

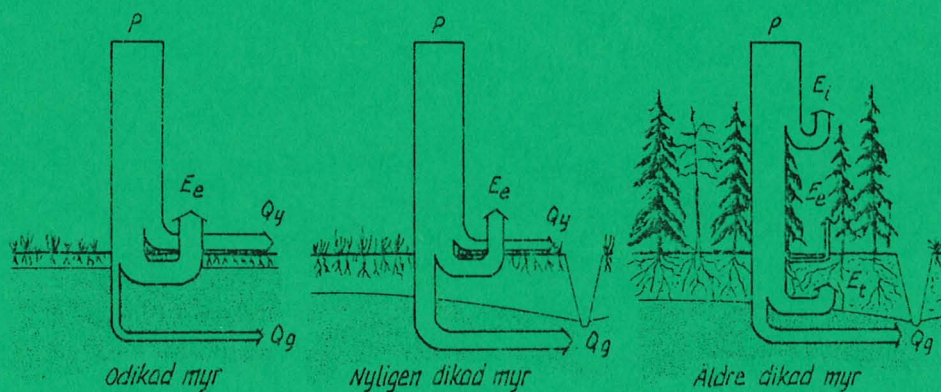


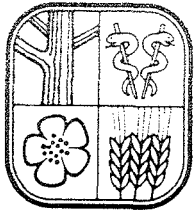
SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

KALHUGGNINGENS OCH SKOGSDIKNINGENS IN- FLYTANDE PÅ VATTENDRAGENS FLÖDEN

En kortfattad kunskapsöversikt

Anders Bjerketorp
Lars Johnson



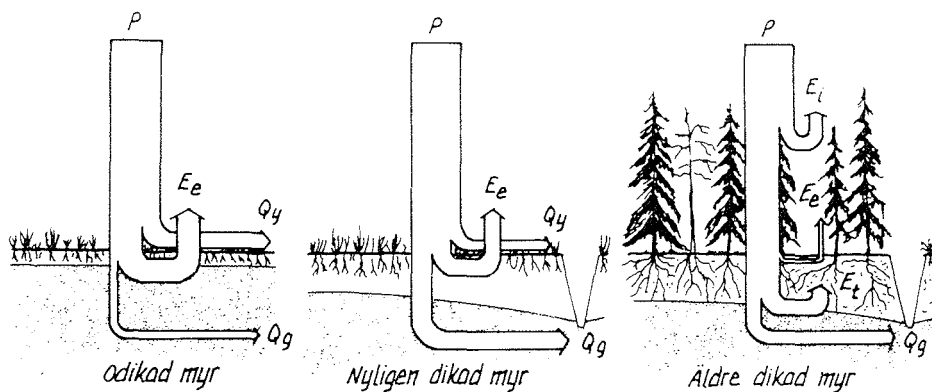


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

KALHUGGNINGENS OCH SKOGSDIKNINGENS IN- FLYTANDE PÅ VATTENDRAGENS FLÖDEN

En kortfattad kunskapsöversikt

Anders Bjerketorp
Lars Johnson



F Ö R Ö R D

Föreliggande avdelningsmeddelande, "Kalhuggningens inflytande på vattendragens flöden. En kortfattad kunskapsöversikt", utgör en av undertecknad bearbetad och kompletterad version av en uppsats betitlad "Skogens inverkan på avrinningen", som ventilerades vid ett seminarium i hydroteknikkurs 5, Huvudavvattning, den 6 december 1985 (Miniseminarium 85:6). Seminarieuppsatsen, som tillkom i nära samverkan med undertecknad i egenskap av handledare, framlades av agr. stud. Lars Johnson.

Uppsala i september 1986

Anders Bjerketorp

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
INLEDNING	1
DEN HYDROLOGISKA FUNDAMENTALEKVATIONEN	2
NEDERBÖRDEN	2
EVAPOTRANSPIRATIONEN	2
MAGASINSFÖRÄNDRINGSTERMEN	3
AVRINNINGEN FRÅN SKOGSOMRÅDEN	3
ALLMÄNNA SYNPUNKTER	3
KALAVVERKNINGARNAS BETYDELSE	4
Kalavverkningarnas omfattning i Sverige	4
Inverkan på strålningsbalansen	4
Hydrologiska förändringar	6
Beskogningsgradens inverkan på avrinningen	6
Kalhyggenas inverkan på snöackumulering och smösmältningförlopp	7
Kalavverkningarnas konsekvenser i vattendragen	8
SKOGSDIKNINGENS BETYDELSE	10
Skogsdikningens omfattning i Sverige	10
Skogsdikningens syfte	10
Skogsdikningens inverkan på marken och på vattentillgången	11
Skogsdikningens inverkan på vattenföring och avrinning	11
LITTERATURFÖRTECKNING	13

INLEDNING

Av Sveriges landareal är 57 % täckt av skog (Eckerberg, 1980), varav följer att skogen har avgörande betydelse för vår naturmiljö i stort.

Ett modernt skogsbruk innefattar flera åtgärder som starkt ingriper i skogarnas naturliga förhållanden och utvecklingsförlopp. Såsom viktiga exempel på sådana åtgärder kan nämnas kalavverkning och skogsdikning.

Ingrepp i naturen kan ge en verklig eller skenbar avkastning, men ingreppen har också en kostnadssida. Kostnaderna i form av negativ miljöpåverkan är nästan alltid högst reella, även om kostnadsnivån skiftar. Kalavverkning och skogsdikning leder till en rad hydrologiska förändringar, medförande att tidsförloppen av vattenutflödet (avbördningen) från påverkade områden ändras. Dessutom har ingreppen mer eller mindre omfattande allmänekologiska konsekvenser, vilka dock inte här kommer att beröras.

Redan de gamla grekerna uppmärksammade skogens inverkan på avrinningen. I Platons dialog "Kritias" talas om den tid då Greklands berg var skogsbeklädda och vattnet från regnen sögs upp av marken och matade källorna, men att vattnet sedan skogen skövlats kommit att gånlost rinna bort från den nakna marken ut till havet (Kihlberg, 1958).

Men låt oss nu ta ett väldigt tidssprång från klassisk hellensk forntid till egna nejder i nyaste nutid.

Översvämningarna i Dalarna, Gästrikland och Hälsingland i september 1985 har medfört en åtminstone temporär intressefokusering till skogsmarkens avrinningsförhållanden och till kunskaperna om dessa. En diskussion har blossat upp kring frågan om hur utökade kalavverkningsarealer och intensifierad skogsdikning inverkar på avrinningens storlek, liksom på dess fördelning i tiden, dvs på avbördningens variation (se t.ex. Miljöaktuellt 13(1985):8, s. 16 och ibid. 13(1985):9, s. 17).

Denna uppsats får ses som en högst schematisk sammanställning av resultaten av de undersökningar som gjorts för att utröna ifrågavarande samband. Källmaterialet till uppsatsen är hämtat från svenska, norska, finska, tyska och angloamerikanska forskningsredogörelser m.m.

DEN HYDROLOGISKA FUNDAMENTALEKVATIONEN

Avrinningen från ett område - i det aktuella fallet ett skogsklätt område - kan formelmässigt anges med hjälp av den s.k. hydrologiska fundamentalekvationen (vattenbalansekvationen), vilken i sin enklaste form kan tecknas:

$$Q = P - E \pm \Delta S$$

där Q: Avrungen vattenmängd

P: Nederbörds mängd

E: Evapotranspirerad vattenmängd

ΔS : Förändring i områdets vattenmagasin under den tid vilken Q, P och E avser

Avrinningens storlek påverkas alltså av nederbördens och evapotranspirationens storlek, men också av vilken benägenhet till magasinsförändringar som området har. Med utgångspunkt från vattenbalansekvationen ställer vi nu frågan om hur skogen påverkar avrinningen.

NEDERBÖRDEN

Nederbörds mängden över ett område påverkas troligtvis endast i liten utsträckning av om landytan är skogsbeväxt eller ej. Några litteraturuppgifter tyder på att nederbörden över skog är en aning större än över annan mark under i övrigt lika betingelser. Mätsvårigheterna är emellertid betydande.

En större nederbörd över beskogad än över obeskogad mark skulle enligt en hypotes kunna förklaras av den aerodynamiska effekten av skogsytans större råhet (skrovlighet). Den större råheten förhöjer framdragande luftströmmars turbulens och ökar därigenom substansutbytet i vertikalled, varigenom ökad regnbildning skulle möjliggöras genom avkylning av uppåtstigande luft.

EVAPOTRANSPIRATIONEN

Storleken av evapotranspirationen, dvs av den sammanlagda vattenångeavgången från mark och växter, bestäms av (1) nettotillförseln av energi (främst i form av strålning och konvektion), av (2) förutsättningarna för borttransport av bildad vattenånga (vindhastigheten är här ytterst betydelsefull) och av (3) vattnets tillgänglighet för de potentiellt evapotranspirationsbetingande "faktorerna" (1) och (2). Den reella evapotranspirationen från ett bevuxet avrinningsområde är större än från ett obevuxet, under i övrigt lika förutsättningar. Anledningen till detta är att vegetationen i princip ökar vattnets tillgänglighet (jfr punkt (3) ovan). Av denna skillnad i evapotranspirationens storlek följer att årsavrinningen från ett område måste öka om växtligheten där avlägsnas.

MAGASINSFÖRÄNDRINGSTERMEN

Ett avrinningsområdes infiltrationskapacitet och förmåga att magasinera och mer eller mindre starkt kvarhålla vatten är av stor betydelse, särskilt för vattenutmatningens variation med tiden. Infiltrations- och magasineringsegenskaperna bestäms främst av lutningsförhållanden (topografi), jordartsfördelning och markfysikaliska karakteristika samt av vegetationens typ och slutenhet. Såväl markens fysikaliska egenskaper som vegetationsförhållandena är känsliga för mänsklig påverkan.

AVRINNINGEN FRÅN SKOGSOMRÅDEN

ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Avrinningens storlek kan, såsom tidigare nämnts, härledas ur vattenbalans-ekvationen. Bakom en viss avrunnen mängd, t.ex. en årsavrinningsmängd, ligger emellertid ett mer eller mindre varierande tidsförlopp i vattenutmatningen (avbördningen). Årstidsväxlingarna medför stora fluktuationer i avbördningen från avrinningsområdena. I Norden är vattenutflödet störst under vår och höst.

Inom nästan hela vår del av Europa faller största delen av vinternederbörden i form av snö. Det vatten som avrinner från ett område under vintern utgörs ofta till stor del av en "tappning" av områdets vattenmagasin.

Tjälad mark medger i stort sett inte att vatten infiltreras i marken, varför oftast en betydande avbördning från markytan uppträder i samband med snösmältningen. Rosén (1984) uppger för ett område i södra Norrland att 40 % av den årliga nederbördsmängden där faller i form av snö. Vårfloden svarar för omkring 50 % av den årliga avrinningen från samma område.

Höstfloden brukar inträffa någon gång under årets fyra sista månader, i genomsnitt tidigare i norr än i söder. Evapotranspirationen är mindre på hösten än på sommaren, vilket sammanhänger med skillnaden i energitillförseln. Höstregnen tenderar därför att så småningom fylla markvattenmagasinen (och ytvattenmagasinen), så att ytterligare regn medför en snabb och relativt stor ökning av vattenutflödet.

Sommarmånaderna har allmänt sett de största nederbördsmängderna. Samtidigt är emellertid även evapotranspirationen då som störst, varför avbördningen för det mesta ändå blir liten.

KALAVVERKNINGARNAS BETYDELSE

Kalavverkningarnas omfattning i Sverige

Kalavverkning är numera den dominerande skogsavverkningsmetoden i vårt land. Slutavverkningsarealen varierar mellan 250 000 och 300 000 ha/år. Omfattningen har i stort sett varit oförändrad under de senaste 30 åren (Skogsstatistisk årsbok, 1978).

Enligt riksskogstaxeringens material för 1973-1977 fördelade sig den då aktuella genomsnittliga årliga hyggesarealen, 283 000 ha, på olika hyggesstorleksklasser enligt tabell 1.

Tabell 1: Hela hyggesarealen 1973-1977 fördelad på olika hyggesstorleksklasser

Hyggesstorlek, (ha)	Andel av hela hyggesarealen (%)
(0) - (2,0)	25
2,0 - (4,0)	14
4,0 - (6,0)	9
6,0 - (10,0)	13
10,0 - (20,0)	12
≥ 20,0	27

De små hyggena var framförallt lokaliserade till Götaland och Svealand, medan 4/5 av hyggena på 20 ha eller mer förekom i Norrland. Förhållandena 1985 torde inte väsentligt avvika från förhållandena 1973-1977.

Inverkan på strålningsbalansen

Efter en kalavverkning ökar solinstrålningen till marken 2 till 5 gånger. Detta leder till en ökning av markytetemperaturen på dagen. Samtidigt ökar emellertid den reflekterade strålningens absoluta värde proportionellt mot instrålningsökningen, vilket till en del motverkar höjningen av nettostrålningen och därmed av markytetemperaturen.

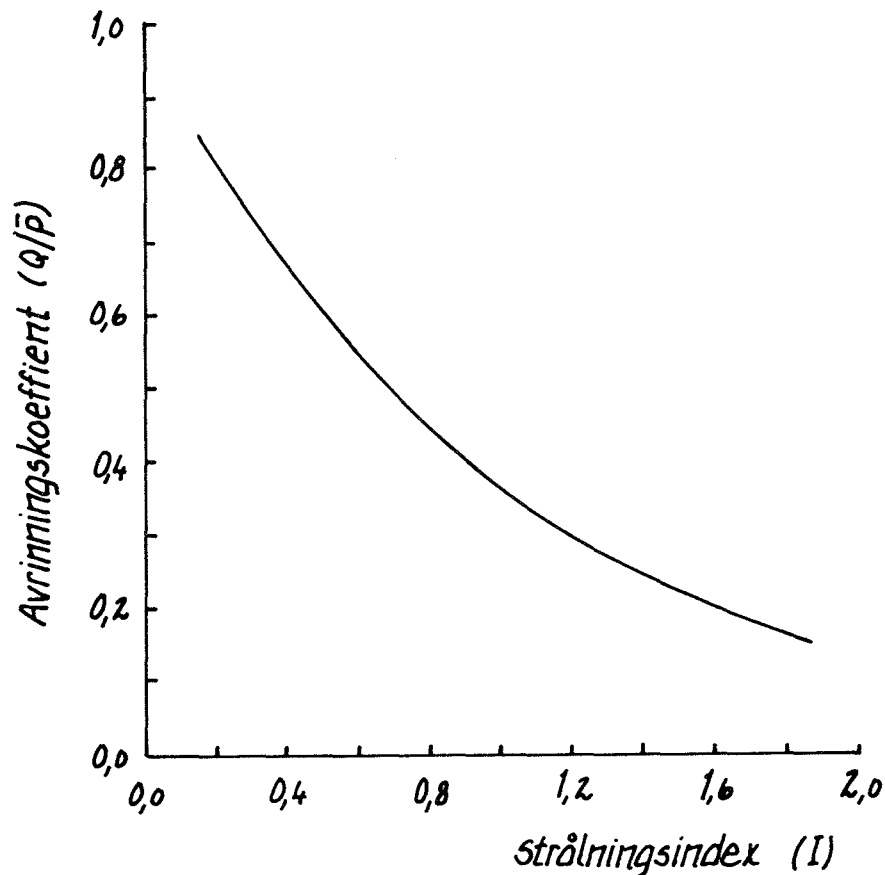
Summan av långvågsstrålningen, som i skog oftast är nära noll, blir efter kalhuggning negativ. Detta medför en ökad avkylning av markytan nattetid, eftersom solinstrålningen då är noll. Markytetemperaturens dygnsamplitud blir alltså större på öppen mark än i skog.

För ett matematiskt åskådliggörande av avrinningens förändring vid förändring i nettostrålningen har Budyko (1974) infört ett dimensionslöst strålningsindex, I , definierat såsom kvoten mellan nettostrålningen, R (J/m^2), och det energibelopp, $I_v \cdot \bar{P}$ (J/m^2), som skulle erfordras för att förångna hela medelnederbördsmängden, \bar{P} (mm; $1 \text{ mm} = 1 \text{ kg}/\text{m}^2$), för en given lokal. I_v står för specifik ångbildningsvärme (J/kg).

Enligt Budyko (1974) gäller att för varje ändlig förändring i nettostrålningen (R) från R_1 till R_2 är den korresponderande förändringen, ΔQ , i avrinningen (Q) given av relationen:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = Q_1 (\exp(-I_2) - \exp(-I_1)) / \exp(-I_1) = Q_1 (\exp(-\Delta I) - 1)$$

Förhållandet mellan Budykos strålningsindex (I) och avrinningskoefficienten (Q/\bar{P}), definierat av ekvationen $Q/\bar{P} = \exp(-I)$, återges grafiskt i figur 1, som är hämtad från Lee (1980).



Figur 1: Grafiskt illustrerat samband mellan Budykos (Budyko, 1974) strålningsindex, I , och avrinningskoefficienten, Q/\bar{P} (efter Lee, 1980).

Hydrologiska förändringar

När ett skogsområde kalhugges förlorar marken där huvuddelen av sin växtlighet. Interceptionen minskar kraftigt, varigenom avdunstningen direkt från växttäcknet också minskar högst påtagligt. Betydligt mer vatten än tidigare når marken och förhöjer förr eller senare storleken på vattenutmatningen. Efter kalavverkning ökar nederbörden till fältskiktet med 10-40 % (Odin, 1980; cit. Eckerberg, 1981).

Storleken av avrinningsökningen efter kalavverkning beror också på vilket slags bestånd som avverkats. Barrträd har betydligt större interception än lövträd, sammanhängande med barrträdens större totala gren- och bladarea. Särskilt stor är givetvis skillnaden vintertid. Största avrinningsökningen erhålles efter avverkning av tät granskog.

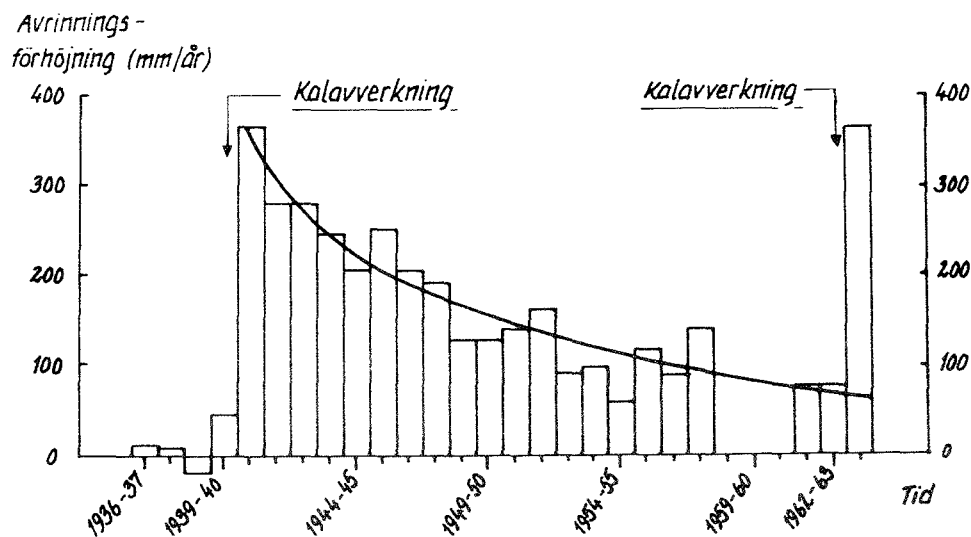
Markens förmåga att ta emot, lagra och kvarhålla vatten påverkas i hög grad av hyggesupptagning. En minskad evapotranspiration ger en del av förklaringen till detta. Vegetationstäckets sammansättning på kalhygget är av betydelse. En mossklädd markyta ger en större avrinning än en gräsbevuxen, under i övrigt lika betingelser. Har växtligheten helt slagits ut, t.ex. genom hyggesbränning eller hårdhänt kemisk vegetationsbekämpning, blir avrinningen mycket stor.

Beskogningsgradens inverkan på avrinningen

Avrinningsökningen efter en kalhuggning är störst under de två första åren efter hyggesupptagningen (Lundin, 1979; Rosén, 1984). Rosén (1984) ger ett exempel där hyggesavrinningen var 119 % (371 mm) större än avrinningen från beskogad mark. Avrinningskoefficienten ökade från 0,35 till 0,82 (jfr fig. 1).

Många andra litteraturuppgifter om avrinningsökningen efter hyggesupptagning finns tillgängliga. Ökningens storlek varierar från 10 % till över 100 %. I en sammanställning av 39 försök, främst från Nordamerika, rapporteras ökning mellan 34 och 450 mm (Hibbert, 1967).

Efter de första årens stora avrinningsmängder minskar avrinningen successivt under den nya beskogningsfasen. Minskningen tycks följa en exponentiell kurva. Enligt ett exempel avseende ett skogsområde i North Carolina i USA, anfört av Hibbert (1967), hade ungefär hälften av den avrinningsökning som orsakats av kalhuggning försvunnit efter omkring 8 år (figur 2). Strax innan området efter 23 år åter kalhögs återstod förhållandevis litet av ökningen.



Figur 2: Tidsförloppet av avrinningshöjningen efter en kalavverkning i ett lövträdsbestånd i North Carolina, USA. Avrinningsförhöjningen är given som avvikelser från en fyraårig kalibreringsperiods regressions samband mellan tid och avrinning (efter Hibbert, 1967).

En estrapolering av den exponentiella kurvan i figur 2 ger vid handen att avrinningsökningen efter den första kalavverkningen borde varit praktiskt taget försvunnen efter cirka 40 år, om skogen fått fortsätta att växa. Det skall poängteras att försöksområdet har ett humi klimat, mildare än Nord-europas, och var bevuxet med lövskog. Beskogningen av kalhygget bör därför ha gått snabbt, vilket också det förhållandet att en ny kalhuggning sattes in efter endast 23 år tyder på.

Kalhyggenas inverkan på snöackumulering och snösmältningsförlopp

Såsom tidigare nämnts medför en kalavverkning att interceptionen starkt reduceras. Detta gäller inte minst vintertid.

Betraktar man dels en skog och dels ett hygge en snörik vinterdag, så ser man att snömängden i skogen är betydligt mindre än ute på hygget. Förklaringen till detta fenomen är åtminstone tvåfaldig, nämligen en aerodynamiskt betingad snödrift och en termodynamiskt styrd skillnad i avdunstningsförlust.

En stor del av den snö som faller över en skog når inte marken, i varje fall inte inne i den täta skogen. Snön fångas nämligen upp (intercepteras) av träd Kronorna. Av den uppfångade snön föres mycket genom snödrift ut mot öppnare partier, t.ex. gläntor och kalhyggen. En inte helt obetydlig del tycks försvinna genom avdunstning och sublimering. Meningarna om detta går dock något isär.

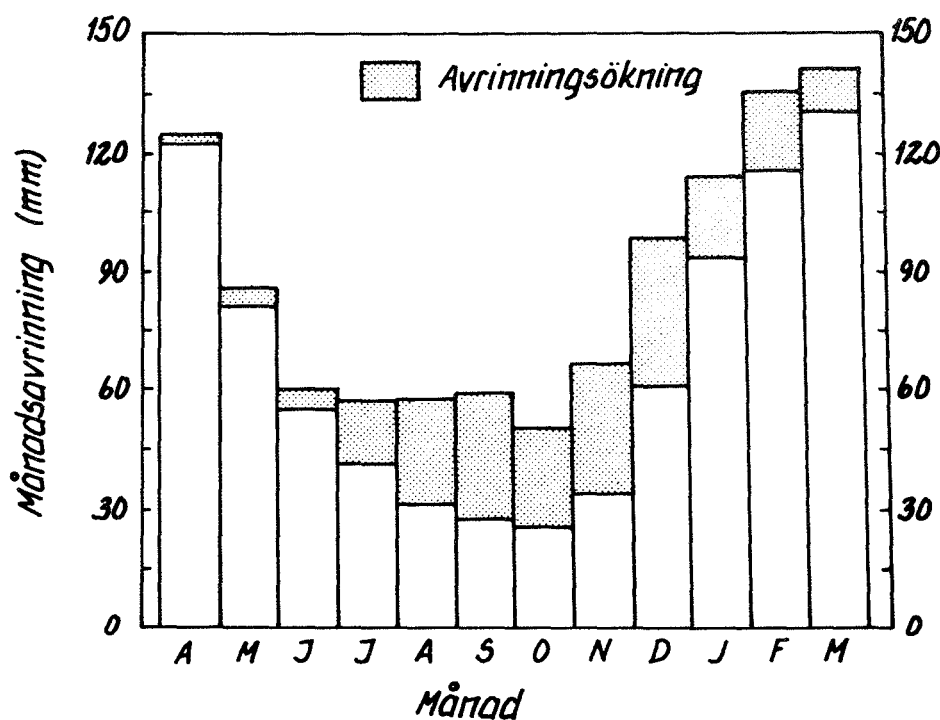
Avdunstnings- och/eller sublimeringsförlusten från den interceperade snön tycks enligt många forskares mening behåga fortgå även när ifrågavarande processer enligt s.k. Penman-beräkningar egentligen inte skulle vara möjliga. En förklaring till detta kan vara att strålningsbalansen, såsom visas av Leonard & Erscher (1968) och påpekas av Wigham (1973), inte är densamma i skogen som på det öppna fältet. Ytterligare belysning av fenomenet ges i Garstka m.fl. (1958), i Goodell (1959) och i Miller (1962).

I motsättning till den just refererade diskussionen, förd främst bland Nordamerikanska forskare, står t.ex. att Seppänen (1961) inte kunde finna någon väsentlig skillnad i snöackumulering mellan tallskog och öppen terräng. Motsättningen kan dock vara skenbar, eftersom snöackumuleringen i gles tallskog kanske inte behöver skilja sig så mycket från snöanhopningen på öppen mark.

När våren kommer utsättes snötäcket på ett kalhugget område för mer direkt solljus än snötäcket inne i en skog. Snösmältningen på hygget går därför snabbare än snösmältningen i skogen.

Kalavverknigarnas konsekvenser i vattendragen

Den större snöanhopningen på hyggena medför att vårflödesmängden från dessa blir större än vårflödesmängden från skogen. Till följd av den snabbare snö-

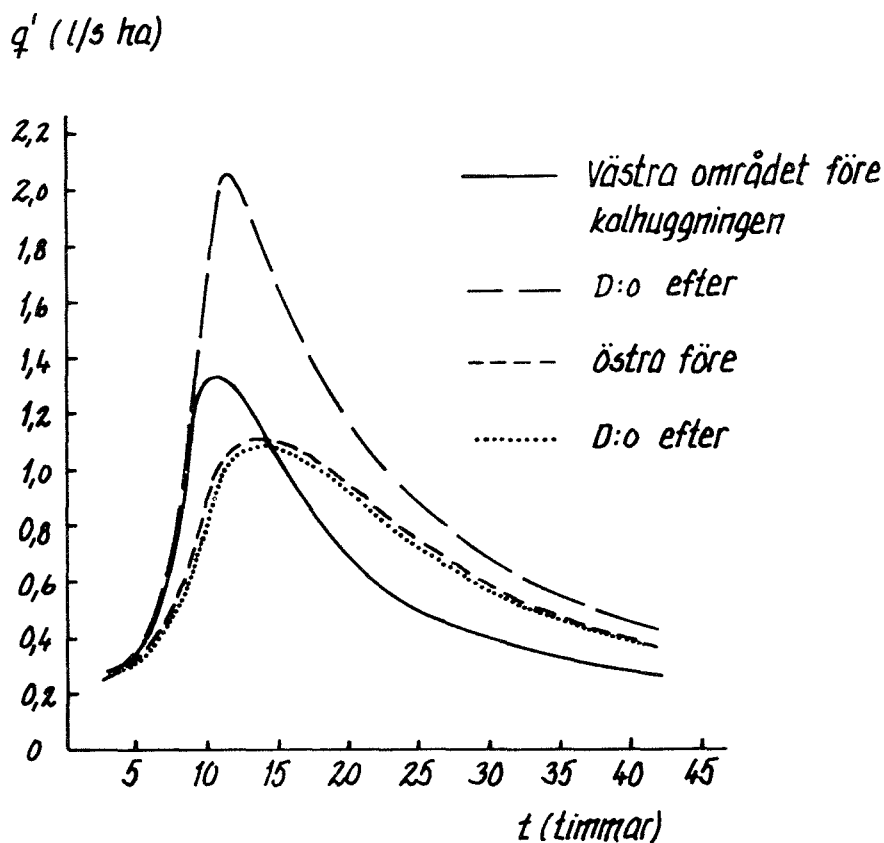


Figur 3: Förändringen i de olika månadernas (april-mars) avrinning efter en kalavverkning i North Carolina, USA (efter Douglass & Swank, 1972).

smältningen ute på hyggena kommer dessutom vårflödesvattnet tidigare från hyggena än från de skogbevuxna arealerna. Enligt en undersökning av Bates & Henry (1928) på ett par försöksfält i Colorado i USA, inleddes vårfloden 12 dygn tidigare från ett hygge än från en skog. Vårflödena från hyggen kulminerade dessutom 3 dygn tidigare än vårflödena från skogsmarker.

Efter upptagning av hyggen i trakter där nederbörden faller uteslutande i form av regn uppträder den största flödesökningen på sommaren. Anledningen till detta är att den stora evapotranspiration som sommartid råder i skogen, blir starkt reducerad till följd av kalavverkningen. En betydande del av evapotranspirationsminskningen sammanhänger med den minskade mängden inter-cepterat vatten. Enligt Douglass & Swank (1972) var avrinningsökningen från ett lövträdsbestånd i North Carolina i årsgenomsnitt omkring 60 %. Ökningen de olika månaderna var emellertid högst skiftande, såsom framgår av figur 3.

Beträffande utflödet från hygge respektive skog under långa torkperioder sensommar och förhöst rapporterar Kihlberg (1958) betydligt högre värden från hygge än från skog. Den större utmatningen från hyggesytorna kan tro-ligen förklaras av att evapotranspirationen där är mindre än i skogen.



Figur 4: Vattenföringsgången efter häftiga sensommarregn före respektive efter kalhuggning av det västra respektive det östra området på Himmelsberget i Dalarna. Medeltal av fem häftiga regn före respektive efter kalhuggningen. Efter Kihlberg (1958).

Maximumutflödet efter korta och häftiga regn har t.ex. för Sperbelgraben och Rappengraben i Schweiz befunnits vara två till tre gånger större från skoglös mark än från skogsmark (Engler, 1919). Kihlbergs (1958) bearbetning av mätningar inom två områden, kallade det västar respektive det östra, på Himmelsberget i Dalarna visar inte så stora vattenföringsökningar efter häftiga regn som de schweiziska undersökningarna gör. En sammanfattning av de resultat från Himmelsberget det här gäller visas i figur 4.

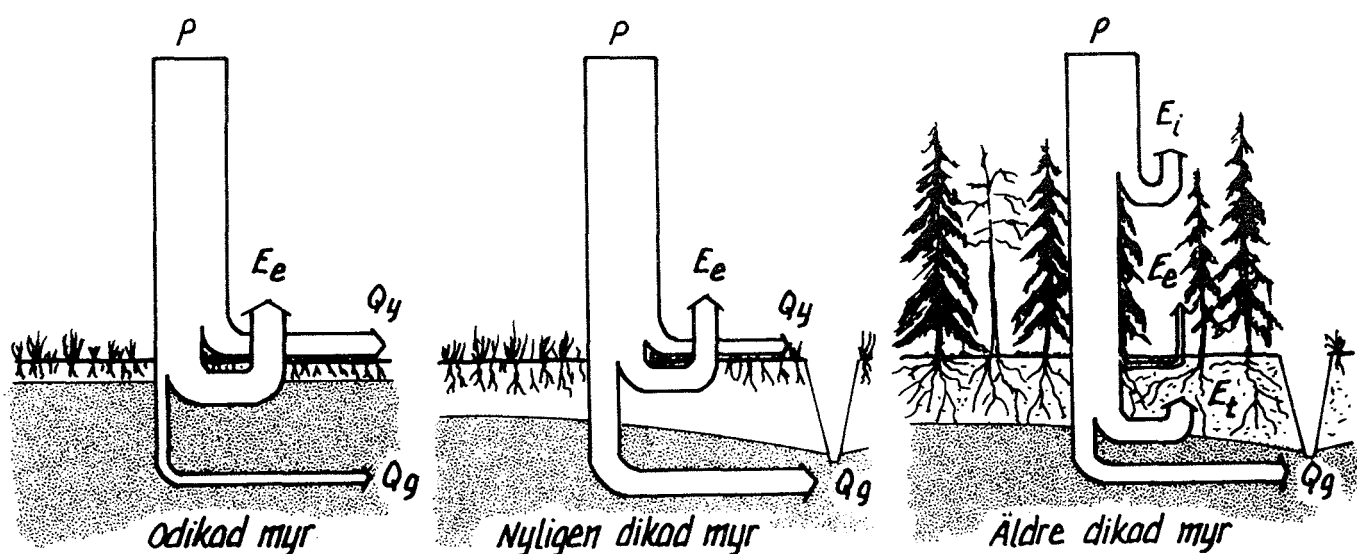
SKOGSDIKNINGENS BETYDELSE

Skogsdikningens omfattning i Sverige

Skogsdikning har förekommit i Sverige i mer än 100 år och sammanlagt berört drygt 1 milj. ha. År 1978 upptogs 5100 km diken, vilket kan beräknas motsvara cirka 31000 ha (Skogsstatistisk årsbok, 1978).

Skogsdikningens syfte

Avsikten med skogsdikning är i allmänhet flerfaldig. Man kan önska avleda överskottsvatten och/eller sänka grundvattennivån för att därigenom öka genomluftningen av markens ytskikt. I vissa fall kan huvudsyftet vara att hindra tillrinning av vatten från omgivande marker.



Figur 5: Schematisk framställning av vattenbalanserna (utan magasinförändringsterm) för odikad myr, för nyligen dikad myr samt för skogklädd äldre dikad myr (efter Braekke, 1970).

Beteckningar: P = nederbörd; E_e =evaporation från marken; E_i =evaporation från interceptionsförråd; E_t =transpiration; Q_y =avrinning från markytan; Q_g =grundvattenavrinning.

Skogsdikningens inverkan på marken och på vattentillgången

Den principiella effekten av en skogsdikning kan sägas vara att vattnets rörelse i stor utsträckning omdirigeras från att ha varit horisontell till att bli vertikal (Tamm m.fl., 1970). Några illustrativa skisser, givna av Braekke (1970), visar schematiskt hur förhållandena ter sig i olika skeden av ett myrdikningsförlopp. Braekkes (1970) skisser, i något omarbetad form, återges i figur 5.

Efter en sänkning av grundvattenytan minskar evapotranspirationen, främst beroende på att den direkta avdunstningen, E_e , från marken avtar när vattenhalten i markens övre lager går ner, men också beroende på minskad transpiration till följd av att vattnets tillgänglighet för växterna blir mindre. Efter en dikning av trädlösa myrar reduceras dessutom den transpirerande vegetationsmängden under den närmaste tiden efter ingreppet (Paavalainen, 1976).

Vid användning av stora dikesavstånd fortsätter evapotranspirationen att vara relativt stor även efter dikning. Intensiv dikning sänker däremot evapotranspirationen betydligt och ökar i samma mån avrinningen (Braekke, 1975). I Sverige användes vanligen dikesavstånd mellan 25 och 50 meter vid dränering av torvmarker (Eckerberg, 1981).

Den kraft varmed vattnet kvarhålls i torvmark beror av torvens förmultningsgrad. I ett låghumifierat torvmaterial är vattnets bindning betydligt svagare än i ett höghumifierat. Till följd härav kan en större mängd vatten initialt avledas vid dikning av låghumifierad torvmark än vid dikning av höghumifierad torvmark (Holmen, 1978).

Med utgångspunkt från ett arbete av Mustonen & Siuna (1971), där skogs- och myrdikningens evapotranspirationssänkande effekt påtalas, framkastade Hyvärinen & Vehviläinen (1980) den intressanta allmänklimatologiska hypotesen att en sekundärverkan av en omfattande skogsdikning skulle kunna bli att sommarnederbörden minskade. Minskningen bedömdes bli störst i början av sommaren.

Skogsdikningens inverkan på vattenföring och avrinning

Odikade myrmarker har tidigare ansetts utjämna variationen i vattenföringen. Dikningen skulle således förväntas öka risken för översvämningar vår och höst samt minska vattenföringen under sommarens torrperioder. Vissa forskningsrön, särskilt från Finland, tyder på att den traditionella synen på orsakssammanhangen kanske inte stämmer vad gäller förhållandena de första

åren efter dikningens utförande. Enligt t.ex. Seuna (1974) och Paavilainen (1976) medför dikningen tvärtom att vattenföringen utjämnas. En förklaring till detta skulle kunna stå att söka i det förhållandet att markens effektiva förrådsutrymme ökar efter dikning (Braekke, 1975). Från den odikade marken med dess snabbt mättade markvattenmagasin skulle således vårfloden bli häftig, medan vårfloden från den dikade marken skulle dämpas genom påfyllnad av betydelsefulla magasin (Lundin, 1984). Beläggen för riktigheten av denna hypotes är ännu fåtaliga och åtminstone delvis svåra att entydigt tolka. En sänkning av vårflodstoppar har dock rapporterats, t.ex. av Lundin (1984). Mycket talar här för att den för varje enskild vår specifika tjälningssituationen har stor betydelse i sammanhanget. Beträffande förhållandena vid lågvattenföring uppger Heikurainen m.fl. (1978) att vattenutmatningen från dikade myrar visar större uthållighet än den från odikade.

Vad alla tycks vara överens om är att avrinningen är större efter än före en diknings utförande, åtminstone något eller några år efter dikesupptagningen. Seuna (1980) har jämfört två myrar om vardera ungefär 500 ha, en odikad och en till cirka 40 % dikad. Under en period av 8 år efter dikesupptagningen var avrinningen från den delvis dikade myren i genomsnitt 29 % större än avrinningen från den odikade. Avrinningen under snösmältningen var 31 % större från det delvis dikade området och vattenföringstopparna efter häftiga sommarregn var hela 131 % högre från detta. Seuna (1980) fann att allteftersom myren beskogades och diken förföll, så minskad avrinningen och dämpades vattenföringstopparna. Skillnaderna mellan delvis dikad och helt odikad myr var emellertid inte helt utjämnade ens 15-20 år efter dikesupptagningen.

Ahti (1980) fastslår, liksom Seuna (1974), att topparna i vattenföringen efter häftiga regn på tämligen nydikade myrar är dramatiskt mycket högre än motsvarande toppar i vattenföringsgången från odikade myrar.

Den närmaste tiden efter en diknings utförande bortföres ganska mycket jordmaterial med vattnet, ett material som åtminstone delvis torde komma att sedimentera i vattendragen nedströms och därmed försämra dessas vattenföringskapacitet. Lundin (1984) har uppmätt en torrsubstanshalt i vattnet från en nydikad myr på upp till 500 mg/l, varav 80 % organiskt material. Före dikningen var halten 5 à 6 gånger mindre. Ännu vid tidpunkten två och en halv månad efter dikningens utförande var vattnets torrsubstanshalt dubbelt så stor som före dikningen.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Ahti, E. 1980. Ditch spacing experiments in estimating the effects of peat-land drainage on summer runoff. - International Association of Hydrological Sciences. IAHS-AIHS Publications 130, s. 49-53.
- Andrésson, O. 1985. Översvämningarna: Regnandet bar skulden, inte skogsbrukets hyggen. - Miljöaktuellt 13:9, s. 17.
- Bates, C.G. & Henry, A.J. 1928. Forest and stream-flow experiments at Wagon Wheel Gap, Colorado. - U.S. Weather Bureau, Washington. Monthly Weather Review. Supplement 30. 79 s.
- Braekke, F.H. 1970. Myrgröfning for skogproduksjon. - Tidsskrift for skogbruk 78: , s. 227-238.
- Braekke, F.H. 1975. Flomfaren ved skogreisning på myr. - Norsk Skogbruk 1975:4, s. 12-14.
- Budyko, M.I. 1974. Climate and life. New York: Academic Press. 508 s.
- Douglass, J.E. & Swank, W.T. 1972. Streamflow modification through management of Eastern forests. - U.S. Department of Agriculture. Southeastern Forest Experimental Station, Asheville. Forest Service Research Paper SE-94. 15 s.
- Eckerberg, K. 1981. Skogsbrukets inverkan på yt- och grundvatten: Sammanställning och utvärdering av befintlig kunskap 1980. - Statens Naturvårdsverk, Solna. SNV PM 1373. 67 s.
- Engler, A. 1919. Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. - Eidgenössische Zentralanstalt für der forstliche Versuchswesen. Mitteilungen Bd 12.
- Ekoteknikstudenter i Östersund. 1985. Kalhyggen bidrar till översvämningar: Låt skogsbruket betala! - Miljöaktuellt 13:8, s. 16.
- Garstka, W.U., Love, L.D., Goodell, B.C. & Bertle, F.A. 1958. Factors affecting snowmelt and streamflow. - U.S. Bureau of Reclamation and U.S. Forest Service. 189 s.
- Goodell, B.C. 1959. Management of forest stands in Western United States to influence the flow of snow-fed streams. - Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. Publication 48, s. 49-58.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978. The environmental effects of forest drainage. - Suo 29:3/4, s. 49-58.

- Hibbert, A.R. 1967. Forest treatment effects on water yield. - Ingår i "Forest hydrology" utgiven av W.E. Sopper och H.W. Lull, s. 527-543. New York: Pergamon Press.
- Holmen, H. 1978. Ökad skogsproduktion genom dikning och gödsling av sumpskog och myr. - Skog för framtid. Statens Offentliga Utredningar SOU 1978:7, bilaga 11.
- Hyvärinen, V. & Vehviläinen, B. 1980. The effects of climatic fluctuations and man on discharge in Finnish river basins. - International Association of Hydrological Sciences. IAHS-AIHS Publications 130, s. 97-103.
- Kihlberg, S. 1958. Himmelsberget. En undersökning av skogsbeståndets inverkan på vattenhushållningen. - Grundförbättring 11:2, s. 119-140; 11:3, s. 175-200.
- Lee, R. 1980. Forest hydrology. New York: Columbia University Press. 349 s.
- Leonard, R.E. & Escher, A.R. 1968. Albedo of intercepted snow. - Water Resources Research 4:5, s. 931-935.
- Lundin, L. 1979. Kalhuggningens inverkan på markvatten och grundvattennivå. - Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära 36. 35 s.
- Lundin, L. 1984. Torvmarksdikning. Hydrologiska konsekvenser på Docksmyren. - Uppsala Universitet. Naturgeografiska Institutionen. Avd. för hydrologi. Report Series A 1984:3. 75 s.
- Miller, D.H. 1962. Snow in trees: Where does it go? - Western Snow Conference. Proceedings of Meeting 1962, s. 21-27.
- Mustonen, S.E. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan (English summary: Influence of forest drainage on the hydrology of peatlands). - Hydrologiska Byrån, Helsingfors. Water Research Institute. Publications 2.
- Paavilainen, E. 1976. Effect of drainage and fertilization of peatlands on the environment. - Kungl. Svenska Vetenskapsakademien, Stockholm. Ecological Bulletins 21, s. 137-141.
- Rosén, K. 1984. Effect of clear-felling on runoff in two small watersheds in Central Sweden. - Forest Ecology and Management 9: , s. 267-281.
- Seppänen, M. 1961. On the accumulation and the decreasing of snow in pine dominated forest in Finland. - Fennia 86(1961/62):1. 51 s.

- Seuna, P. 1974. Influence of forest draining on the hydrology of an open bog in Finland. - International Symposium on Forest Drainage, Jyväskylä-Oulu, Sept. 1974. Proceedings, s. 385-393.
- Seuna, P. 1980. Long-term influences of forestry drainage on the hydrology of an open bog in Finland. - International Association of Hydrological Sciences. IAHS-AIHS Publications 130, s. 141-149.
- Skogsstatistisk årsbok. 1978. Statistiska Centralbyrån, Stockholm.
- Tamm, C.O., Holmen, H., Popovic, B. & Wiklander, G. 1974. Leaching of plant nutrients from soils as a consequence of forestry operations. - *Ambio* 3:6, s. 211-221.
- Wigham, J.M. 1973. Interception. - Section IV i "Handbook of the principles of hydrology" utgiven av D.M. Gray. Port Washington: Water Information Center.

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP. AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE.

- 81:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Ingvarsson, A., Karlsson, I., Karlsson, S.-E.: Resultat av 1980 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 13 + 47 + 38 s.
- 82:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K. & Karlsson, S.-E.: Resultat av 1981 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 80 s.
- 83:1 Berglund, G., Eriksson, J. & Karlsson, S.-E.: Resultat av 1982 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 82 s.
- 83:2 Bjerketorp, A.: Höjning av nivåerna vid lågvattenföringar i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. 4: Vattenstånden i den centrala sjökedjan. 41 s.
- 84:1 Berglund, G., Eriksson, J., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1983 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 103 s.
- 84:2 McAfee, M.: Assessing the effects of mole drainage on physical properties of a peat soil. Results from an experiment in mole drainage laid down in 1983. 23 s.
- 85:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1984 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 89 s.
- 85:2 Jernlås, R.: Transport av bekämpningsmedel efter markapplicering. Litteraturstudie och experiment. 33 s.
- 85:3 McAfee, M.: Ytsänkning på torvjord. Bälunge Mossar 1904-1984. 31 s.
- 85:4 Heimer, A.: Värmlands Säby: Bestånds- och rotutveckling efter yt-täckning och strukturkalkning på en slammingsbenägen, torkkänslig mellanlera. 55 s.
- 85:5 Aronsson, Y.: Markförsämring genom saltanrikning. 87 s.
- 85:6 Bjerketorp, A. & Josefsson, L.: Vattenföring genom cirkulära brotrummor. Beräkningssätt under olika hydrauliska betingelser. 16 s.
- 85:7 Armstrong, B.: Bevattning - en global översikt. 55 s.
- 86:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K., Svensson, M., Karlsson, S.-E. & Gustafsson, E.-L.: Resultat av 1985 års fältförsök avseende täckdikning, övrig grundförbättring och bevattning. 85 s.
- 86:2 Bjerketorp, A. & Johnson, L.: Kalhuggningens och skogsdikningens inflytande på vattendragens flöden. En kortfattad kunskapsöversikt. 15 s.

Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications 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 other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

DISTRIBUTION:

ISSN 0282-6569

Sveriges Lantbruksuniversitet

ISBN 91-576-3291-X

Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

S-750 07 UPPSALA, Sverige

Tfn 018/67 11 65, 018/67 11 81
