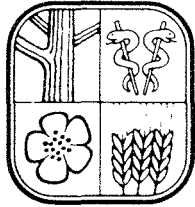




SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Bevattning - en global översikt

Britta Armstrong



SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Bevattning - en global översikt

Britta Armstrong

ISSN 0282-6569
ISBN 91-576-3275-8

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sid.

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Vatten - en livsnödvändighet | 1 |
| 2. | Är det värt att bevattna | 4 |
| 3. | Vattnet i marken och dess reglering | 9 |
| 4. | Att hushålla med vatten | 18 |
| 5. | Var skall bevattningsvattnet tas ifrån? | 20 |
| 6. | Lagring och distribution av bevattningsvattnet | 25 |
| 7. | Olika bevattningsmetoder | 33 |
| 8. | Komplikationer i bevattningsjordbruket | 44 |

Vatten - en livsnödvändighet

Vårt dagliga vatten

Vatten är en livsnödvändighet för människan, för djuren och för växtligheten. Vattendragen fungerar som samfärds- och transportleder och utgör i form av vattenkraft en viktig energikälla.

Redan i tidiga historiska skeden besatt människan kunskapen om vattentillgångens betydelse för överlevnaden. Därför har tillgången på vatten varit avgörande för människors val av de platser där de har byggt sina samhällen. De gamla högkulturerna utvecklades och blomstrade i närheten av de stora floderna - babylonierna vid Tigris och Eufrat, de gamla egypterna vid Nilen, Induskulturen och kineserna vid Gula floden.

Men vattendragen tillhandahåller sällan lagom mängd vatten i sina naturliga tillstånd. Det finns ofta antingen för mycket eller för litet vatten. Det är översvämning eller torka, två tillstånd som båda orsakar stort lidande.

Vattenbehovet ökar ständigt

Varje individ behöver en viss mängd rent vatten. När världens befolkning fördubblas och tredubblas stiger därför efterfrågan på vatten drastiskt.

Föroreningar

I den industrialiserade och vatten-rika delen av världen är städernas och industriernas vattenförbrukning mycket stor. Dessutom förorenas stora vattenmängder genom utsläpp.

Konsekvensen av befolkningsökningen och föroreningen av vattnet blir att mängden rent vatten, som står till förfogande för varje individ minskar.

Vattenhushållning

Vattentillgångarna är av fyra olika slag: Ytvatten, grundvatten, atmosfäriskt vatten och havsvatten.

Viktigast är ytvattnet

Endast en del av vattentillgångarna kan utnyttjas av människan. I framtiden kan visserligen den tillgängliga vattenmängden öka på grund av teknis-

ka framsteg. Exempel på detta är nya möjligheter att pumpa grundvatten från allt större djup och anläggningar för avsaltning av havsvatten.

Men fortfarande utgör ytvattnet, dvs bäckarnas, flodernas och sjöarnas vatten, den för de flesta människor allra viktigaste vattentillgången.

Detta ställer stora krav på vattenhushållning, vattenvård och vattenplanering.

Vattenkontroll ger makt

Vattnets avgörande betydelse för människors liv medför att vattnet utgör en maktfaktor i samhället. Strävan efter att få kontroll över vattentillgångarna har lett till många konflikter mellan individer, samhällsklasser, befolkningen uppströms- respektive nedströms och mellan olika länder.

Internationella vattenkonflikter

De stora flodområdena är internationella, dvs deras vattentillgång måste delas mellan två eller flera länder. Så delas t ex de 52 största floderna i världen var och en av mellan två och tio länder. Också mindre floder är ofta internationella. Det finns många politiska konflikter som har sin grund i vattenintressen. Exempel är konflikterna mellan Israel och vissa arabstater om Jordans vatten. Vidare konflikterna mellan Egypten och Sudan om Nilens vatten, mellan Indien och Pakistan om Indus vatten och mellan Indien och Bangladesh om Ganges vatten.

Dricksvatten eller bevattning av gröda

"Om allt vatten som förbrukas av ett jordbrukarsamhälle med 1000 invånare, 250 nötkreatur och 500 får och getter, skulle användas till bevattning, skulle det räcka till två bevattningstillfällen per månad av en areal på ca 1/4 ha".

Peter Stern, 1979

Där tillgången på vatten är mycket begränsad kan det också uppstå konflikter om hur vattnet ska användas.

Vattenförbrukningen på ett ha odlad jord

Som jämförelse till Sterns exempel ovan följer ytterligare ett tankeexperiment.

På ett ha odlingsjord med bra klimat och gott näringstillstånd, kan man producera ca 7 ton torrs substans per år. Grödan kan försörja fyra människor och två kor.

Den beräknade vattenåtgången uppgår till 460 mm/år fördelat på

| | |
|---------------------------------------|--------|
| gröda | 430 mm |
| djur | 8 mm |
| människor (modern levnadsstandard) | 21 mm |

Den helt övervägande vattenåtgången kräver således grödan. Till och med vid den högsta levnadsstandarden använder människor för eget bruk mindre än 5 % av det vatten som åtgår till livsmedelsproduktion. (M. Falkenmark 1982).

Vattnet och folkhälsan

All utveckling förutsätter god hälsa och människans hälsotillstånd beror till stor del på tillgången på bra dricksvatten. Men 1,7 miljarder människor saknar i dag tillgång på bra vatten.

I vissa utvecklingsländer kan mer än hälften av alla sjukdomsfall och en stor del av alla för tidiga dödsfall tillskrivas orent vatten eller vattenbrist. Kolera, tyfus, gulsot, dysenteri och många andra sjukdomar överförs med vattensmitta och dessa sjukdomar drabbar barnen särskilt hårt.



En stor del av den vuxna u-landsbefolkningen och även många barn, ägnar många arbetstimmar per dag åt att bära vatten.

FN:s "Vattendecennium"

Årtiondet mellan 1981 och 1990 har av Förenta Nationerna utsetts till "Vattendecenniet". Det uppställda målet är att alla människor ska få tillgång till rent vatten och bra sanitära förhållanden före år 1990. För att målet ska nås behöver 500 000 personer per dag få nytt dricksvatten. Det betyder att 2 500 normala bypumpar borde installeras varje dag.

Mer att äta

Men den snabbt växande befolkningen i världen fordrar inte bara bra dricksvatten. Det behövs även en ökad livsmedelsproduktion och i första hand gäller det då att öka avkastningen på den areal som i dag odlas. Detta är nämligen i allmänhet både enklare och billigare än att odla upp nya arealer. I områden som Sydostasien där merparten odlingsbar jord redan är uppodlad, är det dessutom den enda möjligheten. Det kanske viktigaste sättet att öka produktionen, är att tillföra mer vatten för bevattning och utöka de bevattnade arealerna.

Är det värt att bevattna?

BEVATTNINGEN IDAG

1977 bevattnades omkring 200 miljoner ha jordbruksmark, dvs 14 % av världens totala odlingsjord. Den bevattnade arealen som år 1900 utgjorde 50 miljoner ha, beräknas öka till 270 miljoner ha år 1990 (FAO 1977). Den största ökningen sker på den nordamerikanska kontinenten, i Medelhavsländerna och i Sovjetunionen och här gäller det främst modern bevattningsteknik.

Den ojämförligt största omfattningen har bevattningen i Asien (70 % av världens totala bevattnade areal). Det betyder att en stor del av världsarealen fortfarande bevattnas med traditionell teknik och att den praktiska kunskapen om bevattning är spridd bland många människor.

Bevattningens omfattning i siffror

De sifferuppgifter som finns är i bästa fall ungefärliga och deras riktighet varierar beroende av det sätt de har samlats in på. Arealernas storlek är ofta överskattade på grund av att den potentiellt bevattningsbara arealen har inkluderats. Dessutom händer det att myndigheter "tar till i överkant", eftersom de ogärna publicerar siffror som avslöjar underutnyttjande av investeringar.

Sifferuppgifterna ger dock en god uppfattning om bevattningens (mycket) stora betydelse för lantbruket i många länder.

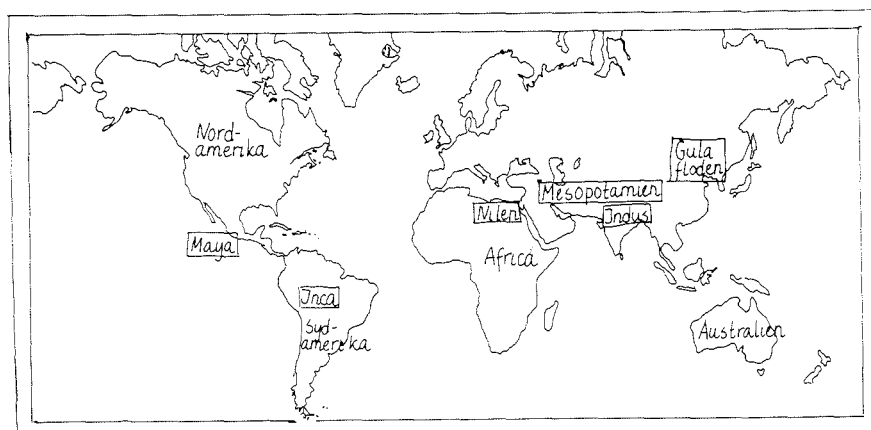
| | |
|-------------------|----------------------|
| Utvecklade länder | 53 milj. ha |
| Kina | 49 "- |
| Utvecklingsländer | 96 "- |
| Indien | (35) "- |
| Pakistan | (14) "- |
| | <hr/> |
| | 198 miljoner ha |
| | (14 % av åkermarken) |

Källa: FAO statistik från 1979

BEVATTNINGEN FÖRR

De äldsta bevattningskulturerna, s k hydrauliska civilisationer, sammanfaller med de första högtstående samhällena. Bevattningstekniken utvecklades 4000 - 5000 år f Kr och nyttjade vatten från de stora floderna Nilen, Tigris och Euftrat (dåvarande Mesopotamien), Indus och Gula floden.

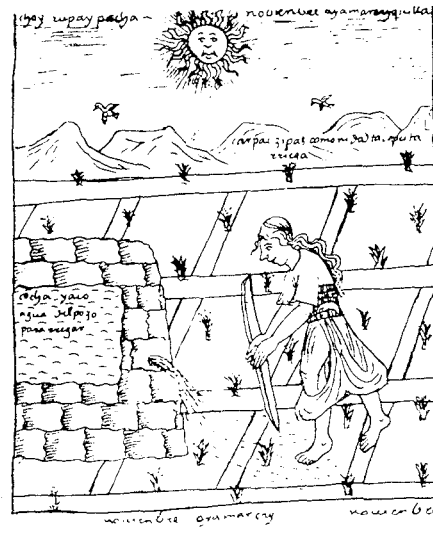
I Latinamerika togs bevattningen i bruk av bland andra indiankulturerna Inca (Peru) och Maya (Guatemala och Mexico).



De äldsta bevattningskulturerna uppstod i arida områden, där stora floder regelbundet översvämmade jordbruksmarken och avsatte bördigt slam.



Sådd av majs



Bevattning av majs

Incaindianernas odlingsmetoder. Reproduktioner av originalteckningar av Guaman Poma de Ayala.

Disciplin eller katastrof

I historiska samhällen fanns ett nära samband mellan ett blomstrande bevattningsjordbruk och ett stabilt centralstyre. Förutom krigen var saltanrikningen i odlingsjorden och igenslamningen av bevattningskanalerna, de största hoten mot de första bevattningssamhällena. Kampen mot dessa hot krävde en stark organisation med strikta lagar för skötseln av bevattningssystemet och för kontrollen av vattenuttagen. Hammurabilagen (Hammurabi, kung av Babylonien ca 2000 år f Kr) visar detta. Den stipulerar att om en mans invallning p g a dåligt underhåll förstörs och översvämmas grannens fält, ska skadan återbetalas i vete, försäljning av personliga tillhörigheter eller om ingetdera är möjligt genom att inträda i slaveri.

Jordvallar som byggdes på den tiden finns ännu idag kvar på slättlandet i Iran och Irak.

Inte bara torra områden bevattnas

Bevattningstekniken utvecklades i aritt (torrt) klimat, men spreds senare till mindre torra områden. Där var människorna först inte beroende av bevattning, men p g a det ökande befolkningstrycket söktes nya vägar för att öka livsmedelsproduktionen.

De första moderna bevattningssystemen

Många av de bevattningsanläggningar som byggdes för flera tusen år sedan fungerar på samma sätt än i dag. Vattentillgångarna är fortfarande okontrollerade, dvs helt beroende av nederbörd och avrinning längs markytan.

De första moderna anläggningarna byggdes vid Nilen och Indus-Ganges samt i USA, under senare hälften av 1800-talet. De viktigaste delarna i de moderna bevattningssystemen var dammar och huvudkanaler. Dessa medförde en bättre fördelning av flodvattnet. Och det vatten som inte behövdes i bevattningen, kunde passera förbi anläggningen.

Under de första 25 åren av 1900-talet infördes den moderna tekniken också i de då redan mycket omfattande bevattnade risodlingarna i Malaysia, Indonesien och andra delar av Fjärran Östern.

BEVATTNING - INTE ENBART I TORRA OMRÅDEN

I arida och semiarida klimatområden utgör bevattningen själva förutsättningen för jordbruket, eftersom det här råder ett konstant vattenunderskott. Vattnet tas från stora floder som "fylls på" i avlägset belägna nederbördsområden eller från grundvattentäkter. Hit hör områden som Egypten, Irak och Västpakistan samt även kustlandet i Peru.

Till områden med medelhavsklimat räknas inte bara de länder som gränsar till Medelhavet, utan även stora delar av Mellanöstern, Svartahavs-området, Kalifornien på USA:s västkust, kustbandet i Chile osv.

Här faller det mesta regnet under de svala vintermånaderna och somrarna är torra och varma. Grödorna är ofta frukt eller vin och odlas under vintern när nederbörden är tillräcklig. Bevattning kan behövas för tillskott av vatten under vintern eller för att förlänga odlingssäsongen till somarmånaderna.

Monsunområdena återfinns inom det tropiska eller subtropiska klimatbältet. De kännetecknas av en torr eller mycket torr vinter och en oftast väl avgränsad våtperiod under sommaren. Indien, Sydostasien, stora delar av Centralamerika och tropiska Sydamerika är monsunområden.

Den naturliga odlingstiden är under sommarregnet. Bevattning används för att komplettera otillräckligt regn eller för att möjliggöra odling även under den torra vintern.

Inom monsunområdena finns många av de viktigaste risdistrikten i världen. Framför allt odlas våtris under bevattning från floder som underhålls av de häftiga monsunregnen.

Tropiskt humida områden ligger på eller nära ekvatorn och på låg höjd. Hit räknas Västafrika och Kongo-bäckenet samt ekvatorsområdena i Sydostasien och Sydamerika.

Nederbörden är ofta tillräcklig, men även torra perioder förekommer. Varken sommar eller vinter kan urskiljas och därför kan klimatiskt anpassade grödor odlas under hela året. Detta låter sig göras under förutsättning att markfuktigheten är tillräcklig under växtperioden, och att solskenet räcker till för mognaden. Det årliga nederbördsmönstret är ofta bimodalt, dvs två avgränsade våtperioder per år, alternerande med två torrperioder.

Eftersom temperaturen alltid är hög, kan markfuktigheten snabbt försvinna under dessa torrperioder, så att bevattning blir nödvändig.

Är det nödvändigt att bevattna?

I arida och semiarida områden råder ingen tvekan om behovet av bevattning p g a det absoluta vattenunderskottet. Men även i områden där nederbörden under de flesta år är tillräcklig bevattnar man. Detta görs för att undvika missväxt under torrår eller för att förlänga vegetationsperioden. Här är bevattningsbehovet inte självklart utan även andra överväganden måste göras.

Bevattning medför extra tid och arbete

Bevattningsjordbruket kräver fler arbetstimmar per produktionsenhet än "nederbördsförsörd odling". På jordbruk med stora bevattningsanläggningar är kontrollen delvis, ibland helt, mekaniserad. Men på flertalet gårdar, måste brukaren själv både sköta vattenuttaget, distributionssystemet och själva bevattningen.

På ett jordbruk utan bevattning kan det vara möjligt för brukaren att under vissa tider arbeta utanför jordbruket. Ett bevattningsjordbruk kräver däremot konstant tillsyn och skötsel. Under kritiska förhållanden kan en eller två dagars försenad bevattning resultera i svåra förluster.

Speciellt arbetsintensiv är risodling under bevattning.

Bevattning medför ofta en förändring av livsmönstren

Det kan tyckas som om planeringen av ett nytt bevattningsprojekt enbart är av teknisk och ekonomisk natur. Men den största förändringen för individen blir ofta brytningen med tidigare livsmönster, som kanske nedärvt sedan tusentals år

Det är ofta ett lika stort steg för en jordbrukare att bli bevattningsjordbrukare, som för en nomad att bli bofast jordbrukare.

Folkomflyttningar

På grund av akut livsmedelsbrist, till följd av svår torka (Indien 1967 och senare Sahel), har stora biståndsprojekt på vattenområdet med betydande satsningar i kapital och expertis kommit till under de senaste 20 åren.

Satsningarna har inneburit oerhörda förändringar för berörda människor. Man har bland annat infört bevattningsjordbruk för nomadbefolkning och även fått till stånd stora folkomflyttningar.

När Volta-dammen i Ghana byggdes evakuerades 78 000 människor och 170 000 husdjur från mer än 700 städer och byar. I stället skulle 50 nya bosättningar fungera som enheter i det nya jordbrukssystemet.

Andra vattenprojekt som har haft liknande effekt på människornas liv är bland annat Kariba vid Zambesi, Assuandammen vid Nilen och Lake Kainji i Nigeria.

Ibland har produktiviteten satts som främsta mål och lokalbefolkningen har helt enkelt fösts undan, för att ge plats åt storbönder och modern teknik.

Analfabetism försvårar informationen

De enskilda människornas upplevelse av hjälpprojekten kan vara den av en stor hand som sveper iväg dem från deras hem och liv.

Men för att produktionen ska fungera som planerat måste de enskilda individerna ta del i skötsel och underhåll av anläggningarna. Den viktigaste och svåraste uppgiften i synnerhet i stora projekt, är därför att informera och entusiasmera befolkningen. De små projektens fördel är att de kan vara framsprungna ur människornas egna idéer och behov. I båda fallen är det lika viktigt att tekniken är anpassad till lokala förhållanden och att människorna får del av utbildning.

Vattnet i marken och dess reglering

MARKEN

Marken fungerar som stöd för växtligheten och tillhandahåller också vatten och näringsämnen. Avgörande för bevattningsplaneringen är kunskap om markens byggnad och funktion.

Textur och struktur

Texturen eller jordarten, är markens sammansättning av sand, silt och ler. De större kornen, sanden, förekommer ibland som enskilda partiklar, dvs marken föreligger i enkelkornstruktur. Men vanligare är en blandning av de olika kornstorlekarna. De minsta partiklarna, leret, kittar då samman kornen till aggregat.

Markens textur är avgörande för dess förmåga att lagra vatten och hålla det tillgängligt för växterna.

Markens struktur bestäms av fördelningen mellan fast material och porer i marken. Med god struktur avses en riklig förekomst av både stora och små porer, så att både luft, vatten och växtrötter kan röra sig i marken. I en sådan jord trivs mikroorganismerna vilket ytterligare gynnar strukturen. En jord med dålig struktur har endast få stora porer och därför sämre syretillgång, vattentransport och rotfördelning.

Djup

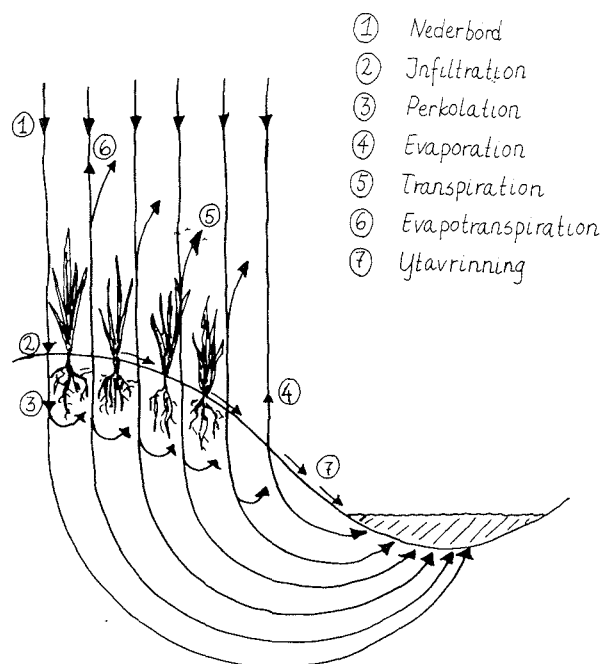
Marktäckets djup har stor betydelse för växtodlingen, eftersom jorddjupet kan begränsa både rötternas utbredning och tillgången på vatten och näring.

Om det finns ett svårgenomträngligt lager högt upp i markprofilen stannar växternas rötter inom en liten jordvolym. De kompakta skikten kan vara av olika slag:

Plogsula kallas det sammanpackade jordlager på ca 30 cm djup, som är resultatet av bearbetning med tunga maskiner. "Hard-pan" eller "Iron-pan" består av cementserade järnföreningar. Också kompakta lerskikt eller andra plötsliga jordförändringar kan utgöra hinder för växtrötterna och vattnets nedtransport i profilen.

Samma hämmande effekt på växtrötternas nedträngande har också en högt liggande grundvattenyta.

VATTNET I MARKEN



Det vatten som tillförs marken genom nederbörden tränger antingen in i marken (infiltration) eller rinner bort längs ytan (ytavrinning). När vattnet sjunker ned genom marken (perkolatlon) upptas det av växtrötterna eller binds till markpartiklarna. Vid kraftig nederbörd upptas inte allt vatten, utan överskottet sjunker ned till grundvattenytan, vars nivå då höjs.

Från grundvattenytan kan vattnet stiga i markens små hålrum (kapillär upptransport), varvid grundvattenytan sjunker.

Vattenavgång sker både genom avdunstning från markytan (evaporation) och genom växternas klyvöppningar (transpiration).

Infiltrationskapacitet

Vid bevattning av en jord är det viktigt att känna till dess infiltrationskapacitet. Det är ett uttryck för hur snabbt man kan fylla på markens vattenreservoar. Många olika faktorer påverkar markens infiltrationskapacitet, varav de mest påfallande är markens lutning, växttäckte och bearbetningsmetoder. Infiltrationen är också beroende av markytans beskaffenhet, t ex om jorden har packats av tunga maskiner eller om det har skett en ansamling av salter i markytan.

Vid bevattning måste vattnet först infiltrera markytan och därefter perkolera genom jorden till större djup. Därför har även markprofilens totala genomsläpplighet, betydelse för infiltrationskapacitetens storlek.

Infiltrationskapacitet - ungefärliga värden

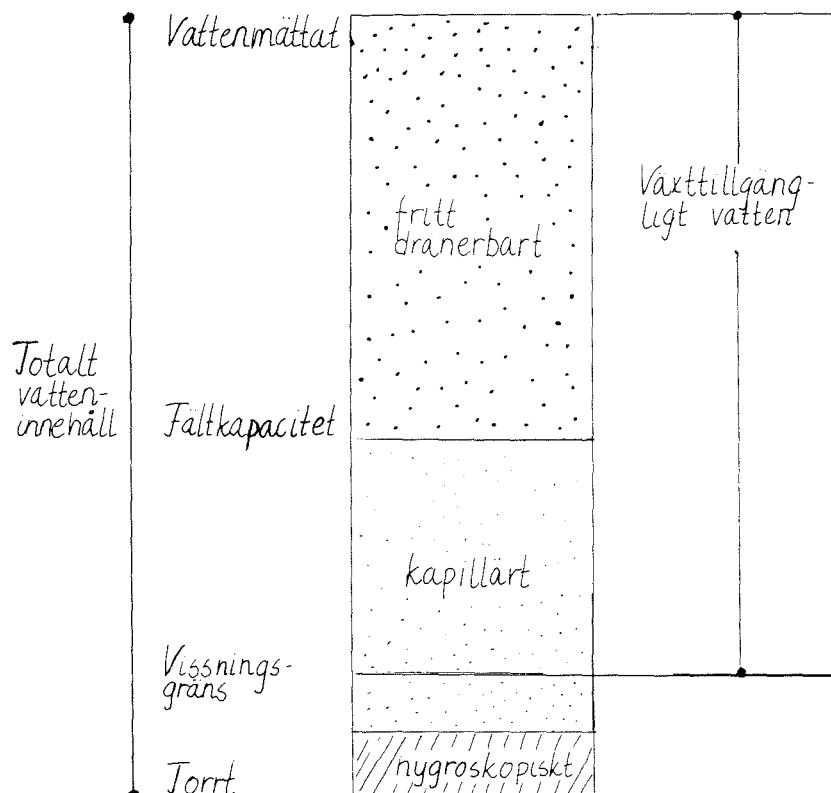
hög - mer än 100 mm/timme

medel - 10-100 mm/timme

låg - mindre än 10 mm/timme

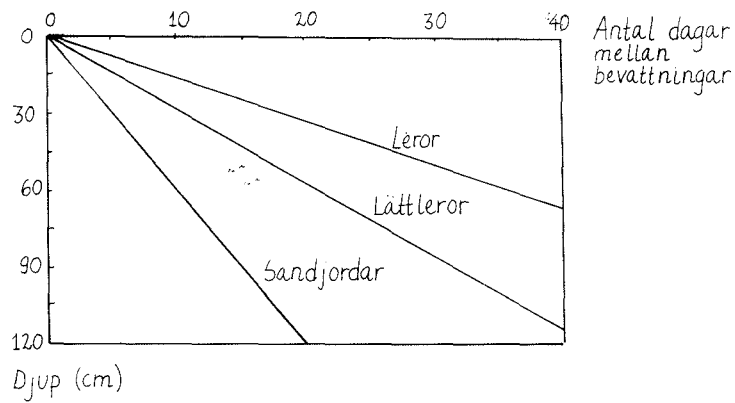
Vattenmagasinets storlek

Markens förmåga att lagra vatten beror till stor del på texturen. Vattnet i marken är antingen fritt rörligt i de stora hålrummen eller bundet till de minsta jordpartiklarna, kolloiderna. Det till kolloiderna bundna vattnet är till övervägande delen så hårt bundet, att växterna inte kan ta upp det. Det kapillära vattnet kan däremot växterna ta upp.



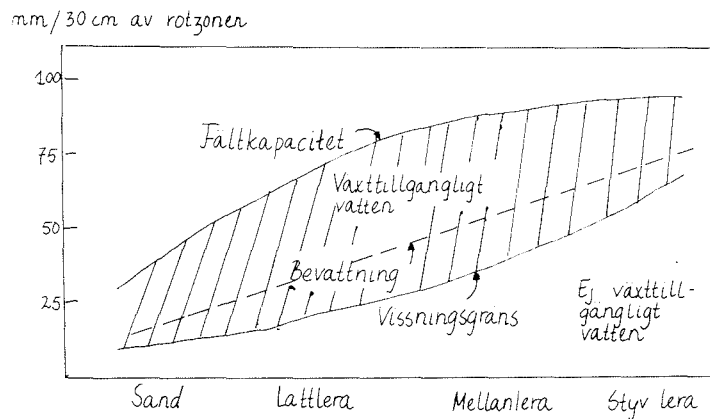
Jordarnas vattenhållande förmåga beror alltså i hög grad på kolloidhalten. En lerjord har därför ett stort vattenmagasin. Men en stor del av vattenmagasinet är för hårt bundet till markpartiklarna för att växterna ska förmå ta upp det. I en lättlera eller mellanlera finns den största mängden för växterna tillgängligt vatten, jämfört med sandjorden eller den styva leran.

Sambandet mellan bevattningsintervall, jordart och rot-
djup i de fall avdunstningen är 30 mm per vecka



När ska man bevattna och med hur mycket?

Bevattningsförsök har visat att man inte bör låta grödan tömma markens vattenmagasin helt, utan bevattningen bör genomföras när en tredjedel av vattenmagasinet återstår. Bevattningsgränsen för olika jordarter visas i nedanstående figur.



Falltkapacitet är den mängd vatten som kvarhålls i marken sedan den drainerats fritt.

Vissningsgrans är den grans då växternas sugkraft är mindre än jordpartiklarnas adsorbtionskraft

Det finns olika sätt att i fält utröna när det är dags att bevattna. Man kan exempelvis använda indikatorväxter som slokar innan grödan börjar lida av torka, eller placera ut tensiometrar som känner av vattenundertrycket i marken.

Evapotranspiration - avdunstningen från marken och växtligheten

Evapotranspiration kallas den totala mängd vatten som avdunstar från markytan och från grödan. Om ingen nederbörd faller, motsvarar evapotranspirationen den vattenkvantitet som måste tillföras genom bevattning.

När klimatet är varmt och torrt är evapotranspirationen hög, och när det är svalt eller fuktigt, är den låg. Evapotranspirationen är större vid blåst än när luften står stilla.

Avdunstningsmätare

Det vanligaste sättet att mäta evapotranspirationens storlek är att avläsa variationen i ett graderat öppet kärl. Kärlet kan vara av galvaniserat järn ca 1 m i diameter och 25 cm djupt. Mätaren monteras helt plant ett stycke ovanför markytan. Varje dag antecknas evaporationen efter korrigeringsring för nederbörd, och därefter fylls vatten på till en viss nivå igen.

Olika grödors behov av vatten



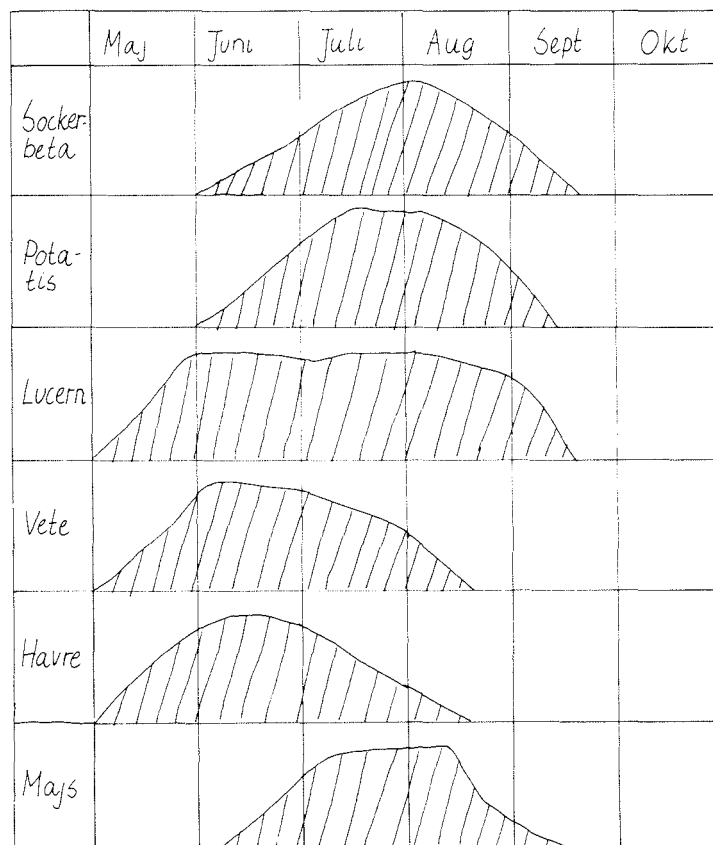
Olika grödor producerar mycket olika under varierande fuktighetsförhållanden. I torra och varma områden där markfuktigheten är otillräcklig för grödor som majs och vete, ger t ex spannmålsgrödan sorghum goda skördar. Denna egenskap har givit sorghum benämningen växtrikets "kamel". Grödans låga vattenbehov beror dels på ett mycket väl utvecklat rotsystem och dels på vissa morfologiska egenskaper, som starkt reducerar transpirationen hos stjälk och blad.

Bevattningsbehov i tre olika klimatområden i Israel (mm/år)

| Gröda | Aritt område | Semiaritt område | Subhumitt område |
|------------|--------------|------------------|------------------|
| Apelsin | 1000-1200 | 800- 900 | 700 -800 |
| Vall | 1600-1700 | 1100-1300 | 900-1100 |
| Majs | 700- 800 | 500- 600 | 400- 500 |
| Sockerbeta | 700- 800 | 500- 600 | 350- 450 |

Vid olika utvecklingsstadier

Förutom grödornas olika vattenbehov är det också stora skillnader i vattenbehov vid en och samma grödas olika utvecklingsstadier. I början av växtperioden åtgår små mängder vatten. Vid blomningen är grödan som regel mest vattenkrävande, och därefter avtar vattenbehovet under mognadsfasen.



Olika grödors utvecklingsstadier

Vattenbalansberäkningar

De ovan genomgångna faktorer som påverkar beräkningarna av vattenbalansen är:

evaporationens storlek
val av gröda
grödans utvecklingsstadium
växtperiodens längd

På "tillgångssidan" upptas vattentillskottet från nederbörden.

Kraftiga variationer i nederbörd

De naturliga variationerna i nederbörd är större i torrområden än i delar av världen med fuktigare klimat. Så drabbades t ex Sahelområdet av torrår i början av 1970-talet, efter ett tiotal regnriska år.

Vid en planering av bevattning måste alltså största hänsyn tas till de torraste åren, då vattnet verkligen blir den begränsande faktorn. Bevattningens syfte bör helt enkelt vara att få en utjämning av vattentillgången mellan olika år.

"Effektiv nederbörd"

Ett lätt regn som faller på en uttorkad ökenjord, löper stor risk att helt förloras i evaporation. Också vid mycket kraftiga oväder kan den uttorkade jorden förbli torr under ytskiktet. Detta beror på att nederbörden är så häftig att det mesta vattnet rinner bort längs markytan.

Begreppet "effektiv nederbörd" beskriver hur mycket det ska regna för att vatten ska tränga ner till 10-20 cm djup.

Den "effektiva nederbörden" utgör vanligen ungefär en tredjedel av den årliga nederbörden (Bagnold 1954).

I bevattningsplanering kan man t ex räkna med den effektiva nederbörden för vegetationsperioden under några på varandra följande torrår.

"In most cases (systematic and reliable) data are not available. This results in designing projects..... through guesswork"

Tanzanisk bevattningsexpert

Vattenkvantitet

Det är alltså möjligt att med viss exakthet beräkna storleken på det vattentillskott som växterna är i behov av. Den vattenmängd som i verkligheten måste tillföras genom bevattning bör dock oftast vara mycket större.

Rena förluster

I alla ytbevattningssystem förekommer förluster av vattnet på dess väg till grödan. I den vanligaste formen av distributionskanal, som är ett otätat jorddike, kan förlusterna uppgå till 60-70 % av det tillförda vattnet.

Verkningsgraden för olika bevattningsmetoder varierar. Effektivast arbetar sprinklers där 60-80 % av vattnet kommer grödan tillgodo, men vanligare är en verkningsgrad på 30-60 %.

Lakningsbehov

Ett alltför vanligt misstag vid bevattningsplanering är därför att man underskattar vattenåtgången. Speciellt allvarliga följder kan en sådan underskattning få i arida och semiarida områden. Där är det nämligen nödvändigt att bevattna med betydligt större mängd vatten än vad växterna tar upp. Detta för att laka ur de salter som annars lagras i rotzonen.

Vattenkvalitet

Om det vatten som tillförs marken vid bevattning dessutom är förorenat av salter, leder detta till ytterligare försaltning av jorden. Det allvarliga problem som försaltningen innebär för bevattningsjordbruket, finns närmare beskrivet i kapitel 8.

Vattnets innehåll av sediment (silt) är också en viktig kvalitetsegenskap. Ju mer fina jordpartiklar och organiskt material vattnet innehåller, desto större blir jordförbättringsvärdet. Men ett sedimentbemängt vatten kan vara svårt att använda på grund av igensättning av kanaler och bevattningsutrustning. Sedimentavlagringar minskar också lagringskapaciteten i reservoarer.

Att hushålla med vatten

Att den ringa nederbörden har stor betydelse för människorna i de allra torraste områdena på jorden illustreras av det faktum att i Sahara drunknar procentuellt fler människor än någon annanstans i världen. Förklaringen till denna paradox ligger i att människorna här bosätter sig i de uttorkade floddalarna som flödar någon gång med många års intervall.

Falkenmark & Forsman 1966

Kännetecknande för nederbörden inom de arida områdena i världen är att den uppträder som enstaka och våldsamma oväder.

Endast en del av vattnet tränger ner i marken och kommer växternas rötter tillgodo. Resten rinner bort längs markytan som är dåligt skyddad av den knappa växtligheten. Risken för jordrörelse (erosion) är stor. Den mindre mängd vatten som har infiltrerat det översta jordlagret avdunstar dessutom mycket snabbt på grund av den höga temperaturen.

Under sådana förhållanden är det naturligtvis livsavgörande att på alla tänkbara sätt försöka öka infiltrationen och minska ytavrinningen.

VATTENHUSHÅLLANDE ÅTGÄRDER

Det finns många olika sätt att minska ytavrinningen och öka markens innehåll av vatten. Gamla beprövade åtgärder är att bygga terrasser i sluttningar eller att odla längs konturen på sluttningen. Att plantera träd är en annan metod som också medför förbättrad vattenhushållning och minskad erosionsrisk.

Nedan följer en mer detaljerad beskrivning av tre olika vattenhushållande åtgärder.

"Run-off farming"

Under mycket torra förhållanden är vattenbesparande åtgärder som terrasser, konturodling eller trädplantering inte tillämpbara. Nederbörden räcker helt enkelt inte till för odling.

Då gör man det omvända, dvs vidtar åtgärder för att öka ytavrinningen och minska markinfiltrationen i vissa områden. Det vatten som då anrikas försörjer sedan lägre liggande mindre områden med vatten.

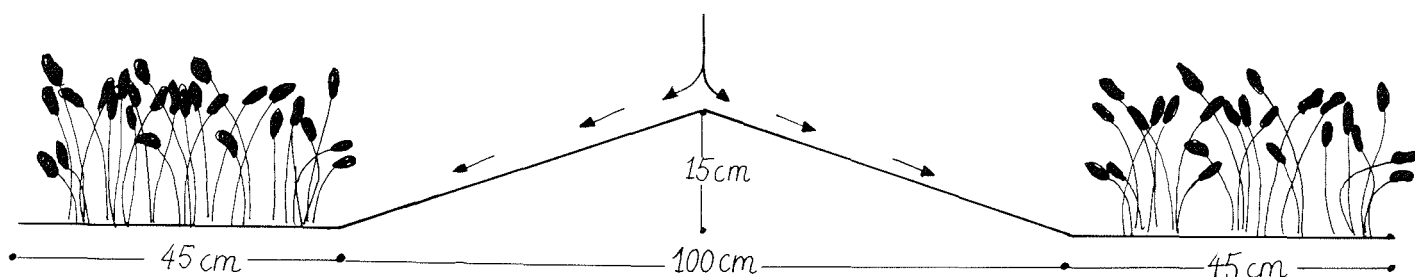
Nabateaner-kulturen, ett kungarike som sträckte sig från Damaskus i Syrien till nuvarande Saudiarabien, utvecklade tekniken för "run-off farming". Detta skedde mellan år 200 f.Kr och år 700 e.Kr.

Moderna experiment har visat att systemet fungerar bra under förutsättning att storleksförhållandet mellan uppsamlings- och odlingsområde är väl avvägt.

I Israels moderna lantbruk tillämpas "run-off farming" bland annat i fruktträdsodlingar.

Odling i mikrorelief

Detta är en form av run-off farming i miniatyr. Mellan odlingsraderna byggs vattendelare som täcks med vattentätt material och sedan försörjer radgrödan med vatten.

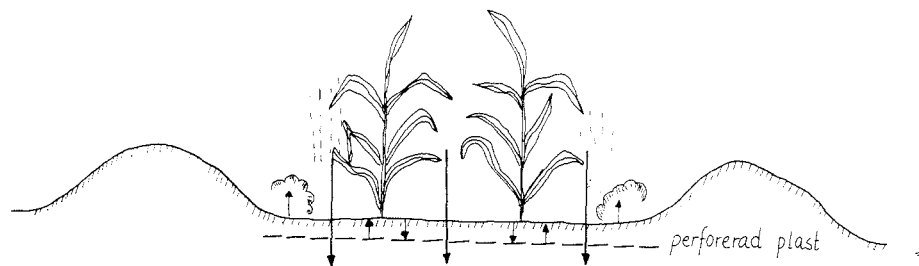


Storleksförhållandet mellan odlingsraderna och uppsamlingsremsorna beror på den årliga nederbördens storlek. Men vanligen bör uppsamlingsområdet vara minst dubbelt, ibland fyra gånger så stort som odlingsraden.

Fuktighetsfälla av plast

Fuktighetsfällan är en mycket enkel och billig metod som utvecklades i Sudan på 1960-talet.

Ett mycket tunt perforerat plastskikt täcks med fem centimeter jord. Runt om byggs små vallar.



När det regnar genomfuktas det översta jordlagret och överskottet passerar ner genom hålen i plasten. Efter regnet torkar det översta markskiktet mycket snabbt, men plasten förhindrar evaporation från djupet. Upprepade lätta regn tillför marken under plasten tillräcklig fuktighet för att försörja en gröda.

Var ska bevattningsvattnet tas ifrån?

Det vatten som används vid bevattning kan ha olika ursprung. Antingen nyttjas flodernas och sjöarnas vatten, som kallas ytvatten, eller också pumpas grundvattnet från stora markdjup.

Globalt sett är utvinningen av grundvatten för bevattning av grödor av helt underordnad betydelse jämfört med utnyttjandet av ytvatten. Men det finns idag ett stort intresse för att, där så är möjligt, kombinera de båda vattenresurserna.

GRUNDVATTEN

Även om grundvattnets betydelse för världens hela bevattningsjordbruk är ringa, utgör grundvattnet den huvudsakliga vattenkällan i torra områden.

Tunisiens vattenanvändning är till 95 % beroende av grundvatten. I Marocco är motsvarande siffra 75 % och i Israel 70 %. Saudiarabien saknar ytvattentäkter och är därför helt beroende av grundvatten för sin vattenförsörjning.

Nybildning

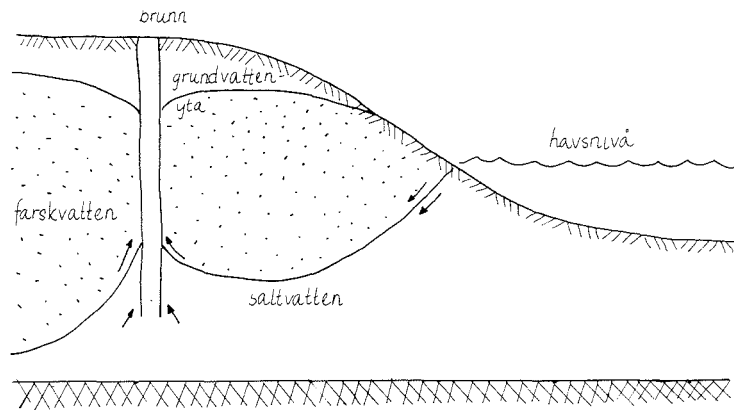
I humitt klimat ombesörjer den rikliga nederbörden nybildningen av grundvatten, men i arida områden är andelen nederbörd som når grundvattenmagasinet mycket liten (ca 5 % av en årsnederbörd på mindre än 200 mm).

Grundvattenutvinning

I torra områden kan det därför vara riskabelt att pumpa grundvatten.

Saltvatteninträngning

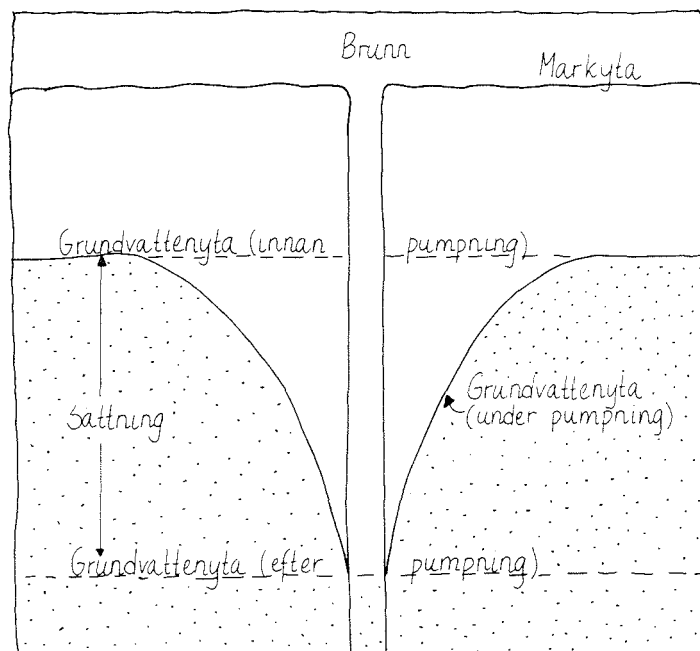
I kustområden kan saltvatten tränga in i grundvattenmagasinet. Orsaken till detta är de alltför stora vattenuttag som leder till att grundvattennivån blir lägre än havsnivån.



Marcksättning

Överuttag av grundvatten leder till att grundvattenytan sänks.

De tidigare vattenfyllda porerna kan då sjunka samman och den överliggande marken drabbas av sättningar.



I Kaliforniens största jordbruksområde, San Joaquin Valley, är sättningen p g a överuttag av grundvatten 26 cm/år.

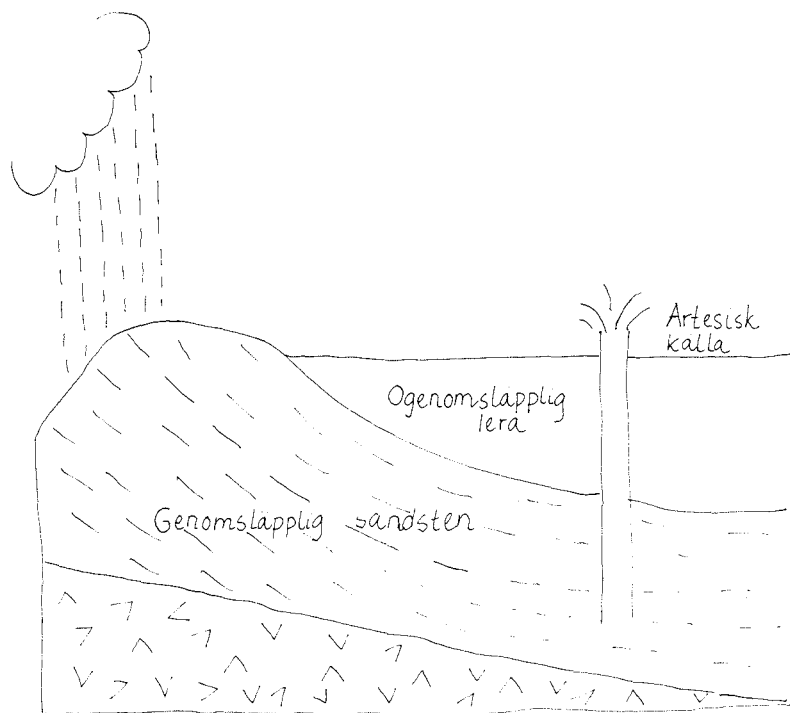
Gamla och nya metoder för att utvinna grundvatten

Människorna har utvecklat olika metoder för att kunna utnyttja grundvattnet för sin vattenförsörjning. Nedan följer en beskrivning av traditionell och modern utvinning.

ARTESISKA VATTENKÄLLOR

I områden med omväxlande lager av ogenomsläppligt och genomsläppligt material uppträder grundvattnet ofta under självtryck, s k artesiskt vatten.

Det genomsläppliga skiktet går i dagen på högre höjd. Där fyller nederbörden på skiktets vattenförråd. Vattnet perkolerar sedan djupt ner i marken där det hålls under stort tryck under tyngden av överliggande vatten.



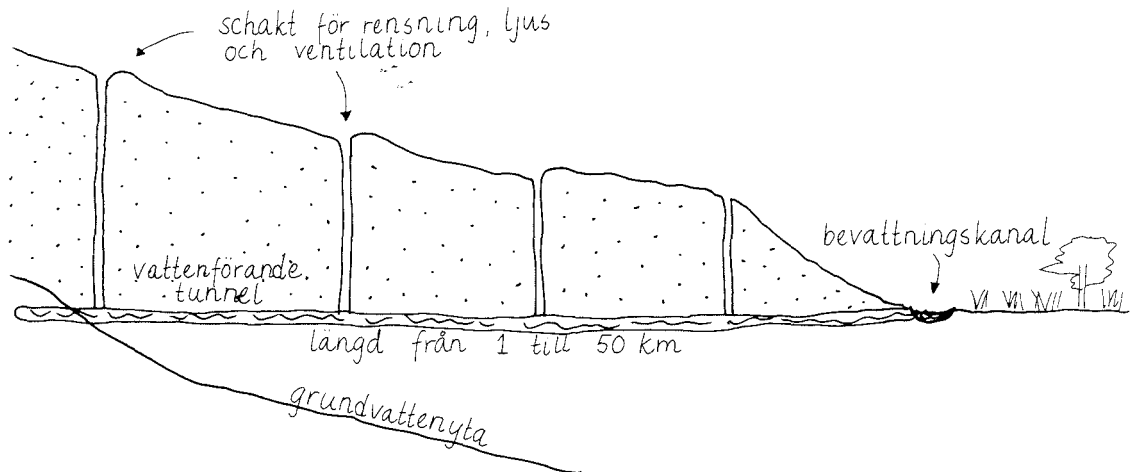
Om man borrar brunnar ner till grundvattnet kan självtrycket vara tillräckligt stort för att pressa vattnet ända upp till markytan. Många oaser i Sahara ligger där artesiskt vatten på naturlig väg har trängt upp till markytan.

KANAT - EN URÅLDRIIG UTVINNINGSMETOD

Kanat, är ett gammalt semitiskt ord ur vilket ordet "kanal" senare bildats.

En kanat består av

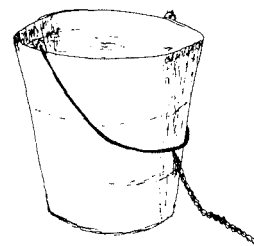
- * en huvudbrunn
- * en svagt sluttande underjordisk tunnel från huvudbrunnen till ett lägre liggande utlopp vid markytan
- * ett varierande antal schakt för ventilation och rensning



Kanatsystem är fortfarande i användning på många håll i världen. Som exempel kan nämnas Siang-Kiang provinsen i Kina där 20 000 ha jordbruksmark bevattnas med vatten från kanat-system.

GRÄVDA BRUNNAR

I tusentals år har människor grävt brunnar till grundvattnet. De gamla brunnarna har ofta varit dåligt underhållna, läckande och smittospridande. I bl a Indien och Afganistan har man på senare tid satsat på förbättring av gamla grävda brunnar. De bakterie- och parasitbemängda brunnarna förvandlas till hygieniska och säkra vattentäkter med hjälp av moderna material och redskap.

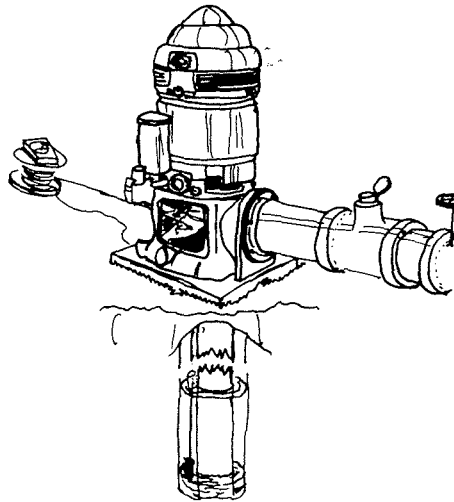


Kostnaderna för grävda brunnar är små och de kan konstrueras och skötas av nästan utbildad arbetskraft.

Grävda brunnar kan nå grundvatten ned till 100 m djup, men är i praktiken begränsade till 15 - 20 meter. Det är nämligen mycket svårt att lyfta stora mängder från större djup med enkla metoder.

DJUPBRUNNAR

På senare tid har grävda brunnar på många håll ersatts av rörbrunnar.



En rörbrunn består av ett borrarat hål klätt med ett smalt perforerat rör (diameter ca 30 cm). Vattnet tränger in i röret och lyfts till markytan med hjälp av en nedsänkt el-driven pump.

Utvecklingen av borrarutrustning för djupbrunnar och av djupbrunnspumpar medförde en revolution för utvinningen av grundvatten. I rörbrunnar kan man nämligen pumpa mycket stora mängder vatten från djupt liggande vattenmagasin.

Den stora vattenmängden från en enda brunn förutsätter ofta en samverkan mellan flera jordbrukare, t ex i form av kooperativ.

Att använda grundvatten för bevattning har både för- och nackdelar

Grundvattenuttag har vissa fördelar jämfört med ytvattenanläggningar. Ett bevattningssystem för grundvatten kräver t ex inget omfattande distributionsnät, eftersom vattentäkten ofta ligger mitt i användningsområdet. Dessutom är variationerna i vattentillgången mellan olika år mindre varför också fleråriga (perenna) grödor kan bevattnas.

Den största fördelen med grundvattenutvinningen är att vattnet, genom att det lagras under jord, inte är utsatt för vattenförluster genom avdunstning, igensättning med sediment och spridning av sjukdomar.

Till nackdelarna med grundvattenpumpning måste räknas de höga energikostnaderna. Ytvatten kan tvärtom i många fall användas för att producera energi.

Den viktigaste begränsningen för grundvattenutnyttjande i arida områden, är vattenmagasinets utarmning. Grundvattenförrådet består av fossilt vatten som ansamlats under många år och om uttaget överstiger infiltrationen kommer vattenreserven förr eller senare att uttömmas.

Grundvattenuttagen accelereras

En ökad tillgänglighet på grundvatten medför en ökad jordbruksproduktion och en större befolkning, som i sin tur kräver mer vatten. Södra Kaliforniens vattenkris är ett exempel på sådant accelererat grundvattenuttag.

Lagring och distribution av bevattningsvattnet

I ett bevattningssystem utgör själva bevattningen av grödan, endast en av systemets funktioner. Systemet ska också sörja för lagringen av vattnet och dess distribution till fältet där det ska användas. Bevattningssystemet bör även omfatta en kontroll av vattnet sedan det har passerat grödans rotzon. Dränering som åtgärd för att bortskaffa vattnet och undvika försaltning behandlas i kapitel 8.

LAGRING AV VATTEN

Om bevattningssystemet nyttjar grundvatten, finns detta ständigt tillgängligt för användning. Men om bevattningen sker med ytvatten, uppkommer behovet av att lagra vattnet under längre tider.

I torra områden där regnen är sporadiska och flodernas vattenflöde varierar kraftigt, har människorna under årtusenden utvecklat olika lagringsmetoder.



Underjordisk reservoar, Masada, Israel

En modern damm

Den moderna dammanläggningen reglerar de stora flodernas vattenflöde. Dessutom byggs dammen så att dess vattennivå ligger högre än det fält som ska bevattnas. Då kan vattnet ledas med självfall fram till och ut på fältet.

Reservoaren byggs antingen direkt i floden, t ex Assuandammen, eller vid ett biflöde till floden. Gigantiska dammanläggningar med tillhörande vidsträckta, konstgjorda sjöar har uppförts på många håll i arida områden. Dessa har utsatts för hård kritik, bland annat på grund av de mycket höga anläggningskostnaderna och det "extrema slöseriet med vatten" (Arnon 1972).

Stora vattenförluster genom avdunstning

Upp till 3/4 av det lagrade vattnet kan gå förlorat genom evaporation och det återstående vattnet löper stor risk att bli försaltat.

En intensiv forskning för att råda bot mot den stora avdunstningen pågår. En metod som fungerar tillfredsställande för medelstora reservoarer är att gjuta en tunn hinna på vattenytan. Någon teknik som förmår minska avdunstningen från mycket stora reservoarer har ännu inte utvecklats. I Assuandammen utgör evaporationen en tiondel av Nilens hela flöde.

Dammarna fylls på med sediment

När vattnet når magasinen minskar strömningshastigheten, vilket leder till att sediment avsätts på botten.

I Sydafrika finns det reservoarer som helt har fyllts med sediment på tio till tolv år. I USA räknar man med en livslängd på 100 till 200 år för de stora reservoarerna. Men också här finns exempel på reservoarer som har blivit helt igenslammade på några få år.

När sediment fångas upp av dammen påverkas även nedströmsområdena så att den årliga jordförbättringseffekten uteblir och erosionen tilltar.

De stora dammanläggningarna kan säkra livsmedelsproduktionen för många människor, men de har också haft sidoeffekter som drabbat samma människor hårt. De stora folkomflyttningarna har diskuterats tidigare. En annan mycket påtaglig konsekvens är spridning av vattenburna sjukdomar (kapitel 8).

DISTRIBUTION AV VATTEN

För distributionen av bevattningsvattnet från lagringsstället till fältet svarar ett system av kanaler. Distributionsnätet består i regel av huvudkanal, sidokanaler, bevattningskanaler och dräneringskanaler.

Huvudkanalen och sidokanalerna är oftast fasta jorddiken i ägo gränserna. Som regel saknar de tätning, vilket leder till att vattenförlusterna kan bli mycket stora. De största vattenförlusterna beror på perkolation genom dikesbotten eller läckage mot kanterna. Dessa förluster är ofta i storleksordningen 50 till 70 % av det tillförda vattnet. Genom evaporation från den öppna vattenytan går endast en mindre del av vattnet förlorat.

Bevattningskanalerna kan antingen vara permanenta eller tillfälliga. Här dämms vattnet upp med små dammluckor av järn eller trä och leds ut genom öppningar i dikesvallen.

Aluminiumrör i stället för jorddiken

I ett modernt bevattningssystem är kanalerna ersatta av rör. Dessa kan vara tillverkade av exempelvis järn, aluminium eller betong. Läckage- och avdunstningsförlusterna förhindras men systemet blir mycket kostsamt.

Att mäta vattnet

En annan viktig detalj i distributionen är uppmätning av den vattenmängd som tillförs varje brukningsenhet. Detta möjliggör en rättvis fördelning av vattnet till de olika brukarna och förhindrar också vattenförluster till följd av överbevattning.

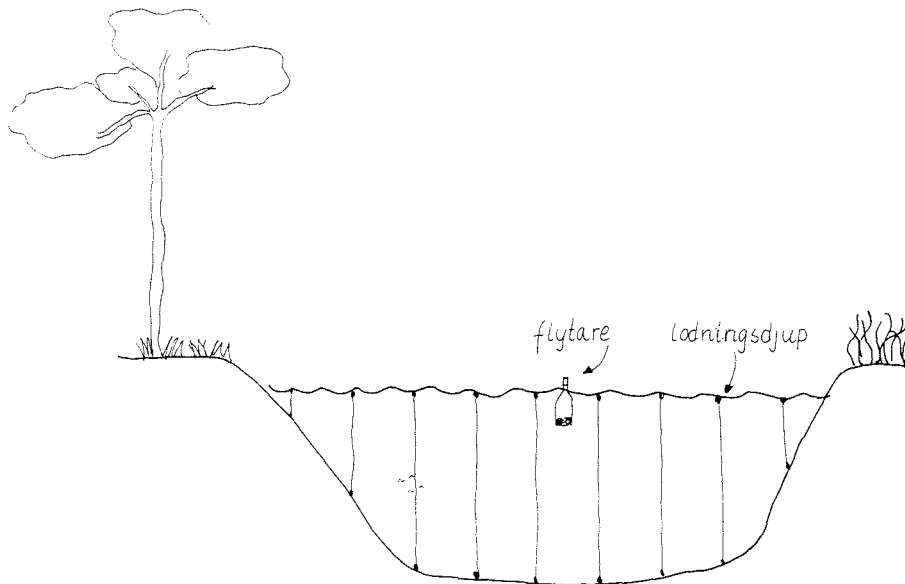
Man kan antingen mäta stillastående vatten (ex. $m^3 = 1000 \text{ l}$) i reservoarer eller rinnande vatten (ex. l/s) i floder eller bevattningskanaler.

I större vattendrag

Ett sätt att mäta rinnande vatten bygger på kännedom om tvärsnittsytan i vattendraget samt strömningshastigheten hos vattnet.

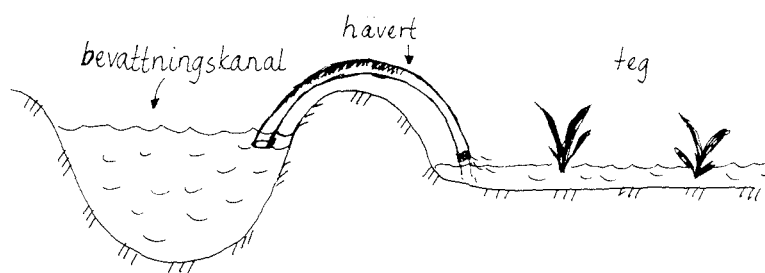
Ytan uträknas efter lodning och strömningshastigheten med hjälp av en sk flytare. Denna kan vara en flaska eller plastburk med lock innehållande en tyngd som gör att flytaren nästan helt nedsänks i vattnet.

Flytarens hastighet multiplicerad med vattendragets tvärsnittsytan ger uppgift om flödet i vattendraget.



Från bevattningskanalen till teger

Den enskilda bevattningsjordbrukaren är mindre behjälpt av formler. Han kan själv experimentera fram lämplig dimension på den hävert som överför vattnet från en gemensam bevattningskanal till den egna teger.

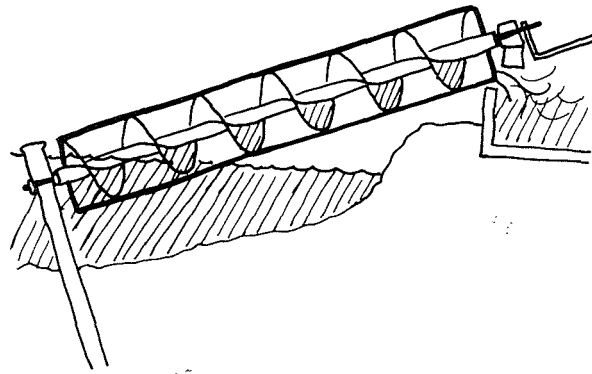


Syftet med experimentet är dels att teger tillförs exakt rätt mängd vatten och dels att nivån i bevattningskanalen inte sjunker så mycket att vattnet inte räcker till de jordbrukare som har tegar vid slutet av kanalen.

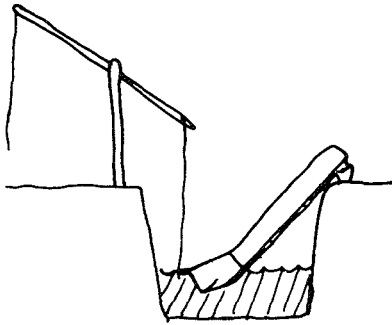
Att lyfta vattnet

I de allra mest primitiva bevattningsjordbruken distribuerades vattnet från källan till fältet med självfall. Men mycket snart insåg bevattningsjordbrukarna behovet av att kunna lyfta vatten.

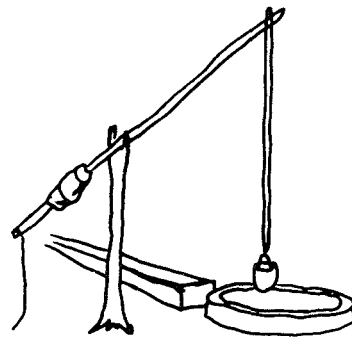
Nedan följer en genomgång av olika sätt att lyfta vatten.



Arkimedes skruv är mycket effektiv vid låga lyft (0,25 - 1,30 m).



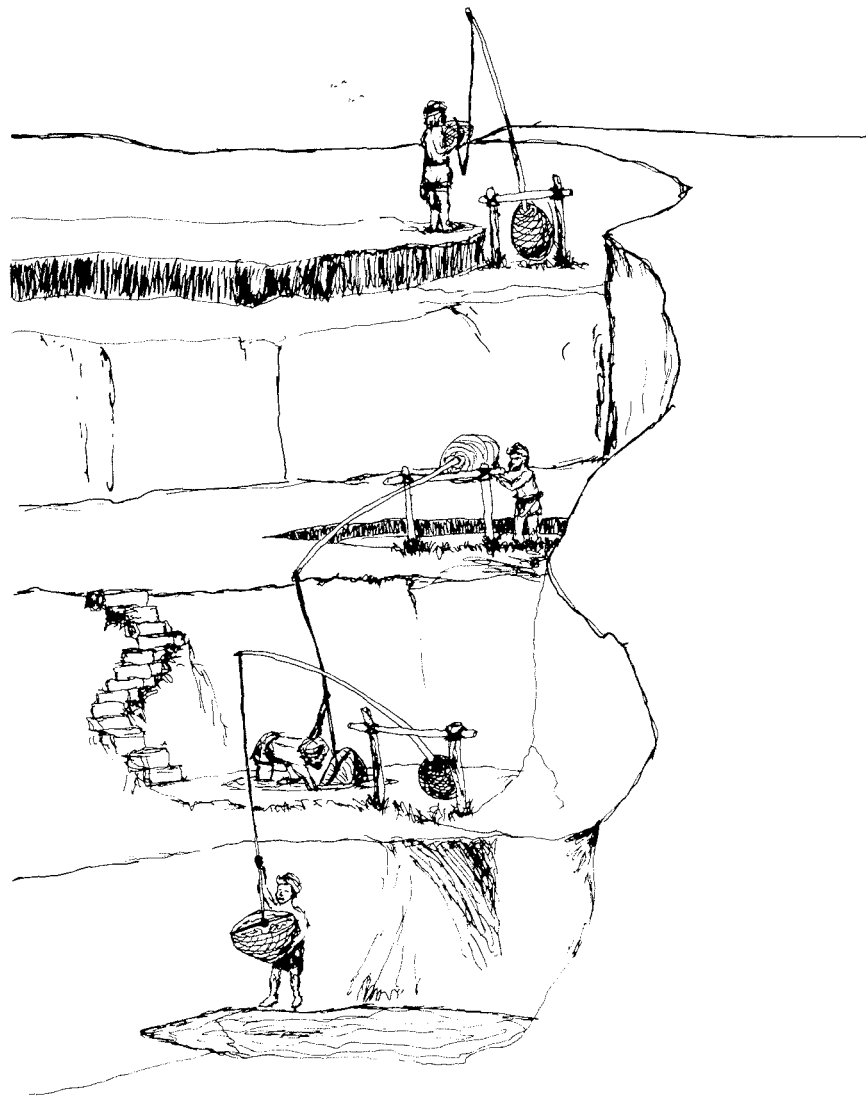
"Dall" från Indien



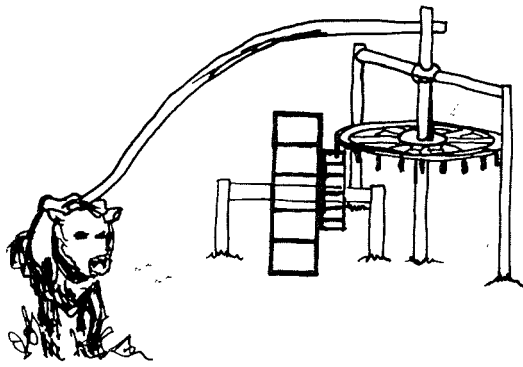
Pumpstock



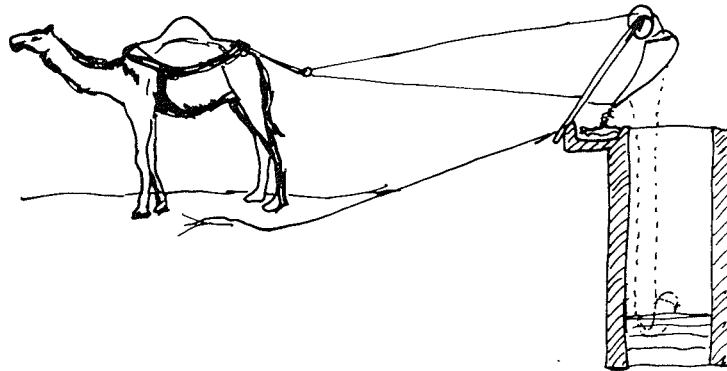
"Don" från Västbengalen



"Shaduf" från Egypten och Indien

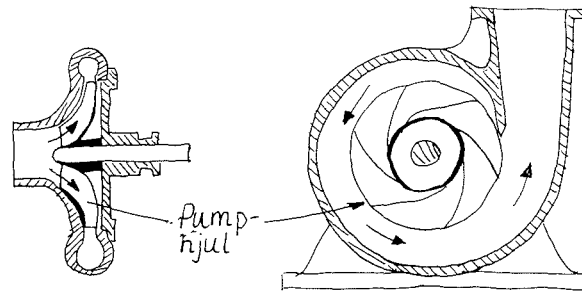


Det persiska hjulet



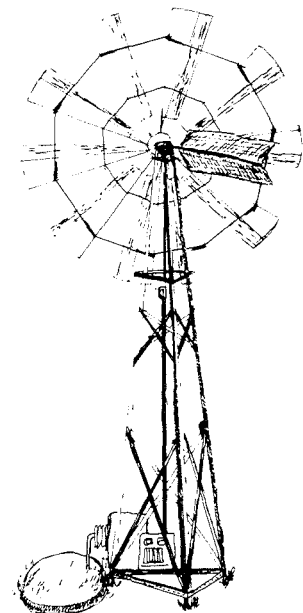
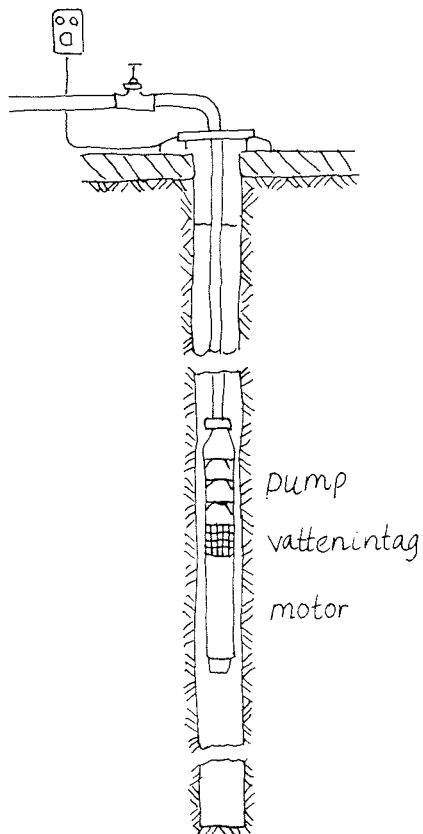
"Mot"

Centrifugalpump med ett pumphjul, lämplig att användas i t ex ett spridarbevattningssystem.



Pumpen består av ett eller flera snabbt roterande skovelhjul. Genom att välja antal pumphjul och varvtal, kan man anpassa vattenmängd, arbetstryck och verkningsgrad. Sughöjden är högst 6 - 7 meter.

Djupbrunnscentrifugalpump



I undervattenspumpar är pumpen och elmotorn sammanbyggda till en enhet som sänks ned i vatt-net. Själva pumpen består av ett varierande antal serie-kopplade skovelhjul

Väderkvarn som kraftkälla till pump.

Olika bevattningsmetoder

De tre olika bevattningsteknikerna är ytbevattning, underbevattning och bevattning genom besprutning.

YTBEVATTNING

Bassängbevattning (eng. basin irrigation)

Bassängbevattning är den bevattningsmetod som används mest och är lättast att förstå och tillämpa för småbrukare.

Den största delen av risodlingen i världen sker i bassänger (eng. paddy). Förutom ris lämpar sig också bomull, spannmål, majs, jordnötter och grönsaker för bassängbevattning. Olämpliga är grödor vars rotsystem kan ta skada av att stå i vatten.



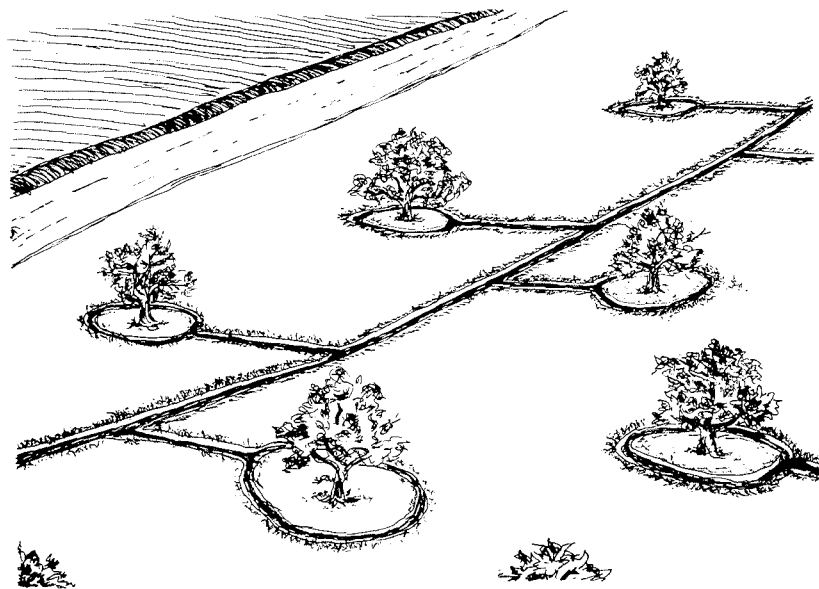
Stora eller små bassänger

Bassängerna kan vara av mycket varierande storlek, från en m^2 till flera ha. I fruktträdsodlingar kan man t ex bygga en bassäng runt varje träd.

Låga jordvallar, 15 - 50 cm höga, med inlopp och utlopp för vatten avgränsar bassängerna. Vatten fylls på till brädden och får tränga ner i marken.

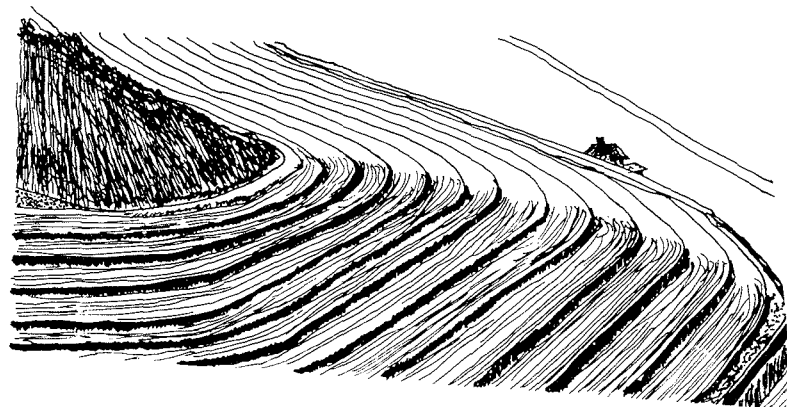
Vattnet tillförs bassängerna på två olika sätt. Antingen levereras det till varje bassäng direkt från en kanal eller också rinner vattnet från bassäng till bassäng. Den senare metoden kan användas till grödor som står i vatten.

För att uppnå en jämn fördelning av vattnet ska varje bassäng vara plan.



Bassänger på sluttningar

Slätt landskap passar alltså bäst för denna bevattningsmetod, men också sluttningar kan bassängbevattnas. Detta under förutsättning att ytplanering kan utföras utan att bringa alven i dagen.



Sluttande mark under bassängbevattning.

Om marken är mycket plan, kan det dock bli svårt att föra bort överskottsvatten. Faran med detta är att vattnet då kan medverka i spridningen av sjukdomar och även försena odlingen.

Mindre bassänger på sandjordar

De flesta jordar kan bassängbevattnas men bäst passar denna typ av bevattning på lerjordar. Man eftersträvar nämligen ett jämnt vattendjup över hela markytan. Eftersom vattenförlusterna genom perkolation är mycket små i lerjordar, kan bassängerna då vara ganska stora. I en sandjord däremot, rinner vattnet snabbt ner genom marken. Om ett jämnt vattendjup ska upprätthållas måste därför bassängerna vara små på sandjordar.

Begränsad rörelsefrihet

Den största nackdelen med bassängbevattning är att rörelsefriheten för djur och lantbruksmaskiner begränsas.

Tegbevattning (eng. border-strip irrigation)

Fältet delas in i tegar som kan vara mellan 2 och 30 meter breda och 100 till 800 meter långa. Låga vallar, i allmänhet högst 30 cm höga hindrar vattnet från att rinna över kanterna när tegarna svämmas.

Vattnet tillförs tegens övre del och flyter med jämnt djup och full bredd nedför tegen. När vattnet når tegens nedre del bör bevattningen vara slutförd och vattnet i det närmaste förbrukat.

Svämningen kräver ett relativt stort vattenflöde, eftersom hela tegen täcks med vatten.



Den viktigaste fasen inom tegläggningen är ytplaneringen inom varje teg, så att tegen inte lutar i sidled.

Tegbevattning lämpar sig för lutningar upp till 2 %. *Lätta jordar kräver större lutning och kortare tegar än lerjordar, och vallgrödor tillåter större lutning än andra grödor.

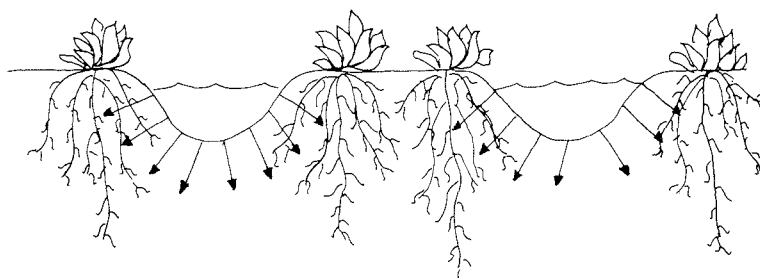
*Lätta jordar; uttrycket syftar på att en sandjord bjuder litet motstånd när ett redskap dras genom den. Lerjordar är tunga jordar.

Tegbevattning är en svår metod för små jordbrukare och passar egentligen bäst för exempelvis laserplanerade fält.

Fårbevattning (eng. furrow irrigation)

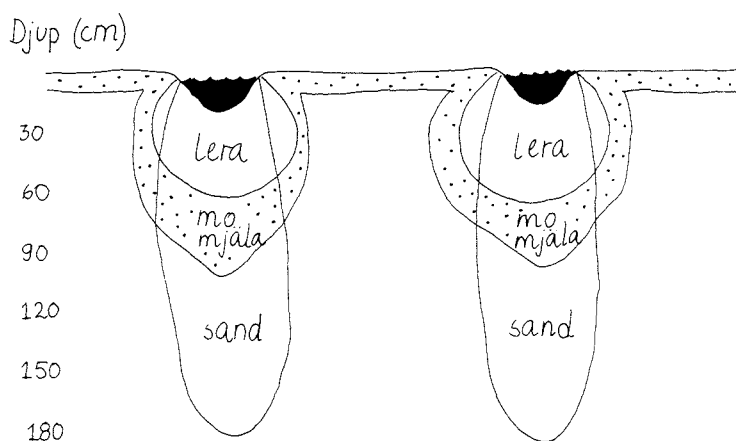
Fårbevattning går till så att fåror leder vattnet nedför svagt, jämnt sluttande mark. På vallarna mellan fårorna odlas radsådda grödor som potatis, majs, bomull eller tomater.

I motsats till vid bassäng- och tegbevattning täcks bara hälften eller mindre än hälften av markytan med vatten vid fårbevattning. Detta innebär större möjligheter att kunna bearbeta jorden och att detta kan ske med mindre ältning och packning av jorden.



Fårornas längd

Längden på fårorna beror på jordens infiltrationsförmåga, markens fall och vattenflödets storlek.



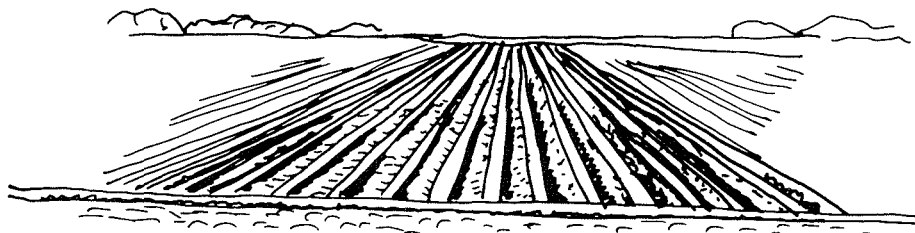
Långa fåror är mer ekonomiska än korta men kan resultera i förluster av vatten till djupare lager än rotzonen. Dessutom kan erosion ske i fårornas övre del.

Tabell: Lämplig max. längd på fåror, m

| Marklutning % | Lerjordar vattengiva(mm) | | Moiga, mjälige lättleror | | Sandjordar | |
|------------------|-----------------------------|-----|-----------------------------|-----|------------|-----|
| | | | | | | |
| | 200 | 300 | 100 | 200 | 75 | 125 |
| 0,05 | 400 | 400 | 270 | 400 | 90 | 190 |
| 0,1 | 450 | 500 | | | | |
| 0,2 | 510 | 620 | | | | |
| 0,3 | 570 | 800 | 400 | 600 | 220 | 400 |
| 0,5 | 540 | 750 | | | | |
| 1,0 | 450 | 600 | | | | |
| 1,5 | 400 | 500 | | | | |
| 2,0 | 320 | 400 | 250 | 340 | 90 | 190 |

Erosionsrisk

Vid fårbevattning är det svårt att förhindra viss erosion. Därför bör lutningen helst vara mellan 0,2 och 0,6 %. Om fältet lutar mer, läggs fårorna längs konturerna på sluttningarna.



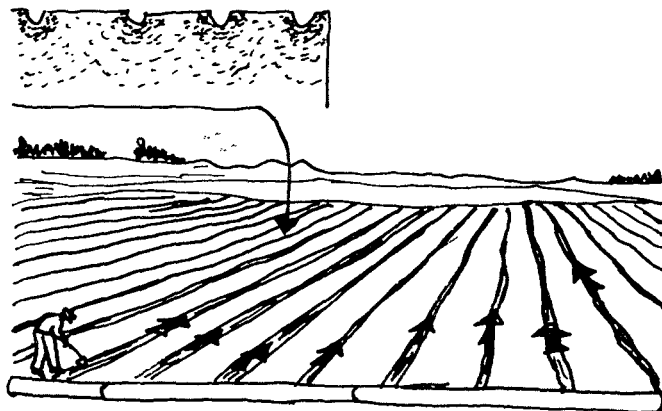
Fårbevattning på plan mark och....



...längs konturerna på sluttande mark.

Korrugationsbevattning (eng. corrugation irrigation)

Denna metod är en variant av fårbevattningen. Vattnet tillförs i smala och grunda fåror som är placerade med stort avstånd (50 - 150 cm) från varandra.



Vall är en lämplig gröda vid korrugationsbevattning.

Ingen erosionsrisk

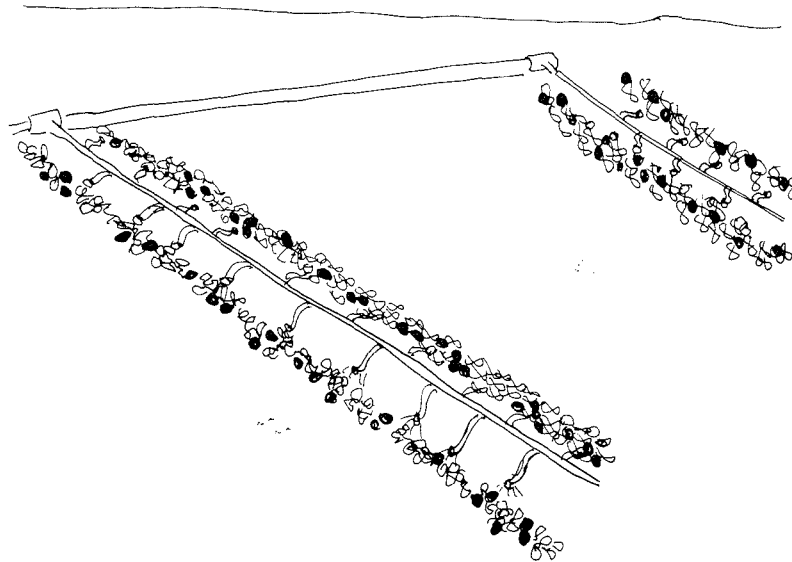
Ett litet vattenflöde tillförs fårorna under en längre tid (8 - 48 timmar). Vattnet infiltrerar sidledes och förs till markytan genom kapillär stigning. Detta gör det möjligt att bevattna kraftigt sluttande mark utan risk för erosion.

Risk för försaltning

Det största problemet med korrugationsbevattning är den stora risken för försaltning av jorden. Detta beror på att när stora mängder vatten används stiger grundvattenytan. Salter avlagras då genom den kapillära upptransporten. Detta förstärks ytterligare eftersom det finns en tendens till överbevattning. Det är nämligen inte ovanligt att man vattnar ända till dess att man ser att hela markytan är våt.

Droppbevattning (eng. trickle-, drip- eller dribble irrigation)

Vid droppbevattning tillförs grödan vattnet genom att det droppar från munstycken. Vattnet, som förs till munstyckena genom smala plaströr placerade i grödans rader, tillförs i en mängd av ca 2 - 10 l i timmen. Problem med igensättning av munstyckena kan förhindras genom att vattnet filtreras.



Droppbevattning är idag den ur vattensynpunkt mest effektiva bevattningsmetoden. Effektiviteten är ibland över 90 %, dvs förlusterna är endast 10 % av allt tillfört vatten.

Investeringskostnaderna för droppbevattning är mycket höga, varför metoden nästan enbart används i specialodlingar som exempelvis frukt-, bär- och köksväxtodlingar.

Okontrollerad överstrilning (eng. wild flooding)

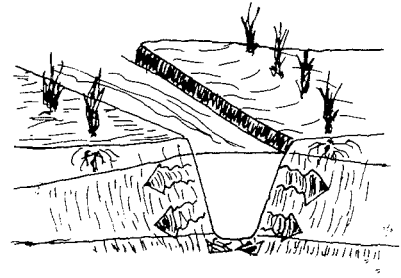
Okontrollerad överstrilning av mark kräver en relativt stark lutning. Vattnet släpps på från några ställen vid övre kanten på en sluttning och får tämligen okontrollerat svämma nedför sluttningen.

Metoden tillämpas mest i primitivt jordbruk, men kan också användas vid bevattning av skogsplanteringar eller andra odlingar av grödor som tolererar en ojämn vattentillförsel.

Vid okontrollerad överstrilning är risken för erosion mycket stor.

UNDERBEVATTNING

Underbevattning går till så att man höjer eller stabiliserar grundvattnet till en viss nivå. I praktiken innebär metoden att man höjer vattennivån i diken och kanaler genom att bygga små regleringsdammar. Den kapillära stigningen transporterar då fuktigheten upp i rotzonen jämnt över hela fältet.



Eftersom vattentillförseln sker underifrån, når endast en liten mängd vatten upp till markytan. Detta minskar avdunstningsförlusterna och förekomsten av ogräs.

För att markinfiltrationen ska fungera måste marken i hela rotzonen vara likartad och genomsläpplig. Den naturliga grundvattenytan bör ligga nära markytan eller också ska alven vara så tät att vattnet hindras från att sjunka ner i grunden.

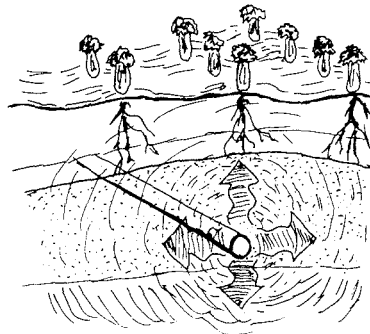
Underbevattning kan ske genom täckdikningssystemet....

Täckdikningssystemet, vars funktion är att bortskaffa överflödigt vatten under våta perioder, kan i torrtider användas för bevattning genom markinfiltration.

Genom att kontrollera rörsystemets utflöden, kan man vidmakthålla grundvattnet på ett djup som är lämpligt för växtligheten.

... eller genom speciella plaströr

Ett annat sätt att tillföra vatten underifrån är genom nedgrävda, porösa plaströr.



För att fungera effektivt måste plastledningarna ligga lika tätt som fårorna i ett fårbevattningssystem (Stern 1979). Metoden är därför mycket kostsam.

Underbevattning i mycket liten skala

De underbevattningsmetoder som har beskrivits ovan kräver mycket stora investeringar och passar därför inte i stora delar av världen.

Men det finns också småskaliga metoder för bevattning av grödor underifrån. Ett sätt är att använda oglaserade brända lerkrus, som är billiga och lättåtkomliga i många utvecklingsländer.



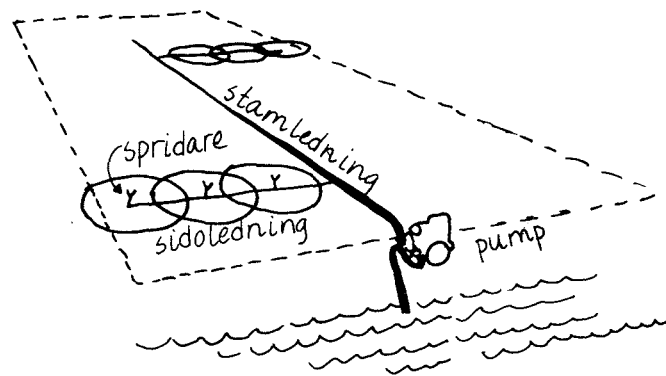
Kärlet grävs ned till halsen i marken och fylls med vatten. Runt om sår man grönsaksfröer. Genom kärlets porösa väggar kommer tillräckligt med vatten för att underhålla växtligheten att sippra ut. Vid experiment i Indien har man på detta sätt odlat pumpa och melon till mognad under tillförsel av mycket små mängder vatten.

BEVATTNING GENOM BESPRUTNING

Den metod som tillför grödan vatten uppifrån brukar benämnas "bevattning genom besprutning". Det är den teknik som mest efterliknar det naturliga regnet.

Spridarbevattning (eng. sprinkler irrigation)

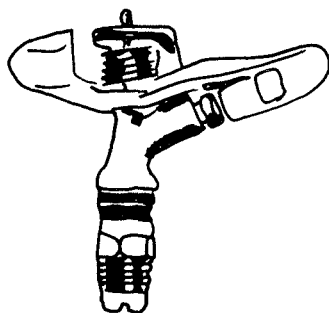
Vid spridarbevattning transporteras vattnet under tryck i ledningar fram till spridarna och fördelas sedan som ett spray i luften. De vanligaste spridarbevattningssystemen består av pump, stamledning samt sidoleddningar med spridare. Spridarna sitter på 1 - 2 m höjd och med jämna avstånd på sidoleddningarna.



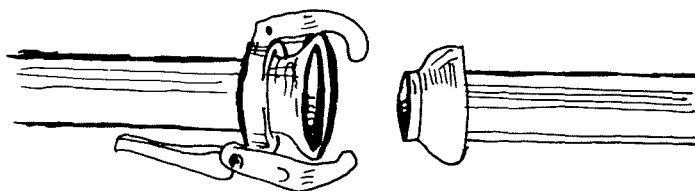
Enkelt spridarbevattningssystem

Bevattningsrör

Bevattningsrören kan antingen vara nedgrävda i marken eller helt eller delvis flyttbara. De helt flyttbara rören är uppdelade i sektioner och försedda med lätthanterliga kopplingar. Denna typ av rör lämpar sig bäst för mindre arealer.



Roterande spridare



Rör med snabbkoppling

Bevattning i cirkel

Den vanligaste spridaren är försedd med ett munstycke och roterar långsamt med hjälp av det vatten som passerar genom spridaren. Bevattningen sker i en cirkel. Genom att placera spridarna så att de bevattnade ytorna överlappar varandra till 50 %, uppnår man en relativt jämn fördelning av vattnet.

När en remsa av fältet har bevattnats, flyttas hela ledningen i sidled för bevattning av en ny remsa. Sidoledningens längd begränsas av fältets utseende och storlek samt av tryckfallet i ledningen. Tryckskillnaden mellan den första och den sista spridaren bör inte överstiga 10 %.

Olika arbetstryck

Man kan dela in spridarbevattningssystemen i grupper, beroende på deras olika arbetstryck.

Högtryckssystemen (5 - 10 atmosfärers tryck) har stora kostnader för utrustning och energi. De lämpar sig bäst för högt växande grödor som exempelvis sockerrör.

Mellantryckssystem (2 - 5 atmosfärers tryck) används för vanlig fältodling.

För fruktträdsodlingar och för jordar med hög infiltrationskapacitet passar däremot lågtryckssystem (1 - 2 atmosfärers tryck) bäst.

Fördelar med spridarbevattning

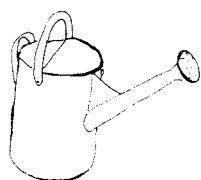
Spridarbevattning är användbar vid högst varierande lutningsförhållanden, jordar och grödor. Inga öppna bevattningskanaler begränsar den odlade arealen och ingen ytplanering behöver tillgripas. Vinsten består dels i inbesparade ytplaneringskostnader och dels i att man undviker den landskapsförändring som annars är vanlig i samband med anläggning av bevattningssystem. Till fördelarna med spridarbevattning hör också den jämna vattenfördelningen och att vattenåtgången kan kontrolleras så att överanvändning undviks. Trots att systemet medför god saltkontroll, är marker under spridarbevattning ofta försaltade. Det beror främst på att man sparar på vattnet genom att tillföra precis så mycket som grödan kräver och bortser från vattenbehovet för utlakning av salter ur rotzonen.

Höga kostnader

Till nackdelarna hör att avdunstningsförlusterna, inom arida områden är stora, och att starka vindar kan ge en ojämn vattenfördelning.

Dessutom är investeringskostnaderna för spridarbevattning mycket höga, vilket utgör den största begränsningen för metodens användbarhet i utvecklingsländer.

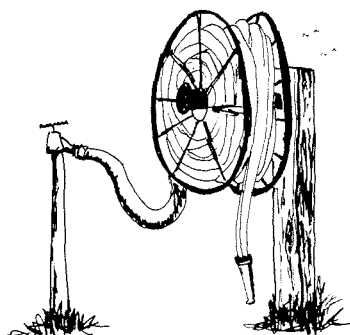
Vattenkannen



Vattenkannen är egentligen det enklaste hjälpmedlet vid bevattning genom besprutning och den används mycket inom småskalig trädgårdsodling i tempererade områden.

I tropiska och subtropiska områden är den däremot inte särskilt vanlig. En odlare vars jordlott ligger mycket nära en flod eller kanal kan med vattenkanna sköta bevattningen av ungefär 500 m². Om vattentäkten ligger 100 m längre bort ökar arbetsåtgången till det dubbla. (Stern 1979).

Bevattning med slang



Om det redan finns ett vattenledningssystem tillgängligt kan man bevattna med slang. En person kan då utan svårighet sköta bevattningen av en relativt stor yta (800 - 1200 m²) (Stern 1979).

I utvecklingsländer där vattenledningsvatten ofta är en bristvara kan det dock vara svårt att få tillgång till detta vatten för bevattning av grödor.

Komplikationer i bevattningsjordbruket

Speciellt under den senaste tjugoårsperioden har många storslagna bevattningsprojekt i utvecklingsländer skapats bl a genom bistånd. Men trots att givarländerna har bidragit med stora penningssummor och sin bästa tekniska expertis, nyttjas de flesta bevattningsprojekt endast till 50 % av sin kapacitet. Det betyder att "100 miljoner ha jordbruksmark som skulle kunna bevattnas står oanvända" (Widstrand 1978).

I detta sista kapitel ska behandlas två olikartade problem, nämligen försaltningen av jordbruksmark och vattenrelaterade sjukdomar, som båda innebär svåra komplikationer i bevattningsjordbruket.

SALTPROBLEMET

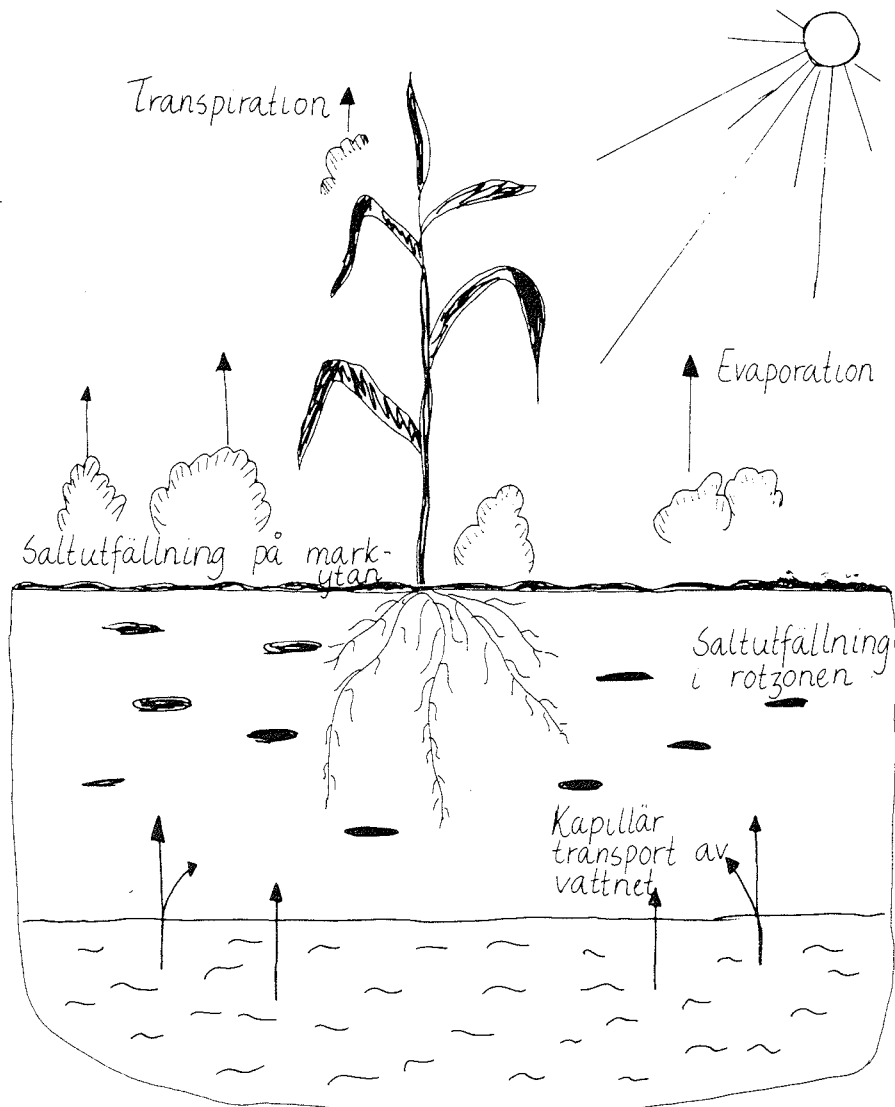
Överallt där man inom jordbruket nyttjar bevattning sker en anrikning av salter i rotzonen. I humitt klimat lakas salterna ut av nederbörden men inom arida områden kan bevattning på mycket kort tid leda till sådan akut salinisering av marken att växtodlingen måste upphöra.

Den onda cirkeln

De lågt liggande arida områden där bevattningsjordbruket är mest utvecklat kännetecknas av svår genomsläppliga jordar med svagt utvecklad markstruktur. Hög temperatur, starka vindar och låg luftfuktighet gör att avdunstningen är stor. När vatten evaporerar från markytan efterlämnas stora mängder salt i rotzonen. De arida jordarna är alltså saltpåverkade redan innan bevattningen införs.

Bevattningsvattnet hämtas från stora floder, som under sitt lopp genom bevattnade jordbruksbygder utsätts för saltanrikning. Flodvattnet kan småningom innehålla ansevärliga mängder salt.

Bevattningen av de dåligt dränerade jordarna medför ofta höjd grundvattensyta. Till detta bidrar också läckage från bevattningskanaler och andra vattenförluster som är en följd av dålig skötsel av anläggningarna. När grundvattnet sedan stigit till den nivå där det befinner sig i kapillär kontakt med rotzonen sluts den onda cirkeln. Ytterligare salter tillförs då rotzonen genom kapillär upptransport av salt grundvatten. Evaporationen ökar och mer salt utfälls på markytan.



Vattenkvalitet

På grund av det stora vattenunderskottet i ökenområdena används här ofta bevattningsvatten av dålig kvalitet (dvs med hög salthalt eller innehåll av vissa skadliga spårämnen t ex bor).

De vanligaste katjonerna (positivt laddade joner) i bevattningsvattnet är natrium, kalcium, kalium och magnesium. De förekommer oftast som klorider, sulfater och bikarbonater.

TSS beskriver saltinnehållet i vattnet

Ett uttryck för beskrivning av det totala innehållet av salter i bevattningsvattnet är TSS (total soluble salt-content). Det fås genom mätning av vattnets elektriska ledningsförmåga (konduktivitet). Men vissa salter är skadligare än andra och vissa kan även vara till nytta. TSS bör därför kompletteras med mätningar av olika grupper av joner.

Vad händer i marken?

När salthaltigt vatten tillförs kommer saltkoncentrationen i markvätskan att öka. Detta leder till att kalciumsulfat (CaSO_4), kalciumkarbonat (CaCO_3) och magnesiumkarbonat (MgCO_3) fälls ut, eftersom de är svårlösliga. I markvätskan får vi på så vis en proportionellt större mängd natrium jämfört med före bevattningen, och detta leder i sin tur till att adsorptionen av natrium på markpartiklarna blir större än före bevattningen.

Detta är allvarligt eftersom natrium förstör den goda koagulerade strukturen hos många saltpåverkade jordar genom igenslamning. Perkolationen försväras då och syretillgången försämras.

Eftersom mängden och andelen natrium på detta sätt har betydelse och eftersom närvaron av kalcium i bevattningsvattnet till viss del kan upphäva natriums negativa effekt på jordstrukturen, bör en annan beskrivning av vattenkvaliteten användas än TSS. SAR har visat sig lämplig

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{1/2(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})}$$

Så har man t ex i Centralasien, Mellanöstern och Nordafrika framgångsrikt bevattnat salttoleranta grödor med mycket kalkhaltigt vatten i stora mängder. Jordarna är här sandiga och mycket bra naturligt dränerade.

Andra bedömningar

Vattnets lämplighet för bevattning kan inte enbart bedömas efter formler. Stor betydelse har också jorden, grödan, bruksmetoder och andra lokala förhållanden.

Även vatten av förhållandevis god kvalitet kan alltså orsaka skada om det tillförs en ogenomsläpplig jord, medan bevattningsvatten med relativt hög salthalt kan användas på väl-dränerade jordar.

Salteffekt på grödan

Osmotisk effekt

Ökningen i osmotiskt tryck i markvätskan på grund av höjd saltkoncentration ökar mängden energi som krävs av växten för vattenupptagningen.

Toxisk effekt

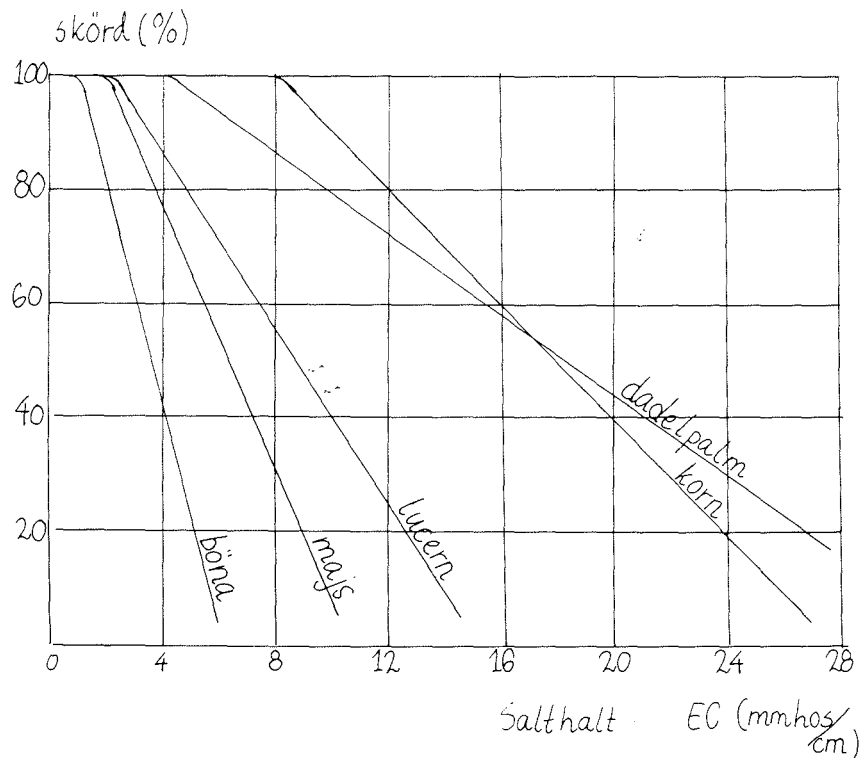
Många joner som i låga koncentrationer är ofarliga eller till och med nyttiga för växten, kan ha giftverkan vid höga koncentrationer. Exempel på detta är klorid, natrium, bikarbonat, sulfat och bor.

Salttolerans hos grödan

Olika grödor har mycket varierande känslighet för salthaltig markvätska.

Salttoleransen hos olika grödor:

| Känsliga | Måttligt känsliga | Toleranta |
|------------|-------------------|--------------|
| Ärter | Lucern | Dadelpalm |
| Potatis | Vete | Kokospalm |
| Vitkål | Råg | Socketbeta |
| Klöver | Havre | Bomull |
| Apelsin | Sorghum | Socketrör |
| Grapefrukt | Ris | Tobak |
| Äpple | Vindruva | Raps |
| Päron | Oliv | Rödbeta |
| Plommon | Tomat | Grönkål |
| Persika | Fikon | "Salt grass" |
| Mandel | Morot | Korn |
| | Lök | |



Dessutom är vissa grödor toleranta till och andra känsliga för specifika joner. Så är t ex citrus mycket känslig för bor medan bomull och sockerbeta är mycket toleranta för hög borhalt i marken.

Saltkontroll

Saltbalansen i marken är nära knuten till vattenbalansen. Effektiv saltkontroll har därför att göra med flera odlingsåtgärder som t ex

- * hur mycket vatten som tillförs
- * när det tillförs
- * hur vattnet rör sig i marken

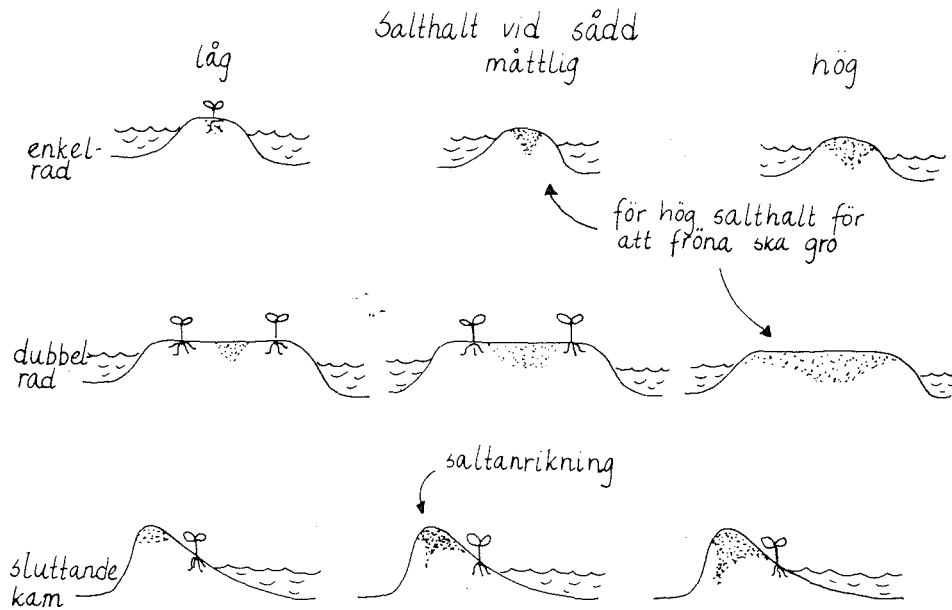
Några jordbearbetnings- och växtodlingsåtgärder som påverkar saltbalansen

Ytplanering: En ojämn fördelning av bevattningsvattnet ger ojämn utlakning och tendens till saltanrikning i tiltkammen.

Marktäckning reducerar avdunstningen från markytan så att mindre salt utfälls. Marktäckning ökar även perkolationshastigheten och underlättar utlakningen.

Sådd: Groddens läge nära markytan gör att den utsätts för högre saltkoncentration än den äldre plantan. Eftersom saltanrikningen i markytan varierar med mikroreliefen, kan man placera fröna så att de tillåts gro på

de ställen där saltkoncentrationen är lägst. Se figur.



Saltanrikning (prickat område) vid tid för sådd i fårbevattningssystem.

Växtföljd: Genom att ta med ris eller andra vattenkrävande grödor i växtföljden kan man genomföra utlakning utan att skada grödan.

Val av bevattningsteknik

Saltet blir jämnast fördelat vid spridarbevattning. Fårbevattning däremot ger saltanrikning på ryggarna, där saltet orsakar största skadan för växten.

Helt olämplig för saltkontroll är korrugationsbevattning (se vidare sid 38).

Vattenmängd och bevattningsfrekvens

Bevattningsjordbrukaren står inför ett svårt dilemma.

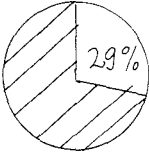
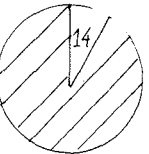
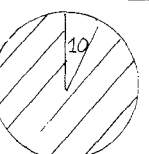
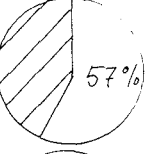
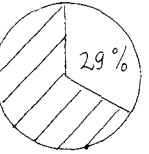
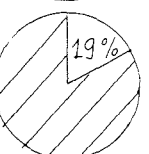
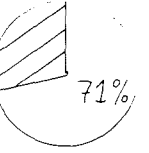
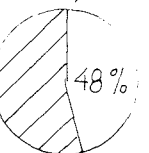
Mängd: Om man tillför för mycket vatten medför det förhöjd grundvattennivå och slöseri med vattenresursen. Men för att undvika försaltning måste ett överskott av vatten tillföras.

Frekvens: Genom att bevattna ofta förhindras saltkoncentrationen i markvätskan att nå alltför höga värden. Men fler bevattningstillfällen ökar också avdunstningen och minskar utlakningseffekten.

Utlakning kräver god dränering

Utlakningsbehov

Det salt som tillförs marken och som inte upptas av grödan bör lakas ut. Detta ombesörjs av vatten som perkolerar genom rotzonen ner till grundvattnet.

| Salthalt (tillförd salt- mängd per ha och 300 mm bevatt- ning) | Lakningsbehov för | | |
|---|--|---|--|
| | känsliga grödor (klover) | mindre känsliga (bomull) | toleranta (korn) |
| 2,5 ton/ha (11 mmhos) |  29% |  14% |  10% |
| 5,0 ton/ha (26 mmhos) |  57% |  29% |  19% |
| 12,0 ton/ha (53 mmhos) | odling ej möjlig |  71% |  48% |

Den mängd bevattningsvatten som krävs för utlakning av salter (vit sektor) beror av vattnets kvalitet och grödans salttolerans.

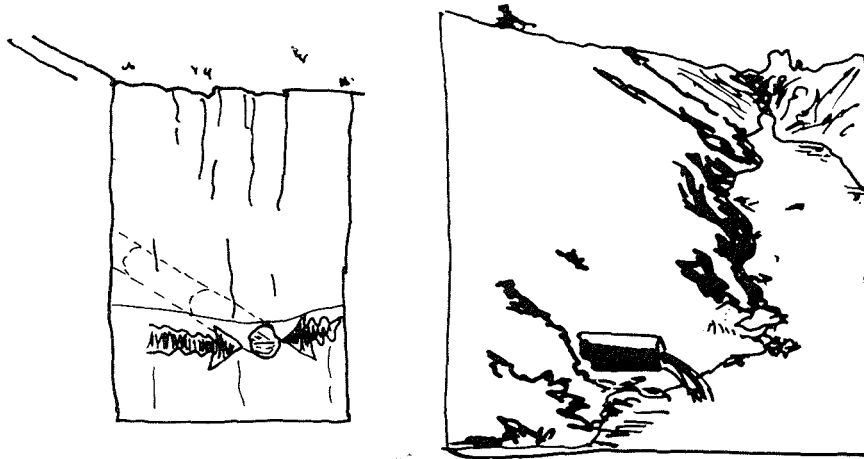
Dränering

En effektiv utlakning av salter förutsätter en lågt liggande grundvattentyta och goda dräneringsförhållanden.

Dränering av ett fält kan ske antingen genom dikning eller genom täckdikning.

Dikning innebär att man gräver grunda, svagt sluttande diken som rinner samman i ett huvudavlopp. Den största nackdelen med öppna diken är att de begränsar rörelsefriheten på fälten.

Täckdikning: I Täckdikningssystemet dräneras vattnet genom underjordiska genomsläppliga ledningar till ett huvudavlopp. Dräneringsrören är ofta ler-, cement- eller plaströr.



Kostnaderna för material och arbete är höga i täckdikningssystem.

Förlorad mark kan återvinnas

Saltskadornas omfattning

Skadorna genom salinisering och förhöjd grundvattennivå är mycket omfattande på många håll i världen.

I Syrien är ungefär hälften av den bevattnade arealen i Eufratdalen drabbad. I Irak är hälften och i Egypten en tredjedel av arealen under bevattning utsatt för försaltning.

Jordbruksområdet inom Indusbäckenet i Västpakistan har en grundvattenhöjning på 30 cm/år och en årlig utökning av den försaltade arealen på 40 000 ha (Hamid 1961).

I Mexico där den moderna bevattningstekniken är relativt nyinförd har redan 60 000 av totalt 1 232 000 ha saltpåverkats (Anaya 1967).

Är då de stora arealerna salina jordar redan förlorade för framtida livsmedelsproduktion?

Grundförbättring (eng. reclamation)

En viktig egenskap hos de saltpåverkade jordarna är att situationen kan förbättras på relativt kort tid.

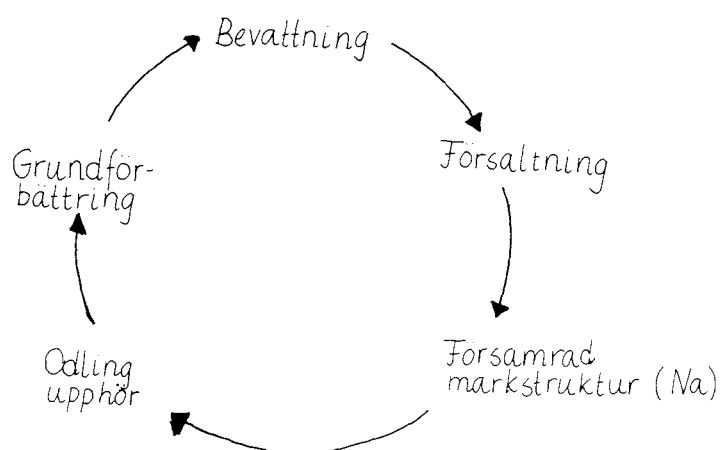
Nedan följer en genomgång av åtgärder som medför grundförbättring av försaltade jordar.

Gips Om jordens SAR är högt, dvs om jordstrukturen är dålig, kan t ex gips (CaSO_4) tillföras. En del av de natriumjoner som är adsorbtivt bundet på kolloidernas ytor byts då mot kalcium. Detta förbättrar markstrukturen.

Vatten Överskottssalterna kan lakas ut genom tillförsel av stora mängder vatten.

Gröda Speciellt våtris, som tål att stå i vatten påskyndar grundförbättringen. Lucern, bomull och alfalfa tål även höga saltkoncentrationer.

Dränering Att bortskaffa överskottsvattnet är det viktigaste skyddet mot en upprepning av saliniseringscykeln.



SJUKDOMAR SOM HAR SAMBAND MED VATTEN

Många sjukdomar är på olika sätt knutna till vatten.

Kolera, tyfus, gulsot och dysenteri sprids genom att människor exempelvis dricker vatten som är förorenat med urin och avföring.

Olika hud och ögoninfektioner drabbar dem som inte har tillräcklig mängd vatten för att upprätthålla god hygien.

Bilharzia och "guinea worm" är maskar som har en vattenlevande mellanvärd.

Malaria, gula febern och sömnsjuka överförs med insekter som förökar sig i vatten eller lever i närheten av vatten.

Sjukdomarna i de två första grupperna sammanhänger med att människor dricker orent vatten och på bristande personlig hygien.

Gör rent vatten människor friskare?

"Källvatten som är så kallt så det gör ont i tänderna duger nog till boskapen och getterna. Men vatten till människor ska vara brunt och grumligt, det ska lukta och vara mer mättande för så har det ju alltid varit.

Bybor till vattenexpert

Genom att förbättra vattentäkterna och öka mängden tillgängligt vatten skapas förutsättningarna för en förbättrad hälsa. I Bangladesh borrades rörbrunnar för att förse befolkningen med rent vatten och stoppa en kolera-epidemi. När projektet sedan utvärderades syntes inga tecken på att sjukdomen skulle ha minskat i omfattning (Curlin et al 1977).

Lika viktigt som det är att tillhandahålla rent vatten är det därför att informera människorna om sambandet mellan rent vatten och dålig hälsa.

Sjukdomar knutna till bevattningsjordbruket

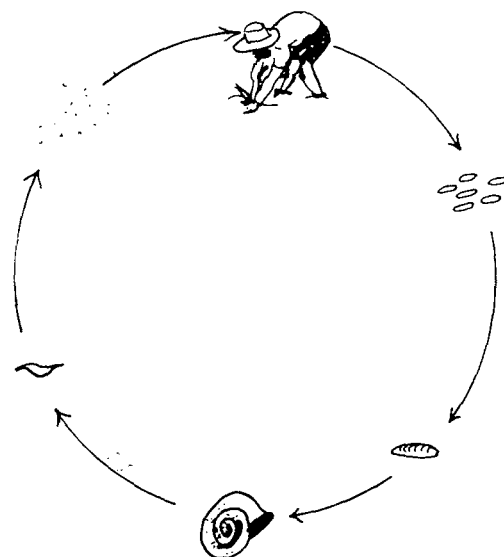
De två senaste sjukdomsgrupperna (Bilharzia och "guinea worm" samt malaria, gula febern och sömnsjuka) är direkt knutna till förekomsten av bevattningsjordbruk.

Dammar och mindre vattensamlingar fungerar som uppförökningsplatser för insekterna och mellanvärdarna. Dessutom står människorna genom sitt arbete på fälten i direkt kontakt med smittohärdarna.

Bilharzia (Schistosomiasis)

Bilharzia är den mest utbredda sjukdomen. Den återfinns i alla tropiska områden där bevattningsjordbruk tillämpas. I Kenya är en miljon människor infekterade och i Egypten ökade antalet schistosomi-smittade kraftigt efter Assuandammens tillkomst. Orsaken var att man då i stora delar av Nildeltat övergick från säsonsbevattning till bevattning under hela året. Sjukdomen leder till döden bara i 10 - 20 % av fallen. Men den innebär ohälsa och nedsatt arbetsförmåga hos de människor som bevattningsprojekten avser att hjälpa. Bilharzia är därför ett hot mot hela den ekonomiska utvecklingen.

Livscykel



Bilharzia sprids genom ägg som följer med människans, (och i vissa fall djurens), avföring och urin. Äggen utvecklas till larver som i vattendragen lever på en snäcka där de mångdubblas. När människorna sedan kommer i kontakt med vattnet borrar sig de små parasiterna in genom huden och lägger ägg. Schistosomiasis ägg har återfunnits hos människan i många inre organ som exempelvis lever, livmoder, lungor och hjärna.

Kan bilharzia bekämpas?

Ett exempel på ett land som har genomfört en lyckad kampanj för bekämpning av bilharzia är Kina. 100 miljoner kineser var tidigare utsatta för sjukdomen.

De åtgärder man vidtog var

- * att förbättra de sanitära förhållandena. Man förhindrade kloaken att nå bevattningssystem, brunnar etc.
- * att säkra friska hushållsvattentäkter.
- * att störa snäckornas miljö genom dränering och genom att man fyllde igen uppförökningsplatserna.
- * att samla in snäckorna för hand och bränna eller begrava dem. I vissa fall bekämpades snäckorna på kemisk väg.
- * att behandla infekterade människor för att förgöra parasiterna och förhindra smitta.

Men den viktigaste bekämpningsåtgärden var massmobiliseringen av människorna genom undervisning och information.

Den kinesiska kampanjen kan inte direkt överföras till andra länder. Men den visar dock att bilharzia är en sjukdom som kan bekämpas.

Var kan jag läsa mera om bevattning?

Arnon. 1972. Crop Production in Dry Regions, vol 1 & 2. Leonard Hill

Falkenmark, M. & Forsman, A. 1966. Vattnet i vår värld. Wahlström & Widstrand.

Hagan, R.M. et al. 1967. Irrigation of Agricultural lands. Agronomy no. 11

Johansson, W & Linnér, H. 1977. Bevattning, Behov-Effekter-Teknik. LT:s förlag.

Michael. 1978. Irrigation, Theory and Practice. Vikas Publishing House LTD.

Stern, P. 1979. Small Scale Irrigation. IT-publication.

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

Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

750 07 UPPSALA, Sverige

Tel. 018-171165, 171181
