

VÄXTBÄDDENS VATTEN, LUFT OCH TEMPERATUR

**Maria Strandberg, Svenska Golförbundet,
Karin Blombäck och Lina Lundström, Sveriges Lantbruksuniversitet**

**Svenska Golförbundet
Faktablad Golfbanor 2001 09 17
Växtbäddens fysikaliska egenskaper**

Förord

I detta faktablad vill vi repetera några markvetenskapliga grunder. Vi vill också ge dig en bakgrund och inledande beskrivning till de studier som genomförs på försöksytan på Fullerö GK. I de första avsnitten i faktabladet kan du läsa om några grundläggande begrepp och teorier som beskriver markens vatten- och luftinnehåll samt marktemperatur. Detta ger en bra grund för att kunna tolka förhållanden på den egna golfbanan och för att kunna föreslå förändringar i skötselrutiner. Dessa avsnitt ger också bra baskunskaper för att följa, förstå och utnyttja de studier som genomförs på försöksytan. I det sista avsnittet diskuterar vi några intressanta mätresultat från sommaren 2000. Vi ger också en kortfattad beskrivning av försöksytans uppbyggnad och de mätinstrument vi använder för att registrera olika förhållanden i växtbädden.

Har du synpunkter eller frågor angående innehållet vill vi som är författare gärna att du kontaktar oss. Säkrast når du oss per e-post, men telefon går också bra.

Maria Strandberg, SGF:
Maria.Strandberg@sgf.golf.se
Tel: 08-622 15 27

Karin Blombäck, SLU:
Karin.Blomback@mv.slu.se
Tel: 018-67 12 63

Lycka till med läsningen och gör gärna ett studiebesök på försöksytan på Fullerö GK.

Samarbetspartners

Flera aktörer har varit engagerade i arbetet med att skapa en försöksyta för forskning och utveckling på Fullerö GK. **Hasselfors Garden** har levererat växtbäddsmaterialet och **Weibull trädgård AB** har donerat gräsfrö till greenen. Dräneringen är sponsrad av **Upnor** och bevattningsanläggningen av **Rain Bird - S/48 Sverige AB**. **Odal Butik AB** har bidragit med diverse anläggningsmaterial. **AnalyCen** har gjort textur- och växtnäringanalyser. **Svenningsens Turf Care AB** har tillhandahållit maskiner, lämpliga att använda vid provtagning. Informationsskylten vid försöksplatsen är sponsrad av **KSAB Golf AB**.

Sist men inte minst bidrar **banpersonalen på Fullerö GK** med kvalificerad skötsel av försöksytan.

Beställning av Faktablad

Det finns ytterligare ett faktablad som behandlar studierna på försöksgreenen på Fullerö GK:

Mattsson, T. & Strandberg, M. 2000. *Växtbäddens organiska material, del I*. Faktablad, Svenska Golfbundet.

Samtliga faktablad kan beställas från Svenska Golfbundet:

Tel: 08-622 15 26
Fax: 08-622 15 51
E-post: Lena.Capotondi@sgf.golf.se

Faktabladen finns också på SGF:s hemsida sgf.golf.se under rubriken "Forskning och utveckling".

Inledning

Gräs visar tydligt när det stressas av torra. En vanlig åtgärd när man ser detta är att öka bevattningstiden. Det är betydligt svårare att identifiera när bevattningsmängden är för stor, särskilt på väl-dränerade, sanduppbyggda greener där överskottsvatten snabbt lämnar växtbädden genom dräneringssystemet. I en växtbädd där det tillförs för stora mängder vatten kan man ofta se dålig rotutveckling, dålig nedbrytning av det organiska materialet, tendenser till utveckling av "black layer" och ökad frekvens av sjukdomsangrepp. Snabba transporter av överskottsvatten i växtbädden gör också att det finns risk för utlakning av näringsämnen.

Globalt sett, är vatten den största bristvaran. På många ställen i världen finns det strikta restriktioner för vattenutnyttjande. I Sverige har vatten, historiskt sett, betraktats som en obegränsad naturresurs. Det har varit självklart att vatten är gratis, har god kvalitet och kan nyttjas obegränsat. Detta trots att man på flera ställen tär på grundvattenförrådet. Det finns all anledning att även i Sverige, förvänta sig strängare restriktioner för vattenutnyttjande i framtiden.

En förutsättning för att skapa ett stresståligt gräs är en god markmiljö för gräsrötter och mikroorganismer, med tex optimala förhållanden mellan vatten och luft. Samhällets krav på effektivare vattenutnyttjande gör också att bevattning måste ske med mycket hög precision i framtiden. För att klara detta krävs ökad kunskap om de processer i växtbädden som

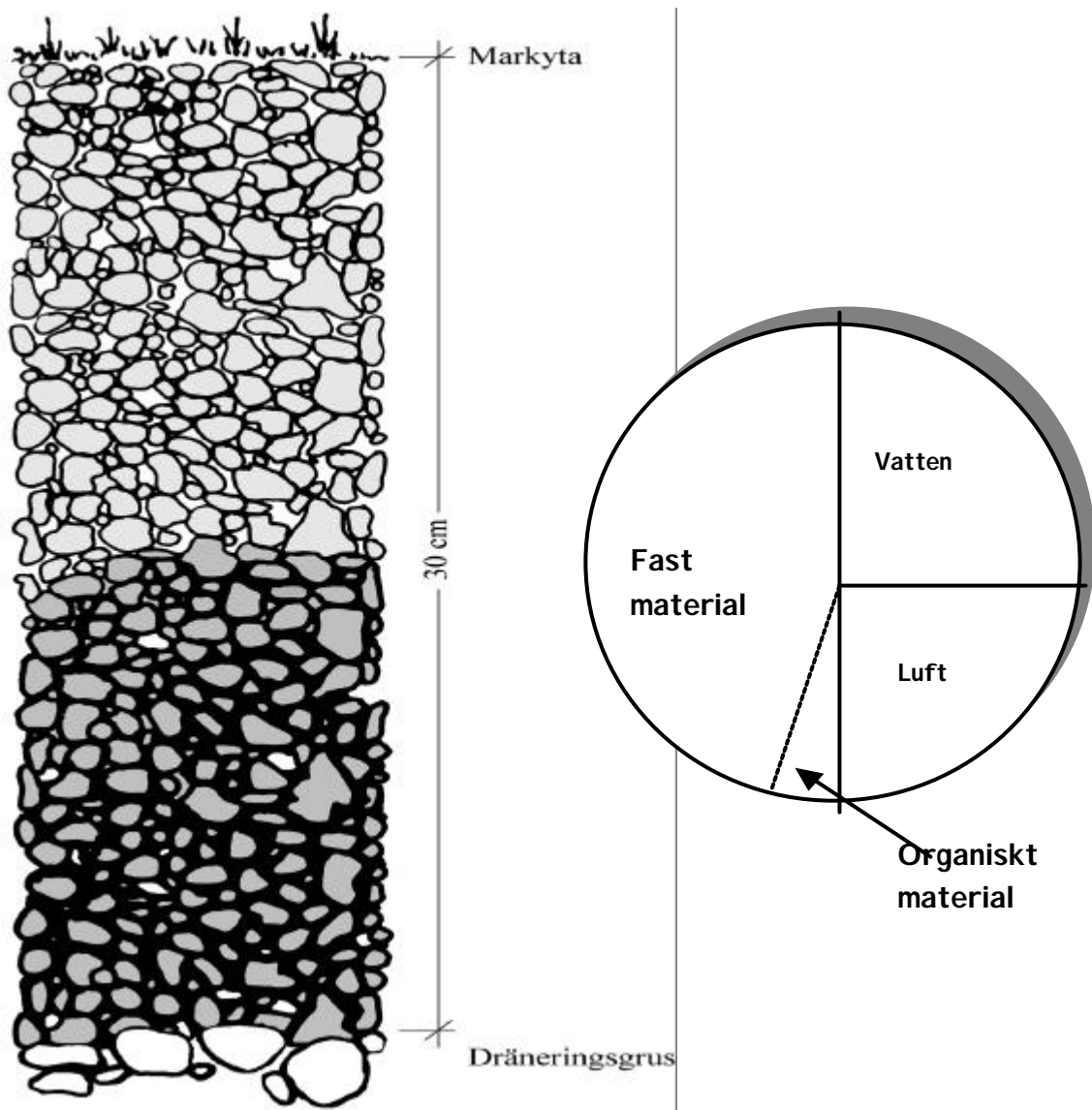
reglerar relationerna mellan markvatten och -luft samt marktemperatur.

Begrepp och teorier

Markens vatten- och luftinnehåll

I en green anlagd enligt SGF:s rekommendationer utgör det fasta materialet, sand och organiskt material t ex torv, ca 50 procent av växtbäddens volym. Restande 50 procent av volymen består av porer som är fyllda med vatten eller luft (figur 1). Idealiskt är om hälften av växtbäddens porer är fyllda med vatten och hälften med luft. Den totala andelen porer i växtbädden beskrivs som växtbäddens **porositet**. Porositeten är alltså ett mått på hur många procent av jordens totala volym som består av porer. I naturliga jordar varierar porositeten mycket, exempelvis kan porositeten vara 95 procent i en torvjord, 60 procent i en lerjord och 45 procent i en sandjord.

Direkt efter bevattning eller ett kraftigt regn är hela porssystemet i växtbädden fyllt av vatten. Detta tillstånd kallas **vattenmättnad**. I greener anlagda enligt SGF:s rekommendationer kommer ungefär hälften av vattnet att snabbt dräneras ut ur växtbädden. Det vatten som lämnar växtbädden genom fri dränering kallas **dränerbart vatten**. När det dränerbara vattnet lämnar växtbäddens porer fylls dessa istället med luft. Efter att allt dränerbart vatten lämnat växtbädden är ca 50 procent av porerna fyllda med vatten och ca 50 procent fyllda med luft. Detta tillstånd kallas **dräneringsjämvikt** (figur 1).



Figur 1. Förhållanden mellan fast material, vatten och luft vid dräneringsjämvikt, i växtbädden i en green anlagd enligt SGF:s rekommendationer.

Volymen vatten- respektive luftfyllda porer vid dräneringsjämvikt varierar mycket i naturliga jordar. Exempelvis kan upp till 80 procent av porerna vara vattenfyllda i en lerjord och endast 10-15 procent i en ren sandjord. Volymen vatten respektive luft i jorden bestäms av mängden och storleken på markens porer samt dräneringsdjupet eller avståndet till grundvattenytan.

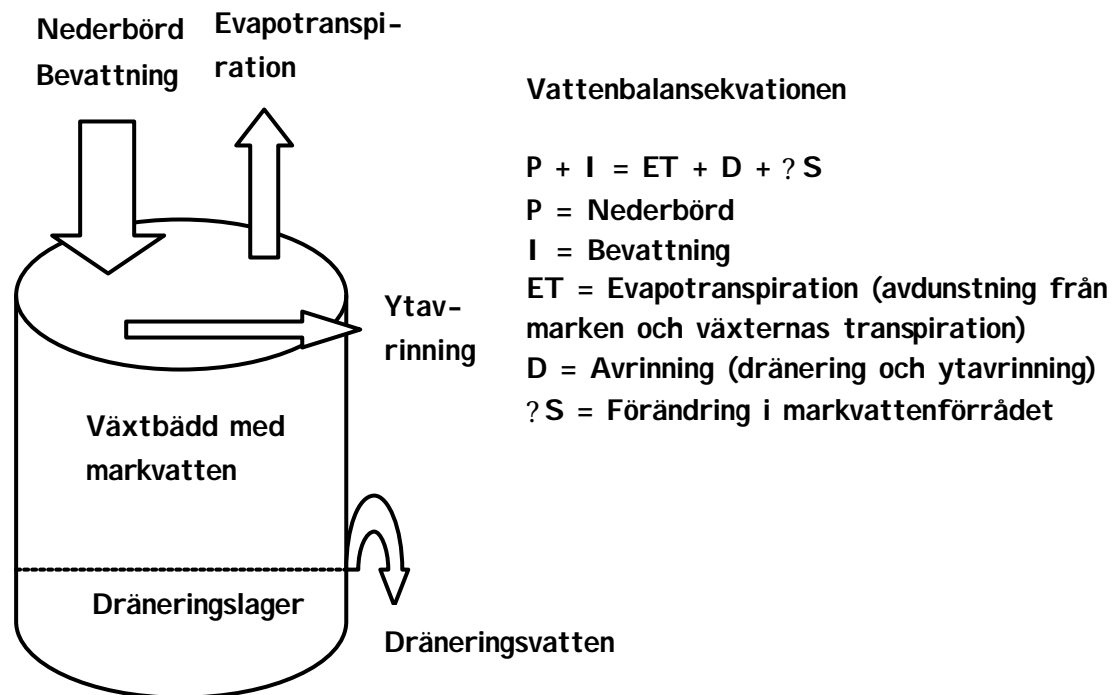
Vatten som lagras i växtbädden eller marken efter fri dränering kallas **markvatten**. Markvattnet är det vatten som kan utnyttjas av gräset och annan vegetation. Växtbädden eller marken fungerar alltså som en vattenreservoar där mängden vatten som kan lagras bestäms av porsystemet. Markvattnet är en förutsättning för att t ex gräset ska klara sin fotosyntes, d v s ta upp koldioxid från atmosfären. Gräset förlorar alltid vatten när det tar upp koldioxid genom sina klyvöppningar. Detta kallas **transpiration**. 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. Även markens mikroorganismer är beroende av markvatten som en del av sitt livsutrymme. Olika typer av mikroorganismer gynnas beroende på hur mycket vatten respektive luft det finns i växtbädden eller marken.

Markvattnet fylls på genom naturlig nederbörd och bevattning. En del vatten når aldrig växtbädden utan rinner bort på markytan. Växtbädden förlorar vatten genom dränering, avdunstning från markytan och växternas transpiration. Avdunstning från markytan och växternas transpiration kallas med ett gemensamt namn **evapotranspiration** Sam-

bandet mellan nederbörd, bevattning samt evapotranspiration, dränering och ytavrinning kan beskrivas med hjälp av **vattenbalansekvationen** (figur 2).

När man diskuterar markvatten ur växtens perspektiv är det inte den totala mängden vatten som är viktig utan den del av markvattnet som växterna kan utnyttja, d v s mängden **växttillgängligt vatten**. Markvattnet binds till enskilda partiklar och i porer. En viss del vatten är alltid mycket hårt bundet och är inte tillgängligt för växterna. I greener byggda enligt SGF:s rekommendationer är andelen **icke växttillgängligt vatten** liten och motsvarar ca 5 procent av växtbäddens totala volym. Ju större andel små partiklar, t ex ler, och ju högre halt organiskt material det finns i marken eller växtbädden ju större blir andelen icke växttillgängligt vatten. I en lerjord kan mängden icke växttillgängligt vatten vara mer än 30 procent av den totala volymen, vilket motsvarar mer än hälften av markvattnet.

För att kunna tillgodogöra sig vatten och näringsämnen samt växa och föröka sig måste växtrötter och mikroorganismer i marken andas, d v s ta upp syre. Det är viktigt att tillräckligt stor andel av markens porer är fyllda med luft för att syrebehovet ska tillgodoses. Andelen **markluft** i växtbädden bestäms av porernas storleksfördelning och den totala porositeten. En vanlig tumregel är att det ska finnas minst 10 procent luft i marken för att växterna ska överleva. I en green anlagd enligt SGF:s rekommendationer är ungefär 25 procent av växtbäddens volym fylld med luft efter fri dränering. Detta motsvarar de porer som är större än 0,1 mm i diameter.



Figur 2. Vattenbalansekvationen.

Bindningskurvan

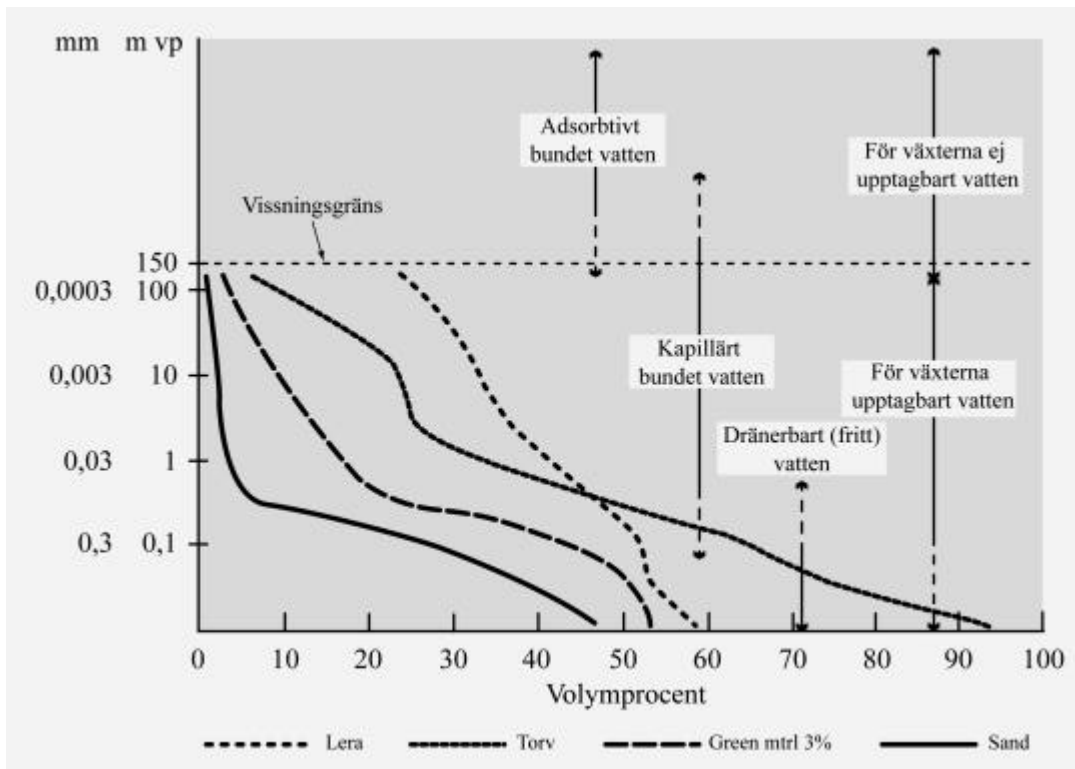
Markvattnet binds olika hårt i markens eller växtbäddens porer och till partiklarnas ytor. Det vatten som binds i markens porer är **kapillärt bundet vatten** och det vatten som binds till partiklarnas ytor är **adsorptivt bundet vatten**. Ju mindre en por är desto hårdare binder den vatten. Allra hårdast binds vattnet till partikelytor. De vattenbindande krafterna i marken är alltså beroende av porstorleksfördelningen och mängden partikelytor. Markens vattenbindande krafter uttrycks vanligen i enheten meter vattenpelare, m. v. p.

Olika porstorlekars förmåga att binda vatten och den mängde vatten detta ger

upphov till i växtbädden kan beskrivas med hjälp av en bindningskurva (figur 3). Den information man kan få ur en bindningskurva ger möjlighet att bedöma viktiga egenskaper i marken eller växtbäddsmaterialet, t ex porositet, porstorleksfördelning, totala volymen markvatten och -luft vid olika dräneringsdjup. I figur 3 kan man exempelvis se, att när dräneringsdjupet är 0,3 m blir volymen markvatten 55 procent i torv, 49 procent i lera, 30 procent i greenmaterialet och 10 procent i sanden. Volymen luft vid motsvarande dräneringsdjup är 40 procent i torv, 10 procent i lera, 24 procent i greenmaterialet och 38 procent i sanden. Luftvolymen har beräknats genom att ta totala porvolymen minus volymen vatten vid dräneringsjämvikt.

Bindningskurvan visar också hur stor andel av vattnet som är växttillgängligt respektive icke växttillgängligt. Som regel brukar vatten som binds hårdare än 150 m. v. p. betraktas som icke växttillgängligt. Vattenbindande krafter motsva-

rande 150 m. v. p. uppstår i porer som är mindre än 0,0002 mm i diameter. Figur 3 visar att volymen icke växttillgängligt vatten är 6 procent i torv, 24 procent i lera, 4 procent i greenmaterialet och 2 procent i sanden.



Figur 3 Bindningskurvor för torv, lera, greenmaterial enligt SGF:s rekommendationer med 3 viktprocent organiskt material samt sand. På den vertikala axeln visas vattenbindande krafter i enheten m. v. p. och vilka porstorlekar dessa motsvarar i enheten mm. Den horisontella axeln visar volymen vatten, luft och fast material. Jämför med text och figur på sidan 11.

När t ex en greenyta eller fairwayyta används och packas kommer andelen vattenfyllda porer att öka på bekostnad av luftvolymen i växtbädden. Detta beror på att stora luftförande porer kollapsar till mindre i samband med kompaktion. När växtbädden packas ökar alltså andelen mindre porer medan den totala porositeten förändras relativt lite. Information om porstorlekars förändring kan vi också få ur en bindningskurva.

Vattenledningsförmåga

Markens förmåga att transportera vatten beror på vilka porstorlekar som finns i marken och på hur porerna är sammanbundna med varandra. Ledningsförmågan i marken bestäms också av vattenhalten. Ledningsförmågan i vattenmätade växtbäddar och jordar ger en bild av makroporsystemet, dvs mängd och fördelning av stora porer. **Mättad genomsläpplighet** i växtbäddsmaterial för golfgreenar, enligt SGF:s rekommendationer, bör vara 30-60 cm/timme. För åkerjordar anses ett bra värde på mättad genomsläpplighet vara 1 cm/timme. Vid packning försämras vattenledningsförmågan i växtbädden på grund av att andelen stora porer minskar.

Marktemperatur

Temperaturen i marken har stor betydelse för alla biologiska processer, t ex groning, tillväxt och rotutveckling samt mikroorganismernas aktivitet. I vårt så kallade tempererade klimat kan låga temperaturer hämma flera av dessa processer. Gräsarter anpassade till tempererat klimat har bäst rotaktivitet när marktemperaturen är mellan 10°C och 18°C. Vissa gräs kan ha en begränsad rottill-

växt under hela hösten, ända tills marken fryser. Rotaktiviteten kan alltså pågå efter att gräset invintrat och de ovanjordiska delarna förlorat sin färg. Rötter och skott är känsliga för temperaturväxlingar. En så liten temperaturförändring som 1°C kan påverka både rot- och skotttillväxt samt växtnäringsupptagning.

Mikroorganismer i marken lever av och bryter ner organiskt material. När det organiska materialet bryts ner frigörs en rad viktiga näringsämnen som växten kan utnyttja. Ökar marktemperaturen så ökar också mikroorganismernas aktivitet och därmed omsättningen av det organiska materialet. Flera av markens mikroorganismer kan vara aktiva ända tills marken fryser, 0°C. Vid temperaturer under 5°C avtar dock aktiviteten kraftigt. Högst aktivitet har mikroorganismerna när temperaturen är mellan 25°C och 35°C. Mikroorganismernas aktivitet kan fördubblas om marktemperaturen ökar med 10°C, t ex från 8 till 18°C.

Vad bestämmer marktemperaturen?

Vissa jordar värms upp snabbt på våren och andra mer långsamt. Dessa skillnader beror på mängden solstrålning som träffar markytan. Skillnaderna beror också på markens förmåga att transportera eller leda värme, **värmeledningsförmåga** och förmåga att lagra värme, **värmelagringsförmåga**. Värmeledningsförmåga och värmelagringsförmåga kallas markens **termiska egenskaper**.

Värmelagringsförmågan talar om hur mycket energi som måste tillföras för att höja temperaturen en grad hos ett visst material. Alla markkomponenter, mine-

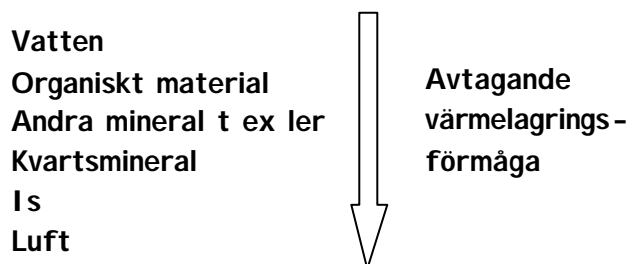
ralpartiklar, organiskt material, vatten och luft har olika värmelagringsförmåga. Högst värmelagringsförmåga har vatten, $4,2 \text{ MJm}^{-3}\text{C}^{-1}$ och lägst har luft, $0,0013 \text{ MJm}^{-3}\text{C}^{-1}$ (figur 4). Markens vattenhalt har alltså stor betydelse för marktemperaturen. En jord med hög vattenhalt måste tillföras mycket energi för att temperaturen ska höjas. Hög vattenhalt gör också att jorden kan buffra mot snabb avkylning. Luft är den markkomponent som värms upp snabbast men också kyls ner fortast.

För att få en tidig etablering och tillväxt av gräset måste marken värmas upp snabbt på våren så att de biologiska markprocesserna kommer igång. Det är viktigt att markytan nås av solstrålning och att växtbädden är väl-dränerad så att vattenhalten inte blir för hög. Är vattenhalten för hög kommer uppvärmningen av växtbädden att fördröjas på grund av vattnets höga värmelagringsförmåga.

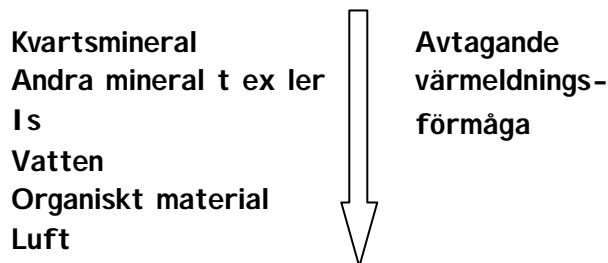
Markens värmeledningsförmåga har också stor betydelse för marktemperatu-

ren. Olika markkomponenters förmåga att leda värme varierar mycket. Kvartsrika mineral som ofta finns i sand har högst ledningsförmåga, $8,8 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$. Vatten är också en relativt god värmeledare, $0,57 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ medan luft leder värme mycket dåligt, $0,025 \text{ Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$ (figur 5). I en uttorkad sandjord är ledningsförmågan sämre än i en fuktig sandjord eftersom vattenhalten har stor betydelse för värmetransporten. När kontaktytorna mellan sandpartiklarna är fyllda med vatten istället för luft ökar ledningsförmågan. En inblandning av organiskt material i en jord ökar vattenhalten och därigenom markens ledningsförmåga. Organiskt material har däremot i sig relativt dålig ledningsförmåga.

Dålig värmeledning i porösa sanddominerade växtbäddar kan skapa problem med låga temperaturer i markytan. Detta beror på att värme, från djupare delar av växtbädden inte transporteras till markytan när lufttemperaturen sjunker.



Figur 4. Värmelagringsförmågan hos några markkomponenter.



Figur 5. Värmeledningsförmågan hos några markkomponenter.

Skandinaviens första försöksgreen

Skandinaviens första försöksyta i form av en chippinggreen finns på Fullerö GK utanför Västerås. Ytan används och sköts som den övriga golfbanan men försök och studier av olika slag har högsta prioritet. Försöksytan ger möjlighet att pröva ny kunskap och omsätta forskningsresultat i praktiken. För närvarande studeras funktionen hos olika greenuppbyggnadsmaterial, grässets vattenutnyttjande och bevattningsstyrning, grässets näringsutnyttjande och förluster av näringsämnen till omgivande miljöer, det organiska materialets betydelse för mikroorganismer och rotutveckling i växtbädden.

Uppbyggnad och skötsel

Försöksytan anlades under våren och sommaren 1999. Greenen är byggd enligt SGF:s rekommendationer för greenuppbyggnad. Den har tre olika försöksfält. Försöksfälten innehåller olika

mängd, 2, 3, respektive 4 viktprocent organiskt material. Vart och ett av de tre försöksfälten är delade i två lika stora delar. Det organiska materialet består i hälften av fallen av ren torv och i hälften av fallen är 50 procent av torven utbytt mot komposterad höns gödsel (figur 6).

Under sandlagret finns ett 10 cm tjockt lager med dräneringsgrus och tillhörande dräneringssystem. Dräneringssystemet ligger på ca 40 cm djup. Varje försöksled dräneras separat. I en närliggande brunn samlas dräneringsvatten upp för mätning och analys.

Försöksgreenen sköts efter samma principer som övriga golfbanan med avseende på klippning, bevattning, gödsling, besprutning, dressning, luftning, vertikalskärning mm.

Mätinstrument

I samband med anläggningen installerades instrument för mätning av marktemperatur och vattenhalt i växtbädden.

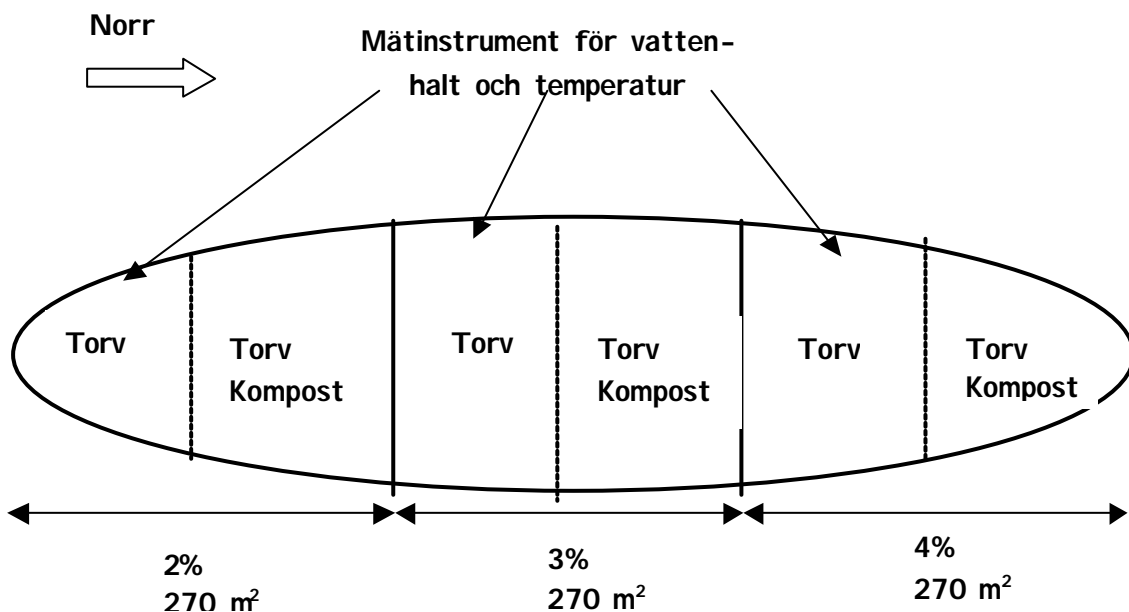
Mätningarna ska kontinuerligt ge information om markfysikaliska förhållanden i de olika försöksleden. Vattenhaltsmätningar ger en bild av vatten- och luftmagasinet samt vattentransport i växtbädden. Temperaturmätningar ger en bild av hur mängden organiskt material påverkar temperaturen i greenen.

För att registrera vattenhalten i växtbädden används ett instrument (CS615 Water Content Reflectometer) som mäter den elektriska ledningsförmågan i marken. Eftersom vatten har god elektrisk ledningsförmåga kan ledningsförmågan användas som ett mått på vattenhalten. Marktemperaturen mäts med en underhållsfri termometer (105T Temperature). Alla mätare är kopplade till en datalogger (PC208W Datalogger Support Software) som sparar mätvärden varje timma. Dessa värden är beräknade som me-

delvärdet av mätningar registrerade var tionde minut.

Mätinstrumenten är placerade i de tre försöksled med 2, 3 respektive 4 viktprocent ren torvinblandning. I varje försöksled är instrumenten placerade på tre nivåer i växtbädden, 5 cm, 15 cm och 25 cm djup från markytan. På varje nivå finns tre vattenhaltsmätare och tre termometrar (figur 6).

Dräneringsvattnet som rinner ut från greenen samlas upp och mäts i så kallade "vippkärl". Dessa kärl är placerade i en närbelägen brunn. Varje dag noteras hur stor mängd dräneringsvatten som lämnat växtbädden. När detta är känt kan vi beräkna hur mycket vatten som runnit ut från de olika försöksleden. På varje vippkärl finns en enkel anordning för att samla upp dräneringsvatten som ska analyseras.



Figur 6. Schematisk bild av försöksytan på Fullerö GK. Försöksytan har tre försöksfält, 270 m^2 , med olika halt organiskt material, 2, 3 respektive 4 viktprocent.

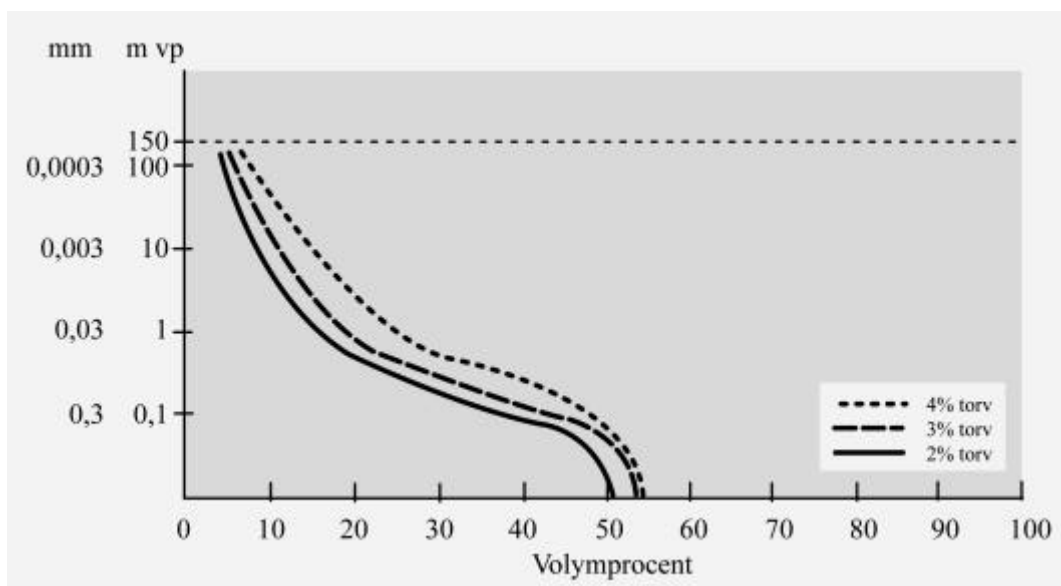
Mätresultat sommaren 2000

Bindningskurvor

Figur 7 visar bindningskurvor för växtbäddsmaterialen i de tre olika försöksleden. Växtbäddsmaterialen innehåller 2, 3 respektive 4 viktprocent organiskt material. Porositeten och vattenhalten vid vissningsgräns (150 m. v. p.) varierar något mellan de olika materialen. Porositeten är 55 volymprocent i leden med 3 och 4 viktprocent organiskt material och 51 volymprocent i ledet med 2 viktprocent organiskt material. Växtbäddens vatteninnehåll vid vissningsgräns är 4, 5 respektive 6 volymprocent i leden med 2, 3 respektive 4 viktprocent organiskt material.

Växtbädden med 4 viktprocent organiskt material binder mest vatten vid dräneringsjämvik eftersom den har större andel små porer. Vid dräneringsjämvikt har alla porer i ytskiktet som är större än 0,1 mm i diameter tömts på vatten. Dessa porer motsvarar 15 volymprocent och är nu luftfyllda. Resten av porvolymen, 40 volymprocent, består av porer som är mindre än 0,1 mm. Dessa porer är fortfarande fyllda med vatten.

I försöksledet med 3 viktprocent organiskt material är 26 volymprocent av porerna större än 0,1 mm i diameter. Dessa är tömda på vatten vid dräneringsjämvikt. 29 volymprocent av porerna är mindre än 0,1 mm och vattenfyllda.



Figur 7. Bindningskurvor för växtbäddsmaterial med 2, 3 respektive 4 viktprocent organiskt material. Jämför figur 3 på sidan 6.

I ledet med 2 viktprocent organiskt material är 26 volymprocent av porerna större än 0,1 mm i diameter och tömda på vatten vid dräneringsjämvikt. 25 volymprocent av porerna är mindre än 0,1 mm och vattenfyllda.

Organiska partiklar fyller igen porutrymmen mellan sandkornen och minskar porstorleken vilket framgår av bindningskurvorna. Organiskt material i sig består också av ett stort antal små porer. Det organiska materialets inverkan på porstorleksfördelningen är önskvärd för att förbättra växtbäddens förmåga att magasinera vatten. Förutom mängden organiskt material har packningsgraden i växtbädden stor betydelse för porstorleksfördelning samt vatten- och luftmagasinering.

Mättad genomsläpplighet, dränering och gräsets vattenutnyttjande

Växtbäddsmaterialens vattengenomsläpplighet bestämdes i samband med anläggningen dvs innan greenen användes. Mätningarna visade att genomsläppligheten i försöksleden med 2 och 3 viktprocent organiskt material var ca 38 cm/timme, vilket motsvarar rekommendationerna för mättad genomsläpplighet, 30-60 cm/timme. I ledet med 4 viktprocent organiskt material var genomsläppligheten endast ca 18 cm/timme. Vi kan förvänta oss att den mättade genomsläpplighet minskar när greenen används. Minskningen beror på kompaktion, särskilt i växtbäddens yt-skikt.

De höga kraven på mättad genomsläpplighet gör att vatten transporteras snabbt

genom växtbädden vid kraftiga regn och vid stor bevattning. Detta, tillsammans med sandmaterialets dåliga förmåga att binda kvar vatten, ger risk för att stora mängder vatten sköljs genom växtbädden och dräneras bort. Det kan också leda till att växtnäringsämnen som finns lösta i markvätskan utlakas.

Under maj och juni månad år 2000 dränerades 12 respektive 3 m³ vatten bort från en greenyta på 270 m². Omräknat till enheten mm motsvara detta 44 respektive 11 mm. Mängden dräneringsvatten som lämnade växtbäddarna var i stort sett lika stor oavsett om mängden organiskt material var 2 eller 3 viktprocent. Inga mätningar från ledet 4 viktprocent organiskt material gjordes. Särskilt under maj, med sparsam grästillsväxt och transpiration dränerades en stor mängd vatten bort. Även under juni fanns ett överskott av vatten i växtbädden, dvs en större volym vatten än markvattenmagasinets volym.

Med hjälp av vattenbalanskvationen får vi en bild av hur effektivt gräset utnyttjat det vatten vi tillfört. Utifrån de mätningar vi gjort kan vi beräkna evapotranspirationen. Evapotranspirationen kan vi använda som ett mått på gräsets förmåga att utnyttja markvattnet.

I figur 8 jämförs vattenbalanskvationerna för maj och juni. Mängden dräneringsvatten under maj månad (44 mm) var betydligt högre än under juni månad (11 mm), trots att nederbörden var högre i juni. Detta beror på att gräsets förmåga att utnyttja markvattnet, transpirationen, var sämre under maj månad (47 mm) än under juni månad (131 mm). Under maj hade gräset inte kommit igång att växa

och förmågan att ta upp vatten var begränsad. Detta gör att en stor mängd outnyttjat vatten kan passera genom växtbädden och ut genom dräneringen. I

juni har gräsets transpiration ökat, en större mängd markvatten utnyttjas, och en mindre mängd vatten dräneras bort.

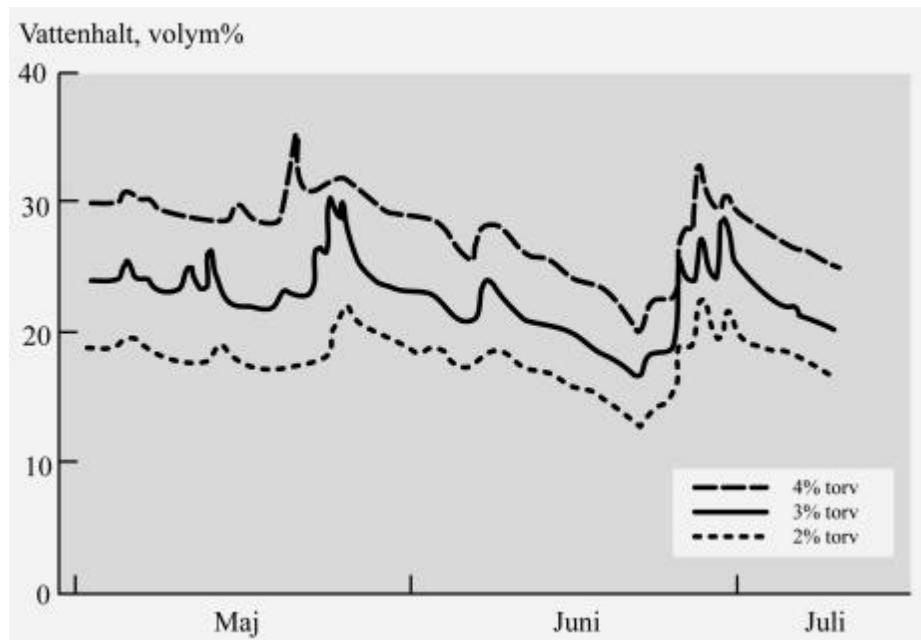
Vattenbalansekvationer	
<u>Maj</u>	<u>Juni</u>
$P + I = ET + D + ?S$	$P + I = ET + D + ?S$
$43 + 48 = 47 + 44 + 0$	$124 + 18 = 131 + 11 + 0$

Figur 8. Vattenbalansekvationer för maj och juni månad beräknad på en greenyta motsvarande 270 m². P = nederbörd, I = bevattning, ET = evapotranspiration, D = dränering och ytavrinning och ?S = förändring i markvattenmagasinet.

Vattenhaltsmätningar

Vattenhalten i marken ökade med ökad halt organisk material i växtbädden (figur 9). På 15 cm djup i ledet med 2 viktprocent organiskt material, dvs mitt i växtbädden, varierade vattenhalten mellan 12 och 23 volymprocent under perioden maj till mitten på juli. Vattenhalten var 5 respektive 10 volymprocent högre under hela perioden i leden med 3 respektive 4 viktprocent organiskt material. Variationsmönstret var det samma i samtliga försöksled.

Detta innebär att den luftfyllda porvolymen (totala porvolymen minus volymen vatten i växtbädden) under perioden varierade mellan 22 volymprocent, den minsta volymen luft i ledet med 4 viktprocent organiskt material, och 39 volymprocent, den största volymen luft i ledet med 2 viktprocent organiskt material. I samtliga led fanns alltså goda förutsättningarna för syretillförsel till växtbädden.



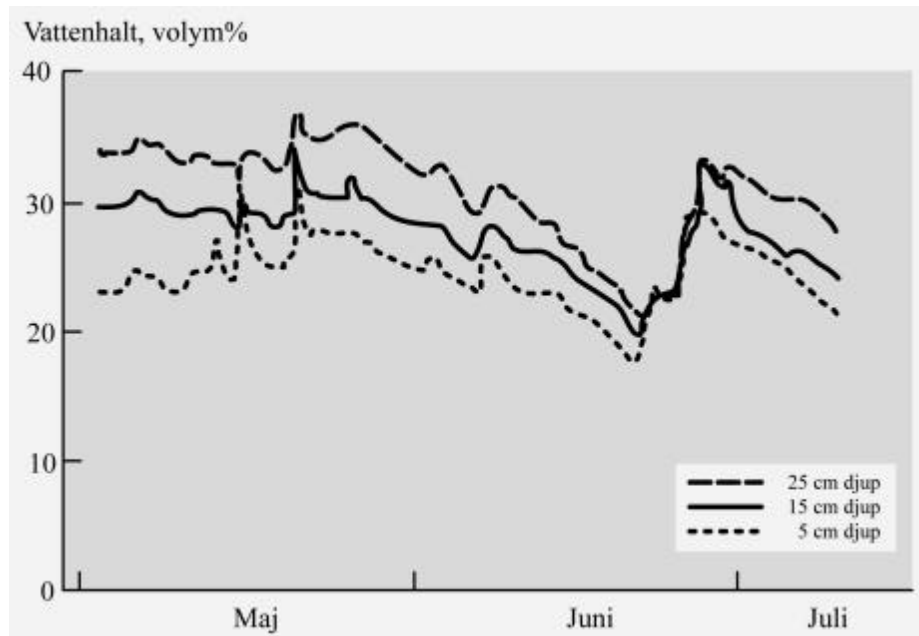
Figur 9. Vattenhalten på 15 cm djup i växtbäddar med 2, 3 och 4 viktprocent organiskt material.

Vattenhalten inom ett och samma försöksled varierar med djupet. Mätningarna visade att det var torrast vid markytan och att vattenhalten ökar med djupet i växtbädden (figur 10). Detta beror på att de dränerande krafterna är större vid markytan än djupare ner i växtbädden.

Mer vatten dräneras alltså bort från växtbäddens övre skikt. De översta delarna av växtbädden påverkas också mest av vattenavgång genom växternas vattenupptagning och transpiration samt markavdunstning. Gräset utvecklade rötter i hela växtbädden och kunde därför utnyttja vattnet i hela vattenmagasinet. I samtliga försöksled fanns dock störst mängd rötter, mer än 85%, i det översta, 15 cm tjocka skiktet.

Under säsongen 2000 rådde det aldrig brist på vatten i växtbädden. Även vid de tillfällen då växtbädden hunnit torkat ut mellan bevattnings- eller nederbördstillfällena fanns tillräckligt med vatten för att försörja gräset.

Studierna av markens vattenmagasin visade att då det var som torrast under säsongen 2000 hölls vattnet i markens por-system med vattenbindande krafter motsvarande 3 - 5 m. v. p. vilket är långt ifrån de vattenbindande krafter på 150 m. v. p. som motsvarar vissningsgränsen. Vanligtvis blev växtbädden aldrig torrare än vattenbindande krafter motsvarande 1 m. v. p. (jämför bindningskurvor i figur 7).



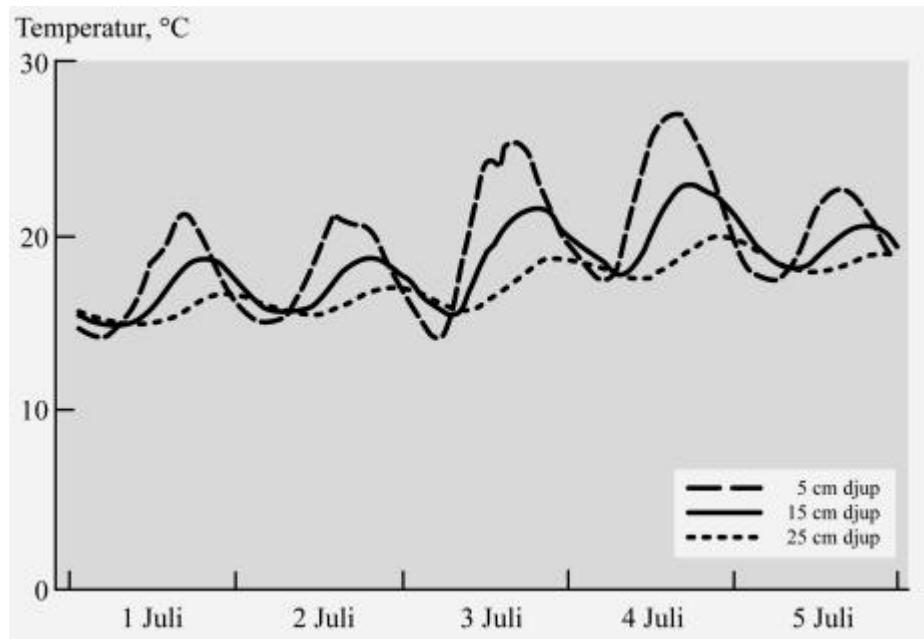
Figur 10. Vattenhalten på 5, 15 och 25 cm djup i växtbädden med 4 viktprocent organiskt material.

Temperaturmätningar

Temperaturskillnaden mellan de olika försöksleden var mycket liten. Våren 2000 tinade marken upp snabbt på grund av det varma vårvädret. Upptiningen startade i stort sett samtidigt i de tre olika försöksleden. Från och med den 20 mars var marktemperaturen högre än 0 °C under dagtid och från och med den 16 april frös inte växtbädden någon gång under dygnet. De varmaste Mark-temperaturerna uppmättes i början på juli.

Varmast var det, 27 °C, på 5 cm djup i växtbädden

Temperatursvängningarna under dygnet är störst närmare markytan och blir mindre djupare ner i växtbädden (figur 11). På 5 cm djup var marktemperaturen som högst klockan tre till fyra på eftermiddagen och som lägst vid klockan fem på morgonen. Längre ner i växtbädden är maximum- och minimumtemperaturer under dygnet tidsfördröjda, ju större djup desto större tidsfördröjning.



Figur 11. Marktemperaturen uppmätt den 1 - 5 juli 2000 på 5, 15 och 25 cm djup i växtbädden med 2 viktprocent organiskt material.

Framtida studier

För att kunna analysera, utvärdera och slutligen dra slutsatser om resultat måste mätningarna följas och utvärderas under flera säsonger. Under anläggningssäsongen samt säsongen 2000 har markfysikaliska förhållandena noga kartlagts. Dessa uppgifter är en förutsättning för kommande studier.

För närvarande pågår studier inom tre ämnesområden i anslutning till försöksytan på Fullerö GK:

1. Det organiska materialet i växtbädden har stor betydelse för gräsets etablering och stresstålighet. Vi studerar hur torv

respektive kompost påverkar markens mikroorganismer, rötternas utveckling och gräsets hälsa.

2. Det är viktigt att hushålla med bevattningsvatten samtidigt som rötter och mikroorganismer ska få god tillgång på vatten och luft. Vi studerar hur gräset utnyttjar markvattnet och hur vi kan bevattna med högre precision.

3. Vi kan spara pengar och medverka till en bra miljö om vi gödslar optimalt. Vi utvecklar kunskap om gräsets förmåga att utnyttja den växtnäring som tillförs och om förluster av näringsämnen till vatten och luft.