

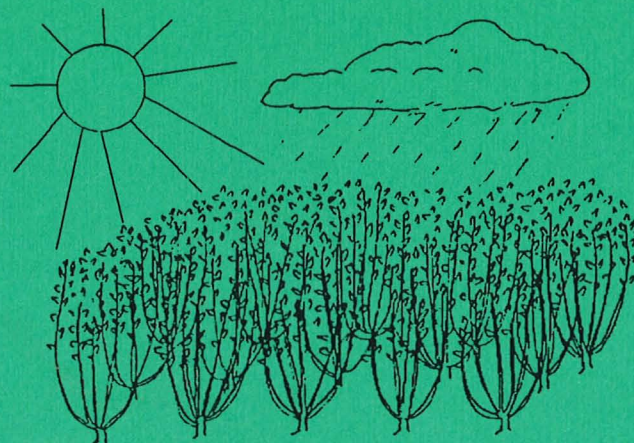


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Hydrologiska konsekvenser av energiskogsodling

Hydrological consequences of short-rotation
forestry

Gunn Persson



**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

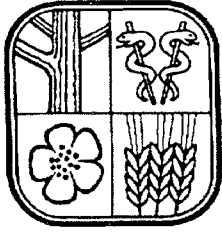
**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 166
Report**

Uppsala 1992

ISSN 0348-1816

ISRN SLU-HY-R--166--SE

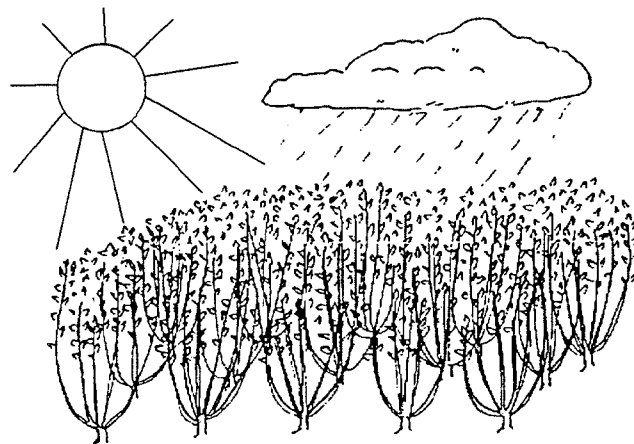


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Hydrologiska konsekvenser av energiskogsodling

Hydrological consequences of short-rotation
forestry

Gunn Persson



**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Rapport 166
Report**

Uppsala 1992

ISSN 0348-1816

ISRN SLU-HY-R--166--SE

INNEHÅLL

	sid
INLEDNING	5
MATERIAL OCH METODER	6
Försöksytor	6
Markvattenstudier	7
Modellsimuleringar	7
Vattenbalansberäkningar	8
RESULTAT	8
Bevattnade odlingar	8
Icke bevattnade odlingar	11
Beståndets betydelse	11
Bevattnings inverkan	11
Mellanårsvariation	13
Produktion och bevattning	14
Energiskog på mosse	15
Kommentarer	16
SAMMANFATTNING	16
SUMMARY	16
REFERENSER	17

INLEDNING

Energiskog är täta bestånd av snabbväxande lövträd, främst pilarter, som odlas för att ge hög produktion av biomassa för förbränning. För att maximal produktion vid en given bladyta skall uppnås, så måste klyvöppningarna hållas öppna så att koldioxid kan passera in. Samtidigt är då motståndet för transpiration litet och bladet förlorar mycket vatten genom klyvöppningarna. En god vattentillgång för växten är således nödvändig för att en stor produktion skall erhållas. Energiskog planteras dessutom i täta förband, vilket ger en stor bladyta per markyteenhet. Ett rimligt antagande är att transpirationen från ett energiskogsbestånd är hög. Vad händer om energiskog introduceras som en ny "gröda" över stora arealer:

- Krävs bevattning ?
- Hur förändras vattenbalansen ?
- Påverkas vattentillgången i omgivningarna ?

För att belysa dessa frågeställningar igångsattes föreliggande projekt med medel från dåvarande Nämnden för energiproduktion (NE) genom Statens Naturvårdsverk (SNV) vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Budgetåret 1990/91 erhöles medel direkt från Statens Energiverk. Projektets syfte har varit

- att för energiskogsodlingar i skilda klimatregioner kvantifiera termerna i vattenbalansekvationen
- att skaffa fram bedömningsunderlag för energiskogars kvantitativa effekter på omgivningens hydrologi
- att belysa behovet av konstbevattning för erhållande av tillräcklig produktion.

Torvmarker ansågs tidigare vara de mest intressanta arealerna för odling av energiskog, eftersom de utgör en outnyttjad markreserv. De hydrologiska studierna inriktades därför till att börja med på en högmosse i Västmanland och på några områden med organogena jordar i Kronobergs län. De hydrologiska förutsättningarna för dessa områden har rapporterats av Grip (1980). Undersökningarna bedrevs som parallellstudier av de hydrologiska variablerna på odlings- respektive referensyta. Resultat av förundersökningarna har redovisats av Persson & Grip (1981) och Grip & Persson (1982). De organogena jordarna i Kronobergs län har markfysikaliskt beskrivits av Persson (1985).

I och med att etableringen av energiskog på de undersökta ytorna misslyckades eller drog ut på tiden överflyttades studierna till redan etablerade bestånd på traditionell jordbruksmark. Detta visade sig vara helt i linje med den allmänna utvecklingen, eftersom energiskog idag anses vara en alternativgröda till traditionell jordbruksproduktion. Ett energiskogsbestånd på en mosse i Jädraås etablerades dock och hade 1983 ett slutet bestånd. Området var speciellt iordningställt för vattenbalanstudier och ansågs därför intressant som ersättningsobjekt.

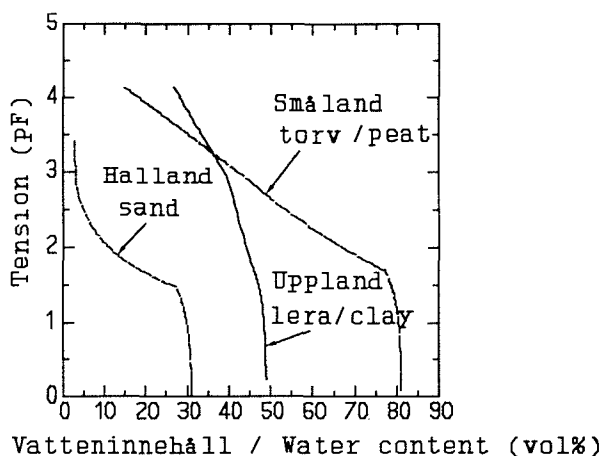
MATERIAL OCH METODER

Försöksytor

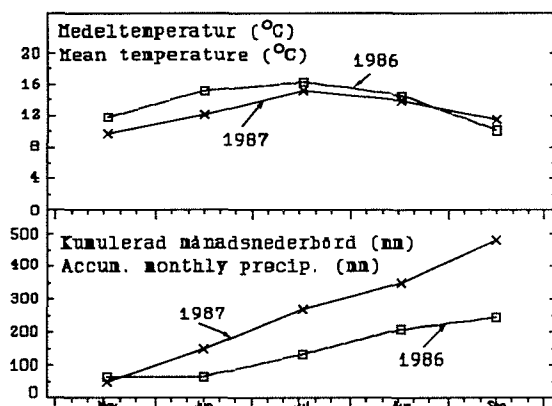
De jordar på vilka energiskog odlas har skiftande förmåga att magasinera och transportera vatten (figur 1). Jordarnas egenskaper påverkar även rottillväxten. I kompakta sandjordar kan rötterna ha svårt att utvecklas rent mekaniskt och i sura jordar kan låga pH-värden vara begränsande för tillväxten.

Figur 1. Vatteninnehåll vid olika tension (vattenavförande tryck) för tre olika jordar. $pF = \lg(\text{tensionen})$, med tensionen uttryckt i cm vattenpelare.

Figure 1. Water content at different tension regarding three different soils. $pF = \lg(\text{tension})$, with tension expressed as cm water.



Odlingarna ligger i skilda klimatregioner från Skåne till Gästrikland och dessutom varierar klimatet på respektive ort mellan åren (figur 2). Stora skillnader förekommer också i skötsel. Vissa odlingar planteras tätt och gödselbevattnas, andra odlas mer extensivt med glesa förband som tillförs fastgödsel men ej bevattnas.



Figur 2. Månadsmedelvärden för temperatur samt kumulerad månadsnederbörd från Långaveka, Halland. Energiskogen bevattnades kraftigt 1986 och detta år var därför "blötare" än 1987.

Figure 2. Monthly values of mean temperature and accumulated precipitation at Långaveka, Halland. The short-rotation stand was heavily irrigated in 1986 and thus the conditions were "wetter" than in 1987.

För att täcka in denna spridning i odlingsförhållanden vad gäller mark, skötsel och klimat har flera, geografiskt skilda ytor studerats under olika år (tabell 1).

Tabell 1. Försöksytor studerade från 1983 till 1988
Table 1. Plots studied from 1983 to 1988

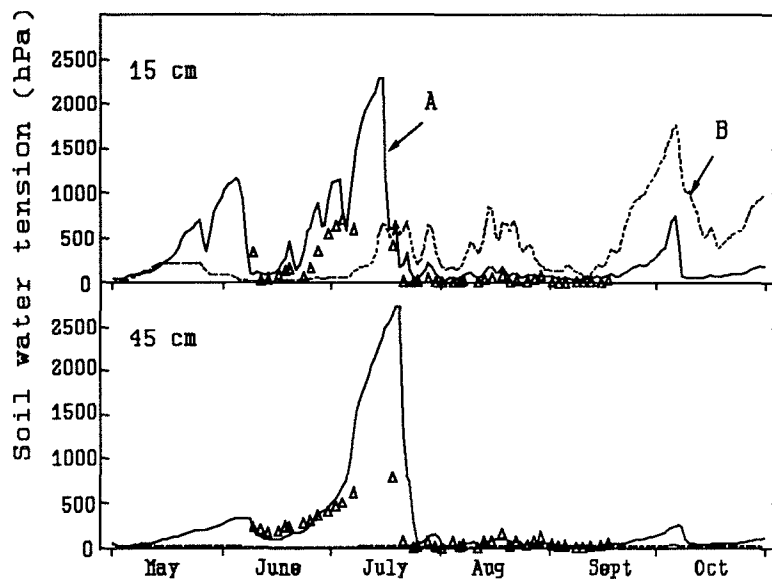
Lokal <i>Site</i>	Jordart <i>Type of soil</i>	Bevattning <i>Irrigation</i>	Period <i>Period</i>
Ultuna	lera/ <i>clay</i>	ja/ <i>yes</i>	1983-88
Falkenberg	grovmo/ <i>fine sand</i>	nej/ <i>no</i>	1984
Långaveka	grovmo/ <i>fine sand</i>	ja/ <i>yes</i>	1986-87
Brinkendal	lerig sand/ <i>clayey sand</i>	nej/ <i>no</i>	1987
Börringe	moränlera/ <i>moraine clay</i>	nej/ <i>no</i>	1985-86
Börringe	torv/ <i>peat</i>	nej/ <i>no</i>	1985-86
Jädraås	torv/ <i>peat</i>	ja/ <i>yes</i>	1983-85

Markvattenstudier

Då studierna överfördes på redan etablerade odlingar måste den mer traditionella metoden med parallellstudier överges, undantagandes Jädraås. Inget samband kunde i efterhand fastställas mellan referens- och objektsyta. Dessutom utgör odlingsytan en liten del av avrinningsområdet vilket medför att en förändring i avrinning från odlingsytan ej märks i den totala avrinningen från området. Istället har markvattentensionens förändring under odlingssäsongen följts med hjälp av tensiometrar som varit utplacerade på olika djup (15-90 cm) och i grupper om ca 10 stycken. Variationen i markvattenhalt såväl i tid som rum är störst nära markytan och minst djupast i profilen. Därför har flest tensiometrar placerats närmast markytan. De meteorologiska variablerna lufttemperatur, luftfuktighet, vindhastighet, solstrålning och nederbörd mäts i närheten av odlingarna eller erhålls från närmaste SMHI-station. Om bevattning förekommer registreras detta också. Grundvattentytans nivå har på vissa ytor följts med hjälp av grundvattenståndsrör.

Modellsimuleringar

För att termerna i vattenbalanskvationen skall kunna kvantifieras, utvärderas mätningarna av markvattentension via en matematisk simuleringsmodell, SOIL (Jansson, 1991). Systemet mark-växt-atmosfär hanteras med väl kända fysikaliska ekvationer och mer empiriskt funna samband. För att modellsimuleringarna skall representera det system vi arbetar med, krävs att information om mark, växt och atmosfär ges. Marken beskrivs av relationen mellan vatten och tension samt hydrauliska konduktiviteten. Växten karakteriseras med hjälp av rotutveckling, bladyteindex, råhet etc. Atmosfären är den drivande faktorn i modellen i form av klimatiska dygnsvärden (temperatur, luftfuktighet, nederbörd, strålning och vindhastighet). En viss osäkerhet i den information som ges till modellen rörande mark och växt finns alltid. Genom att många simuleringar görs med olika parameteransättningar testas denna osäkerhet. De genom modellen simulerade värdena avseende markvattentension på olika djup jämförs med de uppmätta. På så vis kan de icke möjliga parameteransatserna uteslutas (figur 3).



Figur 3. Ultuna (lerjord). Simulerad och uppmätt markvattentension på 15 och 45 cm djup. Simulering B har skett med en mer genomsläpplig jord än A.

Figure 3. Ultuna (clay soil). Simulated and measured soil water tension at 15 and 45 cm depth. Simulation B is made with a more permeable soil compared to simulation A.

Den genom simuleringar fastställda avdunstningen jämförs med ur klimatiska data beräknad avdunstning för välvattnad gräsmatta, s.k. Penman-avdunstning (Penman, 1948).

Sedan en god anpassning mellan simulerade och uppmätta värden erhållits, generaliseras resultaten genom att andra förhållanden simuleras. Ytor som ej bevattnats, simuleras med bevattning och tvärtom. Olika intensiv bevattning testas också. Beståndsegenskapernas inflytande studeras genom att man "flyttar" bestånd mellan olika år. Klimatets inverkan undersöks på så sätt att samma mark- och beståndsegenskaper simuleras för en längre tidsperiod.

Vattenbalansberäkningar

Genom mätning av de i vattenbalanskvationerna ingående termerna nederbörd (P), bevattning (I), avrinning (R) och magasinförändring (S) har den totala avdunstningen (ET) kunnat framräknas för perioderna maj-september 1983, 1984 och 1985 på Lillmuren, Jädraås.

$$ET = P + I - R - S$$

Förändring i avrinning, avdunstning, grundvattenstånd, markvattenhalt och snöackumulation har kunnat bestämmas genom jämförelse mellan den uppodlade ytan och intilliggande referensyta (Persson, 1989).

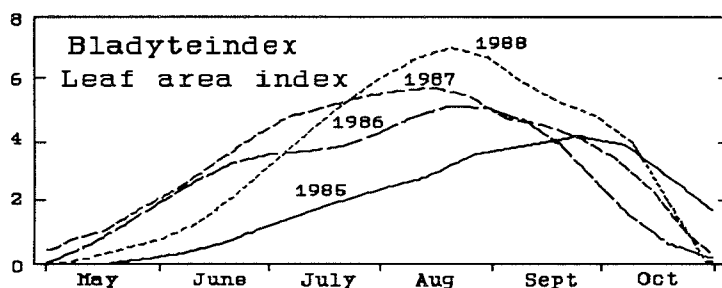
RESULTAT

Bevattnade odlingar

Modellskogen vid Ultuna planterades 1984 med två sticklingar per m² av *Salix viminalis* på en yta av 2,7 ha. Under vintern 1987 skars energiskogen ned. Beståndet har gödselbevattnats via droppslangar på marken och produktionen var 8,5 (1985), 11,5 (1986), 4,0 (1987) och 14,4 (1988) ton torr stamvikt per ha och år. Den låga produktionen 1987 orsakades av

rostsvampar som främst angriper bladen och hämmar fotosyntesen (Verwijst, 1991).

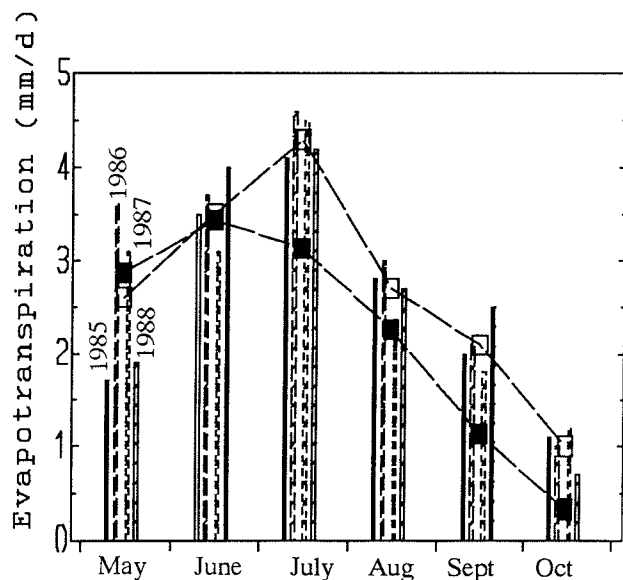
Bladyteindex (leaf area index) är ett mått på beståndets tillväxt och anger bladyta per markyteenhet. För modellskogen mättes bladyteindex 1985, 1986 och 1988. För 1987 saknades mätningar och bladyteindex beräknades istället med en tillväxtmodell (Eckersten, 1991) (figur 4). En mycket viktig faktor vad gäller avdunstning från bestånd är kronresistans (canopy resistance) som anger motståndet för avdunstning. Kronresistansen har här framtagits som en funktion av bladyteindex (Persson & Lindroth, manus).



Figur 4. Bladyteindex för Modellskogen 1985-1988. Kurvorna generaliserade efter mätningar av Theo Verwijst och Lars-Ove Nilsson åren 1985, 1986 och 1988. Simulerade bladyteindex 1987 från Eckersten (1991).

Figure 4. Leaf area index at Modellskogen 1985-1988. The curves are generalized after measurements by Theo Verwijst and Lars-Ove Nilsson 1985, 1986 and 1988. The simulated leaf area index is presented by Eckersten (1991).

Simuleringarna uppvisar en total avdunstning på 464, 547, 495 och 488 mm under perioden maj-oktober åren 1985-1988. I början av sexmånadersperioden överstiger Penman-avdunstningen oftast den simulerade avdunstningen, men i slutet av sommarhalvåret är förhållandet det omvända. Totalt för säsongen översteg den simulerade avdunstningen Penman-avdunstningen med 9, 26, 28 och 8 % under respektive år. Avdunstningen ökar från maj till juli och avtar därefter. Åren 1985-1988 var månadsmedelvärdena för maj - oktober 2,6; 3,5; 4,3; 2,7; 2,1 och 1,0 mm/dygn (figur 5).



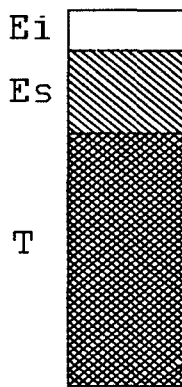
Figur 5. Modellskogen, Ultuna. Månadsmedelvärden (maj-oktober) av totalavdunstningen uttryckt i mm per dygn för åren 1985, 1986, 1987 och 1988 samt 4-års månadsmedelvärden (öppna symboler) och normalvärde för gräsmatta (fyllda symboler).

Figure 5. Modellskogen, Ultuna. Monthly mean values (May-October) of total evaporation (evapotranspiration) expressed as mm per day the years 1985, 1986, 1987 and 1988 as well as 4-years monthly mean values (open symbols) and the normal value for a grass lawn (filled symbols).

Den simulerade vattenbalansen för Modellsbogen 1985-1988 var:

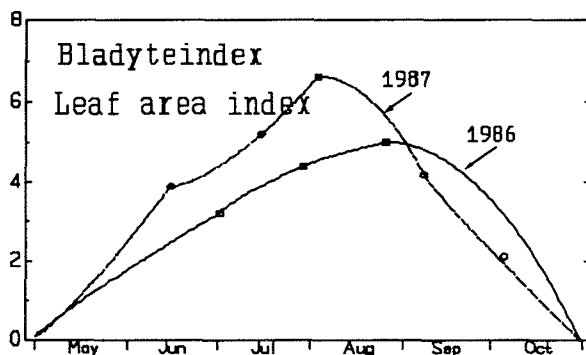
$$P (61 \%) + I (39 \%) = ET (83 \%) + R (20 \%) + S (-3 \%)$$

Magasinstermen är som synes negativ, vilket betyder att vattenhalten i marken sjönk från maj till oktober.



Den totala avdunstningen kallas även evapotranspiration (ET) och indelas i transpiration (T), interceptionsavdunstning (-evaporation) (E_i) och markavdunstning (-evaporation) (E_s). Simuleringarna visar att i ett energiskogsbestånd utgör transpirationen den största delen av totalavdunstningen (67 %), därnäst kommer avdunstningen från marken (22 %) och minsta delen är avdunstning från interceptionsmagasinet (11 %) beräknat som medelvärden över perioden 1985-1988. Storleken av markavdunstningen beror mycket på hur snabbt beståndet utvecklas i början av växtperioden. När beståndet är slutet är markavdunstningen försumbar.

Energiskogsbeståndet i Långaveka är anlagt 1982 på en lättgenomsläpplig grovmo och sköts liksom Modellsbogen intensivt med näringsbevattnings. Produktionen för klon 081 var 11,7 ton/ha 1986 och 14,6 ton/ha 1987 uttryckt som torr stamvikt. Vintern 1986 skars beståndet ned och därför skedde en långsammare utveckling av bladytan under vegetationsperioden 1986 än under 1987 (figur 6). Den simulerade avdunstningen maj-oktober 1986 var 501 mm, vilket understiger Penman-avdunstningen med 3 %. För samma tid 1987 uppgick den simulerade avdunstningen till 457 mm, vilket överstiger Penman-avdunstningen med 8 %.



Figur 6. Bladyteindex för klon 081 i Långaveka 1986 och 1987. Symbolerna representerar uppmätta värden från Eckersten & Nilsson (1990).

Figure 6. Leaf area index regarding clone 081 at Långaveka 1986 and 1987. The symbols represent measured values from Eckersten & Nilsson (1990).

Under perioden juni-augusti 1986 bevattnades energiskogsbeståndet i Långaveka med 350 mm, vartill kom en nederbörd av 160 mm. En så riklig tillförsel av vatten på sandjord medför risk för växtnäringsläckage. Även på Ultuna bevattnades beståndet tidvis kraftigt. I augusti 1986 var marken välfylld efter bevattnings och när 70 mm regn föll under två dagar i slutet av månaden erhöles en avrinningsökning som med stor sannolikhet medförde läckage av växtnäring.

Icke bevattnade odlingar

De odlingar som ej bevattnas utsätts oftare än de bevattnade för reduktion av den potentiella transpirationen till följd av minskad vattenhalt i marken. Den totala avdunstningen är därför lägre än för bevattnade bestånd. En sandig jord torkar ut lättare än en jord med mer organiskt material eller lera, vilket gör sandiga marker mer känsliga för torra somrar. Simuleringar visar en total avdunstning från sandig mark som är 40 % lägre än Penman-avdunstningen. Regniga somrar kan totala avdunstningen vara lika stor som Penman-avdunstningen.

Vattenbalansförändringarna blir mindre för de extensivt odlade ytorna än för de intensivt odlade. Av denna anledning används de sistnämnda i den följande analysen.

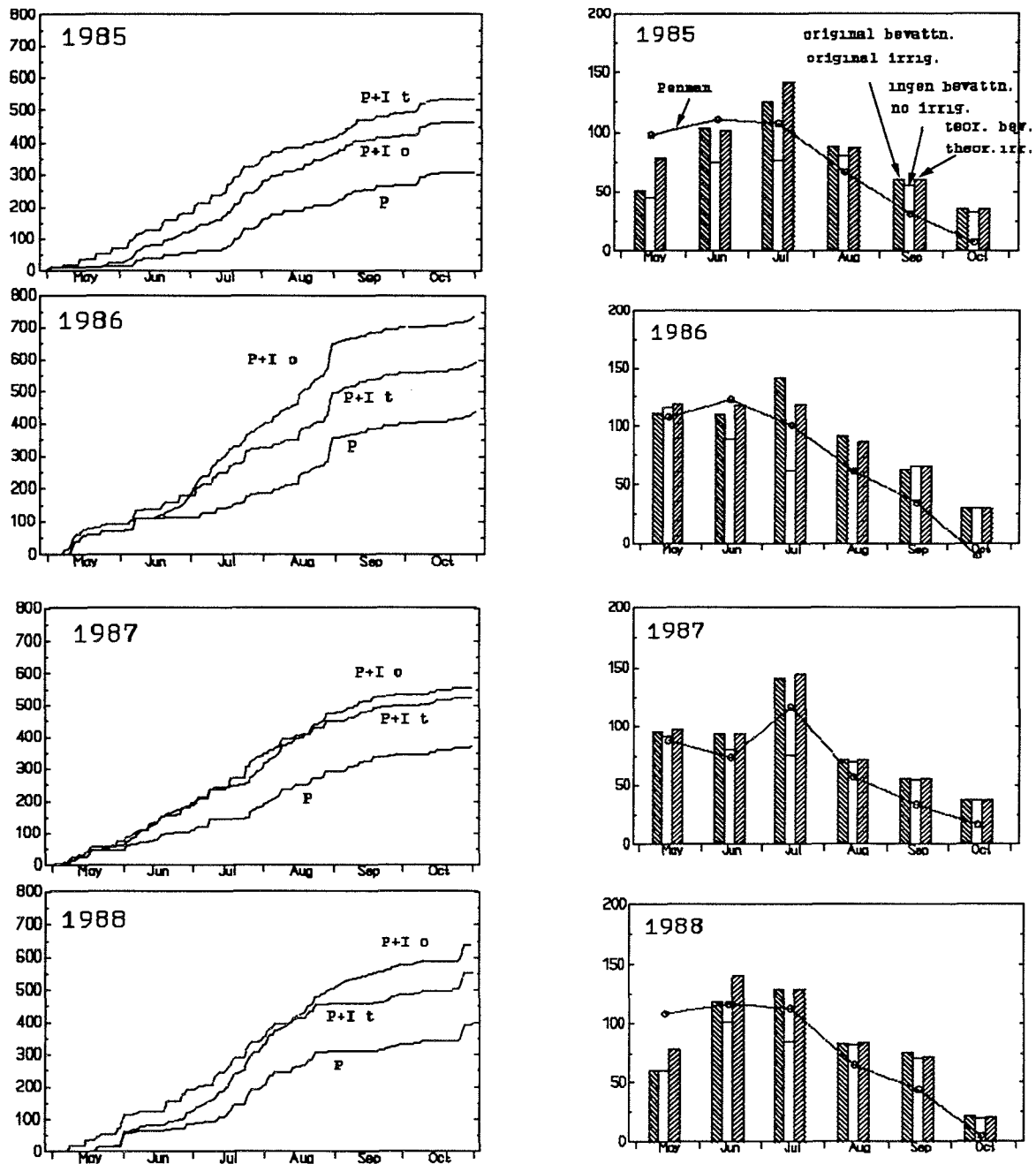
Beståndets betydelse

Modellskogen har valts med tanke på att man skall kunna se hur beståndsutvecklingen påverkar avdunstningen. I modellen representeras beståndet av bladyteindex och kronresistans. Åren 1986 och 1988 uppvisade högst produktion och valdes därför ut på så sätt att beståndsegenskaper för 1986 simulerades med det klimat som rådde 1985, 1987 och 1988 och beståndsegenskaper för 1988 simulerades för 1985, 1986 och 1987 års klimat.

Den totala avdunstningens förändring uppgick endast till mellan -7 % och +3 %. Fördelningen mellan markavdunstning, interceptionsavdunstning och transpiration förändrades emellertid starkt. Markavdunstningen utgjorde 1985 en betydande del av den totala avdunstningen, eftersom beståndet var ungt och utvecklingen långsam (figur 4). När 1986 och 1988 års bestånd applicerades med 1985 års klimat ökade den beräknade transpirationen med 26 % respektive 14 % och interceptionen med 37 % respektive 69 %. Samtidigt minskade markavdunstningen med 41 % respektive 36 %. När 1988 års bestånd applicerades på 1987 års klimat ökade markavdunstningen och transpirationen minskade. Tolkningen av detta är att en ökning av transpirationen främst beror på en tidig bladutveckling. För att man skall erhålla en hög produktion bör en tidig bladutveckling eftersträvas och torrperioder i maj-juni som hämmar vattenupptaget undvikas.

Bevattningens inverkan

Trots att Modellskogen bevattnades uppträdde perioder då markvattenhalten var begränsande för transpirationen. Detta gällde särskilt junimånaderna 1986 och 1988. Samtidigt orsakade bevattningen, som tidigare nämnts, en avrinningsökning i slutet av säsongen 1986. För att bevattningens betydelse skulle framträda, simulerades Modellskogen utan bevattning och med en veckobevattning där dygnsbehovet antogs överensstämma med månadsmedelvärdet från simuleringar 1985-1988 (figur 5). Bevattningen utgör skillnaden mellan behovet och den nederbörd som fallit under en vecka. Under 1985 bevattnades på detta sätt med 72 mm mer än originalvärdet. Övriga år blev bevattningen mindre än originalvärdet. Särskilt minskade bevattningen för 1986 (med 144 mm). Tidpunkten för bevattning blev också förskjutet så att starten inföll tidigare på säsongen (figur 7).



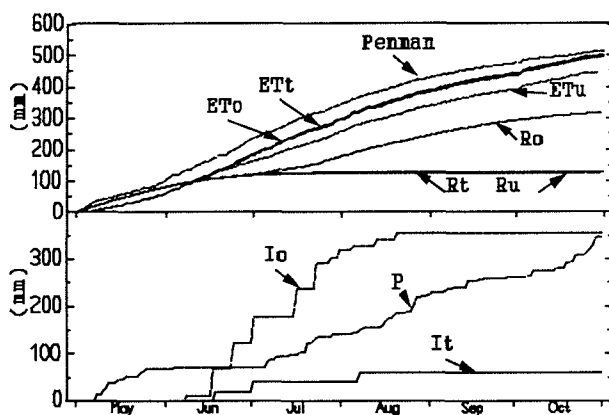
Figur 7. Modellskogen, Ultuna. Kumulerad nederbörd (P), nederbörd plus originalbevattning (P+I o) och nederbörd plus teoretisk bevattning (P+I t) i mm. Simulerad total månadsavdunstning med och utan bevattning samt Penman-avdunstning i mm.

Figure 7. Modellskogen, Ultuna. Accumulated precipitation (P), precipitation plus original irrigation (P+I o) and precipitation plus theoretical irrigation (P+I t) in mm. Simulated monthly total evaporation with and without irrigation together with Penman-evaporation in mm.

Simuleringarna visar att bevattningen har särskilt stor betydelse för avdunstningen under juni och juli samt vissa år även under maj och augusti. Både med och utan bevattning överstiger den simulerade avdunstningen Penman-avdunstningen för perioden augusti-oktober. Utan

bevattning överstiger Penman-avdunstningen den simulerade avdunstningen i juli varje år och oftast även i juni (figur 7). Den teoretiska bevattningen gav ofta en markant högre avdunstning än originalbevattningen under periodens första hälft, med undantag av juli 1986. Avrinningsstoppen i slutet av säsongen 1986 uteblev efter den teoretiska bevattningen och så även reduktionen av den potentiella transpirationen under 1985 och 1987. Åren 1986 och 1988 blev reduktionen av transpirationen mindre.

Eftersom Långaveka hade ett mycket regnigt sommarhalvår 1987 (568 mm maj-oktober) bevattnades endast vad som erfordrades för tillförsel av näring (21 mm). Simuleringar med och utan bevattning skilde sig endast vad gäller avrinning på så sätt att bevattningen orsakade en avrinningsökning med 17 mm. Långaveka 1986 har simulerats utan bevattning och med 20 mm bevattning på ett dygn när markmagasinet i skiktet 0-36 cm understiger 60 mm. Detta skedde vid tre tillfällen. Således simulerades bevattning med sammanlagt 60 mm, vilket är betydligt mindre än originalbevattningen (figur 8). Simuleringarna visar att avdunstningen med de två olika bevattningssystemen är lika och att avdunstningen utan bevattning är 50 mm mindre. Avrinningen utan bevattning och med den teoretiska bevattningen är lika och 190 mm lägre än avrinningen med originalbevattningen.



Figur 8. Långaveka 1986. Kumulerad avrinning (R), total avdunstning (ET), Penman-avdunstning, nederbörd (P) och bevattning (I) simulerad med original (o), teoretisk (t) samt utan (u) bevattning.

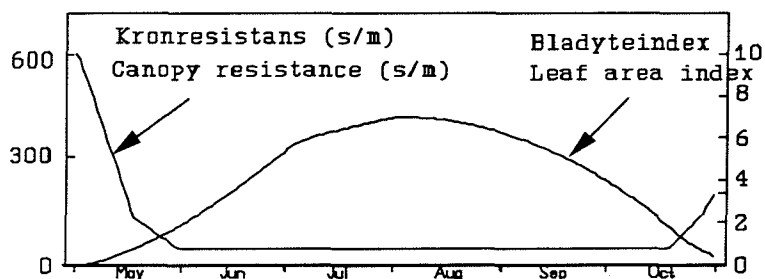
Figure 8. Långaveka 1986. Accumulated runoff (R), total evaporation (ET), Penman-evaporation, precipitation (P) and irrigation (I) simulated with original (o), theoretical (t) and without (u) irrigation.

Mellanårsvariation

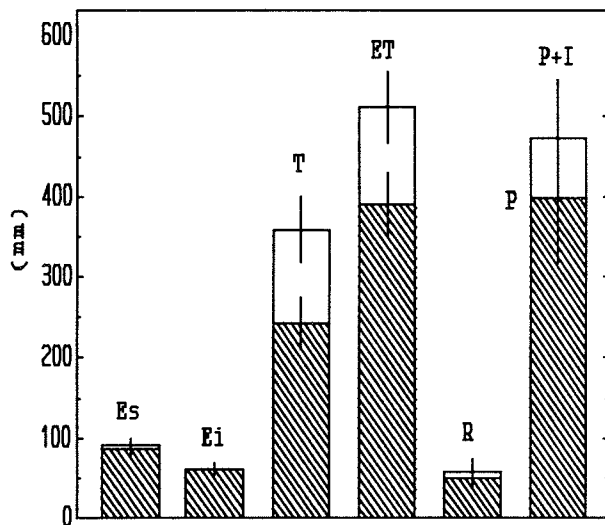
Ett hypotetiskt bestånd på lera simulerades med Uppsalas klimat perioden maj-oktober åren 1979-1987. Beståndet ansattes lika varje år med ett maximalt bladyteindex på 7 och med kronresistansen 45 s/m från juni till mitten av oktober (figur 9). Beståndet simulerades med och utan bevattning och bevattningen utfördes på samma sätt som för Långaveka (I), men med gränsvärdet 130 mm i markvattenhalt.

Figur 9. Antagna bladyteindex och kronresistanser för Uppsala 1979-1987.

Figure 9. Assumed leaf area index and canopy resistance regarding Uppsala the years 1979-1987.



När bevattning simuleras erhålles en ökning av den sammanlagda avdunstningen från beståndet med i medeltal 122 mm. Interceptionsavdunstningen ökar ej eftersom bevattningen antas ske som droppbevattning på marken. Markavdunstningens ökning är närmast försumbar, vilket även kan sägas om avrinningen (figur 10).



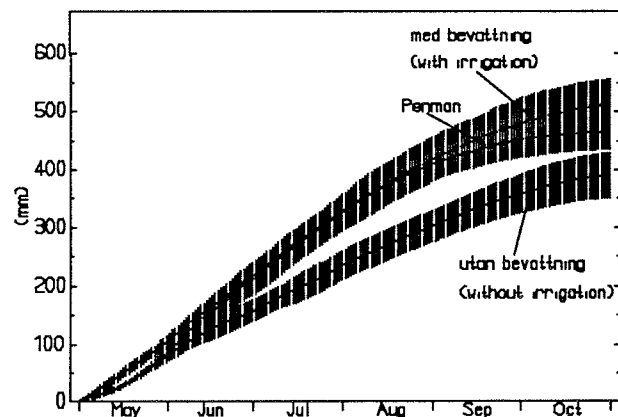
Figur 10. Uppsala 1979-1987. Simulerade 9-årsmedelvärden med standardavvikelse. Fyllda staplar gäller för obevattnat bestånd och ofylld stapel utgör tillskott vid bevattning.

Figure 10. Uppsala 1979-1987. Simulated mean values over 9-years together with standard deviation. Filled bars represent a stand without irrigation and unfilled bars represent the increase when the stand is irrigated. (E_s = soil evaporation, E_i = interception evaporation, T = transpiration, ET = evapotranspiration, R = runoff, P = precipitation and I = irrigation)

Totala avdunstningen varierade mellan 330 och 454 mm för det obevattnade fallet och mellan 447 och 573 mm då beståndet bevattnades. Utan bevattning underskreds Penman-avdunstningen, men med bevattningen låg avdunstningen i medeltal 60 mm över (figur 11).

Figur 11. Kumulerad Penman-avdunstning samt simulerad totalavdunstning med och utan bevattning. Medelvärde och standardavvikelse per dygn 1979-1987.

Figure 11. Accumulated Penman-evaporation together with simulated total evaporation with and without irrigation. Meanvalue and standard deviation per day 1979-1987.



Produktion och bevattning

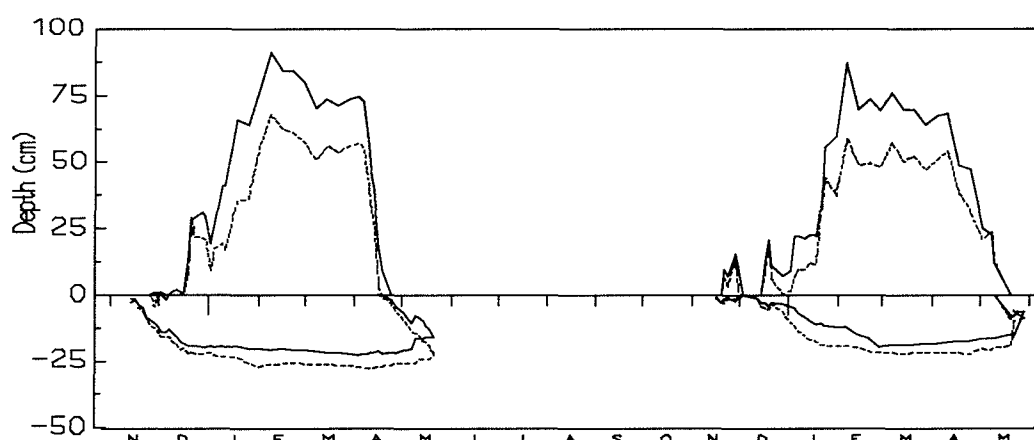
Som ett mått på en grödas produktionsförmåga brukar "water use efficiency", WUE, användas. Här definieras WUE som säsongsvärdet av torr stamvikt dividerad med den kumulerade transpirationen. För den bevattnade Modellskogen erhålls då 3,6 g/kg (1985), 3,1 g/kg (1986) och 4,5 g/kg (1988), dvs medelvärde 3,7 g/kg. Om detta värde antas gälla även för 1979-1987 års simuleringar för Uppsala kan produktionen med och utan bevattning beräknas (tabell 2). Bevattningen ökar produktionen med mellan 12 % och 112 %. Dessa siffror får ej ses som absoluta, utan som en fingervisning om bevattningens betydelse för produktionen.

Tabell 2. Simulerad transpiration med bevattning (T_{mb}) och utan bevattning (T_{ub}) maj-oktober (mm), bevattningsmängd (mm) samt uppskattad produktion uttryckt som torr stamvikt (ton/ha)
Table 2. Simulated transpiration with irrigation (T_{mb}) and without irrigation (T_{ub}) May-October (mm), amount of irrigation (mm) and estimated production expressed as dry stem weight (tonnes/ha)

År (Year)	T_{ub} (mm)	prod. (ton/ha)	T_{mb} (mm)	I (mm)	prod. (ton/ha)
1979	259	9,6	360	60	13,3
1980	238	8,8	342	80	12,6
1981	253	9,4	356	60	13,2
1982	183	6,8	389	120	14,4
1983	274	10,1	425	100	15,7
1984	215	8,0	294	60	10,9
1985	211	7,8	369	100	13,6
1986	276	10,2	387	60	14,3
1987	273	10,1	305	40	11,3

Energiskog på mosse

Vid odling av energiskog på en mosse krävs dikning, markberedning och kalkning. Rötternas utbredning och därmed bevattningsbehovet beror på kalkningsdjupet, eftersom rötterna ej kan växa vid låga pH-värden. Dikningen påverkar avrinningsmönstret och grundvattennivån. Jämförelse mellan objekt- och referensyta på en mosse i Jädraås (Persson, 1989) visar en ökning i avrinningen under månaderna juni-augusti som ett resultat av bevattning och dikesförekomst. I september när ingen bevattning skedde var avrinningen större från referensytan, där transpirationen var lägre och grundvattenytan högre, än på objektsytan. Skillnaden i grundvattennivå var i medeltal under vegetationsperioden 12-20 mm (1983-1985), med ett största djup av 40-65 cm och 25-45 cm på objekts- respektive referensyta. Markvattenhalten sjönk mer på den odlade ytan under vegetationsperioden.



Figur 12. Snö- och tjäldjup vintrarna 1983/84 och 1984/85 vid den odlade ytan (heldragen linje) och vid referensytan (streckad linje) (Persson, 1989).

Figure 12. Snow and soil frost depth during winters 1983/84 and 1984/85 at the cultivated area (unbroken line) and at the reference area (broken line) (Persson, 1989).

Snödjupet ökar eftersom stammarna fångar upp mer snö än en öppen yta. Frostdjupet minskar till följd av det djupare snötäcket, en mer kompakterad jord och lägre grundvattenyta (figur 12). Avdunstningen ökade med 87, 48 respektive 85 mm under tiden 1 juni till 1 oktober åren 1983, 1984 och 1985 vid odling av energiskog.

Kommentarer

En simuleringsjämförelse, för att belysa betydelsen av beståndsutveckling, bevattning och klimat, av det slag som presenteras i rapporten är givetvis ej helt invändningsfri. En svaghet är att det inte finns någon återkoppling mellan modellsimulering och beståndsutveckling. Om så vore fallet torde emellertid resultatens tendens snarare förstärkas än motsägas.

Att använda torr stamvikt vid bestämning av WUE är ej idealt. Ett bättre mått vore den totala produktionen, dvs att inkludera blad och rötter, men i praktiska sammanhang är den torra stamvikten mest användbar om än något osäker.

SAMMANFATTNING

Studier av vattenbalansförändringar vid energiskogsodling har bedrivits på två sätt. Dels som modellsimuleringar, validerade med mätningar av markvattentensioner under vegetationsperioden, och dels som parallellstudier av de hydrologiska variablerna på referens- och objektsyta. Undersökningarna visar att

- avdunstningen från energiskog är högre än från orörd mosse
- avdunstningen från intensivt odlad energiskog är högre än från gräs
- avdunstningen från extensivt odlad energiskog är högst lika med avdunstningen från gräs
- för att uppnå hög produktion krävs god tillgång på vatten
- tidpunkten för bevattning är mycket viktig. Man bör undvika torrsituationer i början av vegetationsperioden eftersom detta hämmar tillväxten
- bevattningsmängden bör avgöras enligt en behovskalkyl (behov minus nederbörd) eller helst efter markvatteninnehåll
- grundvattennivån sjunker och markvattenmagasinet minskar under vegetationsperioden i jämförelse med ej odlad mark. Förändringen är så pass liten att omgivningen ej torde påverkas
- snömagasinet ökar och tjäldjupet minskar
- avrinningen påverkas av skötselåtgärder såsom dränering och bevattning. En överdimensionerad bevattning ökar avrinningen och därmed risken för växtnäringsläckage. Diken på torvmark torde i allmänhet kunna dämmas under vegetationsperioden för att minska bevattningsbehovet och förhindra växtnäringsläckage.

SUMMARY

Willow stands on a short rotation basis are introduced in Sweden as an alternative crop for energy purposes. The changes in water balance when growing these stands have been studied by simulations with a mathematical model and by an hydrological object-reference study on a peat bog. The short-rotation forests are geographically spread, grown on different soils and

with varying management. This gives a spread in water balance results. The studies show that the total evaporation from short-rotation forest is higher than from virgin peatland. The total evaporation from a fertilized irrigated stand exceeds the Penman estimate while from an extensively managed stand the total evaporation is less than or equal to the Penman estimate. To reach high production figures a good supply of water is needed. The irrigation should be carefully performed as to avoid production losses or leakage of fertilizers. The changes in runoff is highly dependent on management factors such as drainage and irrigation. When growing short-rotation forests the groundwater level and the soil water storage decreases during the growth season but is recharged during the winter. The snow storage increases while the frost depth decreases.

REFERENSER

- Eckersten, H. 1991. Simulation model for growth and nitrogen dynamics in short-rotation forests. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapport 163. 36 s.
- Eckersten, H. and Nilsson, L-O. 1990. Light absorption and willow production in southern Sweden, a case study. In: Burley, J (Ed.) IUFRO XIX World Congress, Proceedings, Division 2, s. 59-67. Montreal, Canada.
- Grip, H. 1980. Hydrologiska förutsättningar för energiskogsodling analyserad för två områden. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för ekologi och miljövärd. ESO. Teknisk rapport 4. 21 s.
- Grip, H. & Persson, G. 1982. Hydrologiska konsekvenser av energiskogsodling i Kronobergs län. Förundersökningsrapport. SNV PM 1620. 40 s.
- Jansson, P-E. 1991. Simulation model for soil water and heat conditions. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för markvetenskap. Avd. för lantbrukets hydroteknik. Rapport 165. 72 s.
- Penman, H. L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Royal Society Series A, 193:120-145.
- Persson, G. 1985. Markfysikaliska undersökningar på några organogena jordar i Kronobergs län. SNV Rapport 3057. 48 s.
- Persson, G. 1989. Energy forest water balance on a raised bog. Scand. J. of For. Res. 4:29-39.
- Persson, G. & Grip, H. 1981. Hydrologiska förundersökningar inför energiskogsodlingen på Finnossen, Västmanlands län. SNV PM 1417. 29 s.
- Persson, G. & Lindroth, A. Simulating evaporation from short-rotation forest. Assessment and parameterization of a SVAT-model. (manus)
- Verwijst, T. 1991. Intraspecific competition hierarchy in a clone mixture of *Salix viminalis* determined by *Melampsora*. Journal of Vegetation Science (accepted).

Personligt meddelande

Lars-Owe Nilsson och Theo Verwijst, 1991. Institutionen för ekologi och miljövärd. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. RAPPORTER. Fr o m nr 145.

- 149 Kreuger, J. 1986. Kemisk vattenkvalitet vid bevattning. s 9-59.
Håkansson, A. & Kreuger, J. 1986. Vägledning för bedömning av kemisk vattenkvalitet vid bevattning. s 61-78.
- 150 Alinder, S. 1986. Alternativa bevattningsformer. 2: Reglering av grundvattennivån. 65 s.
- 151 Edling, P. 1986. Soil Air. Volume and Gas Exchange Mechanisms. 132 s.
- 152 Andersson, L. & Gervais, P. 1987. Marktypskartering i NV Skåne med satellit fjärranalys. 29 s. (Institutionen för biometri och skogsindelning, Avd. för skoglig fjärranalys, Box 7079, 750 07 Uppsala)
- 153 Lindström, J. & McAfee, M. 1987. Air and water movement in covers for mine waste. 56 s.
- 154 Bjerketorp, A. & Axelson, U. 1987. Markytesjunkning efter avvattning. Litteratur- och fältstudier i anslutning till ett område i Emådalen. 67 s. Manuskript.
- 155 Gustafsson, E.-L. 1987. Marktäckning. Effekter på olika jordtyper. 59 s.
- 156 Johansson, W. & Gustafsson, E.-L. 1988. Vattenförsörjning, tillväxt och evapotranspiration hos korn på fem lerjordar. 100 s. Manuskript.
- 157 Andersson, S. 1988. Om metoder att med utgångspunkt från bindingskurvan beräkna den kapillära ledningsförmågan. 30 s.
- 158 Karlsson, I. & Gustafsson, E.-L. 1988. Rotmiljö för vedartad växtlighet: Markundersökningar i sex planteringsytor. 77 s.
- 159 Jarvis, N. J. 1989. CRACK - a model of water and solute movement in cracking clay soils: Technical description and user notes. 54 s.
- 160 Berglund, K., Miller, U. & Persson, J. 1989. Gyttj jordar, deras sammansättning och egenskaper. 106 s.
- 161 Karlsson, I. M. 1990. Jordbrukets bidrag till föroreningen av Gullmarsfjorden. 38 s.
- 162 Berglund, K., Carlgren, K., Nilsson, G. & von Polgár, J. 1990. Markförbättring och odlingsanpassning på lågavkastande jordar. 59 s.
- 163 Eckersten, H. 1991. Simulation model for growth and nitrogen dynamics in short rotation forests. WIGO: Model description. 36 s.
- 164 Eckersten, H. 1991. Simulation model for transpiration, evaporation and growth of plant communities. SPAC-GROWTH: Model description. 36 s.
- 165 Jansson, P-E. 1991. Simulation model for soil water and heat conditions. Description of the SOIL model. 72 s.
- 166 Persson, G. 1992. Hydrologiska konsekvenser av energiskogsodling. 17 s.

Denna serie rapporter utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara lämpade för mer allmän spridning. Uppsatser av huvudsakligen internt intresse publiceras i serien Avdelningsmeddelande. Tidigare nummer i rapportserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Reports is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of articles or papers considered to be of general interest. Articles of mainly internal interest are published in a series of Communications (Avdelningsmeddelande). Earlier issues in the Report series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

Distribution:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 11 69, 67 11 81

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics
P.O. Box 7014
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. +46-(18) 67 11 69, +46-(18) 67 11 81
