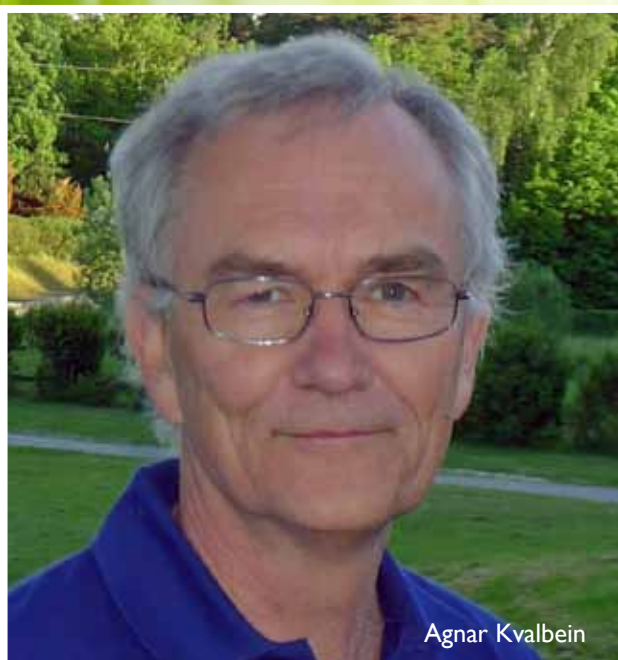


VANNING AV GRESS PÅ GOLFBANER



Sterk



Agnar Kvalbein



Trygve S. Aamlid

FORORD

Denne veiledningen er basert på generell kunnskap om jord og planter, men også på helt ny informasjon om vannforbruk og kvalitetsutvikling i kortklippet gress. Det ble i perioden 2009 til 2011 gjort flere eksperimenter ved Bioforsk sitt forsøksanlegg på Landvik ved Grimstad som viste at gress som har lett tilgang på vann vil forbruke mye. Denne erkjennelsen gir mulighet for å spare betydelige mengder vann ved riktig vanningspraksis. Vanning regnes som et vanskelig tema innenfor plantekultur. Vanntilgang påvirker plantevekst på mange måter. Vekstmassene og jorda påvirkes også av tørke og vanning. Det er for tiden ingen tekniske løsninger som kan vanne riktig for deg. Riktig vanning forutsetter at du lærer å kjenne de ulike delene av golfbanen, og at du bruker tid på å planlegge, vanne og kontrollere resultatet.

Takk til Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation og Norges Forskningsråd som har finansiert forskningsprosjektet *Evaporative demands and deficit irrigation on sand-based golf greens* og bidratt til publiseringen av denne teksten. Takk også til Rainbird som bidro med en værstasjon, og til banekonsulent Mikael Frisk som har lest gjennom og kommentert manus.

Vi håper at håndboken vil gi deg bedre grunnlag for å vanne optimalt slik at du kan produsere god gresskvalitet og redusere kostnadene både med tanke på miljø og økonomi. Vi håper også på en teknisk utvikling som vil gjøre det mulig å vanne jevnere enn det dagens sprederteknologi tillater.

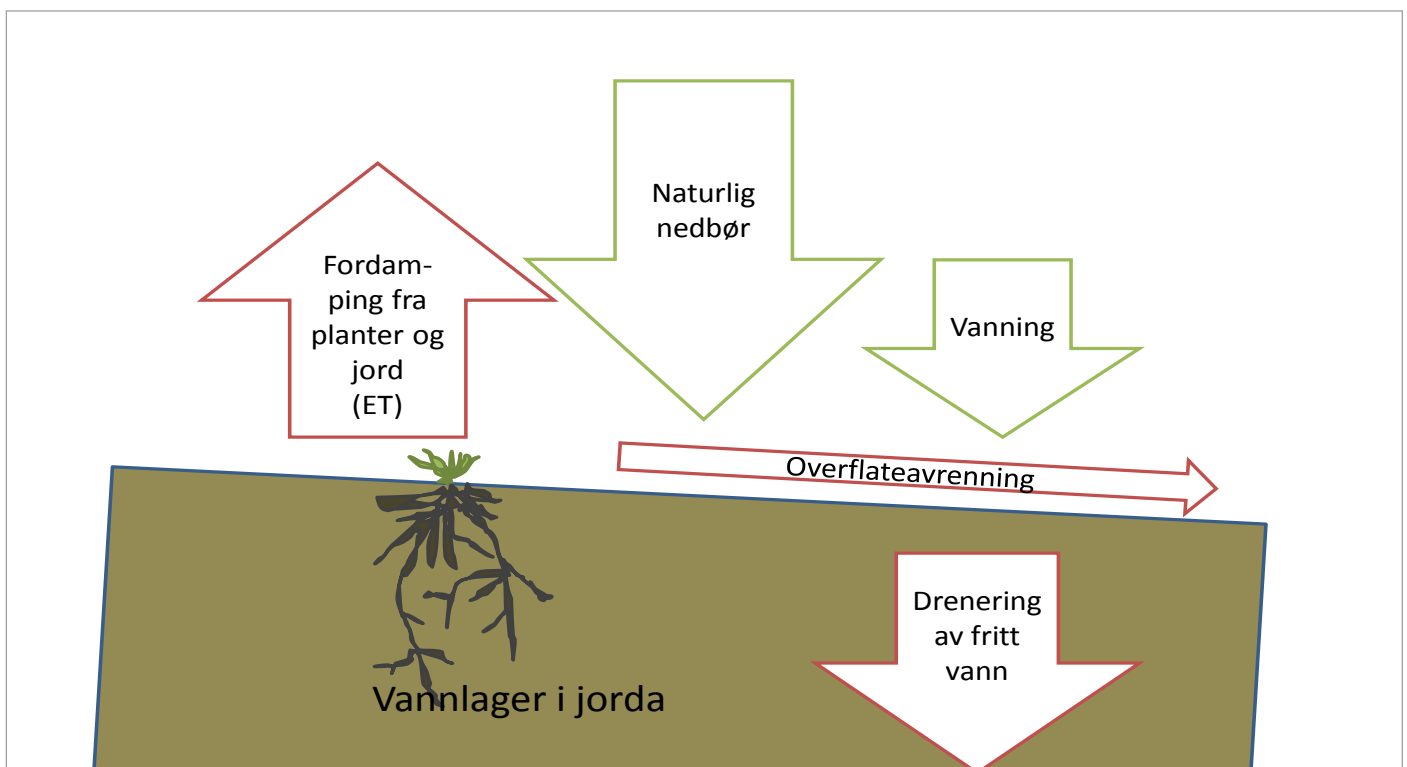
Landvik, 1. november 2013

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

Trygve S. Aamlid
Leder av fagseksjon for frøavl og gras til grøntanlegg

INNHALDSFORTEGNELSE

Forord	2
Innledning	4
Bakgrunn	
Vanning	
Bruk av denne handboka	
Vannet i jorda	5
Grunnvann	6
Kapillærkraft og porer	7
Feltkapasitet	
Hengende vannspeil	
Hvor store er plantenes vannreserver i jorda?	8
Greener med hengende vannspeil	
Fairway på naturlig jord	
Plantenes vannhusholdning	11
Opptak og transport	
Spalteåpninger og forbruksregulering	
Rottrykk og guttasjon	12
Andre effekter av vanntilgang	
Cellestrekning	
Temperaturstigning i cellene	
Plantesykdommer	13
Filtutvikling	
Rotutvikling	
Ugras	
Evapotranspirasjon	14
Fordamping fra fri vannflate	
Beregning av ET_0	
Transpirasjon fra ulike arter	15
Vanningsstrategier	18
Maksimal vekst	
Redusert vannforbruk og god gresskvalitet	
Ballrull og spillekvalitet	19
Spiring og etablering	
Hydrofob jord og finger-flow	20
Lokale tørrflekker	
Finger flow	21
Tiltak	
Vanning og forurensende utlekking	22
Vanning i praksis	23
Styring av vanning	
Vanningsregnskap	
Fuktighetsmålinger	24
Måling av tørkestress	25
Tidspunkt for vanning	
Vanning i korte sekvenser	
Konkret oppskrift på underskuddsvanning	26
Vanning av etablerte greener	
Vanning av fairways	
Referanser	28



Figur 1- Vannbalansen i jorda.

INNLEDNING

Bakgrunn

Vann er en sterkt begrenset ressurs. Konflikt om vannressurser kan true økonomisk utvikling og politisk stabilitet. Vannforbruket på golfbaner er stort pr. arealenhet og tilgang på vanningsvann begrenser utvikling av golf flere steder i verden. Selv om de nordiske land har nedbørsoverskudd og små begrensninger på vannforbruk, ønsket forskningsfondet STERF å finansiere forskning som kunne bidra til bedre og mer effektiv utnyttelse av vanningsvannet på golfbanene (*Strandberg et al. 2012*).

Forsøkene som ble gjennomført ved Bioforsk sitt anlegg på Landvik i perioden 2009 – 2011 ga ny kunnskap om gressplantenes vannforbruk og grunnlag for å spare betydelige vannmengder. Den nye strategien, som kalles underskuddsvanning, vil kreve jevnere fordeling av vannet enn det som kan oppnås med tradisjonelle sirkulerende trykkspredere. Vi håper derfor at ny vanningsteknologi vil bli utviklet. Ellers vil underskuddsvanning kreve noe håndvanning.

Vanning

God tilgang på vann er avgjørende for planters vekst og utvikling. Tilsynelatende er vanning enkelt. Det er bare å fylle opp vannlageret rundt planterøttene når det er behov for det. Om det vannes for mye vil overskuddet renne av på overflaten eller dreneres ut. Det er illustrert i figur 1.

Vanning er likevel vanskelig dersom vi vil at produksjonen av gode spilleflater og vakre plener skal gjøres med lavt forbruk av energi og vann, og på en måte som ikke forurenser eller bidrar til utvikling av soppsykdommer. Tørrflekker på sandrike jordtyper er et fenomen som kan gjøre vanning ekstra utfordrende på mange golfbaner.

Bruk av denne handboka

De første kapitlene i denne handboka beskriver vannholdningen i jord og planter. Kompetente lesere som bare vil lese om nye resultater fra STERFs forskningsprosjekt, kan starte på avsnittet om evapotranspirasjon i ulike arter, side 17.



Bilde 1. Dreneringsrør gjør det mulig å senke grunnvannspeilet i jorda. Foto: Agnar Kvalbein.

VANNET I JORDA

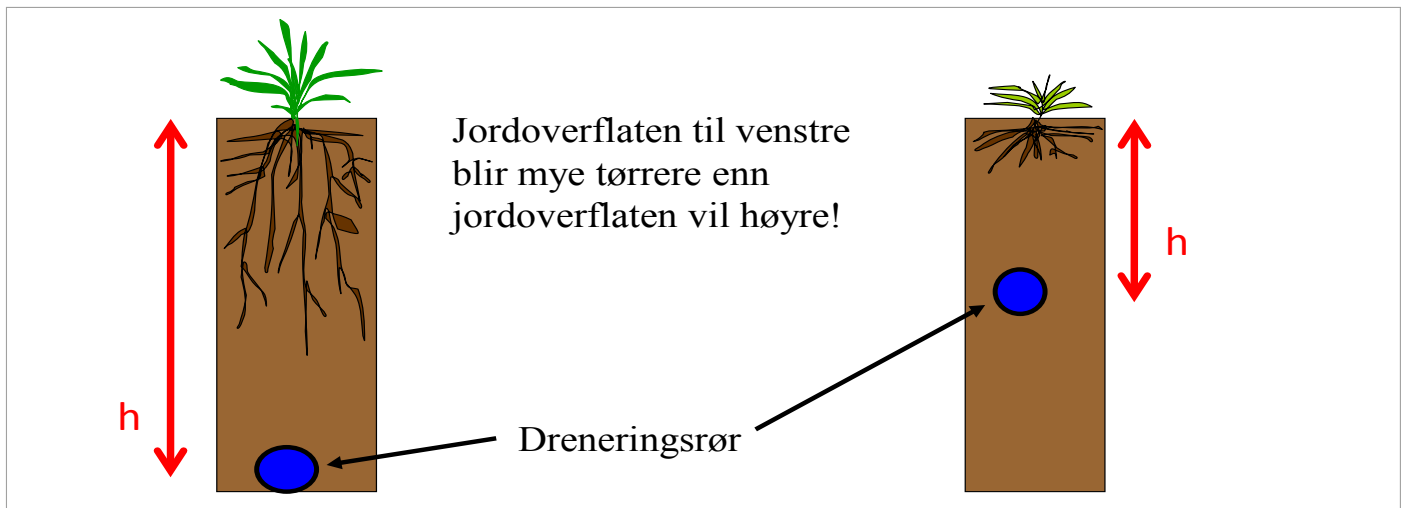
Grunnvann

Nedbør som treffer landjorda vil enten ledes bort i form av overflatevann eller infiltreres i jorda. Vannet vil sige nedover gjennom sprekker og porer inntil det blir en del av grunnvannet. Det øvre nivået av grunnvannet kalles grunnvannsspeilet. Det er dette vi ser om vi kikker ned i en brønn. Under grunnvannsspeilet er alle porer fylt med vann, og vannet kan bevege seg sidelengs i hellende terreng.

I områder der nedbøren er større enn fordampingen, slik vi har de fleste steder i Norden, vil grunnvannet stå forholdsvis høyt. Fordi planterøtter er avhengige av god oksygen-

tilgang for å vokse, er det viktig å senke grunnvannsspeilet. Dette gjøres ved å legge perforerte dreneringsrør ned i jorda. Grunnvannet strømmer inn i røra fra alle kanter og ledes vekk til et utløp ved en bekk, åpen groft eller lignende.

Grunnvann kan bli forurenset. Kjemikalier som er kommet ned i grunnvannet brytes langsomt ned fordi det ikke er luft til stede. Grunnvannet er mange steder viktig både som drikkevann og til vanning av gress og jordbruksvekster.



Figur 2. Betydningen av hvor dypt dreneringsrøret legges i jorda.

Kapillærkraft og porer

Jorda over grunnvannsspeilet vil også inneholde vann. Dette vannet holdes på plass ved hjelp av kapillærkraft. Kapillærkraften skyldes at vannmolekylene har evne til å henge seg sammen i kjeder. Vannet kan også klistre seg til overflater. Finkornet jord har små porer og store indre overflater og kan derfor holde på mye vann. Grovkornet jord med store porer gir lettere fra seg vann.

Det som fjerner vann fra porene i jorda er i hovedsak gravitasjonskraften som trekker vannet nedover til grunnvannet, og fordamping ved jordoverflaten. Det kan også være vannbevegelser fordi vannet beveger seg fra våte områder mot tørrere.

Vann kan dreneres ut av en stor pore ved at tyngden av den sammenhengende vannsøylen fra poren og ned til grunnvannsspeilet, suger vannet ut av porene. Jo lenger det er ned til grunnvannsspeilet, jo større blir suget. Derfor blir jorda tørrere om dreneringsrørene ligger dypt enn om de ligger grunt. Se figur 2.

Vann fordampes fra overflaten av jorda (*evaporasjon*), men på gressdekte arealer vil det meste av fordampingen skje gjennom plantene (*transpirasjon*). Røttene suger vann ut av porene i jorda. Drivkraften er fordampingen gjennom bladene.

Mikroporer som er mindre enn 0.005 mm holder så hardt på jordvannet at plantene ikke klarer å suge det ut. Jord med mye leirpartikler eller omdannet organisk materiale har mange slike små porer og kan derfor inneholde betydelig vann også etter at plantene er visnet. Dette vannet omtales som ikke-plantetilgjengelig vann. Suget (undertrykket) ved plantenes visnegrense er - 1.48 MPa.

Måling av trykk/sug i jorda

I jordlitteraturen har det vært vanlig å oppgi dreneringshøyde i logaritmiske verdier med grunntallet 10.

100 cm dreneringshøyde kan skrives som 10^2 cm, eller pF2. Ved analyser av de hydrologiske forholdene i jord kan for eksempel vanninnhold ved pF1.5 eller pF3 oppgis. Dette tilsvarer en dreneringshøyde i cm på henholdsvis 31.6 cm ($10^{1.5}$ cm) og 1000 cm (10^3 cm). Plantene visner permanent ved pF4.18. Dette tilsvarer et sug på 15135 cm vannsøyle.

Korrekt enhet for trykk og undertrykk (sug) er ifølge SI-systemet Pascal eller kilopascal, kPa. (Over)trykk oppgis med positive tall og undertrykk med negative tall. Du kan omregne fra cm vannsøyle ved å bruke faktoren 10.2 cm = 1.0 kPa.

pF4.18 = -15135 cm = - 1480 kPa.

Planter visner altså ved et sug tilsvarende -1.48 MPa (megapascal).



Bilde 2. Når vi legger mer finkornet jord oppå grovere, skapes et såkalt hengende vannspeil (engelsk: *perched water table*). Foto: Agnar Kvalbein.

Feltkapasitet

Den mengden vann som jorda kan holde på etter at det drenerbare vannet har seget ut gjennom dreneringssystemet, omtales som jordas *feltkapasitet*. Feltkapasiteten uttrykker altså en egenskap ved jorda; evnen til å holde på vann. Sandjord, som har forholdsvis store porer mellom jordpartiklene, har liten feltkapasitet sammenlignet med leirjord eller organisk jord der de små porene dominerer.

Men som det framgår av forrige avsnitt, er feltkapasiteten også avhengig av dybden på dreneringen. Om vi skal sammenligne feltkapasiteten til jord, må vi derfor operere med en standard dreneringshøyde. Den mest vanlige internasjonale definisjonen av feltkapasitet (θ_{fc}) er vanninnhold i volumprosent ved et sug på -33 kPa (Soulis *et al.* 2011). Dette tilsvarer en situasjon der grunnvannet står 3.4 meter under jordoverflaten, noe som er lite relevant for forholdene i Norden. I jordbruket i Norge har det vært vanlig å operere med -100 cm vannsøyle (-9.8 kPa). Når vanninnholdet i greener bestemmes i laboratorier, brukes ofte -40 cm dreneringshøyde (-3.923 kPa). Dette kan synes litt underlig siden en USGA-green skal ha 30 cm vekstmasse, men Taylor *et al.* (1993) fant at også grusen under sanden ga et vannsug som tilsvarte ca 10 cm vannsøyle. Dette er bekreftet i seinere studier (Bigelow *et al.* 2001). Som teoretisk begrep er feltkapasitet ganske upresist fordi det måles så forskjellig. Resultatet påvirkes også av hvordan jorda fylles med vann for den får dreneres, og temperatur og andre forhold spiller også inn.

I praksis er likevel feltkapasitet et kjent uttrykk som vi vil benytte i denne håndboka til å uttrykke situasjonen etter full vanning eller langvarig regnvær. Vi bruker følgende enkle definisjon:

Feltkapasiteten er den vannmengden som er i jorda en time etter et langvarig regnvær.

Hengende vannspeil

Ved konstruksjon av golfgreen eller påkostede fotballanlegg, legges det ofte et horisontalt gruslag under vekstmasse som består av sand innblandet litt organisk materiale. Grusen under vekstmassen omtales ofte som dreneringsgrus, men denne konstruksjonen bidrar ikke bare til god drenering men også til å holde tilbake vannet i sandlaget. Det skapes et såkalt hengende vannspeil.

Årsaken er at de kapillære kreftene i grusen (de store porene) er mindre enn i sanden (de små porene). Om vi måler vanninnholdet nedover i en slik konstruksjon finner vi at vanninnholdet øker nedover mot grusen. Etter vanning er porene nederst i vekstmassen helt fylt med vann.

Slike konstruksjoner må bygges med godt definert vekstmasse. Om porene er for små kan luftinnholdet i vekstmassen bli alt for lavt og rotutviklingen dårlig.

HVOR STORE ER PLANTENES VANNRESERVER I JORDA?

Spørsmålet er ikke enkelt å besvare fordi det varierer fra sted til sted, ikke bare horisontalt, men også nedover i jordprofilen. Derfor må du ut å måle.

Greener med hengende vannspeil

I greener eller fotballbaner som er konstruert med hengende vannspeil vil vanninnholdet øke mye ned mot gruslaget. Se figur 3. Gressplantene har mest røtter like under vekstpunktet. Døde røtter fyller opp makroporene i jorda og øker innholdet av organisk materiale og dermed vanninnholdet. Det vil derfor ofte være mer vann i det øverste jordlaget enn det som vises i figur 3.

På sandbaserte greener med hengende vannspeil er det som regel enkelt å bestemme rottybden, og mengden av ikke-plantetilgjengelig vann er ubetydelig. For slike greener har vi derfor laget en enkel oppskrift for hvordan du kan bestemme plantenes vannreserve. Se ramme på neste side.

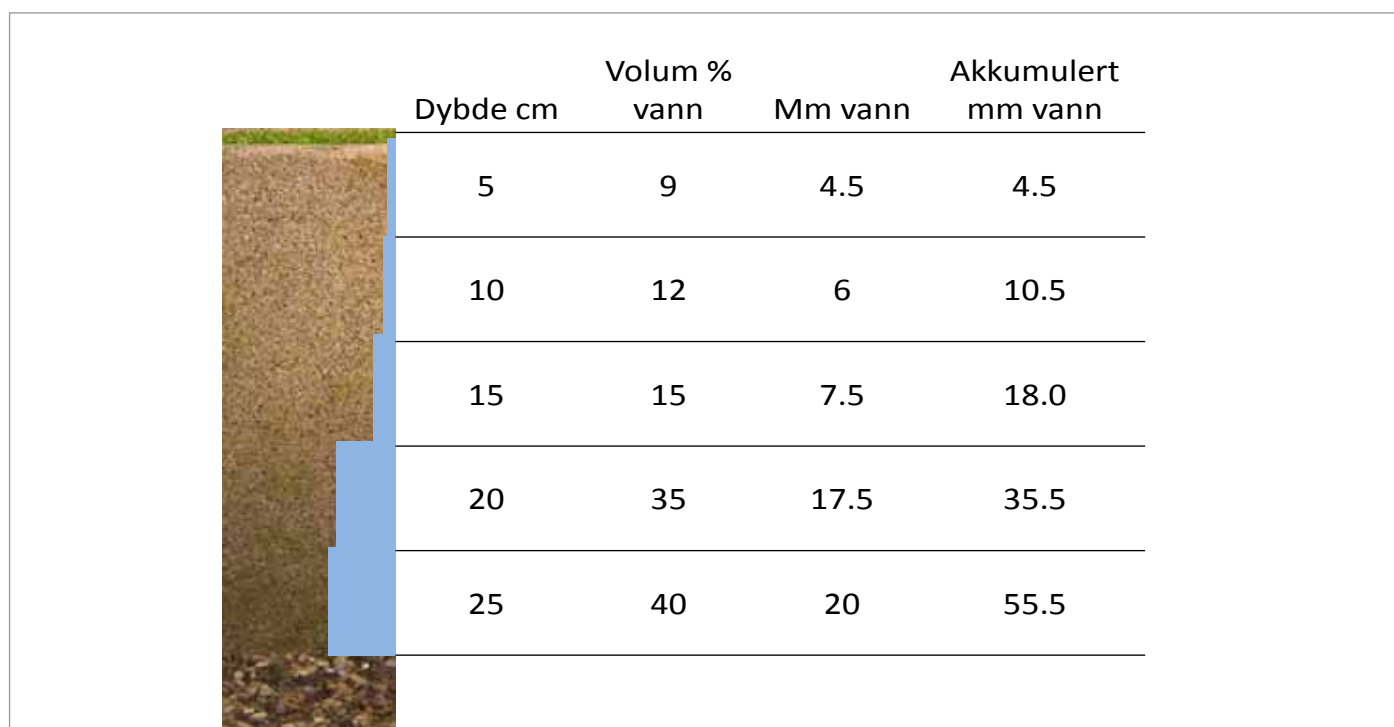
Fairway på naturlig jord

Vanninnholdet varierer med ulike jordarter. Finsand og siltjord kan inneholde så mye vann at den blir kvikk (flytende).

I jord med mye leire eller organisk materiale kan en betydelig del av vannet være så sterkt bundet til jordpartiklene at det ikke kan tas opp av plantene. I slik jord må vi korrigere beregningene våre for det ikke-plantetilgjengelige vannet. Dette kan bestemmes nøyaktig ved å sende en uforstyrret jordprøve til et laboratorium.

På fairway er det vanskeligere å bestemme rottybden enn på USGA-greener. Røttene kan ofte gå dypt, men vi vet ikke hvor effektivt de dypeste røttene utnytter vannet som er rundt dem, og om kapillære krefter gjør at også vannet dypere ned kan utnyttes? Helt presist kan vi ikke svare på dette, men i praksis tror vi at det er riktig å regne med at plantene kan utnytte alt vannet så dypt ned i jorda som røttene går.

Hvis du kjenner jordart og innholdet av organisk materiale, kan du ut fra tabell 1 (neste side) se omtrent hvor mye plantetilgjengelig vann det er i jorda. Denne tabellen tar også hensyn til normal rotutvikling på ulike jordarter.



Figur 3. Vanninnhold i en USGA-green med hengende vannspeil. Legg merke til hvor tørt det er i den øverste delen av greenen. Likevel er det i alt mer enn 50 mm vann. Vanninnholdet er ca tall hentet fra Bigelow et al. (2001). De bestemte vanninnholdet i ny vekstmasse. I eldre greener vil det være mer vann, spesielt øverst i profilen, fordi innholdet av organisk materiale øker.

Organisk materiale, vekt%				
Jordart navn	<3 %	3-4.5 %	4.5-12 %	12-20 %
Grovsand	50	50	50	70
Mellomsand	50	50	70	70
Finsand	50	70	70	90
Siltig grovsand	50	50	70	70
Siltig mellomsand	50	70	70	90
Siltig finsand	70	90	90	110
Sandig silt	90	110	110	130
Silt	110	130	130	130
Lettleire	70	90	90	110
Siltig lettleire	90	110	110	130
Mellomleire	50	70	90	110
Stiv leire	70	90	110	130
Mineralblandet moldjord (20-40% humus)	-	-	-	110
Organisk jord (>40% humus)	-	-	-	130

Tabell 1. Klassifisering av plantetilgjengelig vann (mm) i ulike jordarter. Kilde Riley et al. Bioforsk



Hvordan bestemme vannreserven i dine greener?

Forslag til metode:

- Gjør dette en time etter langvarig regnvær eller vanning, helst i juli måned*. Da vil vann-innholdet være feltkapasitet (så mye greenen kan holde på).
- Mål hvor dypt røttene går. Mål til nederste friske, hvite rot. (NB: Rødsvingel har brune røtter)
- Ta ut en sylinder (med jordprøvebor eller helst noe litt tykkere) til rottdybde fra hver green og legg jorda rett i en plastpose med green-nummer på. Tøm jorda i hver sin kopp. Vei dem straks og tørk dem deretter i stekeovnen på 105 grader i et døgn.
- Vei jorda i alle koppene når de kommer ut av ovnen.
- Vekttapet i gram delt på arealet av jordprøven ($3.14 \cdot r^2$) i cm^2 gir vanninnholdet i cm. Husk å gange med 10 for å få mm.
- Den verdien du nå får, vil tilsvare plantetilgjengelig vann i greenen din etter et regnvær, ferdig justert for rottdybde.

* Juli for å finne rottdybde mens vanningsbehovet er stort og røttene ofte er forholdsvis korte.



Vanninnholdet øker ned mot dreneringsgrusen i en USGA-green. Foto: Agnar Kvalbein.

PLANTENES VANNHUSHOLDNING

Opptak og transport

Vannopptaket hos plantene skjer gjennom røttene. Det er særlig rothårene like bak rotspissen som bidrar. Disse er tynne, kan trenge inn i små porer og bidrar til at rota får en stor overflate som står i kontakt med jordvannet. Noen sopper lever i symbiose med planterøttene og danner mykorrhiza. Sopphyfene vokser ut fra planterøttene og kan hjelpe til med opptak av både vann og næring. Derfor kalles mykorrhiza ofte for 'røttenes røtter'.

Inne i plantene transporteres vannet gjennom vedrør (xylem) opp gjennom planten. Disse rørene er en del av de bladnervene som synes på bladoverflaten. I bladene beveger vannet seg inn og ut av cellene gjennom cellevegger og membraner. Mellom bladcellene er det åpne rom (intercellulære rom). Her finnes luft som er nesten 100 % mettet med vanndamp.

Utenfor bladene kan lufta være tørr. Det er fordampingen av vann fra bladenes overflate som er drivkraften i vannopptaket. Fordampingen fra planter omtales som *transpirasjon*.

Spalteåpninger og forbruksregulering

Bladene til gress omgitt av et hudlag (epidermis) med en voksaktig hinne (kutikula) ytterst, men på begge sider er det spalteåpninger (stomata). Åpningene dannes mellom to lukkeceller. Når trykket i disse cellene øker, vil spalteåpningene åpne seg, og vanndamp (og oksygen) slipper ut fra bladene. Samtidig kommer CO₂-rik luft inn. Dette gass-skiftet skjer på grunn av ulik konsentrasjon av gassene inni bladene og i lufta som omgir plantene. Slik vandring av stoffer på grunn av konsentrasjonsforskjeller kalles *diffusjon*.

Det er forholdsvis lite CO₂ i lufta (for tiden 0.38 %), og plantene får derfor lite CO₂ i bytte for all vanndampen som slipper ut. Siden CO₂ ofte begrenser fotosyntesen og dermed plantens energiforsyning, er reguleringen av denne utvekslingen av vann mot karbondioksid svært viktig for plantene. Spalteåpningene styres derfor av flere forskjellige mekanismer som til sammen skal gi en fornuftig balanse mellom vanntap og inntak av CO₂. I hovedsak er det tre

mekanismer som sørger for at trykket øker i lukkecellene slik at spalteåpningene åpner.

1. God vanntilgang gir høyere trykk, mens stor fordampning gir vanntap og lavere trykk. Med andre ord vil vannbalansen i seg selv styre spalteåpningene.
2. I lys produseres sukker som senker det osmotiske potensialet i lukkecellene slik at de tar opp mer vann og åpner spalteåpningene.
3. Plantehormonet abscisinsyre (ABA) dannes i røttene ved tørkestress. Hormonet transporteres til bladene der det fører til lukking av spalteåpningene og senere til redusert skuddvekst. Samtidig stimuleres rotveksten.

Tilgang på karbondioksid er viktig for energiproduksjonen i planten. Fotosyntesen drives av lys, men det er som oftest tilgangen på CO₂ som begrenser produksjonen. For å kunne utnytte lyset på klare dager må plantene ha god vanntilgang som holder spalteåpningene åpne. Midlertidig tørkestress forekommer ofte om ettermiddagen på varme sommerdager fordi opptaket av vann ikke er like stort som transpirasjonen. Vanntrykket i cellene tar seg opp igjen i løpet av natta og spalteåpningene åpner seg maksimalt når morgenlyset kommer. Dette er en av forklaringene på hvorfor morgenlys er viktigere for gressplantene enn lyset om ettermiddagen.



Bilde 3. Denne greenen er bygget med to forskjellige vekstmasser. Nærmest er det tørrere. Dette sees godt om morgenen fordi det ikke dannes guttasjonsdråper. Også lokale tørrflekker kan avsløres av manglende guttasjon.

Rottrykk og guttasjon

I perioder med høy sukkerproduksjon og lite fordamping, slik vi kan ha i vindstille sommernetter, vil det høye sukkerinnholdet i røttene kunne forårsake et osmotisk potensial som gir overtrykk i ledningsvevet. I enden av bladspissene til gressplantene er det åpninger der sukkerholdig vann kan bli presset ut. Fenomenet kalles *guttasjon*. Vannet som vi ser må ikke forveksles med dogg som er vanddamp i lufta som kondenserer på kjølige overflater, også gressblader. Varierende mengde guttasjon kan avsløre tørre områder på en gressflate.

Andre effekter av vanntilgang

Vi har nevnt at vanntilgang er viktig for plantenes sukkerproduksjon fordi det påvirker inntaket av karbondioksid. Siden sukker utgjør de viktigste energireservene i plantene, er denne sammenhengen viktig å huske på. I tillegg vil vanntilgangen påvirke en rekke andre forhold både positivt og negativt med tanke på gode spilleflater på golfbaner.

Cellestrekning

Det er vanntrykket som får de nydannede cellene til å strekke seg. Når cellene blir eldre, stivner celleveggene og strekning slutter. Ved dårlig vanntilgang avtar trykket og cellene blir kortere. Vi får derfor mindre vekst under tørke. Teoretisk sett kan vi redusere klippearbeidet om vi holder plantene tørre. I praksis fungerer dette dårlig, og vi vil anbefale heller å regulere tilveksten gjennom riktig gjødsling eller bruk av kjemiske vekstregulatorer.

Temperaturstigning i cellene

Transpirasjonen fra bladene er viktig for å holde temperaturen nede. Ved vannmangel vil temperaturen i cellene stige. Respirasjon (celleånding) er en prosess som skjer i alle levende celler. Sukker forbrennes ved respirasjon, og dette går raskere etter hvert som temperaturen stiger. Om gressflaten ikke holdes kjølig, vil solstråler føre til en kraftig økning i jordtemperaturen. Høy respirasjon, både av gressrøttene og av mikroorganismer, gir mye CO₂ og lite oksygen i jordlufta. Planterøttene kan kveles. Greenkeepere i land

der lufttemperaturen er over 30 °C merker at gressplantene blir varmestresset også ved god vanntilgang og at det er vanskelig å beholde røttene. Det kan da bli nødvendig å kjøle gressflatene om dagen ved å dusje med vann. Slik vaning skal altså ikke vanne røttene, men kjøle ned overflaten gjennom økt fordampning. Teknikken kalles brusing (*engelsk: syringing*). Varmestress er ikke noe stort problem i Norden sammenlignet med land lenger sør.

Plantesykdommer

De fleste plantesykdommer skyldes sopper som trives under fuktige forhold. Særlig sopper som angriper bladverket er avhengig av fuktige blader over lengre tid for at soppsporene skal klare å infisere cellene. Om vi vannet hyppig vil sjansen for soppangrep øke.

Noen sykdommer angriper røttene og hindrer effektivt vannopptak. I slike tilfeller vil hyppig vaning kunne dempe symptomene og gi en jevnere spilleflate. Rotdreper (*Gaeumannomyces graminis*) (*engelsk: take all patch*) er et eksempel på en slik sykdom.

Filtutvikling

Filt (thatch) er en opphoping av dødt og levende organisk materiale like under den grønne gressmatta. Filten fungerer som en svamp holder godt på vann. Ved hyppig vaning kan filten holdes så våt at det hindrer nedbryting av det organiske materialet.

Kontroll av filt er ikke et hovedtema i denne teksten¹, men vi har registrert at hyppig vaning gir mykere greener og redusert spillekvalitet.

Rotutvikling

Det er ikke noen entydig sammenheng mellom vanntilgang og rotutvikling hos gress. Hyppig vaning kan føre til redusert rotutvikling. Når filtlaget holdes vått hindrer det diffusjon inn i jorda. Diffusjonen går langsommere gjennom vann enn i luft. I godt luftet og drenert jord vil hyppig vaning sjelden føre til mindre røtter. Men vi har registrert at det ved alvorlig tørkestress blir flere dype røtter hos gressplantene. Ved tørkestress utvikler plantene hormonet abscisinsyre som stimulerer rotutvikling. Samtidig vil det også være mer luft i jorda. Dette gjør det lettere for røttene å utvikle seg i dybden uten å få for lite oksygen.

Ugras

Noen ugras har korte røtter eller lett for å utvikle røtter på fuktige overflater. Tunrapp (*Poa annua*) er et eksempel på en gressart med korte røtter som liker hyppig vaning. Andre ugras har dype røtter og vil konkurrere godt med gresset når det blir tørt. En tredje gruppe er moser. De har ikke røtter, bare festetråder, og de vokser bare når de kan ta opp vann gjennom bladene. Hyppig nedbør eller vaning er derfor viktig for at mose skal kunne konkurrere godt med gresset. I tørre perioder har mosene god evne til å overleve som sporer, men de konkurrerer lite.

Trives i våt jord eller fuktig overflate	Klarer seg under tørre forhold
Tunarve, <i>Sagina procumbens</i>	Ryllik, <i>Achillea millefolium</i>
Groblad, <i>Plantago major</i>	Løvetann, <i>Taraxacum officinale</i>
Krypsoleie, <i>Ranunculus repens</i>	Kvitkløver, <i>Trifolium repens</i>

Tabell. 2 Eksempler på ugras som konkurrerer godt med gress under ulik vanntilgang.

¹ Håndboken om hundekvein inneholder et kapittel om filtkontroll. Du finner denne på <http://sterf.golf.se>

EVAPOTRANSPIRASJON

Den vannmengden som forsvinner fra et plantedekke kalles *evapotranspirasjon* (ET). Det er summen av det som fordampes fra jordoverflaten (evaporasjon) og det som fordampes fra plantecellene (transpirasjon). ET oppgis vanligvis i millimeter vann pr døgn.

Vi kan bestemme vanningsbehovet ved å holde regnskap over nedbør og fordamping. Nedbør kan du selv enkelt måle på banen med et målebeger. Vi kan vanne når regnskapet viser at det er lite vannreserver igjen i jorda.

Fordamping fra fri vannflate

Evapotranspirasjon varierer fra et plantedekke til et annet. For eksempel har en bjørkeskog høyere ET enn en graseng. Man har derfor lett etter standardmål for fordamping. Et tradisjonelt, enkelt instrument er et fordampingskar. Dette gir et godt bilde av hvor mye som fordampes fra dag til dag, men det krever tilsyn og vedlikehold. Derfor er det utviklet andre metoder.

Beregning av ET_0

Den meteorologiske referanseverdien, ET_0 , beregnes nå matematisk med utgangspunkt i værobservasjoner. Solinnstråling, temperatur, vind og luftfuktighet inngår i en formel som har fått navn etter to forskere; Penman-Monteith.

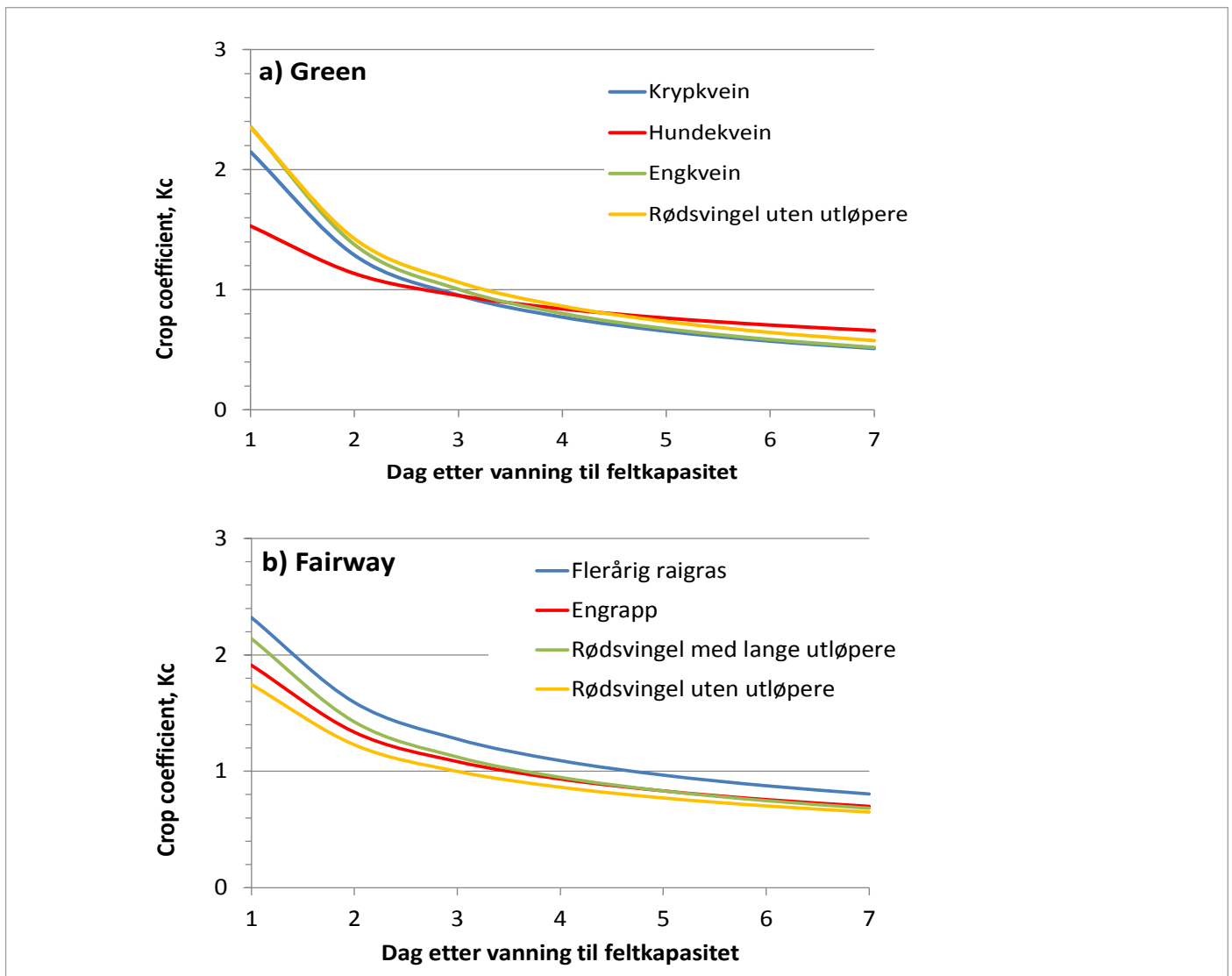
ET_0 beregnes daglig ved mange meteorologiske målestasjoner. Siden ET_0 -verdien varierer lite innenfor et distrikt kan du som oftest benytte verdien fra nærmeste målestasjon. Som en grov forenkling kan vi si at ET_0 på gode sommerdager i Norden ligger på mellom 3 og 4 mm. Nedbør derimot kan være svært lokal, spesielt om sommeren, så regn bør måles på golfbanen. Mange leverandører av vanningsanlegg tilbyr klimastasjoner som beregner ET_0 . Slikt utstyr blir stadig rimeligere og bedre.

ET_0

Noen definerer ET_0 som vanntapet fra en standard bestand av gressplanter, fri for sykdom og under optimale vekstbetingelser. Det finnes også mange andre definisjoner, og formler for å beregne fordamping. Dette gjør det komplisert å sette seg inn i litteratur om vanning. I de forsøkene som ligger til grunn for denne teksten ble ET_0 beregnet ved FAOs (FN's landbruksorganisasjon) sin versjon av Penman-Monteith.



Bilde 4. En værstasjon som beregner ET_0 kan kobles direkte til vanningsanlegget. Foto: Agnar Kvalbein



Figur 4. Crop coefficient for gress på en USGA-green klippet på 3-5 mm og fairway klippet på 15 mm fremstilt som funksjon av dager etter vaning til feltkapasitet.

Transpirasjon fra ulike arter

Hvor mye vann forbruker kortklippet gress? Dette ble målt av Bioforsk i 2009 og 2010. Resultatet var overraskende, og den nye kunnskapen gir oss mulighet til å spare vann ved å vanne smart. Det skal vi komme tilbake til.

For å regne om fra ET_0 til den ET som gjelder for gress, brukes en omregningsfaktor. Denne faktoren kalles k_c (crop koeffisient) og den reelle ET blir omtalt som ET_c . Det finnes altså en k_c for hver plantart, og høyden og utviklingen av plantene har også betydning. Vi skal her omtale k_c for gressarter som er klippet som greener eller fairways.

$$ET_c = k_c * ET_0$$

Det har vært vanlig å regne at k_c for kortklippet gress er 0.8 (*McCarty 2011*). Det betyr at det fordampes litt mindre fra gresset enn den verdien som meteorologene oppgir.

Vår forskning har ikke slått beina under dette, men det er ikke fullt så enkelt. Det viste seg nemlig at gressplanter som har optimal tilgang på vann, forbruker mye mer vann enn de som står i litt tørr jord. Vannforbruket dagen etter at jorda er vannet til feltkapasitet er nesten 3 ganger høyere enn gjennomsnittsførbruket de neste fem dagene. k_c må derfor uttrykkes som en funksjon av vanninnholdet i jorda. Figur 4 viser hvordan k_c avtar med antall dager etter vaning til feltkapasitet.



I grove trekk forbruker gressartene som vi bruker på golfbaner i Norden omtrent like mye vann. Men jo tettere gressdekket er, jo mindre er vannforbruket. Det kan skyldes at lufta står mer stille mellom bladene og at luftfuktigheten derfor blir høyere.

Det har vært vanlig å anta at rødsvingel forbruker lite vann. Dette stemmer på fairway der rødsvingel fremstår som skuddtett, men ikke på greener. Når rødsvingel konkurrerer bedre med engrapp og tunrapp der det er tørt, skyldes det i hovedsak at den har dypere rotsystem.

Hundekvein skiller seg fra de andre artene med mindre vannforbruk rett etter vanning. Vi har også registrert at den beholder grønnfarge og kvalitet lenger inn i en tørkeperiode

enn de andre gressartene. Hundekvein har svært høy skuddtetthet. Om det er andre årsaker til at hundekvein bruker lite vann, vet vi ikke.

Av gressarter som brukes på fairway er det raigras som skiller seg ut med et høyere vannforbruk enn de andre artene. Raigras har normalt et dypere rotsystem enn tunrapp, engrapp og rødsvingel.

Basert på kc-verdiene i figur 4 har vi beregnet vannforbruket i en uke og sammenlignet artene. I tabell 3 sammenlignes artene under green og fairwayforhold. Våre forsøk viste at de mest økonomiske gressartene med tanke på vannforbruk er hundekvein på greener og rødsvingel på fairway.

	Green	Fairway
Hundekvein 'Legendary'	76 (b)	
Krypkevein 'Independence'	91 (a)	
Engkvein 'Barking'	99 (a)	
Rødsvingel uten utl. 'Center'	100=32 mm (a)	100 = 23 mm (b)
Engrapp 'Limousine'		104 (b)
Rødsvingel, lange utløpere		
'Celianna'		110 (ab)
Flerårig raigras 'Bargold'		117 (a)

Tabell 3. Relativt ukentlig vannforbruk hos noen gressarter/underarter på green og fairway. Verdiene er beregnet ut fra K_c -funksjonen og ET_0 på 3 mm pr dag. Relativt vannforbruk til rødsvingel 'Center', som var den eneste sorten både på green og fairway, er satt til 100. Større vannforbruk på green enn på fairway skyldes at greenen ble vannet til feltkapasitet to ganger i uka, mens fairway ble vannet til feltkapasitet bare en gang i uka. Innafor hver kolonne betyr lik bokstav i parantesen at vannforbruket hos sortene ikke var signifikant forskjellig (signifikansnivå $P < 0.10$).



Hauger GK, Oslo. Foto: Agnar Kvalbein.

VANNINGSSTRATEGIER

Bakgrunn for omtalen av ulike vanningsstrategier er et forsøk som ble gjort på Bioforsk Landvik i 2010 og 2011. Der ble forskjellige vanningsstrategier sammenlignet gjennom fire tørkeperioder. Metodene omtales som vanning til feltkapasitet og som underskuddsvanning, og hyppigheten varierte fra daglig til ukentlig på greener og fra to ganger i uka til hver tiende dag på fairway.

Maksimal vekst

Planter med god vanntilgang vil vokse godt fordi cellene er saftspente og fordi spalteåpningene holdes åpne en større del av døgnet. Dersom det er ønskelig med god vekst, bør det derfor vannes hyppig, og jorda bør holdes ved feltkapasitet.

Denne strategien er aktuell for gressmatter under etablering og om våren når vi ønsker at gresset skal reparere skader og komme raskt i gang etter vinteren. Men husk at faren for utlekking av næring er stor når gressdekket er glissent og temperaturen er lav. Det bør derfor gjødsles hyppig med små doser, og det må ikke vannes mer enn det som behøves for å bringe jorda til feltkapasitet.

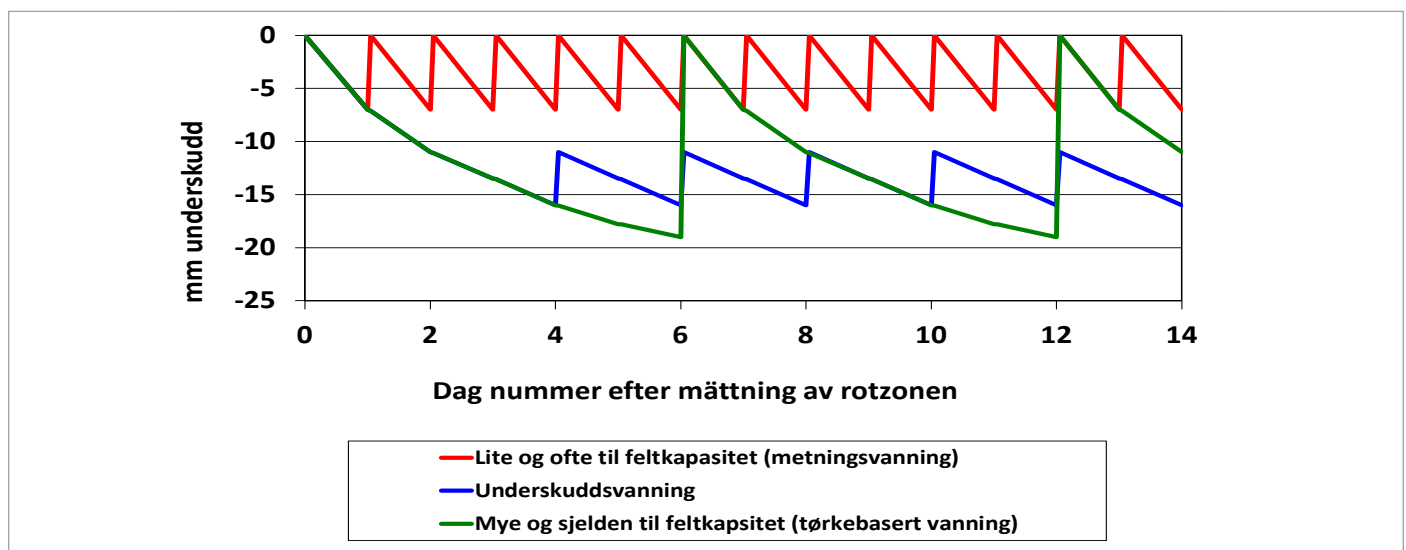
Denne vanningsstrategien vil også medføre et stort vannforbruk.

Redusert vannforbruk og god gresskvalitet

Oppdagelsen av at vanningsforbruket henger sammen med hvor lett vannet er tilgjengelig for plantene gir grunnlag for å spare mye vann. Dersom vi unngår å fukte jorda helt opp til feltkapasitet kan vi i praksis redusere vannforbruket til under halvparten sammenlignet med daglig vanning til feltkapasitet. Men det er en grense for hvor tørr vi kan holde jorda uten at det går ut over gresskvaliteten. Spesielt må vi unngå at det danner seg lokale tørrflekker (Se eget avsnitt).

I forsøket på Landvik var den visuelle kvaliteten best ved vanning til feltkapasitet seks ganger i uka, men det var små forskjeller i forhold til vanning til feltkapasitet to ganger i uka eller underskuddsvanning til ca 70% av feltkapasitet seks ganger i uka. Disse behandlingene gav dessuten hardere greener, dvs. bedre spillekvalitet enn vanning til feltkapasitet seks ganger pr uke. Vanning bare en gang i uka var uansett for sjelden og førte til mye tørrflekker dersom det ikke ble brukt vætemiddel.

Vannforbruket de 63 dagene dette forsøket pågikk varierte fra 358 mm ved vanning til feltkapasitet hver dag til 106 mm ved underskuddsvanning bare en dag i uka. Gress som ble underskuddsvannet seks ganger i uka mottok 123 mm. Det er en besparelse på 66%. Vannforbruket er vist i tabell 5.



Figur 5. Illustrasjon av ulike vanningsstrategier som ble forsøkt på krypkveingsgreen og fairway dominert av rødsvingel og engkvein. I forsøket ble det vannet med ulik hyppighet. Dette fremgår av tabell 4.

Vanningsstrategi	Visuell green kvalitet (1-9)	Tørrflekker % av rute	Daglig vekst mm	Ballrull, med halvt stimpmeter cm	Hardhet Clegg-hammer (g)
1. Feltkap, 6x pr uke	6.3 a	6 b	0.9 a	100 a	71 c
2. Feltkap, 2x pr uke	6.1 a	6 b	0.9 a	102 a	74 bc
3. Feltkap, 1x pr uke	5.4 ab	13 ab	0.8 a	100 a	79 b
4. Undersk, 6x pr uke	6.4 a	8 b	0.9 a	101 a	76 bc
5. Undersk, 2x pr uke	5.8 ab	11 b	0.9 a	100 a	75 bc
6. Undersk, 1x pr uke	4.9 b	27 a	0.8 a	103 a	85 a

Tabell 4. Resultater fra vanningsforsøk sesongen 2011 på green med krypkvein 'Independence'. Det ble vannet til feltkapasitet eller til ca. 70% av feltkapasitet med ulike intervaller. Bokstaver viser sikre forskjeller (signifikansnivå: $P < 0.10$)

Vanningsstrategi	Vannforbruk ved 63 dager forsøk. Sum $ET_0 = 174$ mm	Relativt vannforbruk i forhold til vanning til feltkapasitet hver dag
1. Feltkap, 6x pr uke	358	100
2. Feltkap, 2x pr uke	233	65
3. Feltkap, 1x pr uke	173	48
4. Undersk, 6x pr uke	123	34
5. Undersk, 2x pr uke	127	36
6. Undersk, 1x pr uke	106	30

Tabell 5. Vannforbruk på krypkveinsgreen ved ulike vanningsstrategier

Ballrull og spillekvalitet

Spillekvalitet karakteriseres ofte ved de tre faktorene ærlighet, hardhet og ballhastighet (trueness, firmness and fastness). Svært mange faktorer påvirker spillekvaliteten. Her må vi begrense oss til det som har med vanning å gjøre.

Ærlighet er et uttrykk for at ballen ikke gjør tilfeldige bevegelser når den puttes, men triller dit man forventer ut fra onduleringen av greenen. På en green med ensartet gressbestand påvirkes ærlighet og ballhastighet (stimpmeterverdien) lite av vanning.

På greener som er infisert av tunrapp, vil tørre forhold gi mer blomstring. Blomstrende tunrapp reduserer spillekvaliteten. Dette skaper et dilemma. På lang sikt vil tørre greener redusere tunrappbestanden fordi denne arten har grunnere rotsystem enn de andre gressartene.

Ballhastighet øker dersom vi tørker greener sterkt ut, men dette svekker gresset, og kan ikke anbefales som metode for raskere ballrull ved daglig spill. Ulike vanningsstrategier påvirker ikke ballhastigheten på krypkveinsgreenen i vårt forsøk. Se tabell 4.

Den kvalitetsfaktoren som påvirkes sterkest av vanning er hardheten. Hardhet har direkte sammenheng med hvor langt ballen ruller etter nedslag på greenen. Uttørking mellom hver vanning gir harde greener, men vannmengden har også betydning idet underskuddsvanning gir hardere greener enn vanning til feltkapasitet. Se tabell 4.

Spiring og etablering

Vanningsstrategien etter såing må velges ut fra frøets behov. Et frø spirer bare en gang, og om det tørker ut etter at rota har blitt synlig, vil det dø. Frø av kvein er veldig smått. Det skal derfor sås grunt. Dette øker faren for uttørking, og på sandbaserte greener er det nødvendig å vanne med et par millimeter minst hver andre time for å beholde spirefuktigheten på solrike dager. Spredere gir forholdsvis store dråper som lett flytter sand og frø. Vanning med slange og et munnstykke som gir små dråper er derfor å foretrekke. Ved nyetablering av gressmatter vil dekking med en fiberduk holde på fuktigheten og verne mot tunge vanndråper. Det er viktig å ta duken vekk så snart gresset har spirt for å få robuste planter.

Etter vinterskader vil ofte deler av en green måtte resås. Dette skaper et stort dilemma for vanningsstrategien, som først og fremst må ta hensyn til frø som skal spire. Hyppig vanning (og gjødsling) gir god vekst av det etablerte gresset. Dette skaper igjen klippebehov og stor skade på de nye spirene. Vi tror dette dilemmaet så langt som mulig bør løses med håndvanning av de resådde flekkene i den kritiske perioden mens frøet spirer.

Ferdigplen må også vannes hyppig for ikke å tørke ut, men et par ganger om dagen er som regel nok. All ferdigplen har med seg filt. Om denne filten er tett, kan store vannmengder redusere gassdiffusjonen og skape problemer for rotveksten. Forsiktig lufting eller slicing så snart gresset tåler slik behandling kan være viktig dersom rotutviklingen stopper opp etter legging.



Bilde 5. Ulike årsaker til utvikling av tørrflekker. **A.** etasjer og ulik tykkelse på vekstlaget gir tørrflekker til venstre på bildet. **B.** vann suges ut av greenkanten **C.** et punkt der grusen under greenen ikke var kontinuerlig **D.** et sjikt med dressesand hindret vannet å trenge ned i denne forgreenen. Foto: Agnar Kvalbein.

HYDROFOB JORD OG FINGER-FLOW

Lokale tørrflekker

Spesielt på sandjord kan det lett utvikle seg lokale tørrflekker. Fenomenet har vært kjent lenge. Likevel er det mange som blir overrasket over de store problemene som oppstår når jord blir vannavstøtende (*hydrofob*).

Ved nedbryting av organisk materiale er det godt dokumentert at det dannes mange forskjellige vokslignende stoffer (Doerr *et al.* 2000). Også ved nedbryting av filt dannes

«voks», og denne kan legge seg på sandkorna i og under filten. Så lenge jorda er fuktig ser vi ikke problemet, men når den tørker under en kritisk grense, som er 7-9 volum% vann i sandjord, vil jorda ikke la seg fukte igjen. Den blir vannavstøtende, og det kan den være i lang tid. Noen ganger ganger hjelper det ikke en gang med langvarig regn.



Bilde 6. Ekstreme tørkeflekker på greenen til venstre. Vannet trenger bare ned i fuktige punkter. Dette vises i detalj på bildet til høyre. Fenomenet kalles finger-flow. Foto til venstre: Terje Haugen. Foto til høyre: Agnar Kvalbein

Dårlig dekning på vanningsanlegget kan gi hydrofobe områder, men det kan være mange andre årsaker også. Vi ser ofte tørrflekker:

- på kuler eller oversiden av en «etasje».
- i utkanten av greenen der vann suges ut til jorda omkring
- på punkter der det er kontakt mellom vekstmassen og jorda under dreneringsgrusen
- områder der det er lagt tykkere vekstmasse enn anbefalt
- der det er dresset ujevnt slik at det oppstår sandlag i filten

Tørrflekker forekommer også på fairways, men sjelden på leirjord.

Hydrofobisitet måles ved en enkel dråpetest. For å undersøke hva som skjer hvis jorda får tørke ut gjentas gjerne testen etter at jordprøven har fått tørke to døgn innendørs på et arbeidsbord (såkalt potensiell hydrofobisitet).

Finger flow

I jord som har tendenser til utvikling av hydrofobi, vil vannet sige ujevnt ned gjennom jordprofilen. Vannet går lettest ned der det er våtest fra før, og om jorda er så tørr at den er hydrofob, vil vannet sige forbi gjennom fuktige «kanaler» i jorda. Fenomenet kalles *finger flow*. Finger flow gir ikke bare et ujevnt gressdekke. Det øker også utlekking av næringsstoffer og pesticider betydelig, særlig på greener med lavt innhold av organisk materiale (Larsbo et al. 2008)

Tiltak

Vi skulle gjerne kunnet peke på enkle tiltak som fjerner problemet med tørrflekker, men det kan vi ikke. God filt-kontroll fra dag én etter anlegg av banen slik at sjikt unngås er viktig. Når problemene har oppstått kan man tilføre litt leire i sandgreenene. Den store overflaten på de ekstremt små leirpartiklene gir vannet muligheter til å feste seg til disse overflatene. Dette kan gjøres ved å sprøyte leirpartikler inn i greenen ved hjelp av vanntrykk.

De negative effektene av hydrofob jord kan også reduseres ved å bruke kjemiske avspenningsmidler. Disse fungerer som såpe, og danner forbindelse mellom de vokslignende stoffene og vannmolekylene. På den måten fordeles vannet jevnt i jordprofilen. I vanningsforsøka har vi fått flest tørkeflekker ved sjelden vanning, men det samme kan oppstå ved hyppig underskuddsvanning dersom vi ikke klarer å spre vannet helt jevnt på greenen. Sjansen for at noen områder blir for tørre øker. Redusert vannforbruk og bedre greenkvalitet har altså en kostnadsside knyttet til økt bruk av avspenningsmidler.

Noen avspenningsmidler vil ikke bare redusere den horisontale variasjonen, men også føre til en generell økning i vanninnholdet i greenene. Slike avspenningsmidler bør ikke brukes for seint i vekstsesongen, da de kan føre til mer vinterskader. Se bruksanvisninger for ulike produkter.



VANNING OG FORURENSENDE UTELEKKING

Noen næringsstoffer, særlig nitrogen og fosfor, vil kunne føre til økt vekst av planter i vann og vassdrag. Veksten av alger og høyerestående planter begrenses som regel av nitrogentilgangen, men cyanobakterier (tidligere kalt blågrønnalger) kan fikse nitrogen fra lufta og er derfor først og fremst begrenset av fosfortilgangen.

Faren for næringslekkasjer fra golfbaner er generelt liten fordi gjødsel fordeles i små porsjoner gjennom vekstsesongen. I USA er det dokumentert at vanning av gress utover det jorda kan holde på, kombinert med tilførsel av store mengder gjødsel om gangen, kan gi store tap av nitrogen i dreneringsvannet (*Petrovic & Barlow, 2013*). Men hyppig gjødsling med til sammen 2-3 kg N pr 100 m² pr sesong ga sjelden mer enn 5 % tap (*Barton & Colmer 2006*).

Utlekkingen av nitrogen fra golfgreener er liten så lenge gjødseldosene er moderate og det er et tett, levende planteteckke. Men under etablering og etter vinterskader kan utlekking av nitrogen forekomme. Ved målinger av nitratinnholdet i dreneringsvannet fra godt etablerte greener

på Landvik var verdiene alltid langt under EU sin grense for drikkevannskvalitet (*Aamlid et al. 2013*)

Fosfor bindes normalt sterkt i jorda som tungt løselige salter. Men dersom kompost brukes som organisk materiale i vekstmassen, kan fosfor lekke ut, spesielt de første årene etter etablering av greener (*Aamlid et al. 2013*). Ellers er fosforforurensning fra golfanlegg først og fremst et resultat av at jordpartikler vaskes bort ved mye nedbør under etablering av golfbanen (jorderosjon).

Forsøk med ulike pesticider viste at faren for utlekking var mye større ved fire vanninger a 25 mm sammenlignet med 16 vanninger a 6 mm (*Starrett et al. 1994*).

Konklusjonen er at selv om problemet er lite, vil vanning utover feltkapasitet kunne føre til noe utlekking både av sprøytemidler og næringsstoffer. Særlig bekymring knytter seg til forurensning av grunnvannet fordi nedbryting av kjemikalier skjer langsomt i et slikt anaerobt miljø, og fordi mange benytter grunnvann som drikkevannskilde.



Husavik GK, hul 8. Foto: Edwin Roald

VANNING I PRAKSIS

Styring av vanning

Det er vanskelig å vite hvor mye vi skal vanne for å få et best mulig resultat med tanke på gresskvalitet, økonomi og miljøeffekter. Denne usikkerheten er en viktig årsak til at det vannes mer enn det som er optimalt. Rikelig vanning er ofte det enkleste og sikreste for å unngå tørkeskader og kritikk. Usikkerheten er reell og er knyttet til mange forhold. Det er variasjoner i mikroklima og plantebestand inne på banen. Gress som får mye sol og vind forbruker mer vann enn planter i skygge og le. Naturlig nedbør faller jevnt og intensiteten er lav sammenlignet med moderne vanningsanlegg. Fastmonterte, sirkulerende spredere vil alltid spre vannet ujevnt. Vind påvirker resultatet. I tillegg vil onduleringer og tette greenoverflater føre til at lavpunktene får mer vann enn høyere liggende områder og hellinger².

For å kunne utnytte fordelene av underskuddsvanning, må vi derfor arbeide for å forbedre vanningen på mange nivå, og vi kommer ikke utenom at det er kostbart både å utvikle kunnskap om vannforholdene på banen og å følge opp og kontrollere resultatene. Riktig vanning er derfor en utfordring først og fremst for baner som har ressurser og ambisjoner om å bringe banen opp på et enda høyere nivå med tanke på spillekvalitet og miljø.

Vanningsregnskap

Et første skritt for mange greenkeepere er å uttrykke vanning i millimeter vann framfor minutter vanning. Da blir det lettere å vurdere om vanningen står i et rimelig forhold til plantenes vannforbruk. Om vi ser bort fra den første dagen etter vanning til feltkapasitet kan vannforbruket til

² **Horisontal avrenning i greener.** Amerikanske forsøk har vist at vannet fordeler seg veldig ujevnt på ondulerte greener (Prettyman & McCoy 2003). Dette skyldes både avrenning på overflaten og sig i det hengende vannspeilet. Disse to faktorene til sammen utgjør en betydelig skjevfordeling av vanningsvannet. Vanningsintensiteten i et moderne vanningsanlegg vil som regel være større enn infiltrasjonskapasiteten i en tørr greenoverflate. Ved å fukte opp overflaten vil infiltrasjonen forbedres, men likevel må man regne med at lave områder vil få mer vann enn høyere liggende områder på greenen. Det er gjort vellykkede forsøk med å konstruere vannbarrierer i greener som heller 5%. Vannet kan på den måten holdes tilbake i «terrasser» (McInnes & Thomas 2012).



Time Domain Reflectometry (TDR), et instrument som måler vanninnholdet i jorda. Foto: Agnar Kvalbein

gressplanter i Norden kan anslås til mellom 3 og 4 mm om dagen om sommeren. I spesielt varme og tørre perioder, med temperaturer rundt 30 grader kan ET komme opp i 5 mm. Hvis vanningsanlegget for eksempel gir 3 mm på 10 minutter, betyr det at 4x10 minutter to ganger i uka vil dekke plantenes behov. Vanning utover dette vil gi drenering og tap av vann gjennom dreneringssystemet.

Et enkelt vanningsregnskap kan settes opp om du har et beger som måler nedbør og tilgang til ET_0 fra en meteorologisk stasjon i ditt distrikt. I jordbruket har dette vært den anbefalte måten for å beregne vanningsbehovet; å erstatte vanntapet basert på ET-verdier. Noen moderne vanningsanlegg har egen værstasjon og kan innstilles til å vanne ut fra slike data.

Fuktighetsmålinger

En bedre og enklere alternativ enn å føre vanningsregnskap er å holde jorda nær et optimalt vanninnhold. Det finnes flere metoder for å måle vanninnhold i jord, men det instrumentet som nå anbefales er en TDR-måler som gir vanninnholdet i volumprosent. Disse kan leveres som håndholdte instrumenter som stikkes ned fra overflaten, eller de kan graves ned i jorda. Noen nedgravde instrumenter har trådløse sendere slik at fuktigheten kan avleses direkte fra vanningscomputeren. Avanserte TDR-målere kan også kobles til GPS slik at data enkelt kan overføres til kart over golfbanen.

Time Domain Reflectometry (TDR)

Dette instrumentet måler vanninnholdet i radius ca 3 cm rundt to målepinner. Pinnene kan fås i ulik lengde. Prinsippet for målingen er at det sendes ut en elektromagnetisk bølge. Hvor fort denne bølgen reflekteres, er avhengig av vanninnholdet.

En TDR-måler gir gjennomsnittlig volumprosent vann langs pinnene og resultatet påvirkes lite av temperatur (0-30 ° C) jordtetthet, saltinnhold og tekstur. Derimot kan stein og hull i jorda gi betydelige feil. Innholdet av organisk materiale kan også påvirke resultatet.

Nøyaktigheten regnes å ligge på $\pm 1-3$ % volumprosent.



Bilde 7. Intensiteten i et moderne vanningsanlegg er som regel høyere enn infiltrasjonskapasiteten. Dette fører til ujevn vanning, selv om sprinklere står optimalt. Bildet fra Visby golfklubb viser en test med 10 minutters vanning. Legg merke til dammene på greenen. Foto: Agnar Kvalbein

For å kunne bruke TDR-verdier til å styre vanningen må vanninnholdet ved feltkapasitet bestemmes (Se fremgangsmåte på side 27. Det er ikke uvanlig at fuktigheten i en og samme green kan variere +/- 30 %. Dette skyldes ulikt innhold av organisk materiale eller ulik grad av komprimering. Disse forskjellene er i seg selv interessante fordi de kan gi verdifulle opplysninger om ujevnheter i greenoverflaten. Ofte ser vi at innholdet av organisk materiale er lavest der slitasten er størst. Men i disse områdene er også jordpakkingen størst, og små porer holder best på fuktighet.

Når vi styrer vanningen basert på jordfuktighet, er målet å holde vanninnholdet mellom 50 og 70 % av feltkapasitet, men likevel slik at vanninnholdet aldri blir så lavt at det blir tørrflekker. Det betyr at vi ikke noe sted må slippe vanninnholdet under 8 %. Etter å ha kartlagt greenene dine vil du vite hvor det er tørrest. Antakelig må du håndvanne disse områdene av og til fordi vanningsanlegget ikke sprer vannet jevnt nok.

Måling av tørkestress

Det er gjort mange forsøk på å måle plantenes tørkestress direkte, uten å gå veien om vanninnholdet i jorda (Jones 2004). Fordelen med direkte målinger er at vi også kan fange opp effekter av dårlig rotutvikling og midlertidig tørkestress i løpet av døgnet. I forsøket på Landvik registrerte vi noen ganger at bladtemperaturen var et par grader høyere på de

tørreste rutene enn ruter med optimal vanntilgang. Det er også under utvikling metoder basert på at det røde lyset reflekteres annerledes når plantene begynner å tørke. Så langt har man med slik teknologi oppdaget tørre områder 12-18 timer før de blir synlige med øyet (B. Horgan, *Gresskurset 2013*). Foreløpig kan vi konkludere med at denne teknologien ikke er tilstrekkelig utviklet for praktisk bruk.

Tidspunkt for vanning

Det er mange praktiske grunner til at vanning om natta er gunstig. Det viktigste er selvsagt færre golfspillere, men vindhastigheten er også lavere, og vanning i grålysningen kan fjerne dogg og guttasjonsdråper og gi raskere opptørring om morgenen.

Vanning i korte sekvenser

Vanning i korte sekvenser gjør at vanningen blir mindre intens, og det gir jevnere infiltrering av vannet. Aller først er det viktig å gi en kort sekvens som fukter opp overflaten. Det er vanligvis ikke mange minutter (4-5) som skal til før det blir overflateavrenning. Generelt vil derfor mange korte sekvenser gi jevnere fordeling av vannet.

Konkret oppskrift på underskuddsvanning

Siste del av vanningsprosjektet til STERF hadde som mål å teste underskuddsvanning i praksis på en del utvalgte golfbaner. Dessverre ble disse storskalaforsøka gjennomført i et år med mye naturlig nedbør. Forskjeller i kvalitet og kostnader ble derfor ikke dokumentert, men vi fikk et inntrykk av jevnheten på vanningsanleggene (se senere eksempel).

Nedenfor følger noen konkrete råd om hvordan du kan gjøre dine egne erfaringer med underskuddsvanning. Det er mye arbeid, men det vil gi redusert forbruk av vann og energi, og forbedret greenkvalitet.

Vanning av etablerte greener

1. Forbered greenene om våren ved å bruke avspenningsmiddel dersom du har erfart at tørrflekker kan oppstå.
2. Kjøp et TDR måleinstrument med målepinner tilsvarende rottybden.
3. Kontroller vanningsanlegget en stille morgen. Påse at dysene er i orden og spredere ikke står skjevt. Sett ut måleglass med jevn avstand i begge retninger og mål innholdet etter å ha kjørt anlegget i 10 minutter. Tegn kart over dekning og beregn sammenhengen mellom minutter og millimeter.
4. Bestem vanninnholdet ved feltkapasitet ved å måle med TDR måleren en time etter langvarig regn / vanning.
5. Når du skal i gang med underskuddsvanning bør du i starten vanne hver gang vanninnholdet er 60% av feltkapasitet. Etter hvert kan du litt etter litt vente med å starte vanningsanlegget til innholdet er ned mot 50% av feltkapasitet men du må aldri la vanninnholdet gå under 8 vol% (kritisk vanninnhold som gir tørrflekker, dette kan variere fra green til green)
6. I starten beregnes vanningsmengden ut fra det som er nødvendig for å nå 80% av feltkapasitet. Seinere kan du litt etter litt nøye deg med å vanne til 70% av feltkapasitet
7. Kontroller resultatet med TDR-måleren dagen etter du har vannet. Legg merke til de tørreste områdene på greenene.
8. I tørre perioder kan det være nødvendig å håndvanne med slange på de tørreste områdene på greenen (der det er dårlig dekning eller overflateavrenning)

9. Gjenta behandlingen med avspenningsmidler på de tørreste områdene av greenen dersom det utvikler seg tørrflekker. Du merker områder der vanninnholdet fortsetter å synke etter vanning. Husk at dyre avspenningsmidler kan tilføres både som granulater og gjennom håndvannings-slangen. Avspenningsmidler som 'holder på vannet' i filtlaget bør ikke brukes etter 1.august fordi høyere vanninnhold kan gi økt risiko for vinterskader.

Vanning av fairways

Fordi det ofte er usikkerhet knyttet til rottybde og tilgjengelig vannreserve i jorda på fairway, anbefaler vi at vanningen på fairway også styres ut fra målingen på greenene. Dette er basert på kunnskapen fra figur 3 som viste dersom vi unngår å vanne til feltkapasitet er det liten forskjell i vannforbruket til de ulike gressartene, på green og fairway. Vi sier derfor enkelt at fairway skal ha like mye vann som greenene! Om du måler vanninnholdet i greenene og styrer etter fuktigheten der, så skal du altså i sum for uka alltid tilføre samme vannmengde på fairway.

Om du har sand under fairway bør du vanne like ofte som på greenene (hver eller annenhver dag). Om du har jord med større vannreserver, er det nok at du vannet fairway to ganger i uka.

Det er først når du du innfører underskuddsvanning også på fairway, at forbruket av vann (og energi) blir redusert slik at det virkelig synes i regnskapet!

Eksempel:

Green nr 18 på Larvik golfklubb hadde uregelmessig form, og selv om sprederne var plassert i trekantforband, var det stor forskjell på delene av greenen som fikk mye og lite vann. Målekarene som ble satt ut for hver fjerde meter samlet opp mellom 12 og 54 ml vann, altså et forhold mellom minst og mest på 1:4,5. Dekningsgraden ble likevel beregnet til 65 % (gjennomsnitt av de 25 % laveste verdiene delt på gjennomsnitt av alle). I veiledningen regnes 55% som dårlig, 70% som bra og 80% som utmerket.

Det ble beregnet at anlegget i gjennomsnitt ga 0.37 mm pr minutt, eller 22 mm pr time.

Greenen var sådd med krypkvein og hadde blitt dresset regelmessig i 15 år. Vekstlaget var derfor ca 40 cm tykt. Det organiske materialet i det oppdressede laget var ca 2%. Vekstmassen var derfor ganske tørr.

Rotdybden varierte, men var de fleste steder rundt 20 cm. Det området som fikk mest vann hadde mer tunrapp, ca

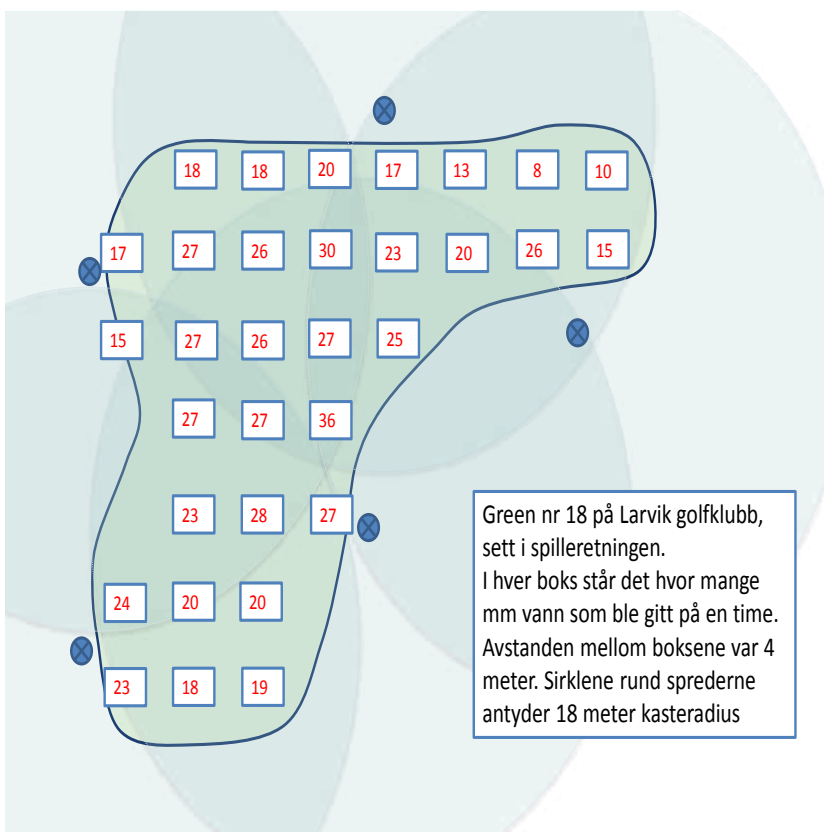
70%, og kortere røtter. Fuktighet ble målt med TDR₂₀ (20 cm pinner) og etter regnvær var det i gjennomsnitt 18 volum% vann. Målingene varierte fra 16.1% til 21.4%.

Målet var å holde fuktigheten mellom 60 og 70% av feltkapasitet, dvs. mellom 10.8 % og 12.6 % vann i de øverste 20 cm. Det ble målt med TDR20 daglig på 12 steder på greenen, og i gjennomsnitt var resultatet slik som vist i tabell 6.

Den tredje dagen (egentlig natt til dag 4) ble det vannet 15 minutter. Det tilsvarer i gjennomsnitt 5.5 mm og hevet TDR₂₀ til 13,0 på dag 4. Den femte dagen var øvre, høyre delen av greenen, der dekningen var dårlig, nede i 9%. Det ble vannet med hånd i dette området. Hellingen mot spilleretningen gjorde at inngangen til greenen ikke ble så tørr som man kunne forvente ut fra sprederbildet. Dag seks ble det målt 10.0 % vann (ca 12% der det var vannet for hånd dagen før) og om natten til dag sju ble det gitt 20 minutter (= 7.4 mm) vann. Dag 7 ble det målt i gjennomsnitt 12.4% og den åttende dagen regnet det rikelig.

Dag	0	1	2	3	4	5	6	7	8
% vann målt med TDR ₂₀ før vanning	18.0	15.1	12.6	11.0	13.0	11.5	10.0	12.4	18.0
mm vanning etter måling				5.5		Håndvann	7.4		20 regn

Tabell 6. Hjelpeskjema for vanning av green 18. Dager etter regnvær eller vanning til feltkapasitet.



Figur 6 og bilde 8:

Green 18 på Larvik golfklubb. Skisse med plassering av sprederne og oppmåling av vannmengde..

Bildet viser greenen som faller mot spilleretningen. Legg merke til dårligst greenkvalitet der det kommer mest vann. Dette skyldes vinter-skade som kan knyttes til mye tunrapp.

REFERANSER

- 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.
- Strandberg, M., K. Blombäck, A.M.D. Jensen, A.M. & J.W. Knox, J.W. (2012) The future of turfgrass management – challenges and opportunities. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 1: 3-9
- 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.





Forfattere:

**AGNAR KVALBEIN
TRYGVE S AAMLID**
Bioforsk Norwegian Institute for
Agricultural and Environmental Research



Sterf

Scandinavian Turfgrass and Environment Research Foundation (STERF) er en forskingsstiftelse opprettet av golf forbundene i de nordiske land. STERF leverer anvendt kunnskap om miljøvennlig og bærekraftig skjøtsel av golfbaner. Prioriterte forskingsområder er: Integrert plantevern - kontroll av sjukdommer og ugras, Effektiv og bærekraftig utnyttelse av vann, Overvintring av gras på golfbaner og Multifunksjonelle golfanlegg. Les om STERF's forskningsprogram og de ulike prosjekt på sterf.golf.se.