juni 2010:

<http://www.lohmander.com/INFORMS2010b.ppt>

Industriella kapaciteter i Sverige i utgångsläget (år 2008):

Massaindustrin	12.4	Mton / år
Boardindustrin	0.852	Mm <sup>3</sup> / år
Sågverksindustrin	18.6	Mm <sup>3</sup> / år
Skogsråvarubaserad energi (exklusive intern användning inom skogs- och energiindustrin)	60	TWh / år

Övre gräns för möjlig kapacitetsökning från en femårsperiod till nästa femårsperiod:

Massaindustri	25%
Boardindustri	25%
Sågverksindustri	25%
Energiindustri	25%

Kalkylränta:

5%

Skog- och skogsproduktion:

Initiellt virkesförråd (m <sup>3</sup> fub/m <sup>3</sup> sk = 84% )	3234 Mm <sup>3</sup> sk 2717 Mm <sup>3</sup> fub
Tillväxt * (m <sup>3</sup> fub/m <sup>3</sup> sk = 84% )	110 Mm <sup>3</sup> sk/år 92.4 Mm <sup>3</sup> fub/år

(\* En betydande säkerhetsmarginal är med i kalkylerna eftersom Skogsstatistisk Årsbok 2010 rapporterade tillväxten 117 Mm<sup>3</sup>sk/år.)

Största tillåtna minskning av avverkningen från en femårsperiod till nästa femårsperiod: 10 %

Lägsta tillåtna virkesförråd: Denna parameter har varierats för att studera effekterna.

Vissa relationer:

Andel av avverkningsvolymen som kan användas som råvara i sågverksindustrin i form av timmer: 50%

Mängd GROT som frigöres vid avverkning som funktion av avverkningsvolymen 0.28 MWh/m<sup>3</sup>sk

Andel av massaindustrins energiråvaruproduktion (svartlut) som ej användes internt i processen 5 %

Kostnads och intäktsfunktioner

Kostnad för skoglig avverkning och terrängstransport (drivning) inklusive ny beståndsanläggning:  
163 + 0.1 Harv SEK/m<sup>3</sup>sk Harv = avverkningsvolym i enheten Mm<sup>3</sup>sk/år

Kostnad för GROT:  
150 + 0.2 GROT SEK/MWh GROT = GROT uttag i enheten TWh/år

Pris för massaindustrins färdigvara:  
4500 – 20 Pulp SEK/ton Pulp = pappersmassa i enheten Mton / år

Pris för boardindustrins färdigvara:  
1300 – 5 Board SEK/ton Board = Board i enheten Mm<sup>3</sup> / år

Pris för sågverksindustrins färdigvara:

2200 – 5 Sawn            SEK/m<sup>3</sup>            Sawn = Sågad vara i enheten Mm<sup>3</sup> / år

Pris för energiindustrins färdigvara:

950 – 2 Energy            SEK/MWh            Energy = Producerad energi, delvis i form av  
hetvatten till fjärrvärme, el till elnät o.s.v., i  
enheten TWh / år

Rörliga kostnader förutom kostnaden för skogsråvara:

(inklusive råvarutransportkostnader, utom för GROT)

Massaindustri	1000 SEK/ton
Boardindustri	600 SEK/m <sup>3</sup>
Sågverksindustri	400 SEK/m <sup>3</sup>
Energiindustri	200 SEK/MWh

#### Kapacitetskostnadsfunktioner

*Massaindustri:*

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
före tidpunkten för optimeringens genomförande)            600 SEK/(år\*ton)

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
efter tidpunkten för optimeringens genomförande)            700 SEK/(år\*ton)

Setup kostnad under investeringsperioden            20 SEK/(år\*ton)

*Boardindustri:*

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
före tidpunkten för optimeringens genomförande)            150 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
efter tidpunkten för optimeringens genomförande)            300 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)

Setup kostnad under investeringsperioden            10 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)

*Sågverksindustri:*

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
före tidpunkten för optimeringens genomförande)            150 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd  
efter tidpunkten för optimeringens genomförande)            200 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)

Setup kostnad under investeringsperioden            10 SEK/(år\*m<sup>3</sup>)



*Energiindustri:*

Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd före tidpunkten för optimeringens genomförande)	80 SEK/(år*MWh)
Fast kapacitets- och underhållskostnad (kapacitet anlagd efter tidpunkten för optimeringens genomförande)	100 SEK/(år*MWh)
Setup kostnad under investeringsperioden	10 SEK/(år*MWh)

### ***Multinationella och multisektorieella konferenser***

Peter Lohmander har sedan sommaren 2007 varit ordförande vid fem ledande konferenser vilka redovisas med mer information och länkar i referenslistan:

[1] Operations Research in the Forest Sector (Cluster), INFORMS International Meeting 2007, Puerto Rico (Hela klustret, två dagar)

[11] Energy Forum, Stockholm, 6-7 February 2008 (Hela konferensen, två dagar)

[37] International seminar, ECONOMICS OF FORESTRY AND FOREST SECTOR: ACTUAL PROBLEMS AND TRENDS, St Petersburg, Russia, March 2009 (Konferensens andra dag)

[45] European Biomass and Bioenergy Forum, MarcusEvans, London, UK, 8-9 June, 2009 (Hela konferensen, två dagar)

[77] European Biomass and Bioenergy Forum, MarcusEvans, Stockholm, 13-15 September, 2010 (En dag)

Referenslistan inkluderar dessutom en lång rad andra konferenser vid vilka Peter Lohmander har varit key note speaker, varit track- eller session chair m.m..

### ***Projektets utveckling och planer för den kommande perioden***

Betydande engagemang har ägnats åt planeringen av en expansion av projektet med avseende på såväl finansiella och personella resurser som internationellt samarbete. Peter Lohmander har tagit initiativ till ett globalt projekt "Rational and sustainable international policy for the forest sector - with consideration of energy, global warming, risk and regional development" med samarbetspartners från flera världsdelar, inklusive USA, Ryssland och Kina samt flera stater från andra regioner. En preliminär presentation gavs på SLU i februari 2009 [35]. Projektet diskuterades i Ryssland under 2009 [37], [43], [47]. En preliminär plan från augusti 2009 finns tillgänglig [46]. Presentationer och projektdiskussioner har också genomförts vid Canadas [48] och Chiles [51] ambassader i Stockholm under hösten 2009.

Projektet "Rationell, uthållig och miljövänlig bioenergiutveckling, skogssektorpolicy och globala energiråvaruflöden" grundas på den internationella projektplanen [46] och avser den svenska delen av det globala projektet. Under 2010 har nya regionala koordinatörer anmält sig, bland annat för Sydamerika, östra Europa och Ryssland. Planeringen av projektets organisation pågår fortfarande när denna rapport skrives, maj 2011.

## Regions and Partners

**The project organization design process has started. Many constructive suggestions have been obtained and regional coordinators defined for several parts of our planet including Africa (Ethiopia), P.R. China, Europe (Germany, Spain, Sweden, Switzerland), Himalaya (Nepal), the Middle East (Iran), Russian Federation, South Korea and USA.**

### **Figur 14.**

Källa: [51]

Dessutom har samverkansdiskussioner förts mellan SLU (via Peter Lohmander), KTH, Stockholms Universitet och Mittuniversitetet. Samverkansprojektet ”Systemanalytisk ansats till utveckling och utvärdering av förvaltningsmodeller med fokus på hållbar produktion av biobränsle samt ackompanjerande taktiska beslutsstödsmodeller för markägare” har definierats och en ansökan [55] har ställts till Skogssällskapet i November 2009. Beklagligtvis erhöll den ansökan inga anslag.

Lohmander analyserade också hur optimalt skogsbruk och angränsande intressen, särskilt jakt och rennäring, är avhängiga av varandra och bör anpassas med hänsyn till ett totalt sett optimalt utfall.

Ett första steg i denna process var att Lohmander analyserade och diskuterade hur älgstammen bör anpassas med hänsyn till skogsbruket och andra intressen, särskilt biltrafiken. Lohmander visade att det ur samhällets perspektiv vore optimalt att kraftigt reducera älstammens storlek i Sverige. Detta ledde till en samhällsekonomisk optimeringsmodell grundad på redan genomförda utredningar, en debattartikel och två nyhetsinslag i TV. [85], [86], [87], [89].

Ett andra steg i denna process var att Lohmander diskuterade optimalt skogsbruk i norra Sverige med SSR och gav föredraget ”Skogsbruk och SSR: Ekonomiskt rationella kontinuerliga metoder, Föredrag för SSR, Svenska Samernas Riksförbund, 2011-02-16” [88].

Vid symposiet “14th Symposium for Systems Analysis in Forestry”, Chile, March 8-11, 2011, [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf), gav Lohmander en key note föreläsning [90], ledde två sessioner och gav ytterligare föredrag [91], [92] och [93] inom detta område.

Vi Energimyndighetens konferens ”Energiutblick 2011” i Göteborg, gav Lohmander föredraget ”Optimal ekonomisk skogs och energipolicy” [94].

Vid World Congress on Bioenergy, Dalian World Expo Center, Dalian, China, April 25-30, 2011, var Lohmander ordförande för ”TRACK: Finance, Strategic Planning, Industrialization and Commercialization” [95] samt gav föredraget “Economic forest management with consideration of the forest and energy industries” [96].

I början av Maj 2011 inbjöds Lohmander till North Carolina State University, USA, i slutet av Juni 2011, för att hålla föredraget "Optimal bioenergy from forests: Fundamental principles, general findings and optimal solutions". Lohmander kommer även att medverka i ett PhD committee möte samt en skogsexkursion i anslutning till föredragningen.

Lohmander arbetar för närvarande med ett kapitel till en internationell bok om industriellt skogsbruk. Detta kapitel har fokus på ekonomiskt optimalt skogsbruk m.h.t. energi- och skogsindustri. Lohmander har också inviterats att skicka manuskript motsvarande de fyra föredragen vid symposiet "14th Symposium for Systems Analysis in Forestry", Chile, March 8-11, 2011, till ett specialnummer av en internationell tidskrift.

För övrigt arbetar Lohmander för närvarande även med forskningsansökningar i andra länder, särskilt i Ryssland. Där har intresset för planerade projekt visat sig stort och gediget.

## ***Resurser***

### **Personella och övriga resurser**

Lyckligtvis har det visat sig möjligt att grundligt engagera mycket kvalificerade personer i projektet även utan reguljärt anställningsförfarande och lönekostnader via projektmedlen. En doktorand från Moscow Forest University och en från UPV, Polytechnical university of Valencia, deltog 2010 i arbetet i Umeå med egna löne- och stipendiemedel från Ryssland, Spanien respektive EU. En doktorand från Iran skulle också, finansierad av Iran, vara i Umeå och arbeta fr.o.m. augusti 2010 och 9 månader framåt. Migrationsverket stoppade dock den processen i sista stund. Dessutom har det varit möjligt att, utan kostnader för projektet, publicera två artiklar i vetenskapliga tidskrifter tillsammans med två tidigare doktorander, vilka nu är professor respektive universitetslektor och executive editor för en internationell tidskrift i P.R.China respektive Iran. En doktorand i USA har också knutits till projektet, vilken bedriver anknytande forskning i North Carolina med anslag från USA.

Med projektets budget kunde man inte, via anställningar, expandera projektets personella resurser. Projektmedlen användes i stort sett till att täcka projektledarens halva lön med de olika sociala kostnader och andra pålägg som tillämpas i universitetsvärlden. Vissa resor, böcker, datorprogram och motsvarande betalades också av projektmedlen. Givetvis skulle det gå att expandera verksamheten inom projektområdet med fler medarbetare om medel för detta funnes. Projektledarens bedömning är att projektets frågeställningar är av mycket stor betydelse för såväl den traditionella skogssektorn som för energiindustrin och samhället i stort, vilket tydligt illustreras av det stora intresse för resultaten från såväl internationella tidskrifter och branschtidskrifter som från vetenskapliga konferenser och branschkonferenser.

Projektledaren menar vidare att det är svårt att finna något forskningsområde där expanderade resurser skulle vara mer lönsamma investeringar, för Sverige eller för världen. Intresset för presentationer och resultat från projektområdet har också visat sig mycket stort vid internationella konferenser i hela världen.

Av dessa skäl sände projektledaren en ansökan till Energimyndigheten, vilken, om den skulle ha beviljats, skulle ha finansierat en professor, en disputerad forskare, fyra doktorander och en halvtids sekreterare under fyra år. Den ansökan beviljades dock ej. Under 2010 har Lohmander och Lacruz studerat och analyserat hur skogsråvara kan och bör användas inom den expanderande fjärrvärmesektorn. En studie av optimal expansion av fjärrvärme inom en kommun kan nu studeras [76] med empiriskt underlag från Lycksele. För detta syfte har särskild programvara för dynamisk och rumslig optimering av fjärrvärmesystem utvecklats. Programmet DHINV och exempel kan nu studeras och användas via Internet: <http://www.lohmander.com/Program/Program.htm> .

Under oktober 2010 skickades nya projektansökningar gällande expansion av detta forskningsområde till olika forskningsfinansiärer i Sverige, vilka dock ej beviljades. Nya ansökningar till finansiärer i andra länder planeras under 2011.

### **Ekonomi**

Projektets totala budget för de fyra åren har varit två miljoner SEK. Dessa medel har också efterhand förbrukats.

## **Referenslista**

*I listan har endast referenser inkluderats från och med Juni 2007 som har relevans för projektet.*

- [1] Lohmander, P., Stochastic Dynamic Optimization of Forest Industry Company Management, INFORMS International Meeting 2007, Puerto Rico, Power Point Presentation, <http://www.Lohmander.com/SDO.ppt>  
OR in the Forest Sector: <http://www.lohmander.com/ORForSec07.doc>
- [2] Lohmander, P., A Stochastic Differential (Difference) Game Model With an LP Subroutine for Mixed and Pure Strategy Optimization, INFORMS International Meeting 2007, Puerto Rico, Power Point Presentation, <http://www.Lohmander.com/SDG.ppt>  
Military Operations Research: [http://www.lohmander.com/mil/Mil\\_OR\\_2007.htm](http://www.lohmander.com/mil/Mil_OR_2007.htm)
- [3] Lohmander, P., Adaptive Optimization of Forest Management in a Stochastic World, in Weintraub A. et al (Editors), Handbook of Operations Research in Natural Resources, Springer, Springer Science, International Series in Operations Research and Management Science, New York, USA, pp 525-544, 2007  
[http://www.amazon.ca/gp/reader/0387718141/ref=sib\\_dp\\_pt/701-0734992-1741115#reader-link](http://www.amazon.ca/gp/reader/0387718141/ref=sib_dp_pt/701-0734992-1741115#reader-link)
- [4] Mohammadi, L.S., Lohmander, P., Stumpage Prices in the Iranian Caspian Forests, Asian Journal of Plant Sciences, 6 (7): 1027-1036, 2007, ISSN 1682-3974, 2007 Asian Network for Scientific Information, <http://ansijournals.com/ajps/2007/1027-1036.pdf>  
<http://www.Lohmander.com/MoLo2007.pdf>
- [5] Ekman, S-O., (Interview with Peter Lohmander): Fabriken läggs ner helt i onödan, Gefle Dagblad, 2007-10-30  
<http://www.gd.se/start.jsp>  
<http://www.gd.se/Article.jsp?article=116927>
- [6] Lohmander, P., Skapa inte arbetslöshet när industrikapaciteten borde expanderar! (SVT Nyheter, 2007-10-30, 19.10)  
<http://svt.se/svt/play/video.jsp?a=379740>
- [7] Lohmander, P., Ökad avverkning skulle kunna rädda Norrsundet, Nordic Paper Journal, 2007-10-30  
<http://www.papernet.se/iuware.aspx?pageid=395&ssoid=69620>
- [8] Lohmander, P., Fabriken läggs ned helt i onödan, Skogsindustrierna, 2007-10-31  
<http://www.skogsindustrierna.org/litiuminformation/site/page.asp?Page=10&IncPage=578&Destination=227&IncPage2=236&Destination2=226&PKNews=5935>
- [9] Lohmander, P., Norrsundet läggs ner helt i onödan, Nordisk Papper och Massa, 2007-11-01  
<http://www.branschnyheter.se/article11497.php>
- [10] Lohmander, P., Lagg inte ned Svensk skogsindustri på grund av virkesbrist, Krönika, Nordisk Papper och Massa 8/2007  
[http://www.Lohmander.com/kronika\\_NPM07.pdf](http://www.Lohmander.com/kronika_NPM07.pdf)

- [11] Lohmander, P., Energy Forum, Stockholm, 6-7 February 2008, Conference program with links to report and software by Peter Lohmander:  
<http://www.energyforum.com/events/conferences/2008/c802/program.php>  
<http://www.lohmander.com/EF2008/EF2008Lohmander.htm>
- [12] Lohmander, P., Ekonomiskt rationell dynamisk utveckling för skogen, skogsindustrin och energiindustrin i Sverige (Manuscript 2008-03-03)  
<http://www.Lohmander.com/ERD2008/ERD2008.pdf>
- [13] Lohmander, P., Ekonomiskt rationell utveckling för skogs- och energisektorn i Sverige, Nordisk Papper och Massa, Nr 3, 2008
- [14] Lohmander, P., Mohammadi, S., Optimal Continuous Cover Forest Management in an Uneven-Aged Forest in the North of Iran, Journal of Applied Sciences 8(11), 2008  
<http://ansijournals.com/jas/2008/1995-2007.pdf>  
<http://www.Lohmander.com/LoMoOCC.pdf>
- [15] Mohammadi, L.S., Lohmander, P., A game theory approach to the Iranian forest industry raw material market, Caspian Journal of Environmental Sciences, Vol 6, No1, pp. 59-71, 2008  
<http://research.guilan.ac.ir/cjes/papers/969.pdf>  
<http://www.Lohmander.com/MoLoAGTA.pdf>
- [16] Lohmander, P., (Eng: Peter Lohmander (in white jacket and black tie) explains that the forest growth strongly exceeds the harvest. Lohmander motivates increased harvesting and increased capacity expansion in bioenergy plants and the forest products industry), Swe: Skogsavverkningen kan ökas enligt forskare! (Swedish Television, News, 2008-05-29, 19.15)  
<http://svt.se/svt/play/video.jsp?a=1158529>
- [17] Lohmander, P., Guidelines for Economically Rational and Coordinated Dynamic Development of the Forest and Bio Energy Sectors with CO2 constraints, Proceedings from the 16th European Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spain, 02-06 June, 2008 (In the version in the link, below, an earlier misprint has been corrected. )  
<http://www.Lohmander.com/Valencia2008.pdf>
- [18] Lohmander, P., Economically Optimal Joint Strategy for Sustainable Bioenergy and Forest Sectors with CO2 Constraints, European Biomass Forum, Exploring Future Markets, Financing and Technology for Power Generation, CD, Marcus Evans Ltd, Amsterdam, 16th-17th June, 2008 <http://www.Lohmander.com/Amsterdam2008.ppt>
- [19] Lohmander, P., Ekonomiskt rationell utveckling för skogs- och energisektorn, Nordisk Energi, Nr. 4, 2008
- [20] Lohmander, P., Optimal resource control model & General continuous time optimal control model of a forest resource, comparative dynamics and CO2 consideration effects, SLU Seminar in Forest Economics, Umea, Sweden, 2008-09-18  
<http://www.lohmander.com/CM/CMLohmander.ppt>

- [21] Lohmander, P., Tools for optimal coordination of CCS, power industry capacity expansion and bio energy raw material production and harvesting, 2nd Annual EMISSIONS REDUCTION FORUM: - Establishing Effective CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> Mitigation Strategies for the Power Industry, CD, Marcus Evans Ltd, Madrid, Spain, 29th & 30th September 2008 [http://www.lohmander.com/Madrid08/Madrid\\_2008\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Madrid08/Madrid_2008_Lohmander.ppt)
- [22] Lohmander, P., Optimal CCS, Carbon Capture and Storage, Under Risk, International Seminars in Life Sciences, Universidad Politécnic de Valencia, Thursday 2008-10-16 <http://www.lohmander.com/OptCCS/OptCCS.ppt>
- [23] Lohmander, P., A two stage raw material stock optimization model, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea, 2008-10-27, <http://www.lohmander.com/STOCKOPT/STOCKOPT.ppt>
- [24] Lohmander, P., Optimala rundvirkeslager m.h.t. säsongvariationer, Övning A, SLU, 2008-10-27, <http://www.lohmander.com/Woodstock/LagerA.pdf>
- [25] Lohmander, P., Economic forest production with consideration of the forest and energy industries, E.ON International Bioenergy Conference, Malmo, Sweden, 2008-10-30 <http://www.lohmander.com/eon081030/eon081030.ppt>
- [26] Lohmander, P., Optimala rundvirkeslager m.h.t. stokastiska leveransvariationer, Övning B, SLU, 2008-11-02, <http://www.lohmander.com/LagerB/LagerB.pdf>
- [27] Lohmander, P., Optimal dynamic control of the forest resource with changing energy demand functions and valuation of CO<sub>2</sub> storage, UE2008.fr, The European Forest-based Sector: Bio-Responses to Address New Climate and Energy Challenges? Nancy, France, November 6-8, 2008 <http://www.lohmander.com/Nancy08/Nancy08.ppt> (See also later versions 2009)
- [28] Lohmander, P., Optimal dynamic control of the forest resource with changing energy demand functions and valuation of CO<sub>2</sub> storage, The European Forest-based Sector: Bio-Responses to Address New Climate and Energy Challenges, Nancy, France, November 6-8, 2008, Proceedings: (forthcoming) in French Forest Review (2009) Abstract: Page 65 of: [http://www.gip-ecofor.org/docs/34/rsums\\_confnancy2008\\_20081105.pdf](http://www.gip-ecofor.org/docs/34/rsums_confnancy2008_20081105.pdf)  
Presentation as pdf: [http://www.gip-ecofor.org/docs/nancy2008/ppt\\_des\\_presentations\\_orales/lohmander\\_session\\_3.1.pdf](http://www.gip-ecofor.org/docs/nancy2008/ppt_des_presentations_orales/lohmander_session_3.1.pdf)  
Conference: <http://www.gip-ecofor.org/docs/34/nancy2008englishprogramme20081106.pdf>
- [29] ECOFOR, (in French) Summary of results by Peter Lohmander (on page 8) in “Evaluation du developpement de la bioenergie”, in Bulletin d’information sur les forets europeennes, l’energie et climat, Volume 157, Numero 1, Lundi 10 novembre 2008 <http://www.gip-ecofor.org/docs/34/nancy2008synthseiisd.pdf>
- [30] IISD, Summary of results by Peter Lohmander (on page 6) in “Evaluation of Bioenergy Development”, in European Forests, Energy and Climate Bulletin, Published by the International Institute for Sustainable Development (IISD) <http://www.iisd.org/>, Vol. 157, No. 1, Monday, 10 November, 2008 <http://www.iisd.ca/download/pdf/sd/ymbvol157num1e.pdf>



- [31] Lohmander, P., Integrated Regional Study Stage 1., Presentation at the E.ON - Holmen - Sveaskog - SLU Research Meeting, Norrköping, Sweden, 2008-12-10 – 2008-12-11, <http://www.lohmander.com/NorrDec08/NorrDec08.ppt> ,  
<http://www.lohmander.com/NorrDec08/NorrDec08.pdf> ,  
<http://www.lohmander.com/NorrDec08/NorrDec08RawData.xls>
- [32] Lohmander, P., Öka avverkningen och hjälp Sverige ur krisen, VI SKOGSÄGARE, Debatt, Nr. 1, 2009 <http://www.lohmander.com/PLdebattVIS2009nr1.pdf>
- [33] Lohmander, P., Economic Forest Production with Consideration of the Forest and Energy Industries (SLU 2009-01-29), <http://www.lohmander.com/SLU09/SLU09.pdf>  
<http://www.lohmander.com/SLU09/SLU09.ppt>
- [34] Lohmander, P., Öka avverkningen och hjälp Sverige ur krisen, Skogs-Sverige-Nyheter, skogssverige.se, onsdag, feb. 18, 2009
- [35] Lohmander, P., Rational and sustainable international policy for the forest sector with consideration of energy, global warming, risk, and regional development, SLU, Umea, 2009-02-18, <http://www.lohmander.com/IntPres090218.ppt>
- [36] Lohmander, P., Skogsägaren måste ändå bestämma, Västerbottenskuriren, Repliken, 2009-03-25, [http://www.Lohmander.com/Lohmander\\_VK\\_090325.pdf](http://www.Lohmander.com/Lohmander_VK_090325.pdf)  
[http://www.Lohmander.com/Lohmander\\_VK\\_090325.doc](http://www.Lohmander.com/Lohmander_VK_090325.doc)  
<http://www.vk.se/Article.jsp?article=264258>
- [37] Lohmander, P., Strategic options for the forest sector in Russia with focus on economic optimization, energy and sustainability  
(Full paper in English with short translation to Russian), ICFFI News, Vol. 1, Number 10, March 2009  
<http://www.Lohmander.com/RuMa09/RuMa09.htm>  
International seminar, ECONOMICS OF FORESTRY AND FOREST SECTOR:  
ACTUAL PROBLEMS AND TRENDS, St Petersburg, Russia, March 2009,  
<http://www.lohmander.com/RuMa09/ProgramRuMa09.pdf>
- [38] Lohmander, P., Satsa på biobränsle, Skogsvärden, Nr 1, 2009  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_SV\\_1\\_09.jpg](http://www.Lohmander.com/PL_SV_1_09.jpg)
- [39] Lohmander, P., Stor potential för svensk skogsenergi, Nordisk Energi, Nr. 2, 2009  
<http://www.Lohmander.com/Information/ne1.jpg>  
<http://www.Lohmander.com/Information/ne2.jpg>  
<http://www.Lohmander.com/Information/ne3.jpg>  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_SvSE\\_090205.pdf](http://www.Lohmander.com/PL_SvSE_090205.pdf)  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_SvSE\\_090205.doc](http://www.Lohmander.com/PL_SvSE_090205.doc)
- [40] Lohmander, P., A dynamic diameter distribution model for numerical economic optimization of continuous cover forest management, 2009-04-16,  
[http://www.lohmander.com/IFP09/Prel\\_CCF1\\_results\\_Lohmander\\_Peter\\_090416.pdf](http://www.lohmander.com/IFP09/Prel_CCF1_results_Lohmander_Peter_090416.pdf)  
[http://www.lohmander.com/IFP09/Prel\\_CCF1\\_results\\_Lohmander\\_Peter\\_090416.doc](http://www.lohmander.com/IFP09/Prel_CCF1_results_Lohmander_Peter_090416.doc)

- [41] Lohmander, P., Stor potential för svensk skogsenergi, Skogssverige - Pressmeddelande 2009-05-20,  
[http://www.skogssverige.se/pressrum/pressmeddelanden/lohmander\\_NE\\_209.pdf](http://www.skogssverige.se/pressrum/pressmeddelanden/lohmander_NE_209.pdf)
- [42] Lohmander, P., Aggeryd, B., Datorprogram för lageroptimering via stokastisk dynamisk programmering i biobränsleföretag (Bilaga A), in Aggeryd, B., Optimalt råvarulager för biobränsleföretaget, Master Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Dept. of Forest Economics, 2009  
[http://www.Lohmander.com/Ag\\_Biobr\\_stock\\_09.pdf](http://www.Lohmander.com/Ag_Biobr_stock_09.pdf)  
[http://www.Lohmander.com/Ag\\_Biobr\\_stock\\_09.doc](http://www.Lohmander.com/Ag_Biobr_stock_09.doc)
- [43] Lohmander, P., Strategiska möjligheter för skogssektorn i Ryssland Nordisk Papper och Massa, Nr 2, 2009  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_NPM\\_2\\_2009.pdf](http://www.Lohmander.com/PL_NPM_2_2009.pdf)  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_RuSwe\\_09.pdf](http://www.Lohmander.com/PL_RuSwe_09.pdf)  
[http://www.Lohmander.com/PL\\_RuSwe\\_09.doc](http://www.Lohmander.com/PL_RuSwe_09.doc)
- [44] Lohmander, P., Economic forest production with consideration of the forest- and energy industries, Project meeting presentation, Stockholm, Sweden, 2009-05-11,  
[http://www.lohmander.com/EON\\_090511.ppt](http://www.lohmander.com/EON_090511.ppt)
- [45] Lohmander, P., Derivation of the Economically Optimal Joint Strategy for Development of the Bioenergy and Forest Products Industries, European Biomass and Bioenergy Forum, MarcusEvans, London, UK, 8-9 June, 2009,  
[http://www.lohmander.com/London09/London\\_Lohmander\\_09.ppt](http://www.lohmander.com/London09/London_Lohmander_09.ppt) &  
<http://www.lohmander.com/London09.pdf>
- [46] Lohmander, P., Rational and sustainable international policy for the forest sector - with consideration of energy, global warming, risk, and regional development, Preliminary plan, 2009-08-05,  
<http://www.lohmander.com/ip090805.pdf>
- [47] Lohmander, P., Strategiska möjligheter för skogssektorn i Ryssland SkogsSverige 2009-08-10  
[http://www.skogssverige.se/nyheter/nyhetsdokument/PL\\_NPM\\_2\\_2009.pdf](http://www.skogssverige.se/nyheter/nyhetsdokument/PL_NPM_2_2009.pdf)
- [48] Lohmander, P., Strategic options for the forest sector in Canada with focus on economic optimization, energy and sustainability - Motives for integration in a global project, Presentation at the Canadian Embassy in Stockholm, Sweden, Monday 2009-08-17,  
<http://www.lohmander.com/CanEmbPL090817.ppt>  
<http://www.lohmander.com/CanEmbPL090817.pdf>
- [49] Lohmander, P., Såg och massabolaget (Ett modellföretag), SLU, 2009-08-20,  
<http://www.lohmander.com/SkogIndEk2009.pdf>
- [50] Flyckt, R. (Interview with Peter Lohmander concerning continuous cover forestry, p.4-5), Naturkultur - frälsning eller villolära, Skogseko, Nr. 3, 2009  
<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=43015#>  
[http://www.Lohmander.com/Skogseko\\_3\\_2009.pdf](http://www.Lohmander.com/Skogseko_3_2009.pdf)

- [51] Lohmander, P., Rational and sustainable international policy for the forest sector with consideration of energy, global warming, risk and regional development, Chilean Embassy (Vinnova) in Stockholm, 2009-10-07, <http://www.lohmander.com/IntPres091007.ppt>
- [52] Lohmander, P., Stochastic dynamic programming (Computer programming examples, partly via Lingo 11.0), , SLU, 2009-10-11, <http://www.lohmander.com/AppPro/L7.pdf>
- [53] Lohmander, P., Rationell, uthållig och miljövänlig bioenergiutveckling, skogssektorpolicy och globala energiråvaruflöden, Ansökan om finansiellt stöd till Energimyndigheten, 2009-10-19
- [54] Lohmander, P., Dynamic game theory (Computer programming examples, via Lingo 11.0), SLU, 2009-10-23, <http://www.lohmander.com/AppPro/L8.pdf>
- [55] Ekenberg, L. (SU), Olsson, L. (MIUN), Lohmander, P. (SLU), Systemanalytisk ansats till utveckling och utvärdering av förvaltningsmodeller med fokus på hållbar produktion av biobränsle samt ackompanjerande taktiska beslutsstödsmodeller för markägare (Samarbetsprojekt, Projektägare SU), Ansökan om forskningsmedel till Skogssällskapet, 2009-11-18
- [55b] Lohmander, P., Economic forest management with consideration of the forest and energy industries, WFC 2009, XIII World Forestry Congress, Abstracts, Theme: 5. Development opportunities, Subtheme: 5.2 Industry and forest development, Buenos Aires, Argentina, 18-23 October, 2009  
<http://www.cfm2009.org/es/programapost/resumenes/resumenesen.asp?offset=900>  
<http://www.Lohmander.com/LohmanderWFC2009.pdf>  
<http://www.Lohmander.com/LohmanderWFC2009.doc>
- [56] Lu, F., Lohmander, P., Optimal Decisions for Mixed Forests under Risk, Scientia Silvae Sinicae, Vol. 45, No. 11, Nov. 2009  
[http://www.Lohmander.com/Lu\\_Lohmander\\_2009.pdf](http://www.Lohmander.com/Lu_Lohmander_2009.pdf)
- [57] Kjellin, P., (Interview with Peter Lohmander), Sveaskogs inträde som virkesköpare på marknaden är inget problem, det förbättrar snarare konkurrensen, Skogsland Nr 52/53 2009  
[http://www.Lohmander.com/Lohmander\\_Skogsland\\_091218.pdf](http://www.Lohmander.com/Lohmander_Skogsland_091218.pdf)
- [58] Palo, I., (Interview with Peter Lohmander), Kritiken mot Sveaskogs virkesköp är märklig, SkogsSverige 18 december 2009  
<http://www.skogssverige.se/aktuellt/lasmer.cfm?27396>  
[http://www.Lohmander.com/Lohmander\\_SkogsSverige\\_091218.pdf](http://www.Lohmander.com/Lohmander_SkogsSverige_091218.pdf)
- [59] Lohmander, P., Optimal forest management with respect to the global warming problem and global economics, Lectures at UPV, Polytechnical University of Valencia, February 2010, [http://www.lohmander.com/PL\\_UPV\\_2010/PL\\_at\\_UPV\\_Feb\\_2010.pdf](http://www.lohmander.com/PL_UPV_2010/PL_at_UPV_Feb_2010.pdf)

[60] Lohmander, P., Zazykina, L., Rational and sustainable utilization of forest resources with consideration of recreation and tourism, bioenergy, the global warming problem, paper pulp and timber production: A mathematical approach, Proceedings of the II international workshop on Ecological tourism, Trends and perspectives on development in the global world, Saint Petersburg Forest Technical Academy, April 15-16, 2010

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander\\_Zazykina\\_SPbFTA\\_2010.pdf](http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf)

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander\\_Zazykina\\_SPbFTA\\_2010.doc](http://www.Lohmander.com/SPb201004/Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.doc)

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT\\_Lohmander\\_Zazykina\\_SPbFTA\\_2010.ppt](http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.ppt)

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT\\_Lohmander\\_Zazykina\\_SPbFTA\\_2010.pdf](http://www.Lohmander.com/SPb201004/PPT_Lohmander_Zazykina_SPbFTA_2010.pdf)

[61] Zazykina, L., Lohmander, P., The utility of recreation as a function of site characteristics: Methodological suggestions and a preliminary analysis,

Proceedings of the II international workshop on Ecological tourism, Trends and perspectives on development in the global world, Saint Petersburg Forest Technical Academy, April 15-16, 2010

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina\\_Lohmander\\_SPbFTA\\_2010.pdf](http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina_Lohmander_SPbFTA_2010.pdf)

[http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina\\_Lohmander\\_SPbFTA\\_2010.doc](http://www.Lohmander.com/SPb201004/Zazykina_Lohmander_SPbFTA_2010.doc)

[62] Mohammadi Limaiei, S. Lohmander, P. and Obersteiner, M. 2010. Decision making in forest management with consideration of stochastic prices, Iranian Journal of Operations Research, Vol. 2, No. 1, pp 32-40

[63] (Se 75)

[64] (Se 73)

[65] (Se 74)

[66] Lohmander, P., Economic and sustainable forest production with consideration of the forest and energy industries, global warming and international raw material flows, Public Lecture, Universität für Bodenkultur Wien, Austria, June 30, 2010

[http://www.lohmander.com/Lohmander\\_BOKU\\_100630.ppt](http://www.lohmander.com/Lohmander_BOKU_100630.ppt)

[67] Lohmander, P., Economically optimal integrated management and information systems at the forest enterprise level under risk and certainty, Public Lecture, Universität für Bodenkultur Wien, Austria, June 30, 2010

[http://www.lohmander.com/Lohmander\\_BOKU\\_100630.ppt](http://www.lohmander.com/Lohmander_BOKU_100630.ppt)

[68] (Se 77)

[69] Lohmander, P. & Lacruz, R.F., Economically optimal coordinated expansion of district heating, CHP and bioenergy in a region: A mathematical model and a dynamic programming algorithm (In preparation)

[70] Lacruz, R.F. & Lohmander, P., Economically optimal coordinated expansion of district heating, CHP and bioenergy in a region: A case study and comparisons with an optimized strategy (In preparation)

[71] Skogsstyrelsen, Statistik på Internet, 2010-05-07 <http://www.svo.se>

[72] Lohmander, P., Gedigna kunskaper i matematik är absolut nödvändiga, Debattartikel, Universitetsläraren, Nr 8, 2010

[http://www.Lohmander.com/Sulf\\_8\\_10.pdf](http://www.Lohmander.com/Sulf_8_10.pdf)

[73] Lohmander, P., Optimal economic decision rules in the biomass supply chain with CO2 considerations Abstract, ALIO-INFORMS Joint International Meeting, Buenos Aires, June 6-9, 2010

<http://www.lohmander.com/INFORMS2010a.ppt>

[74] Lohmander, P., Optimization of the forest and bioenergy supply chain in Sweden Abstract, ALIO-INFORMS Joint International Meeting, Buenos Aires, June 6-9, 2010

<http://www.lohmander.com/INFORMS2010b.ppt>

[75] Lohmander, P., An international supply chain optimization approach to sustainable bioenergy and forest sectors Abstract, ALIO-INFORMS Joint International Meeting, Buenos Aires, June 6-9, 2010

<http://www.lohmander.com/INFORMS2010c.ppt>

[76] Lohmander, P., DHINV, Program for dynamic optimization of district heating and cooling systems investments in a region, Appendix 4 in: Lacruz, R.F., Economically optimal coordinated expansion of district heating, CHP and bioenergy in a region, SLU, Umea, Dept. of Forest Economics, September, 2010

[http://www.Lohmander.com/Lacruz\\_sept\\_2010.pdf](http://www.Lohmander.com/Lacruz_sept_2010.pdf)

[77] Lohmander, P., Optimum combination of biomass production with investments in infrastructure, CD, MarcusEvans, 3rd Annual European Biomass and Bioenergy Forum, Stockholm, 13th - 15th September 2010

[http://www.lohmander.com/EBBF\\_2010\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/EBBF_2010_Lohmander.ppt)

[http://www.lohmander.com/EBB\\_2010.pdf](http://www.lohmander.com/EBB_2010.pdf)

[78] Lohmander, P., Methodology for optimization of coordinated forestry, bioenergy and infrastructure investments with focus on Russian Federation, Plenary Report and Abstract, Forests of Eurasia, Publishing House of Moscow State Forest University, September 19 - 25, 2010

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_PL\\_2010.pdf](http://www.lohmander.com/Moscow_PL_2010.pdf)

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_2010/Lohmander\\_Moscow\\_2010.ppt](http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Lohmander_Moscow_2010.ppt)

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_2010/Programma-LE\\_10\\_01.doc](http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Programma-LE_10_01.doc)

[79] Lohmander, P., Zazykina, L., Methodology for optimization of continuous cover forestry with consideration of recreation and the forest and energy industries, Report and Abstract, Forests of Eurasia, Publishing House of Moscow State Forest University, September 19 - 25, 2010

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_PL\\_2010.pdf](http://www.lohmander.com/Moscow_PL_2010.pdf)

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_2010/Lohmander\\_Zazykina\\_Moscow\\_2010.ppt](http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Lohmander_Zazykina_Moscow_2010.ppt)

[http://www.lohmander.com/Moscow\\_2010/Programma-LE\\_10\\_01.doc](http://www.lohmander.com/Moscow_2010/Programma-LE_10_01.doc)

- [80] Lohmander, P., Economic optimization of sustainable energy systems based on forest resources with consideration of the global warming problem: International perspectives, Keynote talk (Abstract) to the 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forest Resources, Chile, March 8-11, 2011: <http://www.ssafr2011.cl> and [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf) (Se även 90)
- [81] Lohmander, P., Chair, Session, "WOOD FOR ENERGY - Economical, sustainable and environmentally rational solutions", the 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forest Resources, Chile, March 8-11, 2011: <http://www.ssafr2011.cl> and [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf)
- [82] Lohmander, P., Spatial dynamic optimization of district heating and/or cooling systems based on forest resources, Abstract, the 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forest Resources, Chile, March 8-11, 2011: <http://www.ssafr2011.cl> and [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf) (se även 91)
- [83] Zazykina, L., Lohmander, P., Lost profits caused by forest laws and rules that are not optimal, Abstract, the 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forest Resources, Chile, March 8-11, 2011: <http://www.ssafr2011.cl> and [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf)
- [84] Lohmander, P., Zazykina, L., Dynamic economical optimization of sustainable forest harvesting in Russia with consideration of energy, other forest products and recreation, Abstract, the 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forest Resources, Chile, March 8-11, 2011: <http://www.ssafr2011.cl> and [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Chile_2011.pdf) (Se även 93)
- [85] Lohmander, P., Älgbetesskador kostar miljarder (Peter Lohmander calculates the present value of moose damages), SVT, Swedish Television, News, 2010-11-10  
[http://svt.se/2.33919/1.2229864/algbetesskador\\_kostar\\_miljarder](http://svt.se/2.33919/1.2229864/algbetesskador_kostar_miljarder)
- [86] Lohmander, P., Älgarnas Kostnads- Intäktsanalys, (Background and manuscripts with different degrees of detail to an article)  
<http://www.lohmander.com/Jakt10/AlgmanusFinal.doc>  
<http://www.lohmander.com/Jakt10/Algartike1101129.pdf>  
<http://www.lohmander.com/Jakt10/Algartike1101129.doc>  
<http://www.lohmander.com/Jakt10/Algkalkyl.xls>
- [87] Lohmander, P., Hur många älgar har vi råd med?, Vi Skogsägare, Debatt, Nr 1, 2011,  
[http://www.lohmander.com/Lohmander\\_Vi\\_Skogsagare\\_1\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Lohmander_Vi_Skogsagare_1_2011.pdf)
- [88] Lohmander, P., Skogsbruk och SSR: Ekonomiskt rationella kontinuerliga metoder, Föredrag för SSR, Svenska Samernas Riksförbund, 2011-02-16,  
[http://www.lohmander.com/SSR2011\\_PL.pdf](http://www.lohmander.com/SSR2011_PL.pdf)
- [89] Lohmander, P., Umeåprofessor vill se halvering av älgstammen för Sveriges ekonomiska skull (Professor Peter Lohmander considers the total Swedish economy. Because of large numbers of severe traffic accidents and forest plantation damages caused by moose, the optimal solution for Sweden includes a strong reduction of the size of the Swedish moose population), TV News, TV4, 2011-03-23 Web link:  
[http://www.tv4play.se/nyheter\\_och\\_debatt/nyheterna\\_umea?title=vill\\_se\\_halvering\\_av\\_algstam&videoid=1490528&utm\\_medium=sharing&utm\\_source=permalink&utm\\_campaign=tv4play.se](http://www.tv4play.se/nyheter_och_debatt/nyheterna_umea?title=vill_se_halvering_av_algstam&videoid=1490528&utm_medium=sharing&utm_source=permalink&utm_campaign=tv4play.se)

[90] Lohmander, P., KEYNOTE: Economic optimization of sustainable energy systems based on forest resources with consideration of the global warming problem: International perspectives, SSAFR-2001, 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forestry, Abstracts, Maitencillo, Chile, March 8-11, 2011,

[http://www.sistemasdeingenieria.cl/seminarios/index.php?id\\_seminario=22&idioma=en&pagina=participantes](http://www.sistemasdeingenieria.cl/seminarios/index.php?id_seminario=22&idioma=en&pagina=participantes)

[http://www.lohmander.com/Chile\\_2011/Chile\\_2011\\_Keynote\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Chile_2011/Chile_2011_Keynote_Lohmander.ppt)

[91] Lohmander, P., Spatial dynamic optimization of district heating and/or cooling systems based on forest resources, SSAFR-2001, 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forestry, Abstracts, Maitencillo, Chile, March 8-11, 2011,

[http://www.lohmander.com/Chile\\_2011/Chile\\_2011\\_Spatial\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Chile_2011/Chile_2011_Spatial_Lohmander.ppt)

[92] Lohmander, P., Optimization of the forest and bioenergy supply chain in Sweden, SSAFR-2001, 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forestry, Maitencillo, Chile, March 8-11, 2011, [http://www.lohmander.com/Chile\\_2011/Chile\\_2011\\_Chain\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Chile_2011/Chile_2011_Chain_Lohmander.ppt)

[93] Lohmander, P., Zazykina, L., Dynamic economical optimization of sustainable forest harvesting in Russia with consideration of energy, other forest products and recreation, SSAFR-2001, 14<sup>th</sup> Symposium for Systems Analysis in Forestry, Abstracts, Maitencillo, Chile, March 8-11, 2011,

[http://www.lohmander.com/Chile\\_2011/Chile\\_2011\\_Dynamic\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Chile_2011/Chile_2011_Dynamic_Lohmander.ppt)

[94] Lohmander, P., Optimal ekonomisk skogs och energipolicy, Energiutblick 2011, Energimyndigheten, Bioenergi för småskalig kraftvärme, Mars 2011,

[http://www.lohmander.com/Energiutblick\\_2011\\_Lohmander.ppt](http://www.lohmander.com/Energiutblick_2011_Lohmander.ppt)

[95] Lohmander, P. (Chair) TRACK: Finance, Strategic Planning, Industrialization and Commercialization, BIT's 1<sup>st</sup> World Congress on Bioenergy, Dalian World Expo Center, Dalian, China, April 25-30, 2011

[http://www.bitlifesciences.com/wcbe2011/fullprogram\\_track5.asp](http://www.bitlifesciences.com/wcbe2011/fullprogram_track5.asp)

[http://www.lohmander.com/PRChina11/Track\\_WorldCongress11\\_PL.pdf](http://www.lohmander.com/PRChina11/Track_WorldCongress11_PL.pdf)

<http://www.lohmander.com/ChinaPic11/Track5.ppt>

[96] Lohmander, P., Economic forest management with consideration of the forest and energy industries, BIT's 1<sup>st</sup> World Congress on Bioenergy, Dalian World Expo Center, Dalian, China, April 25-30, 2011

[http://www.lohmander.com/PRChina11/WorldCongress11\\_PL.pdf](http://www.lohmander.com/PRChina11/WorldCongress11_PL.pdf)

<http://www.lohmander.com/ChinaPic11/LohmanderTalk.ppt>

[97] Lohmander, P., Ekonomisk skogsproduktion m.h.t. skogsindustri och energiindustri, Stockholm, Tisdag den 6 September, 2011, (Prel. Konferensprogram),

[http://www.lohmander.com/Stockholm\\_2011/Stockholm\\_2011.pdf](http://www.lohmander.com/Stockholm_2011/Stockholm_2011.pdf)

## Bilaga 1.

### Regional optimeringsmodell med förklaringar

Peter Lohmander

Version 110516

#### Orientering

Den regionala optimeringsmodellen maximerar det totala nuvärdet av alla ingående verksamheter under en femtioårsperiod indelad i tio femårsperioder. Det aktuella exemplet leder till ett maximalt totalt nuvärde motsvarande 1717 miljarder SEK.

#### Vektorer

I vektorerna betecknar index  $t$  aktuell femårsperiod.

$D(t)$	Diskonteringsfaktor för period $t$
$Stock(t)$	Virkesförråd (m <sup>3</sup> sk) i början av period $t$
$Prof(t)$	Vinst (MSEK/år)
$OCpulp(t)$	Produktionskapacitet (Mton/år) i pappersmassaindustrin i början av period 1 och som ännu existerar i period $t$
$OCboard(t)$	Produktionskapacitet i boardindustrin (Mm <sup>3</sup> /år) i början av period 1 och som ännu existerar i period $t$
$OCsawn(t)$	Produktionskapacitet i sågverksindustrin (Mm <sup>3</sup> /år) i början av period 1 och som ännu existerar i period $t$
$OCenergy(t)$	Produktionskapacitet i bioenergiindustrin (TWh/år) i början av period 1 och som ännu existerar i period $t$
$Invpulp(t)$	Kapacitetsinvestering i massaindustrin (Mton/år)
$Invboard(t)$	Kapacitetsinvestering i boardindustrin (Mm <sup>3</sup> /år)
$Invsawn(t)$	Kapacitetsinvestering i sågverksindustrin (Mm <sup>3</sup> /år)
$Invenergy(t)$	Kapacitetsinvestering i bioenergiindustrin (TWh/år)
$NCpulp(t)$	Produktionskapacitet i massaindustrin (Mton/år) som byggts i period 1 eller senare och som finns i period $t$
$NCboard(t)$	Produktionskapacitet i boardindustrin (Mm <sup>3</sup> /år) som byggts i period 1 eller senare och som finns i period $t$
$NCsawn(t)$	Produktionskapacitet i sågverksindustrin (Mm <sup>3</sup> /år) som byggts i period 1 eller senare och som finns i period $t$
$NCenergy(t)$	Produktionskapacitet i bioenergiindustrin (TWh/år) som byggts i period 1 eller senare och som finns i period $t$
$Qharv(t)$	Avverkningsvolym (Mm <sup>3</sup> sk/år)
$PWharv(t)$	Avverkningsvolym av sortiment massaved (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$TIharv(t)$	Avverkningsvolym av sortiment timmer (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$GRharv(t)$	Uttag av GROT (grenar och toppar) (TWh/år)
$PWpulp(t)$	Massaved som användes i pappersmassaindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$PWboard(t)$	Massaved som användes i boardindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$PWenergy(t)$	Massaved som användes i energiindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$TIpulp(t)$	Timmer som användes i pappersmassaindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$TIboard(t)$	Timmer som användes i boardindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$TIisawn(t)$	Timmer som användes i sågverksindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$TIenergy(t)$	Timmer som användes i energiindustrin (Mm <sup>3</sup> fub/år)
$GREnergy(t)$	GROT som användes i energiindustrin i period $t$ (TWh/år)



Chipspulp(t)	Flis som användes i pappersmassaindustrin (Mm3fub/år)
Chipsboard(t)	Flis som användes i boardindustrin (Mm3fub/år)
Chipsenergy(t)	Flis som användes i energiindustrin (Mm3fub/år)
Chips(t)	Flis som produceras i sågverksindustrin (Mm3fub/år)
Dustboard(t)	Sågspån som användes i boardindustrin (Mm3fub/år)
Dustenergy(t)	Sågspån som användes i energiindustrin (Mm3fub/år)
Dust(t)	Sågspån som produceras i sågverksindustrin (Mm3fub/år)
BLenergy(t)	Svartlut som användes i energiindustrin (TWh/år)
Blackliq(t)	Svartlut som produceras i pappersmassaindustrin och som ej användes internt i massaindustrin (TWh/år)
RMpulp(t)	Råvaruförbrukning i pappersmassaindustrin (Mm3fub/år)
RMboard(t)	Råvaruförbrukning i boardindustrin (Mm3fub/år)
RMsawn(t)	Råvaruförbrukning i sågverksindustrin (Mm3fub/år)
RMenergy(t)	Råvaruförbrukning i bioenergiindustrin (TWh/år)
qpulp(t)	Produktionsvolym i pappersmassaindustrin (Mton/år)
qboard(t)	Produktionsvolym i boardindustrin (Mm3/år)
qsawn(t)	Produktionsvolym i sågverksindustrin (Mm3/år)
qenergy(t)	Produktionsvolym i bioenergiindustrin (TWh/år)
PHarv(t)	Kostnad för avverkning inklusive terrängtransport, skogsbilvägar och skogsförnygring (SEK/m3sk)
PGROT(t)	Kostnad för uttag av GROT inklusive transport till bioenergiindustri (SEK/MWh)
PPulp(t)	Pris för pappersmassa (SEK/ton)
PBoard(t)	Pris för board (SEK/m3)
PSawn(t)	Pris för sågad vara (SEK/m3)
PEnergy(t)	Pris för energi producerad från skogsråvara. Priset avser ett vägt medelvärde för olika energisortiment: hetvatten till fjärrvärme, el, ånga & fjärrkyla (SEK/MWh)

## Variabler och parametrar

interest	Kalkylränta
LASTock	Lägsta tillåtna virkesförråd (Mm3sk)
Growth	Tillväxt i skogen (Mm3sk/år)
minleft	Lägsta tillåtna värde på kvoten: (Produktion i period t+1)/(Produktion i period t) i de olika industriella processerna och i avverkning. GROT-uttag under olika perioder påverkas ej direkt av denna parameter. (I period 1 avses dock, när det gäller industriproduktion, lägsta tillåtna värde på kvoten: (produktion)/(Ingående industrikapacitet)).
PINDEEFF	Andel av svartlutproduktionen i massaindustrin som ej användes internt i massaindustrin.
Stock1	Virkesförråd (Mm3sk) i början av period 1
P0Harv	Konstant i funktionen PHarv(t) (SEK/m3sk)
dPdQHarv	Konstant i funktionen PHarv(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdTHarv	Konstant i funktionen PHarv(t) beskrivande tidstrend

P0GROT	Konstant i funktionen PGROT(t) (SEK/MWh)
dPd <sub>q</sub> GROT	Konstant i funktionen PGROT(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdtGROT	Konstant i funktionen PGROT(t) beskrivande tidstrend
P0Pulp	Konstant i funktionen PPulp(t) (SEK/ton)
dPd <sub>q</sub> Pulp	Konstant i funktionen PPulp(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdtPulp	Konstant i funktionen PPulp(t) beskrivande tidstrend
P0Board	Konstant i funktionen PBoard(t) (SEK/m <sup>3</sup> )
dPd <sub>q</sub> Board	Konstant i funktionen PBoard(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdtBoard	Konstant i funktionen PBoard(t) beskrivande tidstrend
P0Sawn	Konstant i funktionen PSawn(t) (SEK/m <sup>3</sup> )
dPd <sub>q</sub> Sawn	Konstant i funktionen PSawn(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdtSawn	Konstant i funktionen PSawn(t) beskrivande tidstrend
P0Energy	Konstant i funktionen PEnergy(t) (SEK/MWh)
dPd <sub>q</sub> Energy	Konstant i funktionen PEnergy(t) beskrivande kvantitetsberoende
dPdtEnergy	Konstant i funktionen PEnergy(t) beskrivande tidstrend
OC1Pulp	Produktionskapacitet i pappersmassaindustrin som existerade i början av period 1 (Mton/år)
OC1Board	Produktionskapacitet i boardindustrin som existerade i början av period 1 (Mm <sup>3</sup> /år)
OC1Sawn	Produktionskapacitet i sågverksindustrin som existerade i början av period 1 (Mm <sup>3</sup> /år)
OC1Energy	Produktionskapacitet i bioenergiindustrin som existerade i början av period 1 (TWh/år)
InvCPulp	Investeringsplaneringskostnad i massaindustri (SEK/ton)
InvCBoard	Investeringsplaneringskostnad i boardindustrin (SEK/m <sup>3</sup> )
InvCSawn	Investeringsplaneringskostnad i sågverksindustri (SEK/m <sup>3</sup> )
InvCEnergy	investeringsplaneringskostnad i energiindustri (SEK/MWh)
MainOCPulp	Underhållskostnad per massaindustrikapacitetsenhet för industrikapacitet som byggdes före period 1 (SEK/ton/år)
MainOCBoard	Underhållskostnad per boardindustrikapacitetsenhet för industrikapacitet som byggdes före period 1 (SEK/m <sup>3</sup> /år)
MainOCSawn	Underhållskostnad per sågverkskapacitetsenhet för industrikapacitet som byggdes före period 1 (SEK/m <sup>3</sup> /år)
MainOCEnergy	Underhållskostnad per bioenergi kapacitetsenhet för industrikapacitet som byggdes före period 1 (SEK/MWh/år)
MainNCPulp	Underhållskostnad samt kapitalkostnad per massaindustri- kapacitetsenhet byggd tidigast i period 1 (SEK/ton/år)
MainNCBoard	Underhållskostnad samt kapitalkostnad per boardindustri- kapacitetsenhet byggd tidigast i period 1 (SEK/m <sup>3</sup> /år)
MainNCSawn	Underhållskostnad samt kapitalkostnad per sågverksindustri- kapacitetsenhet byggd tidigast i period 1 (SEK/m <sup>3</sup> /år)
MainNCEnergy	Underhållskostnad samt kapitalkostnad per bioenergiindustri- kapacitetsenhet byggd tidigast i period 1 (SEK/MWh/år)
OVC <sub>Pulp</sub>	Övriga rörliga kostnader i massaindustri (SEK/ton)
OVC <sub>Board</sub>	Övriga rörliga kostnader i boardindustri (SEK/m <sup>3</sup> )
OVC <sub>Sawn</sub>	Övriga rörliga kostnader i sågverksindustri (SEK/m <sup>3</sup> )
OVC <sub>Energy</sub>	Övriga rörliga kostnader i bioenergiindustri (SEK/MWh)

(OBS: OVC... inkluderar råvarutransportkostnader utom när det gäller GROT.)

HPCIPulp	Högsta möjliga relativa kapacitetsökning mellan två femårsperioder i massaindustrin
HPCIBoard	Högsta möjliga relativa kapacitetsökning mellan två femårsperioder i boardindustrin
HPCISawn	Högsta möjliga relativa kapacitetsökning mellan två femårsperioder i sågverksindustrin
HPCIEnergy	Högsta möjliga relativa kapacitetsökning mellan två femårsperioder i bioenergiindustrin
TSS	Andel av avverkad volym som kan användas som råvara i sågverksindustrin i form av timmer som ger sågad vara.
GPC	GROT som blir tillgänglig vid avverkning (MWh/m <sup>3</sup> fub)

## Optimeringsmodellen

Optimeringsmodellen, vilken redovisas nedan, är skriven i "Lingo". Detta är ett generellt programspråk för modellering och optimering. Mer information om detta kan hämtas från: <http://www.Lindo.com> Programmet är kopplat till ett Excel-ark. I Excel arket kan användaren ange förutsättningar i form av parametrar. Resultaten från beräkningarna och optimeringarna studeras sedan i samma Excel – ark i form av ett antal tabeller och figurer. Exempel på ett Excel- ark med indata och resultat har inkluderats i denna bilaga.

```
! RegMod_110513;
! Peter Lohmander;
! *****;
  Model:

! Definitions of sets;
! *****;
  SETS:
    Per/1..10/: D, Stock, Prof,
                OCpulp, OCboard, OCsawn, OCEnergy,
                Invpulp, Invboard, Invsawn, Invenergy,
                NCpulp, NCboard, NCSawn, NCEnergy,
                Qharv, PWharv, TIharv, GRharv,
                PWpulp, PWboard, PWEnergy,
                TIpulp, TIboard, TIsawn, TIenergy,
                GREnergy,
                Chipspulp, Chipsboard, Chipsenergy, Chips,
                Dustboard, Dustenergy, Dust,
                BLEnergy, Blackliq,
                RMpulp, RMboard, RMSawn, RMEnergy,
                qpulp, qboard, qsawn, qenergy,
                PHarv, PGROT, PPulp, PBoard, PSawn, PEnergy;

  ENDSETS
```

```

! Forest policy constraints and forest dynamics;
! *****;
  @FOR( Per(t) | t#GT#1:
    Stock(t) = Stock(t-1) + perlength* (Growth - QHarv(t-1)) );

! *****;
! ***** Start of general time loop *****;
! *****;
  @FOR( Per(t):
! Forest harvesting and forest raw material production;
! *****;
    [C_Harv]QHarv(t) <= Growth + ( Stock(t) - LAMstock )/5 ;
    [SharePW]PWHarv(t) = (1-TSS)*QHarv(t)*0.84;
    [ShareTi]TIHarv(t) = TSS*QHarv(t)*0.84;
    [ShareGR]GRHarv(t) <= GPC*QHarv(t);

! Raw material constraints;
! *****;
    [Con_PW]PWpulp(t) + PWboard(t) + PWenergy(t) <= PWHarv(t);
    [Con_TI]TIpulp(t) + TIboard(t) + TIsawn(t) + TIenergy(t) <=
    TIHarv(t);
    [Con_GR]GREnergy(t) <= GRHarv(t);
    [Con_Ch]Chipspulp(t) + Chipsboard(t) + Chipsenergy(t) <= Chips(t);
    [Con_Du]Dustboard(t) + Dustenergy(t) <= Dust(t);
    [Con_BL]BLEnergy(t) <= Blackliq(t);

! Raw material to each industrial type;
! *****;
    [C_RMpu]RMpulp(t) = PWpulp(t) + TIpulp(t) + Chipspulp(t);
    [C_RMbo]RMboard(t) = PWboard(t) + TIboard(t) + Chipsboard(t) +
    0.999*Dustboard(t);
    [C_RMsaw]RMsawn(t) = TIsawn(t);
    [C_RMen]RMenergy(t) = 2.87* (PWenergy(t) + TIenergy(t))
    + 2.73* (Chipsenergy(t) + Dustenergy(t))
    + BLEnergy(t) + GREnergy(t) ;

! Industrial production capacity constraints;
! *****;
    [RM_pulp] 3.7*qpulp(t) <= RMpulp(t);
    [RM_board] 1.5*qboard(t) <= RMboard(t);
    [RM_sawn] 2*qsawn(t) <= RMsawn(t);
    [RM_energy] qenergy(t) <= RMenergy(t);

! Production of intermediate raw materials;
! *****;
    Chips(t) = 0.8*qsawn(t);
    Dust(t) = 0.2*qsawn(t);
    Blackliq(t) = PINDEEFF*3.016*qpulp(t);

! Production capacity constraints;
! *****;
    [C_Pulp]qpulp(t) <= OCpulp(t)+NCpulp(t);
    [C_board]qboard(t) <= OChboard(t)+NCChboard(t);
    [C_sawn]qsawn(t) <= OCSawn(t)+NCSawn(t);
    [C_energy]qenergy(t) <= OCenergy(t)+NCenergy(t);

!*****;
!***** End of general time loop *****;
!*****;
  );

```

```

! Price dynamics;
! *****;
@FOR( Per(t):
  PHarv(t)= P0Harv + dPdqHarv*qHarv(t) + dPdtHarv*perlength*
    (t-1/2);
  PGROT(t)= P0GROT + dPdqGROT*GRHarv(t) + dPdtGROT*perlength*
    (t-1/2);
  PPulp(t)= P0Pulp + dPdqPulp*qPulp(t) + dPdtPulp*perlength*
    (t-1/2);
  PBoard(t)= P0Board + dPdqBoard*qBoard(t) + dPdtBoard*perlength*
    (t-1/2);
  PSawn(t)= P0Sawn + dPdqSawn*qSawn(t) + dPdtSawn*perlength*
    (t-1/2);
  PEnergy(t)= P0Energy + dPdqEnergy*qEnergy(t) +
    dPdtEnergy*perlength*(t-1/2);
);

! Discounting calculations;
! *****;
  perlength = 5;
  r = interest;
  @FOR( Per(t): D(t) = @exp(-r* (perlength*(t-1/2 ))));

! Objective function;
! *****;
  Max = EPV;
  EPV = perlength * @SUM( Per(t): D(t)*Prof(t) );

  @for(Per(t): Prof(t) =

    (PPulp(t)-OVCPulp)*qpulp(t)      + (PBoard(t)-OVBoard)*qboard(t)
  + (PSawn(t)-OVCSawn)*qsawn(t)
  + (PEnergy(t)-OVCEnergy)*qenergy(t)
  - PHarv(t)*QHarv(t)                - PGROT(t)*GRHarv(t)

    - MainOCPulp*OCpulp(t) - MainOCBoard*OCboard(t)
    - MainOCSawn*OCsawn(t) - MainOCEnergy*OCenergy(t)

    - MainNCPulp*NCpulp(t) - MainNCBoard*NCboard(t)
    - MainNCSawn*NCsawn(t) - MainNCEnergy*NCenergy(t)

    - InvCPulp*Invpulp(t)   - InvCBoard*Invboard(t)
    - InvCSawn*Invsawn(t)   - InvCEnergy*Invenergy(t)

);

! (Remark: The NC costs include new (endogenous) yearly fix costs
  and maintenance costs);

! Initial capacity conditions;
! *****;
  OCpulp(1) = OC1Pulp;
  OCboard(1) = OC1Board;
  OCsawn(1) = OC1Sawn;
  OCenergy(1) = OC1Energy;

```

```

! Capacity loops of initially existing production capacities;
! *****;
    CapSurv = 1.00;
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: OCpulp(t) <= CapSurv*OCpulp(t-1) );
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: OChboard(t) <= CapSurv*OChboard(t-1) );
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: OCsawn(t) <= CapSurv*OCsawn(t-1) );
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: OCenergy(t) <= CapSurv*OCenergy(t-1) );

! Capacity loops of new production capacities;
! *****;
    NCpulp(1) = 0;
    NCboard(1) = 0;
    NCsawn(1) = 0;
    NCenergy(1) = 0;

    @FOR( Per(t)| t#GT#1: NCpulp(t) = NCpulp(t-1) + Invpulp(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: NCboard(t) = NCboard(t-1) + Invboard(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: NCsawn(t) = NCsawn(t-1) + Invsawn(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: NCenergy(t) = NCenergy(t-1) + Invenergy(t-
1));

! Constraints on investments in new production capacities over time;
! *****;
    @FOR( Per(t)| t#GT#0: Invpulp(t) <= HPCIPulp*(OCpulp(t)+NCpulp(t)
););
    @FOR( Per(t)| t#GT#0: Invboard(t) <=
HPCIBoard*(OChboard(t)+NCboard(t)););
    @FOR( Per(t)| t#GT#0: Invsawn(t) <=
HPCISawn*(OCsawn(t)+NCsawn(t)););
    @FOR( Per(t)| t#GT#0: Invenergy(t) <=
HPCIEnergy*(OCenergy(t)+NCenergy(t)););

! Constraints on forest management changes over time;
! *****;
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: Qharv(t) >= minleft*Qharv(t-1));

! Constraints on industrial production changes over time;
! *****;
    qpulp(1) >= minleft*OCpulp(1);
    qboard(1) >= minleft*OChboard(1);
    qsawn(1) >= minleft*OCsawn(1);
    qenergy(1) >= minleft*OCenergy(1);

    @FOR( Per(t)| t#GT#1: qpulp(t) >= minleft*qpulp(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: qboard(t) >= minleft*qboard(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: qsawn(t) >= minleft*qsawn(t-1));
    @FOR( Per(t)| t#GT#1: qenergy(t) >= minleft*qenergy(t-1));

! Sustainable steady state forest resource management limit;
! *****;
    Qharv(10) <= Growth;

! Initial conditions and selected parameters;
! *****;

! Initial conditions in the forest;
    Stock(1) = Stock1;

```

```
! Negative parameter signs are feasible in some cases;
! *****;
  @free(dPdqHarv);
  @free(dPdqGROT);
  @free(dPdqPulp);
  @free(dPdqBoard);
  @free(dPdqSawn);
  @free(dPdqEnergy);

  @free(dPdtHarv);
  @free(dPdtGROT);
  @free(dPdtPulp);
  @free(dPdtBoard);
  @free(dPdtSawn);
  @free(dPdtEnergy);

! Communication with an Excel file for selected parameters and
results;
!
*****;
  DATA:
  interest, LASTock, Growth, minleft, PINDEEFF, Stock1,
  P0Harv, dPdqHarv, dPdtHarv,
  P0GROT, dPdqGROT, dPdtGROT,
  P0Pulp, dPdqPulp, dPdtPulp,
  P0Board, dPdqBoard, dPdtBoard,
  P0Sawn, dPdqSawn, dPdtSawn,
  P0Energy, dPdqEnergy, dPdtEnergy,
  OC1Pulp, OC1Board, OC1Sawn, OC1Energy
  InvCPulp, InvCBoard, InvCSawn, InvCEnergy,
  MainOCPulp, MainOCBoard, MainOCSawn, MainOCEnergy,
  MainNCPulp, MainNCBoard, MainNCSawn, MainNCEnergy,
  OVCPulp, OVCBoard, OVCSawn, OVCEnergy,
  HPCIPulp, HPCIBoard, HPCISawn, HPCIEnergy,
  TSS, GPC
  = @OLE( 'RegRes.XLS');
  @OLE( 'RegRes.XLS') = Stock, Qharv, qpulp, qboard, qsawn, qenergy,
  EPV, GRHarv,
  PHarv, PGROT, PPulp, PBoard, PSawn, PEnergy;

  ENDDATA

end
```

**Exempel på indata och resultat från den regionala optimeringsmodellen**

**Regional Forest and Energy Sector Optimization Model**

Peter Lohmander

Version 110513

**Introduction**

This Excel document contains parameters and some results from the optimization model RegMod created by Peter Lohmander.

**Please input the parameter values below the green headlines. Then, save the document.**

**Price and cost function parameters:**

(Relevant currency/unit)

	<i>P0</i>	<i>dPd<sub>q</sub></i>	<i>dPd<sub>t</sub></i>	
Mm3sk/Year	Harv	163	0,1	0
TWh/Year	GROT	150	0,2	0
Mton/Year	Pulp	4500	-20	0
Mm3/Year	Board	1300	-5	0
Mm3/Year	Sawn	2200	-5	0
TWh/Year	Energy	950	-2	0

**Initial capacity states:**

	<i>OC1</i>	
Mton/Year	Pulp	12,4
Mm3/Year	Board	0,852
Mm3/Year	Sawn	18,6
TWh/Year	Energy	60

**Capacity costs:**

(Relevant currency/unit)

	<i>InvC</i>	<i>MainOC</i>	<i>MainNC</i>	
Mton/Year	Pulp	20	600	700
Mm3/Year	Board	10	150	300
Mm3/Year	Sawn	10	150	200
TWh/Year	Energy	10	80	100

**Other Variable Costs in the industrial processes (except for**

**The forest raw material costs):**

(Relevant currency/unit)

	<i>OVC</i>	
Mton/Year	Pulp	1000
Mm3/Year	Board	600
Mm3/Year	Sawn	400
TWh/Year	Energy	200



**The highest possible level of capacity investment from one period to the next:**

(Shares of the capacities that already exist in the same period via earlier investments.)

	HPCI
Pulp	0,25
Board	0,25
Sawn	0,25
Energy	0,25

**Other Parameters:**

Interest = Rate of interest in the capital market

LAStock = Lowest allowable stock of the forest resource during the planning period

Stock1 = Initial stock level of the forest resource in the beginning of period 1

Growth = Yearly growth of the forest resource during the planning period

minleft = Lowest allowable ratios (production in period t+1)/(production in period t) in the industrial processes and in harvesting (except for GROT harvesting).

PINDEEFF = Share of black liquor production not internally used in pulp industry.

	Mm3sk (Standing volume with bark and top)				Mm3fub (Solid volume under bark)			
Interest	LAStock	Stock1	Growth	minleft	PINDEEFF	sStock1	sGrowth	
0,05	2500	3234	110	0,9	0,05	2716,56	92,4	

Share of harvested wood (solid under bark) that can be used to produce sawn wood

TSS	0,5
-----	-----

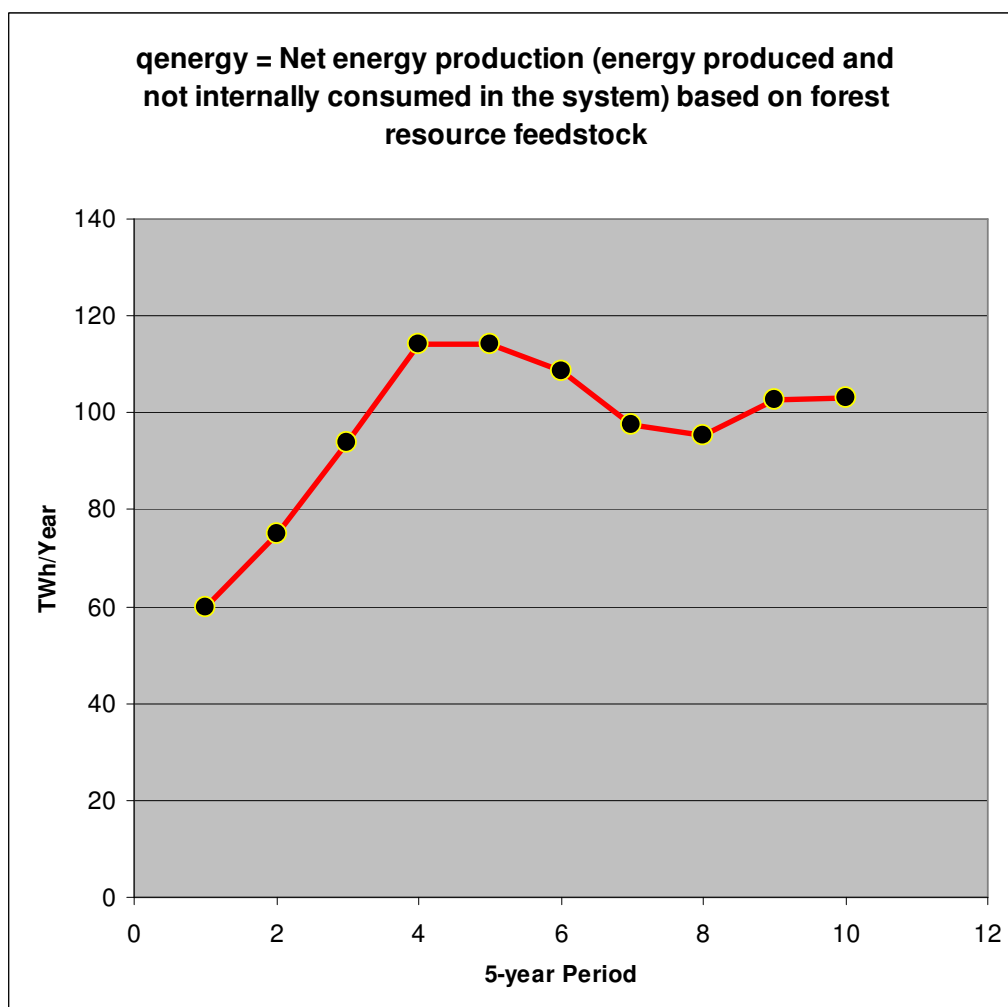
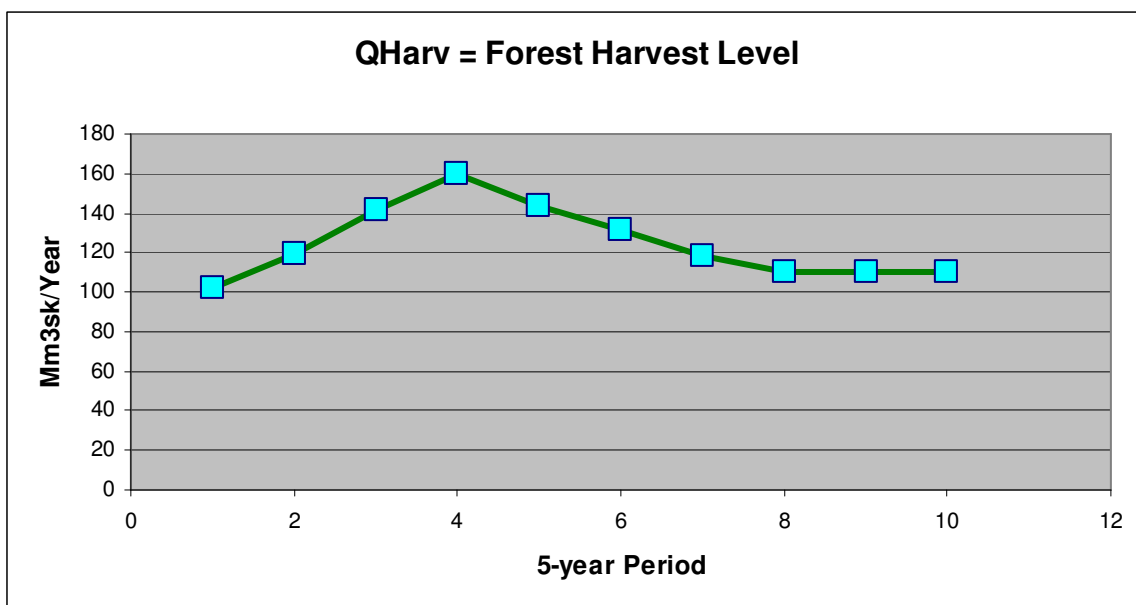
MWh of GROT available per cubic meter solid under bark in harvest operations

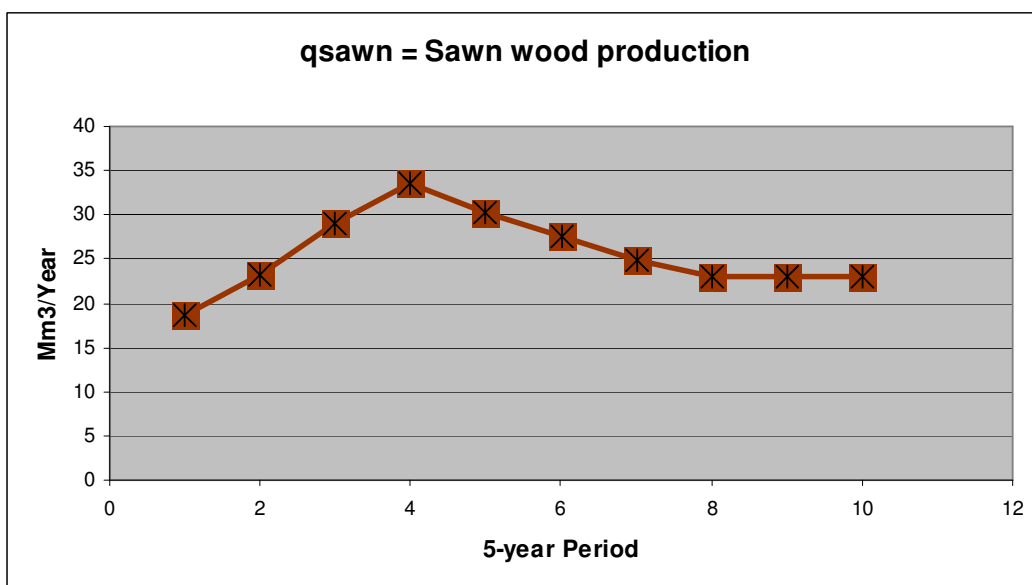
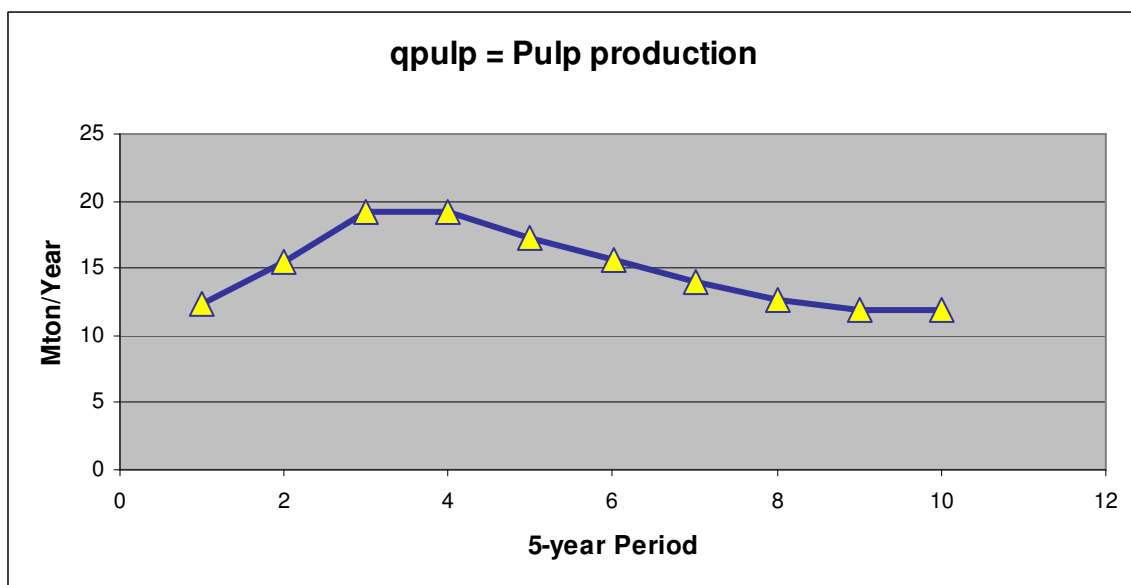
GPC	0,28
-----	------

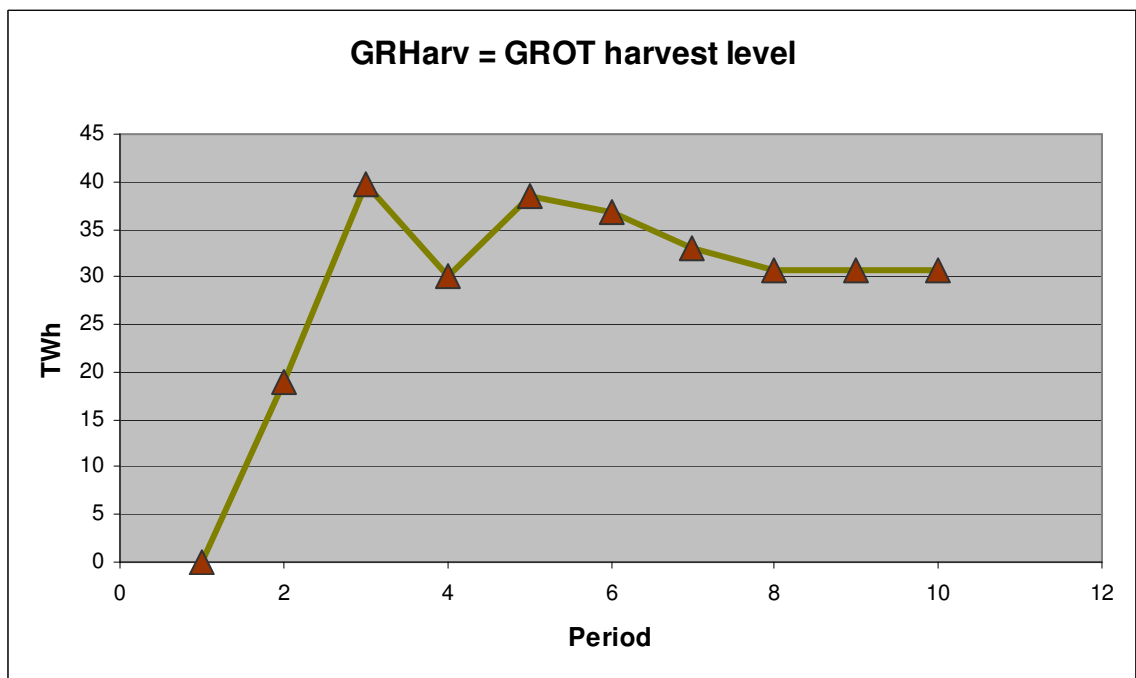
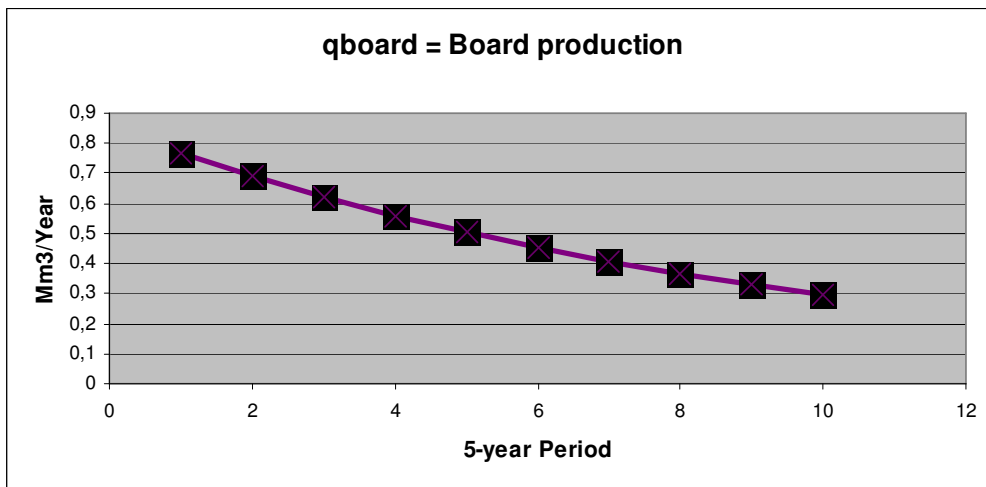
**Results: EPV = Optimal total present value.**

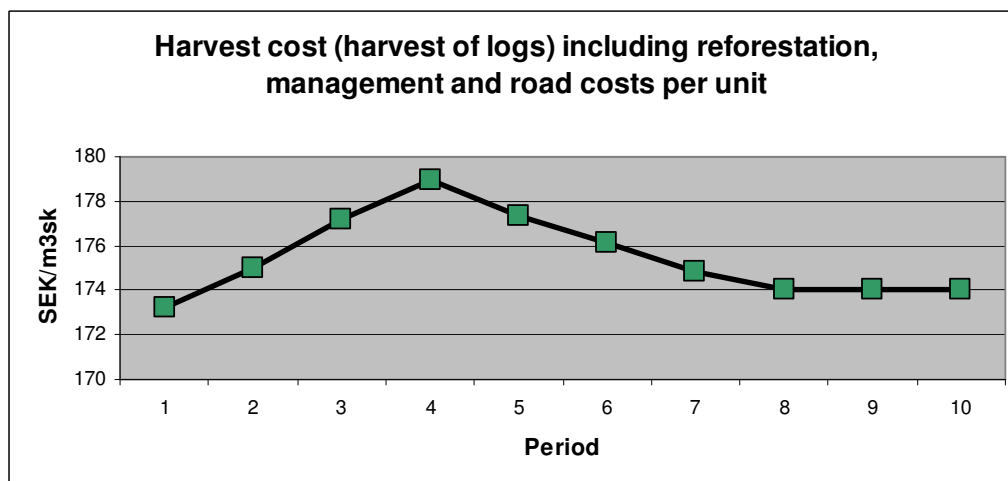
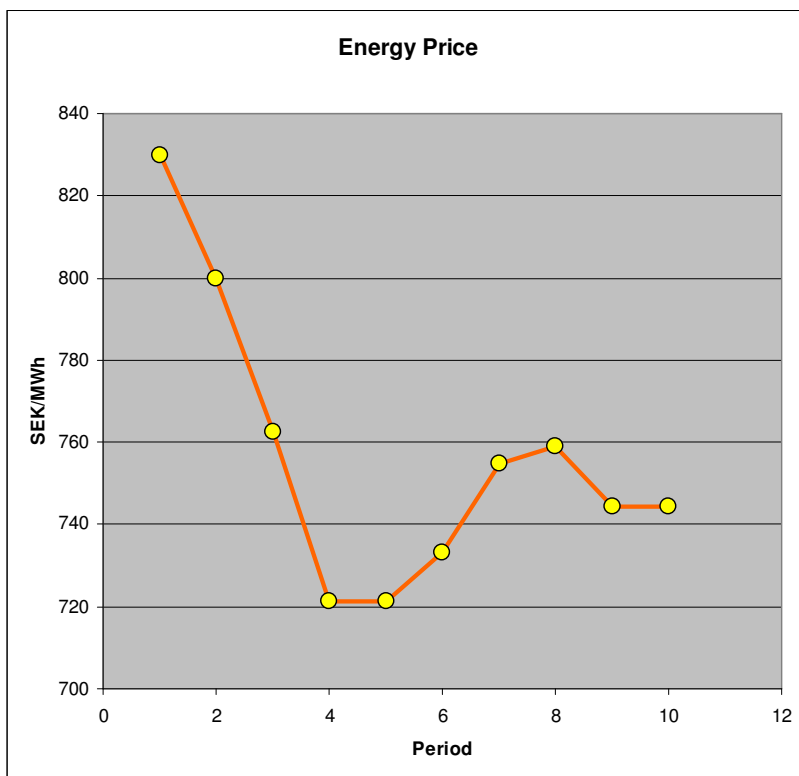
(Relevant currency)

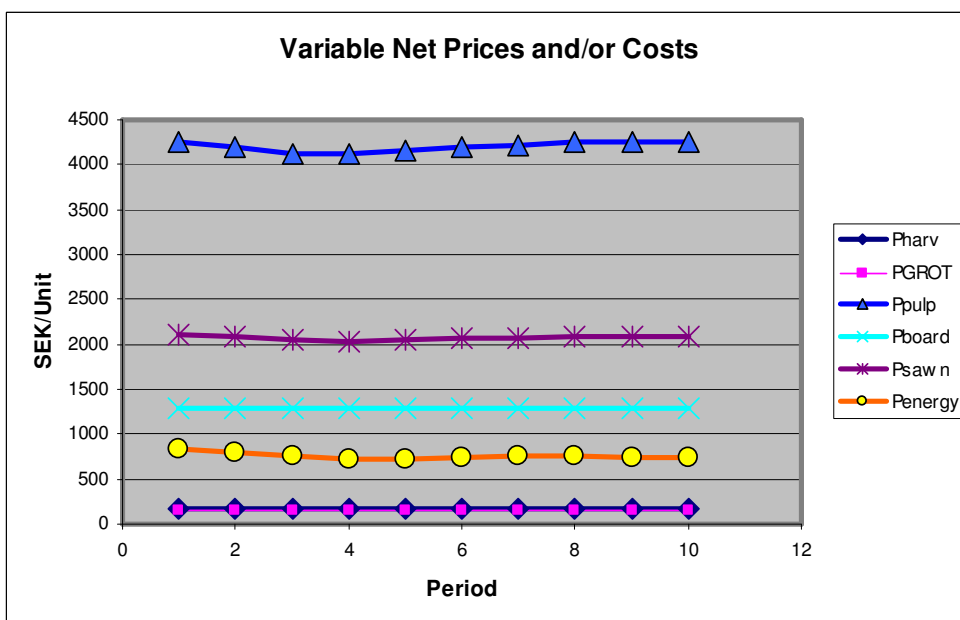
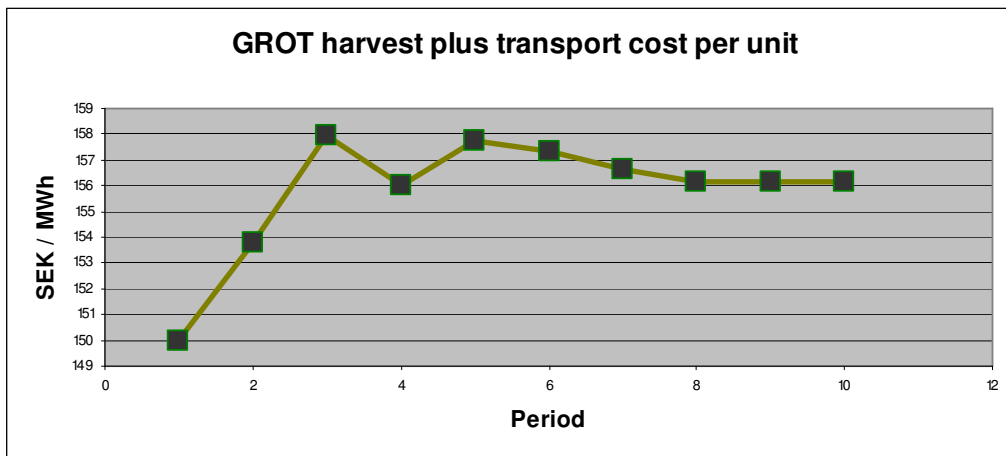
<b>EPV</b>
1716664,888











Per	Stock	Qharv	GRHarv	qpulp	qboard	qsawn	qenergy
1	3234	102,3941	0	12,4	0,7668	18,6	60
2	3272,029556	119,6879	18,9208	15,5	0,69012	23,25	75
3	3223,589882	141,9034	39,73296	19,23107	0,621108	29,0625	93,75
4	3064,072744	159,6614	30,17158	19,23107	0,558997	33,528902	114,310596
5	2815,76556	143,6953	38,58548	17,30796	0,503097	30,176012	114,310596
6	2647,289095	131,2936	36,7622	15,57716	0,452788	27,571654	108,461261
7	2540,82115	118,1642	33,08598	14,01945	0,407509	24,814488	97,6151347
8	2500	110	30,8	12,6175	0,366758	23,1	95,4582904
9	2500	110	30,8	11,93266	0,330082	23,1	102,777726
10	2500	110	30,8	11,93266	0,297074	23,1	102,91303

Per	Pharv	PGROT	Ppulp	Pboard	Psawn	Penergy
1	173,2394089	150	4252	1296,166	2107	830
2	174,9687935	153,7842	4190	1296,549	2083,75	800
3	177,1903428	157,9466	4115,379	1296,894	2054,688	762,5
4	178,9661437	156,0343	4115,379	1297,205	2032,355	721,37881
5	177,3695293	157,7171	4153,841	1297,485	2049,12	721,37881
6	176,1293589	157,3524	4188,457	1297,736	2062,142	733,07748
7	174,816423	156,6172	4219,611	1297,962	2075,928	754,76973
8	174	156,16	4247,65	1298,166	2084,5	759,08342
9	174	156,16	4261,347	1298,35	2084,5	744,44455
10	174	156,16	4261,347	1298,515	2084,5	744,17394





En enkel beräkning ger 364 m<sup>3</sup> fub per ha.  
Emellertid kommer viss del av avverkningen också från gallringar.  
Utan fullständig information om detaljerna så kan vi anta att slutavverkningarna ger 300 m<sup>3</sup>fub.  
Då får vi som resultat att vi kan få ut 100 MWh GROT per 300 m<sup>3</sup>fub i slutavverkning.

(Om vi vidare antar att 1 kubikmeter trä representerar 2 MWh energi så kan vi få ut 1/6 kubikmeterequivivalent GROT per kubikmeter trä i slutavverkning.

I modellen kan vi därför använda följande sambandsfunktion:  
 $(100 \text{ MWh GROT}) / (300 \text{ m}^3\text{fub}) * 0.84 (\text{m}^3\text{fub}) / (\text{m}^3\text{sk})$   
vilket ger mängd utfallande GROT i slutavverkning:  
0.28 MWh GROT / m<sup>3</sup>sk

#### **Om den skogliga tillväxten i Sverige:**

Skogsstyrelsen rapporterade i Skogsstatistisk Årsbok att skogstillväxten på alla ägoslag var 116.99 Mm<sup>3</sup>sk per år under perioden 2002 - 2006. På ägoslaget "skogsmark" var den årliga medeltillväxten under samma period 110.24 Mm<sup>3</sup>sk.

Skogsproduktion:  
Effekterna av förbättrat plantmaterial, gödning med mera har ej beaktats i datormodellens skogstillväxt, vilket givetvis innebär en klar underskattning av framtida tillväxt.

Virkesförrådet i Sverige (2002-2006) var 3233.8 Mm<sup>3</sup>sk. (Virkesförrådet i bergsterräng, i natur- reservat, i militära reservat, i stadsmiljö och i vatten har ej medräknats i denna siffra.)

#### **Om åtgångstal:**

Källa:  
<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=15250&epslanguage=SV>

Sågverk:  
Åtgångstal: 2.0 m<sup>3</sup>fub timmer per m<sup>3</sup> sågad vara.

Boardindustri:  
Åtgångstal: 1.5 m<sup>3</sup>fub per ton.

Pappersmassaindustri:  
Olika massakvaliteter har olika åtgångstal.  
I medeltal är åtgångstalet 3.7 m<sup>3</sup>f per ton.

**Om effektiva värmevärden:**

Källa:

<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=15250&epslanguage=SV>

Trä och träflis (0% vatten) ger 5.4 MWh/ton.  
Trä och träflis (50% vatten) ger 2.4 MWh/ton  
Energiskog (0% vatten) ger 4.9 MWh/ton  
Övriga träddelar (0% vatten) ger 4.9 MWh/ton  
Bark (50% vatten) ger 2.4 MWh/ton  
Kol ger 7.5 MWh/ton

**Vissa energi- antaganden och bakgrund till dessa:**

När det gäller flis och bark antar vi 25% vattenhalt.  
Då erhåller:  $(5.4 + 2.4)/2 = 3.9$  MWh/ton.  
Vi antar att densiteten är 0.7 ton/m<sup>3</sup>.  
Då får vi  $3.9 \text{ MWh/ton} * 0.7 \text{ ton/m}^3 = 2.73 \text{ MWh/m}^3$  fub.

För timmer och massaved antar vi en något högre densitet, nämligen 0.736. Vi får då 2.87 MWh/m<sup>3</sup> fub. Om vi levererar en kubikmeter trä under bark, med barken, direkt till energiindustrin, så erhålles 2.73 MWh. Den bark som erhålles i samband med barkning i anslutning till skogsindustrin antages användas lokalt för intern uppvärmning av torkar med mera.

**Om svartlut:**

Swedish Energy Agency, Facts and Figures, 2006, skriver bl.a.:  
Spent liquors in pulp industry and district heating plants,  
was 34% of 110 TWh. This is approximately 37.4 TWh.

2007, the production of pulp was 12.4 million ton.  
A simple calculation gives us the following spent liquor energy value  
per unit of pulp production:  $37.4 \text{ TWh}/12.4 \text{ Mton} = 3.016 \text{ TWh/ton}$ .

Swedish Energy Agency, Facts and Figures, 2005, skriver att ca 2 TWh svartlut- energi användes för fjärrvärme och nästan 40 TWh svartlut användes inom massaindustrin. Vi kan konstatera att "netto energibidraget" från pappersmassaindustrin är lågt i relation till den producerade svartlutens energiinnehåll, endast ca 2/42, eller ca 5%. Om energieffektiviteten i cellulosaindustrin ökas så bör det vara möjligt att leverera en betydande del av svartlutens energiinnehåll till övriga delar av samhället.

Vi kan göra följande överslagskalkyler med avseende på svartlut: Om vi levererar 3.7 m<sup>3</sup>fub till cellulosaindustrin så får vi 1 ton pappersmassa och 3.016 MWh svartlut, vilken till 95% konsumeras inom cellulosa industrin. Den energi som levereras från detta system till världen utanför cellulosaindustrin är 0.15 MWh per ton pappersmassa. Detta motsvarar 0.04 MWh per m<sup>3</sup>fub. I datormodellen är det möjligt att justera den interna energieffektiviteten i massaindustrin, PINDEFF.