

BEVATTNING AV GRÄS PÅ GOLFBANOR



Sterk



Agnar Kvalbein



Trygve S. Aamlid

FÖRORD

Denna vägledning är baserat på generell kunskap om mark och växter, men också på helt ny information om vattenförbrukning och kvalitetsutveckling i kortklippt gräs. Under perioden 2009 till 2011 gjordes flera fältförsök på Bioforsks anläggning i Landvik utanför Grimstad, Norge. Dessa visade att gräs som har fri tillgång till vatten förbrukar mycket vatten. Den här upptäckten ger oss möjligheter att spara betydliga mängder vatten med rätt bevattningsstrategi.

Bevattning anses vara ett av de svåraste momenten inom växtodling. Vattentillgången påverkar plantans tillväxt på många olika sätt. Även biomassan i sig och marken påverkas av torka och bevattning. Det finns just nu inga tekniska lösningar som direkt kan ge oss korrekt bevattning. Korrekt bevattning förutsätter att du lär känna golfbanans olika delar och att du ger dig tid att planera, bevattna och kontrollera resultatet.

Vi vill rikta ett tack till Scandinavian Turfgrass and Environmental Research Foundation, STERF och Norges Forskningsråd som har finansierat forskningsprojektet *Evaporative demands and deficit irrigation on sandbased golf greens* och också bidragit till publiceringen av den här handboken. Tack också till Rainbird som bidrog med en väderstation, och till bankkonsulent Mikael Frisk som läst igenom och kommenterat texten. Kin Sintorn, SGF, har gjort översättningen och Maria Strandberg, STERF, har bearbetat texten.

Vi hoppas att denna handbok kan ge dig ett bättre underlag för att vattna optimalt så att du kan producera god gräs kvalitet och samtidigt reducera kostnaderna både med tanke på miljö och ekonomi. Vi hoppas också på en teknisk utveckling som kan göra det möjligt att bevattna jämnare än dagens spridarteknologi tillåter. Vi du repetera grunderna om markens vatten- och luftinnehåll så rekommenderar vi att du läser handboken ”Markens vatten, luft och temperatur” som finns tillgänglig på STERF:s hemsida.

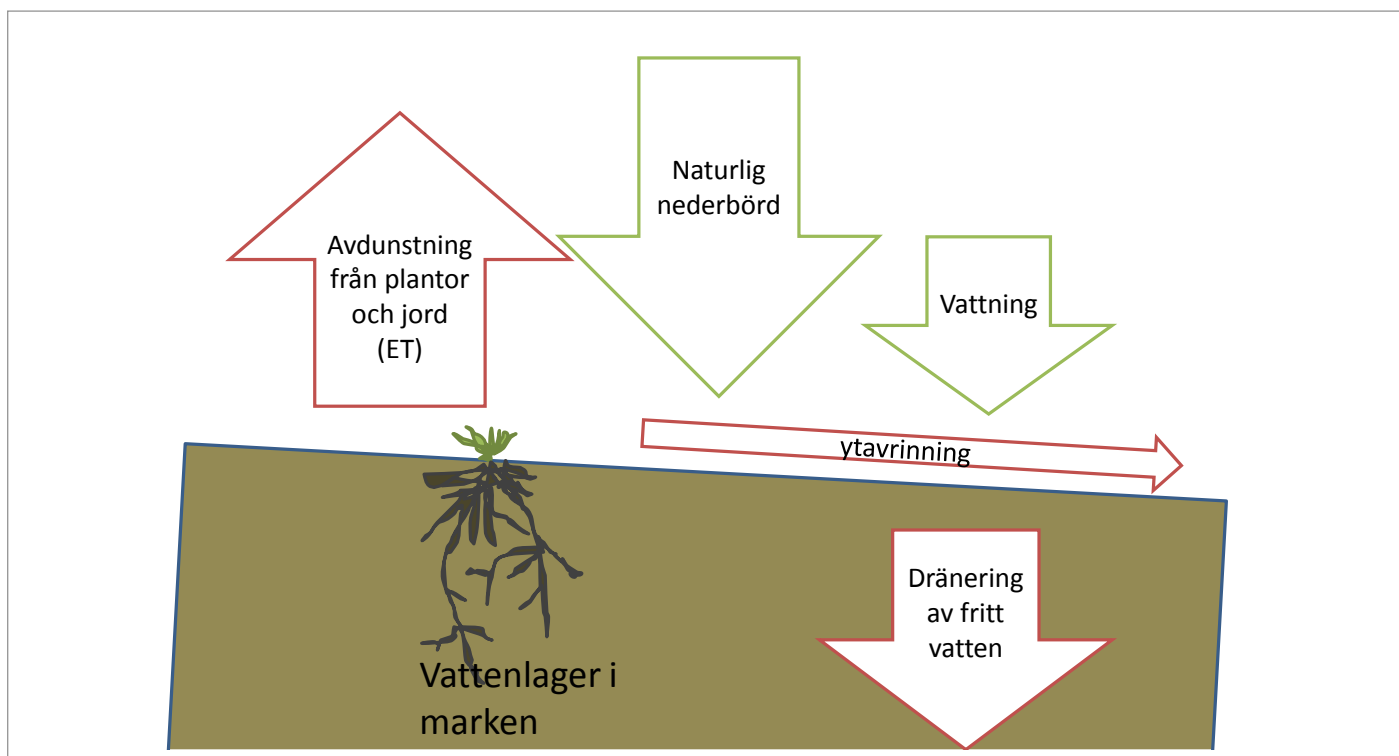
Bioforsk Landvik, 1 november 2013

Agnar Kvalbein
forskare/konsulent
agnar.kvalbein@bioforsk.no

Trygve S. Aamlid
Ansvarig för forskning, gräs för grönytor och fröproduktion
trygve.aamlid@bioforsk.no

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	2
Inledning	4
Bakgrund	
Bevattning	
Användning av handboken	
Vattnet i marken	5
Grundvatten	
Kapillärkraft och porer	
Fältkapacitet	
Hängande vattenbord / vattenpelare	
Växternas vattenreserv i marken	8
Greener med hängande vattenbord/vattenpelare	
Fairway på naturlig jord	
Växternas vattenbehov	11
Upptag och transport	
Växtens klyvöppningar reglerar vattenförbrukningen	
Rottryck och guttation	
Andra effekter av vattentillgången	
Cellsträckning	
Temperaturstigning i cellerna	
Växtsjukdomar	
Filtbildning	
Rotutveckling	
Ogräs	
Bestämning av Evapotranspiration (ET)	14
Evaporation kan mätas från en öppen vattenyta	
Beräkning av ET_0	
Transpiration hos olika gräsarter	
Bevattningsstrategier	18
Maximal tillväxt	
Minskad vattenförbrukning och god gräskvalitet	
Bollrull och spelkvalitet	
Groning och etablering	
Hydrofob jord och finger-flow	20
Lokala torrfläckar	
Finger flow	
Åtgärder	
Bevattning och risk för utlakning	22
Bevattning i praktiken	23
Styrning av bevattningen	
Beräkna vattenbalansen	
Bestämning av markfuktighet	
Mätning av torkstress	
Tidpunkt för vattning	
Bevattning i korta sekvenser	
Rekommendationer för underskottsbevattning	
Bevattning av etablerade greener	
Bevattning av fairways	
Referenser	28



Figur 1 - Vattenbalansen i marken

INLEDNING

Bakgrund

Vatten är en starkt begränsad resurs. Konflikter kring vattenresurser kan hindra ekonomisk utveckling och politisk stabilitet. Vattenförbrukningen på golfbanor är stor per arealenhet och tillgången på bevattningsvatten begränsar utvecklingen av golf på flera ställen i världen. Även om länderna i Norden har ett nederbördsöverskott och små begränsningar vad gäller vattenanvändning, så fattade forskningsstiftelsen STERF ett strategiskt viktigt beslut att finansiera forskning som kan bidra till bättre och mer effektiv utnyttjande av bevattningsvatten och energiförbrukning på golfbanor.

Försöken som genomfördes på Bioforsk anläggning i Landvik under perioden 2009 – 2011 gav ny kunskap om grässets vattenförbrukning och underlag för att spara betydliga mängder vatten. Den nya strategin, som kallas underskottsbevattning, kräver jämnare fördelning av vattnet än det som kan uppnås med traditionella cirkelspridare. Vi hoppas därför att ny bevattningsteknik kan utvecklas, annars kommer underskottsbevattning att delvis kräva handvattning.

Bevattning

God tillgång på vatten är avgörande för växternas tillväxt och utveckling. I grunden är bevattning enkelt. Det är bara att fylla upp vattenmagasinet runt växttrötterna när det är behov för det. Om det vattnas för mycket kommer överskottet att rinna av på ytan eller dräneras bort. Detta illustreras i figur 1.

I praktiken är bevattning ändå ett komplicerat moment, eftersom vi vill producera vackra spelytor med hög kvalitet och samtidigt ha en liten förbrukning av energi och vatten. Vi vill också minimera utlakning av föroreningar och hindra utveckling av till exempel svampsjukdomar. Torrfläckar på sandiga jordtyper är ytterligare ett fenomen som kan göra bevattning extra komplicerad på många golfbanor.

Användning av handboken

De första kapitlen i denna handbok beskriver vattenbalansen i mark och växt. De läsare som redan kan grunderna om vattnets förekomst i mark och växter och direkt vill läsa om nya resultat från STERF:s forskningsprojekt, kan starta med avsnittet om evapotranspiration i olika gräsarter på sidan 14.



Bild 1. Dräneringsrör gör det möjligt att sänka grundvattennivån i marken. Foto: Agnar Kvalbein.

VATTNET I MARKEN

Grundvatten

Nederbörd som når marken kommer antingen att ledas bort i form av ytvattenavrinning eller infiltreras i marken. Direkt efter bevattning eller ett kraftigt regn är hela porsystemet i marken fyllt av vatten. Detta tillstånd kallas vattenmättnad. En del av vattnet lämnar marken snabbt genom sprickor och porer och når så småningom grundvattnet eller dräneringsrören. Detta kallas dränerbart vatten. När det dränerbara vattnet lämnar växtbäddens porer fylls dessa istället med luft.

Den övre nivån av grundvattnet kallas grundvattenspegeln. Det är denna vi ser om vi tittar ner i en brunn eller öppet dike. Under grundvattenspegeln är alla porer fyllda med vatten.

I områden där nederbörden är större än avdunstningen, vilket vi har på de flesta ställen i Norden, står grundvattnet förhållandevis högt och marken innehåller mycket vatten. Eftersom växtrötterna är beroende av god syretillgång för att växa är det viktigt att få bort det dränerbara vattnet genom att sänka grundvattennivån. Detta åstadkommer man genom att lägga ner dräneringsrör i marken. Det dränerbara vattnet strömmar in i röret från alla håll och leds iväg till ett utlopp via en bäck, öppet dike eller liknande.

Grundvatten kan bli förorenat. Kemikalier som tagit sig ner till grundvattnet bryts långsamt ner då det inte finns någon luft. Grundvattnet är på många håll viktigt både som dricksvatten och till bevattning av gräs och jordbruksgrödor.

Kapillärkraft och porer

Marken över grundvattenspegeln innehåller också vatten. Det vatten som lagras i marken efter fri dränering kallas markvatten. Markvattnet är det vatten som kan utnyttjas av gräset och annan vegetation. Markvattnet binds olika hårt i markens eller växtbäddens porer och till partiklarnas ytor. Det vatten som binds i markens porer är **kapillärt bundet vatten** och det vatten som binds till partiklarnas ytor är **adsorptivt bundet vatten**. Ju mindre en por är desto hårdare binder den vatten. Allra hårdast binds vattnet till partikelytor. Kapillärkraften uppstår därför att vattenmolekylerna har en förmåga att hänga sig samman i kedjor. De vattenbindande krafterna i marken är alltså beroende av porstorleksfördelningen och mängden partikelytor. Finkornig jord har små porer och stora inre partikelytor och kan därför hålla mycket vatten. Grovkornig jord med stora porer släpper lättare ifrån sig vattnet.



Figur 2. Betydelsen av hur djupt dräneringsröret läggs i marken.

Det som tömmer markens porer på dränerbart vatten är i huvudsak gravitationskraften. Genom gravitationen dras vattnet nedåt till grundvattnet eller dräneringsröret. En del vatten försvinner genom avdunstning från markytan. Det sker också vattenrörelser i marken där vatten rör sig från våta områden mot torrare.

Vatten dräneras ut ur de stora porerna genom att tyngden av den sammanhängande vattenpelaren ökar. Ju längre längre vattenpelaren är desto större blir dragkraften. En djupare dränering ökar längden och tyngden på vattenpelaren och porerna töms på vatten. Därför blir jorden torrare om dräneringsrören ligger djupt än om det ligger grunt. Se figur 2.

Vatten avdunstar från markytan (evaporation), men på grästäckta ytor kommer den största delen av avdunstningen ske via plantorna (transpiration). Växtbädden eller marken fungerar som en vattenreservoar där mängden vatten som kan lagras bestäms av porsystemet. Markvattnet är en förutsättning för att t ex gräset ska klara sin fotosyntes, dvs ta upp koldioxid från atmosfären. Gräset förlorar alltid vatten när det tar upp koldioxid genom sina klyvöppningar. Detta kallas **transpiration**. Rötterna kompenserar för detta genom att suga upp vatten ur porerna i marken.

Mikroporer som är mindre än 0,005 mm håller vatten så hårt att växterna inte kan suga upp det. Mark med mycket lerpartiklar eller omvandlat organiskt material har många sådana små porer och kan därför innehålla mycket vatten som växten inte kan ta upp. Detta vatten kallas för icke växttillgängligt vatten. Som regel brukar vatten som binds hårdare än - 1.48 MPa (undertryck eller sug) betraktas som icke växttillgängligt. Vattenbindande krafter motsvarande - 1.48 MPa uppstår i porer som är mindre än 0,0002 mm i diameter. Detta kallas också vissningsgränsen.

Mätning av undertryck/sug i marken

I marklitteraturen har det varit vanligt att uppge dräneringsdjupet i logaritmiska värden med grundtalet 10 som bas.

100 cm dräneringsdjup kan skrivas som 10^2 cm, eller pF2. Vid analyser av de hydrologiska förhållandena i mark kan till exempel vatteninnehållet vid pF1.5 eller pF3 oppges. Detta motsvarar ett dräneringsdjup i cm på respektive 31.6 cm ($10^{1.5}$ cm) respektive 1000 cm (10^3 cm). Växter vissnar permanent vid pF4.18. Detta motsvarar ett sug eller undertryck på 15135 cm vattenpelare, vanligen angivet som 150 mvp.

Den korrekta enheten för tryck och undertryck (sug) enligt SI-systemet är Pascal eller kiloPascal, kPa. (Över)tryck anges med positiva tal och undertryck med negativa tal. Du kan räkna om värden angivna i cm vattenpelare genom att använda faktorn $10.2 \text{ cm v p} = 1.0 \text{ kPa}$.

$$\text{pF4.18} = -15135 \text{ cm v p} = -1480 \text{ kPa}$$



Bild 2. När vi lägger en finkornig jord ovanpå ett grövre material, skapas ett så kallat hängande vattenbord eller hängande vattenpelare (engelska: perched water table). Foto: Agnar Kvalbein.

Fältkapacitet

Den mängd vatten som jorden kan hålla kvar efter det att dränerbart vatten har lämnat marken genom dräneringssystemet kallas jordens fältkapacitet. Fältkapaciteten uttrycker alltså en egenskap hos jorden; förmågan att hålla markvattnen. Sandjordar som har förhållandevis stora porer mellan markpartiklarna har en liten fältkapacitet jämfört med en lerjordar eller organiska jordar där de små porerna dominerar.

Det framgår av förra avsnittet att fältkapacitet beror på djupet till dräneringen. Om vi skall jämföra fältkapaciteter hos olika jordar måste vi därför använda en standard på dräneringsdjupet. Den mest vanliga internationella definitionen på fältkapacitet (θ_{fc}) är vatteninnehållet i volymprocent vid ett undertryck på -33 kPa (*Souliis et al. 2011*). Detta motsvarar en grundvattennivån eller dräneringsdjupet på 3,4 meter under markytan, vilket inte är särskilt relevant för förhållandena i Norden. Inom jordbruket har det varit vanligt att utgå ifrån ett dränerings- eller grundvattendjup motsvarande 100 cm vattenpelare (-9.8 kPa). När vatteninnehållet i greener bestäms i laboratorier, används ofta ett dräneringsdjup som motsvarar 40 cm vattenpelare (-3.923 kPa). Detta kan verka lite underligt då växtbädden i en USGA-green ska ha ett djup motsvarande 30 cm vattenpelare. Men *Taylor et al. (1993)* fann att också drängruset under sanden gav ett undertryck eller vattensug som motsvarade ca 10 cm vattenpelare. Detta är också bekräftat i senare studier (*Bigelow et al. 2001*). Som teoretiskt begrepp är fältkapacitet ganska oprecis beroende på att det mäts på så olika sätt. Resultatet påverkas också av på vilket sätt marken fylls med vatten innan den får dräneras ut samt av temperatur och en rad andra förhållanden.

I praktiken är ändå fältkapacitet ett känt uttryck som vi kommer att använda i denna handbok för att beskriva situationen i marken efter full bevattning eller ett långvarigt regnväder. Vi använder följande enkla definition:

Fältkapaciteten är den vattenmängd som finns i marken en timma efter ett långvarigt regnväder.

Hängande vattenbord / vattenpelare

Vid konstruktion av golfgreener eller påkostade fotbollsplaner läggs det ofta ut ett horisontellt grusskikt under en växtbädd. Växtbädden består ofta av sand blandad med lite organiskt material. Gruset under växtbädden omtalas ofta som dräneringsgrus men denna konstruktion bidrar inte enbart till god dränering utan också till att hålla kvar vattnet i sandlagret ovanför. Det skapas då ett så kallat hängande vattenbord eller hängande vattenpelare.

Orsaken är att de kapillära krafterna i sanden (små porer) är större än i gruset (stora porer). Om vi mäter vatteninnehållet nedåt i en sådan konstruktion finner vi att vatteninnehållet ökar med djupet i den sandiga växtbädden. Efter bevattning är porerna längst mer i växtbädden helt fyllda med vatten.

För att skapa optimala förhållanden mellan vatten och luft i växtbädden så är viktigt att växtbäddsmaterialet är väl definierat och följer gällande rekommendationer. Om porerna i växtbädden är för små kan vatteninnehållet bli för stort och luftinnehållet för litet, vilket ger en dålig rotutvecklingen.

VÄXTERNAS VATTENRESERV I MARKEN

Växternas vattenreserv varierar från plats till plats, inte bara horisontellt, utan också nedåt i markprofilen. Därför måste du ut och mäta på plats.

Greener med hängande vattenbord / vattenpelare

I greener eller fotbollsplaner som är konstruerade med hängande vattenbord eller hängande vattenpelare kommer vatteninnehållet att öka mycket ner mot gruslagret. Se figur 3. Gräsplantorna har mest rötter alldeles under tillväxtpunkten. Döda rötter fyller upp makroporerna i växtbädden och ökar innehållet av organiskt material och därmed vatteninnehållet. Det blir därför ofta mer vatten i det översta markskiktet än det som visas i figur 3.

På sandbaserade greener med hängande vattenbord/vattenpelare är det som regel enkelt att bestämma rotdjupet. Mängden icke växttillgängligt vatten är oftast obetydligt. För sådana greener har vi därför gjort en enkel beskrivning hur du kan bestämma grässets vattenreserv i växtbädden. Se faktarutan på nästa sida.

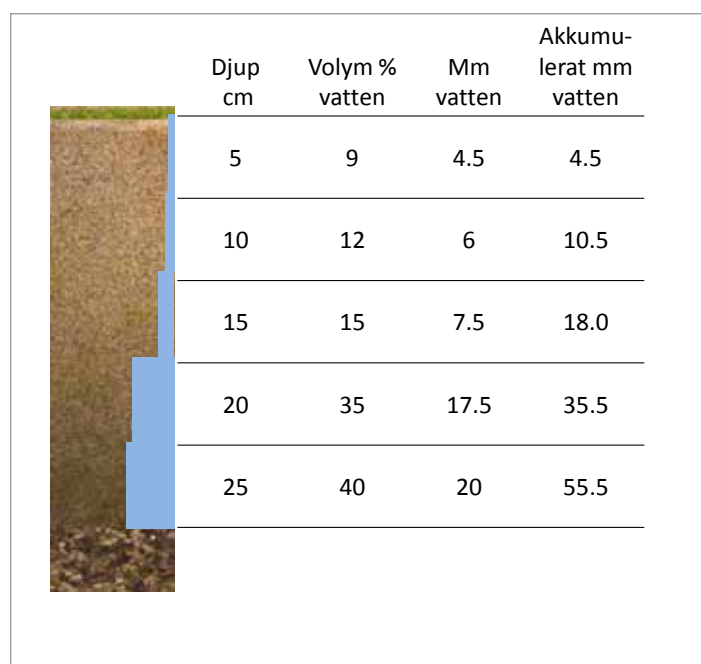
Fairway på naturlig jord

Vatteninnehållet i marken varierar mellan olika jordarter. Finsand och siltjord kan innehålla så mycket vatten att den

blir flytande (kvicksand). I jord med mycket lera eller organiskt material kan en stor del av vattnet vara så hårt bundet till markpartiklarna att det inte kan tas upp av växterna så kallat icke växttillgängligt vatten. I en sådan jord måste vi korrigera beräkningarna för det växttillgängliga vattnet genom att dra ifrån mängden icke växttillgängligt vatten. Detta kan bestämmas exakt genom att skicka ett ostört jordprov för analys till ett laboratorium.

På fairway på naturlig mark är det svårare att bestämma rotdjupet än på en USGA-green. Rötterna kan ofta gå djupt ner (ibland mer än 1 meter). Vi vet inte hur effektivt de djupa rötterna kan utnyttja vattnet djupt ner i markprofilen. I vissa marker kan det råda syrebrist som hämmar rötternas vattenupptagning. Som praxis brukar vi utgå ifrån och räkna med att växterna kan utnyttja allt vatten så djupt ner i marken som rötterna når.

Om du känner till jordart och innehållet av organiskt material kan du utifrån tabell 1 nedan och se hur mycket växttillgängligt vatten det finns i marken. Denna tabell tar också hänsyn till normal rotutveckling i olika jordarter.



Figur 3. Vatteninnehållet i en USGA-green med hängande vattenbord. Lägg märke till hur torrt det är i den översta delen av greenen trots det totalt finns med mer än 50 mm vatten i växtbädden. Vatteninnehållet är ungefärliga tal hämtade från Bigelow et al. (2001). Vatteninnehållet är bestämt nytt växtbäddsmaterial. I äldre greener kommer det att finnas mer vatten, speciellt överst i profilen på grund av att innehållet av organiskt material ökar.

Organiskt material, vikt%				
Jordart namn	<3 %	3-4.5 %	4.5-12 %	12-20 %
Grovsand	50	50	50	70
Mellansand	50	50	70	70
Finsand	50	70	70	90
Siltig grovsand	50	50	70	70
Siltig mellansand	50	70	70	90
Siltig finsand	70	90	90	110
Sandig silt	90	110	110	130
Silt	110	130	130	130
Lättlera	70	90	90	110
Siltig lättlera	90	110	110	130
Mellanlera	50	70	90	110
Styv lera	70	90	110	130
Mineralblandad mulljord (20-40% humus)	-	-	-	110
Organisk jord (>40% humus)	-	-	-	130

Tabell 1. Växttillgängligt vatten vid fältkapacitet i olika jordmaterial angivet i mm. Källa: Riley et al. Bioforsk



Hur bestämmer du vattenreserven i dina greener?

Förslag på metod:

Vatteninnehållet ska bestämmas vid fältkapacitet, dvs en timma efter ett långvarigt regnväder eller bevattning. Då kommer hela greenens markvatteninnehåll av vara som störst efter fri dränering.

Den bästa tiden är att göra detta i juli då vattenkonsumtionen är hög och rötterna relativt grunda, och lätta att hitta, p g a hör mark temperatur.

Mät hur djupt rötterna går. Mät till de nedersta, friska, vita rötterna. Notera att Rödsvingel har bruna rötter.

Tag ut en cylinder (med jordprovsborr eller helst något tjockare) ned till rottdjupet på varje green. Lägg jorden direkt i en plastpåse märkt med greennummer på. Töm sedan jorden i en behållare, väg den snarast och torka därefter provet i en ugn på 105 grader i ett dygn.

Väg behållarna när de tagits ut ur ugnen.

Viktminskningen i gram (cm^3) delat på arean av jordprovet ($3.14 \cdot r^2$) i cm^2 ger vatteninnehållet i cm. Kom ihåg att multiplicera med 10 för att få det i mm.

Det värde du får motsvarar mängden växttillgängligt vatten i din green efter ett regnväder, justerat för det aktuella rottdjupet.



Vatteninnehållet ökar ner mot dräneringsgruset i en USGA-green. Foto: Agnar Kvalbein.

VÄXTERNAS VATTENBEHOV

Upptag och transport

Vattenupptaget hos växterna sker genom rötterna. Det är särskilt rothåren strax bakom rotspetsen som bidrar. Dessa är tunna och kan tränga in i små porer och bidrar till att roten får en stor yta som står i kontakt med markvattnet. En del svampar lever i symbios med växtrötterna och skapar mykorrhiza. Svamphyferna växer ut från växtrötterna och kan hjälpa till med upptag av både vatten och näring. Därför kallas mykorrhiza för ”rötternas rötter”.

Inne i plantorna transporteras vattnet genom växtvävnaden (xylem) upp genom plantan. Dessa rör är en del av bladnerverna som syns på bladens översida. I bladen tar sig vattnet in och ut ur cellerna genom cellväggar och membraner. Mellan bladcellerna finns det öppna rum (intercellulära rum). I dessa finns det luft som är nästan 100 % mättad med vattenånga.

Utanför bladen kan luften vara torr. Det är förlusten av vatten från bladens översida som är drivkraften i plantans vattenupptag. Växten förlorar alltid vatten när det tar upp koldioxid genom sina klyvöppningar. Detta kallas **transpiration**.

Växten klyvöppningar reglerar av vattenförbrukningen

Bladen hos gräset är klätt med ett hudlager (Epidermis) med en vaxaktig hinna (kutikula) ytterst och med klyvöppningaröppningar (stomata) på båda sidorna. Öppningarna skapas mellan två stängningsceller. När trycket i dessa celler ökar öppnar sig klyvöppningarna och vattenånga och syre (O_2) tar sig ut ur bladet. Samtidigt tar sig koldioxidrik (CO_2) luft in i växten. Detta gasskifte sker på grund av att det är olika koncentration av gaserna inne i bladen och i luften som omger dem. Sådan vandring av ämnen på grund av koncentrationsskillnader kallas för diffusion.

Det är förhållandevis lite CO_2 i luften (i nuläget 0.38 %), och växterna får därför lite CO_2 i utbyte för all den vattenånga som släpps ut. Då CO_2 ofta begränsar fotosyntesen och därmed växtens energiförsörjning är koldioxidupptaget mycket viktig för växten.

Klyvöppningarnas funktion styrs av flera olika mekanismer som tillsammans skall ge en optimal god balans mellan vattenförluster och upptag av CO_2 . I huvudsak är det tre

mekanismer som ser till att trycket ökar i öppningscellerna så att klyvöppningarna öppnar sig.

1. God vattentillgång ger ett högre tryck medan stor avdunstning ger en vattenförlust och därmed lägre tryck. Med andra ord kommer vattenbalansen i sig själv att styra klyvöppningarna.
2. Med hjälp av solljus produceras socker genom fotosyntesen. Sockret sänker den osmotiska potentialen i stängningscellerna så att de tar upp mer vatten och öppnar klyvöppningarna.
3. Planthormonet abscisinsyra (ABA) bildas i rötterna vid torkstress. Hormonet transporteras till bladen där det gör att klyvöppningarna stängs vilket senare också leder till reducerad skotttillväxt. Samtidigt stimuleras rottillväxten.

Tillgång på koldioxid är viktig för energiproduktionen i växten. Fotosyntesen drivs av ljus, men det är oftast tillgången på CO_2 som begränsar energin i växten. För att kunna utnyttja ljuset under klara dagar måste växten ha god tillgång på vatten som gör att klyvöppningarna hålls öppna. Tillfällig torkstress förekommer ofta på eftermiddagen under varma sommardagar beroende på att upptaget av vatten inte är lika stort som transpirationen. Vattentrycket i cellerna stiger sedan under natten och klyvöppningarna öppnar sig maximalt när morgonljuset kommer. Detta är en av förklaringarna varför morgonljus är viktigare för gräsplantorna än ljuset på eftermiddagen.

Rottryck och guttation

I perioder med hög sockerproduktion och liten avdunstning som vi kan ha under vindstilla sommarnätter, kommer det höga sockerinnehållet i rötterna att leda till ökad osmotisk potential som ger ett övertryck i ledningsvävnaden. I ändan av bladspetsen på gräsplantorna finns det öppningar där sockerhaltigt vatten kan pressas ut. Fenomenet kallas för guttation. Vattnet vi ser skall inte förväxlas med dagg som är vattenånga i luften som kondenserar på kalla ytor, även på gräsblad. Varierande mängder av guttation kan avslöja torra områden på en gräsyta.



Bild 3. Denna green är byggd med två olika växtbäddar. Närmast är det torrare. Detta syns tydligt på morgonen då det inte bildas några guttationsdroppar. Även lokala torrfläckar kan avslöjas med avsaknad av guttation.

Andra effekter av vattentillgång

Vi har tidigare nämnt att markvattentillgång är viktigt för växtens upptag av koldioxid och sockerproduktion, som utgör den viktigaste energireserven. De näringsämnen som växten tar upp finns lösta i markvattnet. Markvattnet fungerar alltså som transportör av näring, dels mellan olika områden i marken men också från marken in i växten. Utöver detta påverkar markvattentillgången en del andra förhållanden med tanke på spelyornas kvalitet på golfbanor.

Cellsträckning

Det är vattentrycket som får de nybildade cellerna att sträcka sig. När cellerna blir äldre styvnar cellväggarna och längdsträckningen stannar av. Vid dålig vattentillgång avtar trycket och cellerna blir kortare. Vi får därför en mindre tillväxt vid torka. Teoretiskt sett kan vi reducera antalet klippningar om vi håller gräset torrt. I praktiken fungerar detta dåligt och vi rekommenderar istället att reglera tillväxten genom korrekt gödsling eller användning av kemiska tillväxtregulatorer.

Temperaturen i cellerna

Transpirationen från bladen är viktig för att hålla temperaturen nere. Vid vattenbrist kommer temperaturen i cellerna att stiga. Respiration (cellandning) är en process som sker i alla levande celler. Socker förbränns vid respiration och respirationen går snabbare allt eftersom temperaturen stiger. Om gräsytan inte hålls sval kommer solinstrålningen att orsaka en kraftig höjning av marktemperaturen. Hög respiration, både av gräsrötterna och av mikroorganismer, ger mycket CO_2 och lite syre i markluften. Detta gör att växttrötterna kan kvävas av syrebrist. Ett tecken på detta är att man i länder med lufttemperaturer över $30\text{ }^\circ\text{C}$ märker att gräsplantorna blir värmestressade även vid god vattentillgång och att det är svårt att bibehålla rötterna. Det kan då bli nödvändigt att kyla av gräsytan på dagen genom att duscha med vatten. Denna typ av bevattning skall alltså inte vattna rötterna utan kyla gräsytan genom en ökad avdunstning. Tekniken kallas för duschning (engelska: syringing). Värmestress är inte något stort problem i Norden jämfört med länder längre söderut.

Växtsjukdomar

De flesta växtsjukdomar orsakas av svampar som trivs i fuktiga förhållanden. Särskilt svamp som angriper bladverket behöver fuktiga blad över en längre tid för att svampsporererna skall hinna med att infektera cellerna. Om vi vattnar rikligt ökar alltså risken för svampangrepp.

Några sjukdomar angriper rötterna och hindrar effektivt växtens vattenuptagning. Vid sådana tillfällen kan en riklig bevattning dämpa symptomen och ge en jämnare spelyta. Rotdödare (*Gaeumannomyces graminis*) (engelska: take all patch) är ett exempel på en sådan sjukdom.

Filtbildning

Filt (thatch) är en ansamling av dött eller levande organiskt material strax under den gröna gräsmattan. Filten fungerar som en tvättsvamp och är bra på att hålla kvar vatten. Vid riklig bevattning kan filten bli så våt att den hindrar nedbrytning av det organiska materialet.

Kontroll av filt är inte något huvudtema för denna skrift, men vi har registrerat att riklig bevattning ger mjukare greener och reducerad spelkvalité¹.

Rotutveckling

Det finns inget entydigt samband mellan vattentillgång och rotutveckling hos gräs. Riklig bevattning kan leda till reducerad rotutveckling. När filtlagret hålls vått hindrar det diffusion av syre ner i marken. Detta beror på att diffusionen går långsammare genom vatten än luft. I bra luftade och dränerade jordar kommer riklig bevattning sällan leda till syrebrist och minskad rotutveckling. I forskningsprojek-

tet på Landvik registrerade vi att det vid torkstress bildas mer djupa rötter hos gräsplantorna. Vid torkstress utvecklar plantorna hormonet abscisinsyra (ABS) som stimulerar rotutveckling. Samtidigt kommer det också ner mer luft i marken. Detta gör det lättare för rötterna att utveckla sig på djupet utan att få för lite syre.

Ogräs

Några ogräs har korta rötter eller lätt för att utveckla rötter i fuktig yttjord. Vitgröe (*Poa annua*) är ett exempel på en gräsart med korta rötter och blir mer konkurrenskraftigt vid riklig bevattning. Andra ogräs har djupa rötter och konkurrerar bra med gräset när det är torrt. En tredje grupp är mossor. De har inga rötter alls, utan bara fästtrådar. De växer bara när de kan ta upp vatten genom bladen. Riklig nederbörd eller bevattning är därför en orsak till att mossa kan konkurrera bra med gräset. Under torra perioder har mossorna en god förmåga att överleva som sporer men konkurrensen med gräset är liten.

Trivs i våt jord eller fuktig gräsyta	Klarar sig under torra förhållanden
Krypnarv, <i>Sagina procumbens</i>	Rölleka, <i>Achillea millefolium</i>
Groblad, <i>Plantago major</i>	Kärringtand, <i>Taraxacum officinale</i>
Revmörblomma, <i>Ranunculus repens</i>	Vitklöver, <i>Trifolium repens</i>

Tabell. 2 Exempel på ogräs som kraftigt konkurrerar med gräs under olika tillgång på vatten.

¹ Handboken om brunven innehåller ett kapitel om filtkontroll. du finner denna på <http://www.sterf.org>

BESTÄMNING AV EVAPOTRANSPIRATION (ET)

Den vattenmängd som försvinner från en beväxt yta kallas för *evapotranspiration* (ET). Detta är summan av det vatten som avdunstar från markytan (evaporation) och det vatten som avgår från växtcellerna (transpiration). ET uttrycks vanligtvis i millimeter vatten per dygn (mm/dygn).

Nederbörden mäts också i mm/dygn. Detta gör det enkelt att skapa en vattenbalanskvation för golfbanan baserad på det vatten som tillförs (nederbörd) och det vatten som förbrukas (ET). Vi kan beräkna bevattningsbehovet genom att kontinuerligt mäta nederbörd och evapotranspiration. Vi bevattnar när beräkningarna visar att det är endast en liten vattenreserv kvar i marken. Nederbörden mäter du själv enkelt på banan med en regnmätare. Men hur kan få ett bra värde på ET?

Evaporation kan mätas från en öppen vattenyta

Tidigare antog man att ET från en bevuxen yta var den samma som evaporation från en öppen vattenyta i en evapometer, d v s ett avduntningskäril nedgrävt i marken i en kortbevuxen gräsyta. Vanligen var dessa käril 50 cm djupa och hade en diameter på 60-80 cm. De var försedda med en skala där man kunde avläsa den dagliga avdunstningen från en öppen vatenyta. Dessa käril kräver manuell avläsning och daglig skötsel och påfyllning av vatten. De används ganska sällan nu för tiden.

Beräkning av ET_0

Det meteorologiska referensvärdet, ET_0 , beräknas vanligen matematiskt med utgångspunkt från väderobservationer. Solinstrålning, temperatur, vind och luftfuktighet ingår i en formel som beräknar ett dagligt värde av ET_0 . Ekvationen har fått sitt namn av de två forskarna Penman och Monteith.

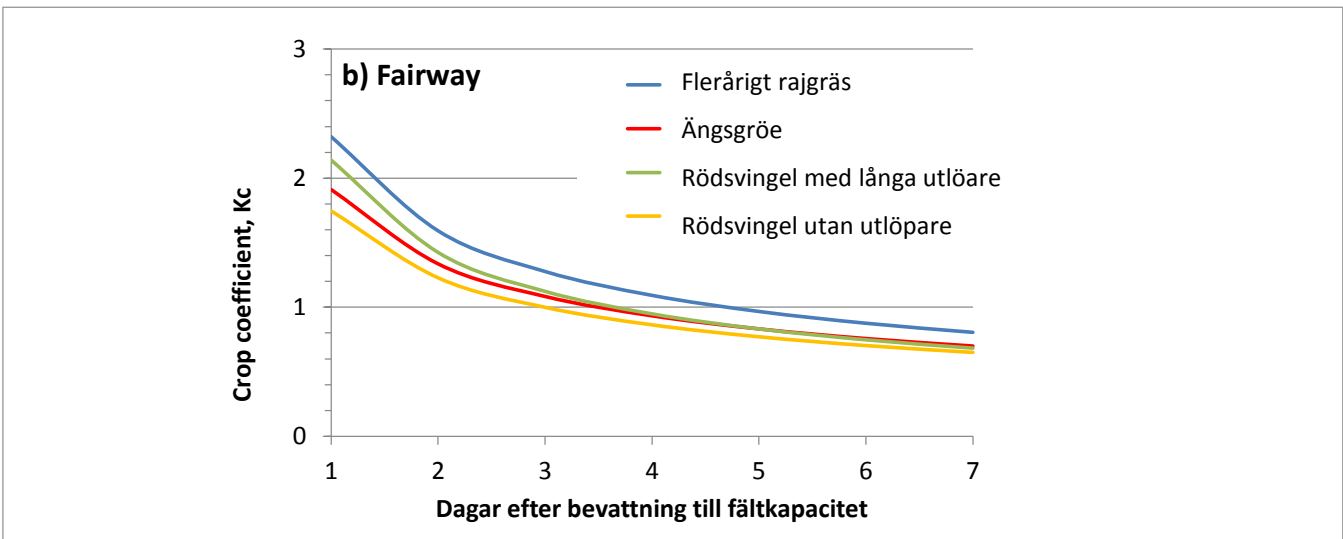
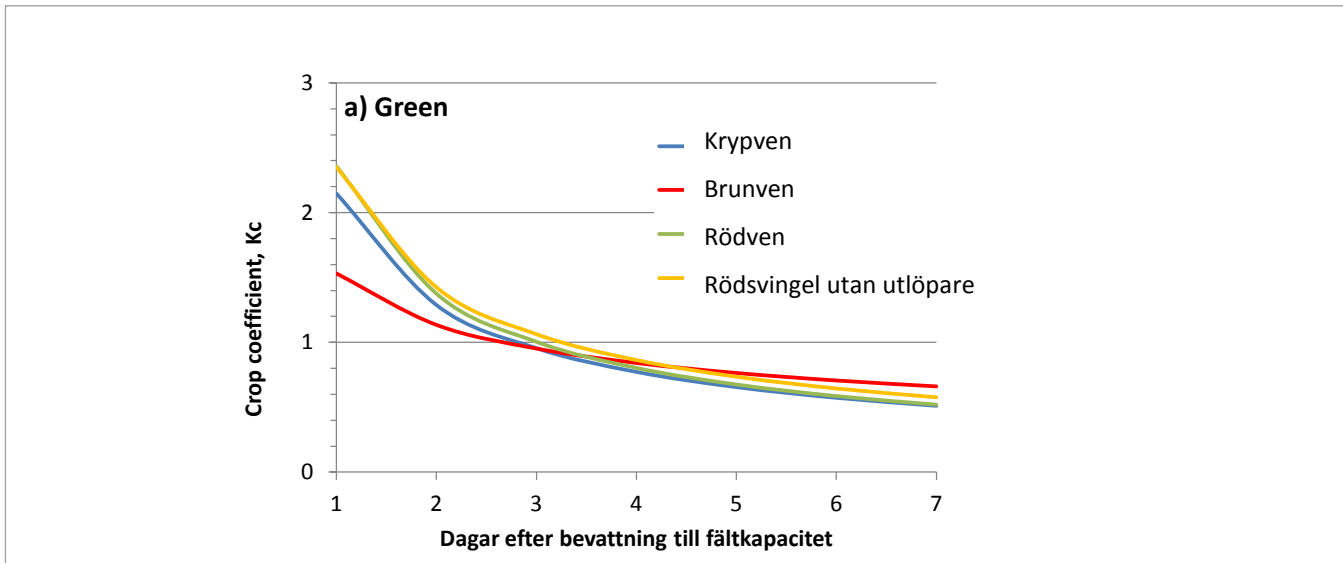
ET_0 beräknas dagligen på många meteorologiska mätstationer. Eftersom ET_0 – värdet varierar lite inom ett distrikt kan du oftast använda värdena från närmaste mätstation. Som en grov förenkling kan vi säga att ET_0 under bra somrardagar i Norden ligger mellan 3 och 4 mm. Nederbörd däremot kan komma väldigt ojämnt, speciellt på sommaren, så regnmängden bör mätas på banan. Många leverantörer av bevattningsanläggningar erbjuder även väderstationer som beräknar ET_0 . Sådan utrustning blir hela tiden både billigare och bättre.



Bild 4. En väderstation som beräknar ET_0 kan kopplas direkt till bevattningsanläggningen. Foto: Agnar Kvalbein

ET_0

Somliga definierar ET_0 som vattenförlusterna från ett standardbestånd av gräsplanter, fria från sjukdom och under optimala växtbetingelser. Det finns också många andra definitioner och formler för att beräkna avdunstning. Detta gör det komplicerat att sätta sig in i litteraturen om bevattning. I de försök som ligger till grund för denna text blev ET_0 beräknat med FAOs (FN's landbruksorganisation) version av Penman-Monteith.



Figur 4. Crop coefficient för gräs på en USGA-green klippt på 3-5 mm och fairway klippt på 15 mm presenterat som en funktion av antal dagar efter bevattning till fältkapacitet.

Transpiration hos olika gräsytor

Evapotranspiration varierar mellan olika växter. Till exempel så är ET från en björkskog högre än ET från en gräsyta. Vår fråga är hur mycket vatten som avgår från en tätbevuxen kortklippt gräsyta. Detta studerades och mättes i det aktuella bevattningsprojektet på Bioforsk 2009 och 2010. Resultaten var överraskande och den nya kunskapen ger oss möjlighet att spara vatten genom att bevattna smartare. Detta återkommer vi till i ett senare kapitel.

För att räkna om ET_0 till det aktuella ET-värdet som gäller för kortklippt gräs, används en omräkningsfaktor. Denna omräkningsfaktor kallas k_c (crop coefficient) och det aktuella ET-värdet benämns med ET_c . Det finns alltså ett k_c för

varje gräsart. Höjden och utvecklingsstadiet hos gräsplantorna har också betydelse för värdet på k_c . Det antas ofta att k_c för gräs i vårt kalla klimat är 0,80-0,85 (e.g. McCarty 2011). Det betyder att det aktuella ET-värdet, ET_c , är något lägre än ET_0 , hämtat från en väderstation.

$$ET_c = k_c * ET_0$$

Vår forskning har inte motbevisat detta, men det är inte fullt så enkelt. Det har nämligen visat sig att gräsplantor som har optimal tillgång på vatten förbrukar mycket mer vatten än de som växer i en torr växtbädd. Vattenförbrukningen första dagen dagen efter växtbädden är bevattnad till fältkapacitet är nästan 3 gånger högre än genomsnittsför-



brukningen de närmaste fem följande dagarna. k_c bör därför uttryckas som en funktion av vatteninnehållet i marken. Figur 4 visar hur k_c avtar med antal dagar efter bevattning till fältkapacitet.

Grovt sett förbrukar gräsarterna vi använder på golfbanor i Norden ungefär lika mycket vatten. Studerar vi detta lite mer i detalj ser vi att ju tätare grästäcket är desto mindre är vattenförbrukningen. Detta förklaras med att luften står still i gräset och att luftfuktigheten därmed blir högre.

Ett vanligt antagande är att rödsvingel (*Festuca rubra*) förbrukar lite vatten. Det stämmer på fairway där rödsvingel har hög skotttäthet jämfört med andra arter. Men det gäller inte på greener. Att rödsvingel konkurrerar bättre med ängsgröe (*Poa pratensis*) och vitgröe där det är torrt, beror huvudsakligen på att den har ett djupare rotsystem.

Av de gräsarter som användes på fairway så har rajgräs (*Lolium perenne*) högst vattenförbrukning. Detta beror på att

rajgräs normalt har ett djupare rotsystem än vitgröe, ängsgröe och rödsvingel.

Brunven skiljer ut sig från de andra arterna genom det konsumerar mindre mängd vatten direkt efter bevattning till fältkapacitet (Figur 4). Vi har också registrerat att den behåller sin gröna färg och kvalitet längre under en torkperiod än de andra gräsarterna. Brunven har en mycket hög skotttäthet. Det kan även finnas andra orsaker till att brunven använder mindre mängd vatten.

Baserat på k_c -värdena i figur 4 har vi beräknat vattenförbrukningen under en vecka och jämfört arterna. I tabell 3 jämförs gräsarterna under green- och fairwayförhållande. Våra försök visade att de mest ekonomiska gräsarterna med tanke på vattenförbrukning är brunven på greener och rödsvingel på fairway.

	Green	Fairway
Brunven 'Legendary'	76 (b)	
Krypven 'Independence'	91 (a)	
Rödven 'Barking'	99 (a)	
Rödsvingel utan utl. 'Center'	100=32 mm (a)	100 = 23 mm (b)
Ängsgröe 'Limousine'		104 (b)
Rödsvingel, lång utl. 'Celianna'		110 (ab)
Flerårigt raigräs 'Bargold'		117 (a)

Tabell 3. Relativt vattenförbruk under en vecka hos några gräsarter/underarter på green och fairway. Värdena är beräknat utifrån K_c -funktionen och ET_0 på 3 mm per dag. Den relativa vattenförbrukningen hos rödsvingel 'Center' som var den enda sorten både på green och fairway, är satt till 100. Att det är en större vattenförbrukning på green än på fairway förklaras bäst med att green blev bevattnad till fältkapacitet två gånger i veckan medan fairway bevattnades till fältkapacitet en gång i veckan. I varje kolumn betyder samma bokstav inom parentes att vattenförbruket hos arterna inte är signifikant olika. (signifikansnivå $P < 0.10$).



Hauger GK, Oslo. Foto: Agnar Kvalbein.

BEVATTNINGSTRATEGIER

Följande diskussion om olika bevattningsstrategier är baserad på fältförsök som gjordes på Bioforsk i Landvik under perioden 2010 och 2011. Här jämfördes olika bevattningsstrategier under fyra torrperioder som skapades med hjälp av ett rörligt skärmtak. Man jämförde bevattning till fältkapacitet med så kallad underskottsbevattning. Bevattningsintervallen varierade från daglig till veckovis på greener och från två gånger i veckan till var tionde dag på fairway.

Maximal tillväxt

Växter med obegränsad tillgång på vatten kommer att växa snabbt för att cellerna har hög saftspänning och klyvöppningarna hålls öppna större delen av dygnet. Där det är önskvärt med god tillväxt bör det därför vattnas rikligt och ofta så att markens vatteninnehåll hålls vid fältkapacitet.

Denna strategi är aktuell för gräsytor under etablering och på våren när vi önskar att gräset skall reparera skador och komma igång snabbt efter vintern. Med denna strategi är risken för läckage av näringsämnen stor eftersom grästäcket är gles och temperaturen är låg på våren. Det är därför mycket viktigt att den här bevattningsstrategin kombineras med att gödsla ofta och i små doser. Växtbäddens vatteninnehåll får heller aldrig övertiga fältkapacitet.

Denna bevattningsstrategi medför stor förbrukning av både vatten och energi.

Minskad vattenförbrukning och god gräskvalitet

Upptäckten att vattenförbrukningen hänger samman med vattentillgången i växtbädden ger oss möjlighet att spara

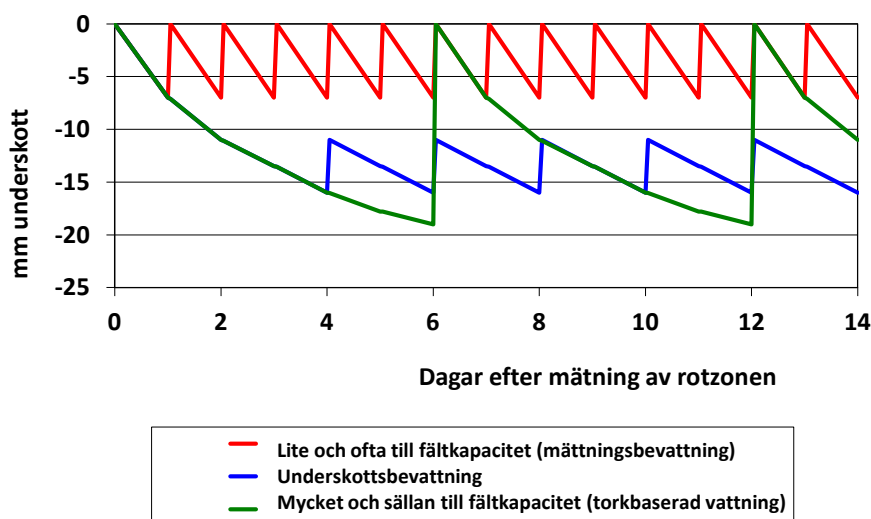
mycket vatten på golfbanor. Om vi undviker att fylla växtbäddens vattenmagasin till fältkapacitet kan vi i praktiken minska vattenförbrukningen till mindre än hälften jämfört med daglig bevattning till fältkapacitet. Det finns dock en gräns för hur mycket vi kan låta växtbädden torka ut utan att det går ut över gräskvalitén. Detta är speciellt viktigt att uppmärksamma på sanduppbygda växtbäddar där det lätt skapas torrfläckar. (Se separat avsnitt om torkfläckar.)

I försöken på Landvik var den visuella kvaliteten bäst vid bevattning till 70% av fältkapacitet sex gånger i veckan. Skillnader mellan ytorna bevattnade till fältkapacitet två gånger i veckan respektive sex gånger i veckan var mycket små och icke signifikanta. Bevattning till 70% av fältkapacitet samt bevattning till fältkapacitet två gånger i veckan gav hårdare greener, d.v.s. bättre spelkvalité än med bevattning till fältkapacitet sex gånger i veckan. Bevattning bara en gång i veckan var vid alla tillfällen för sällan och gav upphov till torrfläckar där vätningsmedel inte användes. (Figur 4)

Vattenförbrukningen under de 63 dagar försöket pågick varierade från 358 mm vid bevattning till fältkapacitet sex gånger per vecka till endast 106 mm vid underskottsbevattning bara en dag i veckan. Gräs som underskottsbevattades sex gånger i veckan tog emot 123 mm. Det är en besparing av vatten motsvarande 66 %. Vattenförbrukningen visas i tabell 5.

Bollrull och spelkvalitet

Spelkvalitet karaktäriseras ofta med de tre faktorerna jämnhet, hårdhet och bollhastighet (trueness, firmness and hardness). Det är många faktorer som påverkar bollrullen. Här



Figur 5. Illustration av olika bevattningsstrategier som testades på en krypvengreen och på fairway dominerat av rödsvingel och ängsgröe. I försöket vattnades det i olika intervaller. Detta framgår av tabell 4.

Bevattningsstrategi	Visuell green kvalitet (1-9)	Torrfläckar % av rutor	Daglig växt mm	Bollrull, med halv stimpmeter cm	Hårdhet Clegg-hammer (g)
1. Fältkap, 6x pr vecka	6.3 a	6 b	0.9 a	100 a	71 c
2. Fältkap, 2x pr vecka	6.1 a	6 b	0.9 a	102 a	74 bc
3. Fältkap, 1x pr vecka	5.4 ab	13 ab	0.8 a	100 a	79 b
4. Undersk, 6x pr vecka	6.4 a	8 b	0.9 a	101 a	76 bc
5. Undersk, 2x pr vecka	5.8 ab	11 b	0.9 a	100 a	75 bc
6. Undersk, 1x pr vecka	4.9 b	27 a	0.8 a	103 a	85 a

Tabell 4. Resultaten från bevattningsförsöket säsongen 2011 på green med krypven 'Independence'. Bevattning till fältkapacitet respektive till ca 70 % av fältkapacitet med olika intervaller. Bokstäver visar säkra skillnader (signifikansnivå: $P < 0.10$)

Bevattningsstrategi	Vattenförbrukning efter 63 dagars försök. Sum $ET_0 = 174$ mm	Relativ vattenförbrukning i förhållande till bevattning till fältkapacitet varje dag
1. Fältkap, 6x pr vecka	358	100
2. Fältkap, 2x pr vecka	233	65
3. Fältkap, 1x pr vecka	173	48
4. Undersk, 6x pr vecka	123	34
5. Undersk, 2x pr vecka	127	36
6. Undersk, 1x pr vecka	106	30

Tabell 5. Vattenförbrukning på krypvensgreen vid olika bevattningsstrategier

begränsar vi oss till de som har att göra med bevattning. Jämnhet är ett uttryck för att bollen inte hoppar från sida till sida när den puttats utan följer den linje man förväntar sig utifrån onduleringen på greenen. På en green med ett enhetligt gräsbestånd påverkas jämnheten och bollhastigheten (stimpvärdet) lite av bevattning. På greener med högt inslag av vitgröe kommer torra förhållanden att ge ökad blomning. Blommående vitgröegreener blir ojämna och spelkvaliteten försämras. Detta skapar också ett dilemma på lång sikt eftersom torra greener kommer att ge ett reducerat vitgröebeståndet vilket beror på att vitgröe har ett grundare rotsystem än de andra gräsarterna.

Bollhastigheten ökar när vi torkar ut greenerna kraftigt (stimpmeter value), men det ger också ett svagare gräsbestånd och kan inte rekommenderas som metod för en bättre bollrull vid vardagsspel. Olika bevattningsstrategier påverkade inte bollhastigheten på krypvensgreener (*Agrostis stolonifera*) i vårt försök. Se tabell 4.

Den kvalitetsfaktorn som påverkas mest av bevattning är hårdheten. Hårdheten har ett direkt samband med risk för nedslagsmärken samt med hur långt bollen rullar efter nedslaget på greenen. Hårdheten beror både på hur ofta greenen bevattnas och hur mycket vatten som tillförs. Se tabell 4.

Groning och etablering

Bevattningsstrategier efter sädd väljs utifrån groningsbehov och groddplantans behov för tillväx. Ett frö groor bara en gång och groddplantan är mycket känslig för uttorkning

efter det första roten blivit synlig. Venfröer (*Agrostis sp.*) är väldigt små och ska därför sås grunt. Detta ökar faran för uttorkning och på sandbaserade greener är det nödvändigt att vattna med ett par millimeter minst varannan timme för att behålla groningsfuktigheten under soliga dagar. Bevattningsspridare ger förhållandevis stora droppar som lätt flyttar på sand och frö. Bevattning med slang och ett munstycke som ger mindre droppar är därför att föredra. Vid nyetablering av gräsytor är det bra att täcka med fiberduk för att hålla kvar fuktigheten och skydda växtbädden mot stora och tunga vattendroppar. För att få starka plantor är det viktigt att ta bort duken så snart gräset kommit upp.

Vinterskador på greener ger ofta en blandning av döda områden och gräs som överlevt. Det döda områdena måste oftast hjälpsås. Detta skapar ett stort dilemma eftersom bevattnings- och gödslingsstrategin först och främst bör ta hänsyn till frö som skall gro. Riklig vattning (och gödning) ger en god tillväxt hos det etablerade gräset. Detta gör att det etablerade gräset måste klippas vilket kan ge stora skador på de nygrodda plantorna. Vi tror att detta dilemma så långt som möjligt bör lösas med handvattning på de hjälpsådda fläckarna under den kritiska period då fröna groor.

Torvat gräs måste också vattnas rikligt för att det inte skall torka ut men ett par gånger om dagen räcker oftast. All grästorv har med sig ett filtlager. Om filten är tät kan stora vattenmängder reducera gasdiffusionen och skapa problem för rottillväxten. Försiktig luftning eller skärning så snart gräset tål denna behandling kan vara viktigt annars kan rotutvecklingen stann upp efter att grästorven lagts ut.



Bild 5. Olika orsaker till utveckling av torrfläckar. a. Höjdplatåer och olika tjocklek på växtbädden ger torrfläckar till vänster i bilden. b. vatten suges ut ur greenkanten c. En punkt där gruset under greenen inte är kontinuerlig d. ett skikt med dressand som hindrar vattnet att tränga ned i denna foregreen. Foto: Agnar Kvalbein.

HYDROFOB JORD OCH FINGER-FLOW

Lokala torrfläckar

Speciellt på sandjord kan det lätt utvecklas lokala torrfläckar. Fenomenet har varit känt länge. Trots det är det många som blir överraskade av de stora problem som uppstår då växtbädden blir vattenavstötande (hydrofob).

Vid nedbrytning av organiskt material är det väl dokumenterat att det skapas många olika vaxliknande skikt (*Doerr et al. 2000*). Även vid nedbrytning av filt bildas det "vax" och detta sätter sig på sandkornen i och under filten. Så länge marken är fuktig ser vi inte problemet men när den torkar

under en kritisk gräns, som är 7-9 volymprocent vatten i en sanduppygd green, kommer växtbädden inte att låta sig återfuktas. Den blir vattenavstötande och fenomenet blir kvar under en lång tid. Ibland räcker det inte ens med ett långvarigt regn för att återfukta växtbädden.

Dålig täckning på bevattningsanläggningen kan ge hydrofoba områden men det kan finnas många andra orsaker till detta också. Vi ser ofta torrfläckar på följande ställen:



Bild 6. Extrema torrfläckar på greenen till vänster. Vattnet tränger endast ner i de redan fuktiga områdena. Detta visas i detalj till höger. Fenomenet kallas finger-flow. Foto vänster: Terje Haugen. Foto höger: Agnar Kvalbein

- På höjdpunkter eller i överkanten på en ondulerad green
- I utkanten av en sanduppygd greenen där vatten på grund av kapillära krafter sugts ut till jorden runt omkring
- I punkter där det är kontakt mellan växtbädden och jorden under dräneringsgruset i en USGA-green
- I områden där växtbädden är tjockare än rekommenderat
- Där det är så ojämt dressat att det uppstått skiktningar i växtbädden, med omväxlande sand och organiskt material
- Torrfläckar förekommer också på fairway men sällan på leriga jordar.

Hydrofobiciteten mäts enkelt med ett dropptest (WDPT = Water Droplet Penetration Time.) Vattendroppar placeras på olika nivåer på ett cylinderprov eller rektangulärt jordprov. Testet utförs både direkt efter provtagning i fält samt efter att jordprovet fått torka 48 timmar i rumstemperatur. På så sätt får man ett mått på dels aktuell och dels potentiell hydrofobicitet.

Finger flow (Fingerflöde)

I mark eller växtbädd som har tendens till att utveckla hydrofobicitet kommer vattnet att röra sig ojämnt ned genom markprofilen. Vattnet rör sig lättast i områden där det är blötast sedan tidigare. Om marken eller växtbädden i vissa områden är så torr att den är hydrofob kommer vattnet att söka sig förbi dessa områden genom fuktiga ”kanaler” i marken. Fenomenet kallas **finger flow**. Finger flow ger inte bara ett ojämnt grästäcke. Det ökar också risken för läckage av näringsämnen och pesticider särskilt på greener med låg halt av organiskt material.

Åtgärder

Vi skulle gärna vilja presentera några enkla åtgärder som löser problemen med torrfläckar, men det kan vi inte. Det är viktigt med god kontroll av filtagret från dag ett efter anläggning av banan så att skiktbildning kan undvikas. När problemen väl uppstått kan man tillföra lite lera i sandiga greener. Den stora specifika ytan på dessa extremt små lerpartiklar ger vattnet en möjlighet att fästa på dessa ytor. Detta kan göras genom att spruta in lerpartiklar i greenen med hjälp av vattentryck.

De negativa effekterna av hydrofob jord kan också minskas genom att använda kemiska ytavspänningsmedel. Dessa fungerar som såpa och skapar kontakt mellan de växliknande skikten och vattenmolekylerna. På det sättet fördelas vattnet jämnt i jordprofilen. Vid bevattningsförsöken har vi konstaterat flest torrfläckar vid de längsta bevattningsintervallen, dvs när vi bevattnade sällan. Risken för torrfläckar ökar också vid regelbunden underskottsbevattning om vattnet sprids ojämnt på greenen. Med anledning av detta innebär ofta minskad vattenförbrukning och krav på hög greenkvalitet en ökad användning av vätmedel.

Några vätmedel minskar inte bara den horisontala variationen utan leder också till en generell ökning i vatteninnehållet i greenerna. Dessa vätmedel bör inte användas sent på säsongen då det kan leda högre vatteninnehåll i växtbädden och mer vinterskador. Det är viktigt att läsa bruksanvisningen för de olika produkterna innan de används.



BEVATTNING OCH RISK FÖR UTLAKNING AV NÄRINGS- ÄMNEN OCH PESTICIDER

En del näringsämnen, särskilt kväve och fosfor kan leda till ökad växtlighet när de kommer ut i vattendrag, dammar och sjöar. Tillgången på kväve bestämmer algutväxten. Cyanobakterier (tidigare kallat blågröna alger) kan fixera kväve ur luften och är därför först och främst beroende av fosfortillgången.

Risk för näringsläckage från golfbanor är generellt liten så länge gödsel fördelas i små givor under hela växtsäsongen. I USA finns dock dokumenterat att bevattning av gräs i större mängd än till fältkapacitet kombinerat med tillförsel av stora gödselgivor, kan ge förluster på upp till 90 procent av kvävet till dräneringsvattnet (*Petrovic & Barlow 2012*). I kontrast till detta ger frekvent gödsling på sammanlagt 2-3 kg N per 100 m² per säsong sällan mer än 5 procent i kväveförluster (*Barton & Colmer 2006*).

Läckaget av kväve från golfgreenar är liten så länge gödselgivorna är moderata och det finns ett tätt och friskt gräsbestånd. Det är högst risk för läckage av kväve under etablering och efter vinterskador. Vid mätningar av kväveinnehållet i dräneringsvattnet från bra etablerade greenar på Landvik var värdena alltid långt under EU:s gränsvärden för dricksvatten (*Aamlid et al. 2009, 2013*). Under 2012 var förlusten av kväve från en rödsvingelgreen anlagd på en

sandig växtbädd med torvinblandning endast 0,08 kg per m² vilket motsvarar ca 6 procent av den tillförda mängden kväve (*Aamlid et al. 2013*).

Fosfor binds normalt hårt som svårösliga salter i marken. Men där kompost används som organiskt material i växtbädden kan fosfor frigöras och läcka ut, speciellt de första åren efter etablering av greener (*Aamlid et al. 2013*). Eventuella fosforföroreningar från golfanläggningar sker främst när jordpartiklar spolats bort vid mycket nederbörd under etablering av golfbanan (jorderosion).

Försök för att dokumentera utlakning av pesticider visade att risken för läckage var mycket större vid fyra bevattningar med 25 mm jämfört med 16 bevattningar med 6 mm (*Starr et al. 1994*).

Samanfattningen av den här diskussionen är att även om problemen med utlakning är små, kan bevattning som överstiger fältkapacitet leda till visst läckage av både växtskyddsmedel och näringsämnen. Läckage till grundvattnet är alltid särskilt bekymmersamt eftersom nedbrytning av kemikalier går långsamt under grundvattenytan i marken och därför att många människor använder grundvattnet som dricksvattenkälla.



Husavik GK, hål 8. Foto: Edwin Roald

BEVATTNING I PRAKTIKEN

Styrning av bevattning

Det är svårt att veta hur mycket vi skall vattna för att uppnå bästa möjliga resultat med tanke på grässkvalité, ekonomi och miljöeffekter. Denna osäkerhet är en viktig orsak till att det vattnas mer än vad som är optimalt. Riklig bevattning är ofta det enklaste och säkraste sättet för att undvika torkskador och kritik.

Gräs som utsätts för mycket sol och vind förbrukar mer vatten än plantor i skugga och lä. Naturlig nederbörd faller jämnt och intensiteten är låg jämfört med moderna bevattningsanläggningar. Fast monterade, cirkulerande spridare kommer alltid att sprida vattnet ojämnt och med hög intensitet. Vinden påverkar också resultatet. För att få en så jämn spridning som möjligt krävs optimalt spridartryck och jämn spridning. Det är därför viktigt att regelbundet kontrollera

bevattningssystemet. Onduleringar på greener kommer att leda till att lågpunkter får mer vatten än högt liggande områden och slutningar².

För att kunna utnyttja fördelarna med underskottsbevattning måste vi därför arbeta för att förbättra bevattningssystemen och bevattningsstrategier på flera nivåer. Vi kommer inte ifrån att det är dyrt, både att utveckla kunskap om vattenförhållandena på banan och att följa upp och kontrollera resultaten.

Rätt bevattning är därför en utmaning för alla som vill avsätta resurser och har ambitioner för att lyfta banan till en högre nivå med tanke på spelkvalité och miljö.

² **Horisontell avrinning på greener.** Amerikanska försök har visat att vattnet fördelar sig ojämnt på ondulerade greener (Prettyman & McCoy 2003). Detta beror både på ytavrinning och det hängande vattenbordet / vattenpelaren. Dessa två faktorer tillsammans ger en betydlig snedfördelning av bevattningsvattnet. Bevattningsintensiteten i en modern bevattningsanläggning är som regel större än infiltrationshastigheten i en torr greenyta. Genom att fukta upp ytan kommer infiltrationen förbättras men ändå får man räkna med att låga områden får mer vatten än mer högre liggande områden på greenen. Det har gjorts lyckade försök med att konstruera vattenbarriärer i greener som lutar 5 %. Vattnet kan på det sättet hållas kvar i "terasser". (McInnes & Thomas 2012).



Time Domain Reflectometry (TDR), ett instrument som mäter vatteninnehållet i marken. Foto: Agnar Kvalbein

Beräkna Vattenbalansen

Ett första steg för många greenkeepers är att börja uttrycka bevattning i millimeter vatten istället för minuter bevattning. Detta är nödvändigt för att bedöma om bevattningen står i ett rimligt förhållande till grässets vattenförbrukning. Om vi bortser från den första dagen efter bevattning till fältkapacitet är vattenförbrukningen hos gräsplantor i Norden mellan 3 och 4 mm om dagen på sommaren. Under speciellt varma och torra perioder med temperaturer runt 30 grader kan ET komma upp i 5 mm. Ett exempel på detta är, om bevattningsanläggningen ger 3 mm på 10 minuter, betyder det att 4x10 minuter två gånger i veckan täcker grässets behov av vatten. Bevattning utöver detta betyder att vatten förloras via dräneringssystemet.

En enkel beräkning av vattenbalansen kan göras genom att man sätter ut en vattenmätare som mäter nederbörden samt har tillgång till ET_0 från en meteorologisk station i distriktet. I jordbruket är detta ett rekommenderat sätt att beräkna bevattningsbehovet dvs att ersätta vattenförlusterna baserat på ET -värden. Några moderna bevattningsanläggningar har en egen väderstation och kan ställas in för att bevattna utifrån givna data.

Bestäm markfuktigheten

Ett bättre och enklare alternativ till att beräkna balansen mellan ET och nederbörd är att hålla marken så nära ett optimalt vatteninnehåll som möjligt. Det finns flera metoder

Time Domain Reflectometry (TDR)

Detta instrument mäter vatteninnehållet i en radie på ca 3 cm runt två mätpinnar. Opinnarna kan fås i olika längder. Principen för mätningen är att det sänds ut en elektromagnetisk våg. Hur fort vågen reflekteras är avhängigt av vatteninnehållet.

En TDR-mätare ger en genomsnittlig volymprocent vatten i marken längs pinnarna och resultatet påverkas lite av temperatur (0-30 ° C) jordtäthet, saltinnehåll och textur. Däremot kan sten och hål i marken ge betydliga fel. Innehåller av organiskt material kan också påverka resultatet.

Noggrannheten beräknas till $\pm 1-3$ % volymprocent.

för att mäta vatteninnehållet i marken och det instrument som är enklast att använda är en TDR-mätare som ger vatteninnehållet i volymprocent. De flesta av dessa instrument är portabla och kan bäras mellan provplatserna där de sticks ned genom ytan. Det finns också instrument som grävs ner i marken och kan ha trådlösa sändare så att fuktigheten kan avläsas direkt på bevattningsdatorn. Avancerade TDR-mätare kan också kopplas till GPS så att data enkelt kan överföras till en karta över golfbanan.



Bild 7. Intensiteten i en modern bevattningsanläggning är som regel högre än infiltrationskapaciteten. Detta leder till en ojämn bevattning även om sprinklerna är optimalt placerade. Bilden är från Visby golfklubb och visar en test med 10 minuters bevattning. Lägga märke till pölarna på greenen. Foto: Agnar Kvalbein

För att kunna använda TDR-värden till att styra bevattningen måste vatteninnehållet vid fältkapacitet bestämmas (Se exemplet på sid 27). Det är inte ovanligt att fuktigheten vid fältkapacitet i en och samma green kan variera med +/- 30 %. Detta beror på olika innehåll av organiskt material eller olika grader av packning. Dessa skillnader är intressant information eftersom de ger värdefulla upplysningar om ojämnheter i greenytan. Ofta ser vi att innehållet av organiskt material är lägst i områden där slitaget är störst. I dessa områden är samtidigt jordpackningen störst med små porer håller växtbäddens vatten hårdast.

När vi använder växtbäddens fuktighet för att bestämma bevattningsbehovet är målet att hålla vatteninnehållet på en nivå mellan 50 och 70 % av fältkapacitet. Vi får inte låta växtbädden torka ut så mycket att det finns risk för att det blir torrfläckar. Det betyder att vi aldrig låter vatteninnehållet bli lägre än 8 procent i något område. Efter att du har kartlagt dina greener kommer du att veta var de är torrast. Troligtvis måste du handvattna dessa områden då och då eftersom bevattningsanläggningen inte sprider vattnet tillräckligt jämnt.

Mätning av torkstress

Det har gjorts många försök med att mäta grässets torkstress direkt utan att gå vägen via bestämning av vatteninnehållet i marken (Jones 2004). Fördelen med direkta mätningar är att vi också kan fånga upp effekter av dålig rotutveckling

och tillfällig torkstress under dygnet. I försöket på Landvik registrerade vi några gånger att bladtemperaturen var ett par grader högre i de torraste rutorna än i rutor med optimal vattentillgång. Det finns också metoder som baseras på att rött ljus reflekteras olika när växterna börjar torka ut. Med denna teknik kan man upptäckt torra områden 12-18 timmar innan de blir synliga med blotta ögat (Brian borgan, gresskursen 2013). För närvarande kan vi konstatera att denna teknik inte är tillräckligt utvecklad för praktisk användning.

Tidpunkt för bevattning

Det finns många praktiska skäl till att bevattning på natten eller tidigt på morgonen är att föredra. Den viktigaste är självklart färre golfspelare, men vindhastigheten är också lägre och bevattning i gryningen kan ta bort dagg och guttationsdroppar som ger en snabbare upptorkning på morgonen.

Vattning i korta sekvenser

Att bevattna lite och regelbundet gör att bevattningen blir mindre intensiv och det ger en jämnare infiltration av vattnet. När vi bevattnar en torr yta är det viktigt att först bevattna med små mängder som fuktar upp ytan och gör den mottaglig för större mängder vatten. Endast några få minuter (4-5) med högintensiv bevattning av en torr yta kan ge upphov till ytavrinning och ojämn fördelning av vattnet. Generellt ger alltså många korta bevattningsekvenser en jämnare fördelning av vattnet.

Rekommendationer för underskottsbevattning

Den sista delen av STERF:s bevattningsprojekt hade som mål och testa underskottsbevattning i praktiken på några utvalda golfbanor. Dessvärre blev dessa storskaliga försök genomförda under ett år med mycket regn. Olikheter i kvalitet och kostnader kunde därför inte utvärderas men vi fick en uppfattning av hur jämnt bevattningsanläggningarna bevattnade.

Nedan ger vi några konkreta råd hur du kan skapa dig egna erfarenheter av underskottsbevattning. Det är mycket arbete men det kommer att löna sig genom att reducera förbrukningen av vatten och energi samt förbättra greenkvaliteten.

Bevattning av etablerade greener

1. Förbered greenerna på våren genom att använda vätmedel där du har erfarenhet av att torrfläckar kan uppstå.
2. Köp ett TDR-mätinstrument med mätpinnar vars längd motsvarar ditt normala rotdjup.
3. Kontrollera jämnheten hos bevattningsanläggningen en stilla morgon. Se till att munstyckena är okej och att spridarna står upprätt (90 °). Sätt ut mätglas med ett jämnt avstånd i båda riktningar och mät innehållet i glaset under 10 minuters bevattning. Rita en karta över täckningen och bestäm förhållandet mellan minuter och millimeter.
4. Bestäm markvatteninnehållet vid fältkapacitet genom att mäta med TDR-mätaren en timme efter ett långvarigt regn/bevattning.
5. Börja din underskottsbevattning genom att bevattna varje gång vatteninnehållet i växtbädden är 60 procent av fältkapaciteten. Allt eftersom gräset blir mer och mer torrtolerant kan du steg för steg vänta med att starta bevattningsanläggningen till vatteninnehållet i växtbädden är närmare 50 procent av fältkapaciteten. Men du får aldrig låta vatteninnehållet bli lägre än 8 volymprocent på TDR-mätaren (kritiskt vatteninnehåll som ger torrfläckar, detta kan variera från green till green).
6. I början beräknas bevattningsmängden utifrån vad som är nödvändigt för att nå 80 % fältkapacitet. Senare kan du steg för steg gå ned till att bevattna till 70 % av fältkapaciteten.
7. Kontrollera resultatet med TDR-mätaren dagen efter du har bevattnat. Notera de torraste områdena på greenerna.

8. Under torra perioder kan det vara nödvändigt att handvattna med slang på de torraste områdena på green (där bevattningssystemet har dålig täckning eller där det förekommer ytavrinning).
9. Upprepa behandlingen med vätmedel på de torraste områdena av green där det utvecklas torrfläckar. Var uppmärksam på områden där vatteninnehållet fortsätter att sjunka efter bevattning. Kom ihåg att vätmedel kan tillföras både som granulat och genom handvattnings-slangen. Vätmedel som ” håller vatten” i filtagret bör inte användas efter den 1 augusti eftersom högt vatteninnehåll kan ge ökad risk för vinterskador.

Bevattning av fairways

Eftersom det ofta finns en osäkerhet när det gäller rotdjup och mängden växttillgängligt vatten på fairways rekommenderar vi att bevattningsschemat för fairway utgår ifrån TDR mätningarna på greenerna. Detta är baserat på information som säger att det är liten skillnad i vattenförbrukning mellan fairway och greener så långt vi undviker att bevattna till fältkapacitet. Därför rekommenderar vi att under torrperioder bevattna fairway med samma mängd vatten som greenerna. Om du mäter vatteninnehållet i greenerna och styr efter den fuktigheten, så skall du alltså veckovis alltid tillföra samma mängd vatten på fairway.

Om fairway är ” sand-capped” eller byggd på sandjord ska du bevattna lika ofta som på greenerna (vanligen var eller var tredje dag). Om fairway är anlagd på mark som har ett större vattenmagasin är det tillräckligt om du bevattnar fairway två gånger i veckan och med en större mängd vatten.

Det är först när du inför underskottsbevattning även på fairway som du kan se att vattenförbrukningen (och energi) minskar så mycket att du kan se det i bevattningsbalansen!

Exempel:

Green nr 18 på Larviks golfklubb hade en oregelbunden form och även om spridarna var placerade i ett trekantsförband var det stor skillnad på de delar av green som fick mycket vatten och de som fick lite. Mätglasen som sattes ut med ett avstånd på fyra gånger fyra meter samlade upp mellan 12 och 30 mm, alltså ett förhållande på 1 : 2,5. Täckningsgraden beräknades till 65 % (genomsnitt av de 25 % lägsta värdena delat med genomsnittet av alla). I handledningen räknas 55 % som dålig täckningsgrad, 70 % som bra och 80 % som utmärkt.

Uträkningarna visade att bevattningsanläggningen gav 0,37 mm i genomsnitt per minut eller 22 mm per timme. Lägg märke till att bevattningsanläggningen faktiskt var så ojämn att variationen blev 7 till 36 mm per timma.

Greenen såddes med krypven och har regelbundet dressats under 15 år. Växtbädden var därför ca 40 cm tjockt. Det organiska materialet i det dresslagret var ca 2 %. Växtbädden var därför ganska torr.

Rotdjupet varierade, men var på de flesta ställen omkring 20 cm. I de områden som fick mest vatten fanns det mer vitgröe, ca 70 %, och med kortare rötter. Fuktigheten mättes med TDR₂₀ (20 cm pinnar). Det genomsnittliga värdet på

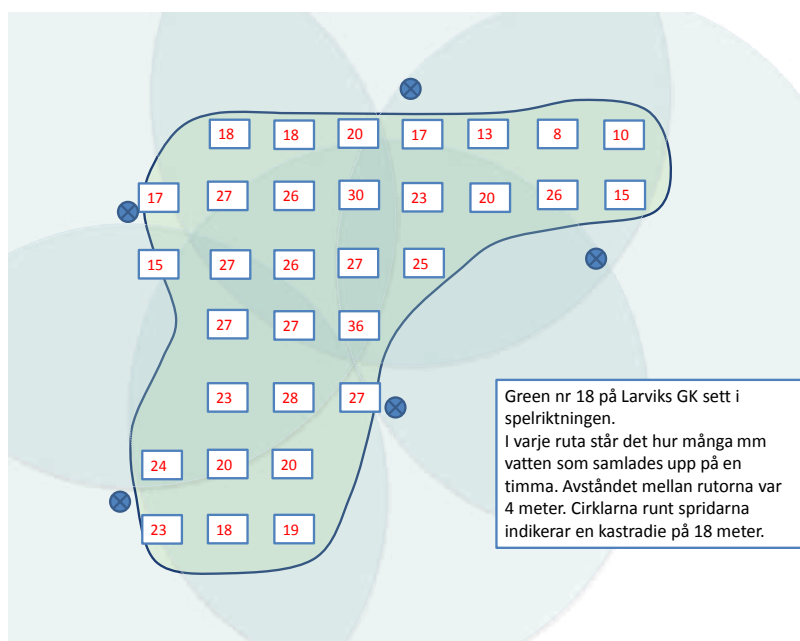
fältkapacitet (markvatteninnehållet en timma efter regn) var 18 volymprocent. Mätningarna varierade från 16,1 volymprocent till 21,4 volymprocent.

Målet var att hålla markfuktigheten mellan 60 och 70 procent av fältkapaciteten, d.v.s. mellan 10,8 och 12,6 volymprocent vatten i det översta 20 cm. Detta mättes med TDR₂₀ dagligen på 12 platser på green. Resultaten visas i tabell 6.

Efter tre dagar (egentlig natten till dag 4) bevattades greenen i 15 minuter. Det motsvarar i genomsnitt 5,5 mm och höjde TDR₂₀ till 13,0 dag 4. Den femte dagen var den genomsnittliga vattenhalten i greenen 11,5 volymprocent. Samtidigt hade den övre, högra delen av green, där täckningen var dålig, endast 9 volymprocent vatten. Detta område vattnades för hand så att vatteninnehållet steg till 12,4 volymprocent. Lutningen mot spelriktningen gjorde att ingången till green inte blev så torr som man kunde förvänta sig utifrån spridningsbilden. Dag 6 mättes en genomsnittlig vattenhalt på 10,0 volymprocent (ca 12 volymprocent vatten där det vattnades för hand dagen innan) och på natten till dag 7 bevattades det i 20 minuter (=7,4 mm). Dag 7 gav visade mätningarna i genomsnitt 12,4 volymprocent vatten i greenen. Den åttonde dagen regnade det rikligt.

Dag	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Markvatteninnehåll i % mätt med TDR ₂₀ före bevattning	18.0	15.1	12.6	11.0	13.0	11.5	10.0	12.4	18.0
Bevattning i mm				5.5		Hand-vattning	7.4		20 regn

Tabell 6. Hjälpschema för bevattning av green 18. Antal dagar efter regnväder eller bevattning till fältkapacitet.



Figur 6 och bild 8:

Green 18 på Larviks golfklubb. Skiss med placering av spridarna och uppmätta vattenmängder.

Bilden visar greenen som faller emot spelriktningen. Lägg märke till att det är sämst greenkvalite där det kommer mest vatten. Detta är anledningen till vinterskador knutet till mycket vitgröe.

REFERENSER

- Aamlid, T.S., T.E. Andersen, A. Kvalbein, T. Pettersen, A.M.D. Jensen & P. Rasmussen (2013) Use of compost in the root zone or in the topdressing sand on red fescue greens. Results from the period August 2011 - November 2012. *Bioforsk Report* 8(168): 1-37.
- Aamlid, T. S., M. Larsbo & N. Jarvis (2009) Effects of surfactant use and peat amendment on leaching of fungicides and nitrate from golf greens. *Biologia* 64 : 419—423.
- Barton, L. & T. D. Colmer (2006) Irrigation and fertiliser strategies for minimising nitrogen leaching from turfgrass. *Agricultural Water Management* 80: 160—175.
- Bigelow, C. A., D.C. Bowman & D. K. Cassel (2001) Water retention of sand-based putting green mixtures as affected by the presence of gravel sub-layers. *International Turfgrass Society Research Journal* 9: 479 – 486.
- Doerr, S.H., R.A. Shakesby & R.P.D. Walsh. 2000. Soil water repellency: Its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth Science Review* 51: 33–65.
- Jones, H.G.(2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany* 55: 2427-2436.
- Larsbo, M., T.S. Aamlid, L.Persson & N. Jarvis (2008) Fungicide leaching from golf greens: Effects of root zone composition and surfactant use. *Journal of Environmental Quality* 37: 1527-1535.
- McInnes, K. J. & J. C. Thomas (2012) Passive control of downslope capillary wicking of water in sand-based root zones. *HortScience* 47: 275-279.
- McCarty, L.B. (2011). *Best golf course management practices: construction, watering, fertilization, cultural practices and pest management strategies to maintain golf course turf with minimal environmental impact*. Third Edition. Prentice Hall. 776 pp.
- Petrovic, A.M. & J.J. Barlow (2012) Influence of single nitrogen application rates on the extent of nitrogen leaching from sand-based and sandy loam rootzones. In (A. Zuin & T.S. Aamlid (eds.) Reviewed abstracts presented at the 3rd European Turfgrass Society Conference 'Quality turf and efficient utilization of resources' 24-26 June 2012, Kristiansand, Norway. *Bioforsk Fokus* 7(8): 65-66.
- Prettyman G. W. & E. L. McCoy (2003) Profile layering, root zone permeability, and slope affect on soil water content during putting green drainage. *Crop Science* 43: 985-994.
- Riley, H., M.Stenrod, Y.E. Fevang, T.H. Sivertsen, T. Rafoss & H. Hole (2013) Vanningsinformasjon fra Bioforsk <http://lmt.bioforsk.no/vatning/hjelp.html> (Accessed 1 Feb. 2014).
- Soulis, E.D., J.R. Craig, V. Fortin & G. Liu (2011) A simple expression for the bulk field capacity of a sloping soil horizon. *Hydrological Processes* 25: 112-116.
- Starrett S. K., N. E. Christians & T. A. Austin (1994) Movement of pesticides under two irrigation regimes applied to turfgrass. *Journal of Environmental Quality* 25: 566-571.
- Taylor, D. H., S.D. Nelson & C.F. Williams (1993) Sub-root zone layering: Effects on water retention in sports turf soil profiles. *Agronomy Journal* 85: 626-630.





Författare:

**AGNAR KVALBEIN
TRYGVE S AAMLID**

**Bioforsk Norwegian Institute for
Agricultural and Environmental Research**

Översättning:

KIM SINTORN
Svenska Golförbundet

Textbearbetning

MARIA STRANDBERG
STERF



Sterf

Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation (STERF) är de nordiska golförbundens gemensamma forskningsstiftelse. STERF levererar kunskap som är färdig att använda direkt i banskötseln, i dialog med myndigheter och av myndigheter, i ett trovärdigt arbete med miljö och hållbar utveckling. STERF prioriterar forskning och utveckling inom: Växtskydd - kontroll av sjukdomar och ogräs, Effektiv och hållbar användning av vatten, Gräsets övervintring samt Multifunktionella golfanläggningar. Läs om STERF:s projekt, prioriterade områden och forskningsprogram på sterf.golf.se