

Det organiska materialets betydelse för markens biologiska aktivitet och gräsets etablering och tillväxt i en golfgreen

The influence of soil organic matter on soil microbial activity
and grass establishment and growth in a putting green

Karin Blombäck, Maria Strandberg och Lina Lundström



FÖRORD

I dag finns ca 450 golfbanor och 600 000 golfspelare i Sverige. I takt med att antalet golfspelare ökar, ökar också behovet av nya golfbanor. I denna studie vill vi bidra till utveckling i samband med nybyggnation och ombyggnad av intensivt använda spelytor, golfgreener och –tees. Stora kunskapsluckor finns i dag avseende effekten av växtbäddens organiska material vad gäller mängd och kvalitet. Markbiologiska egenskaperna i växtbädden, med fokus på det organiska materialets betydelse för biologisk aktivitet samt grässets hälsa, har studerats under tre växtsäsonger, 1999-2001. Studien bygger på två separata examensarbeten vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU): Det organiska materialets betydelse för grässets utveckling och den biologiska aktiviteten i marken (Mattson, 1999) samt Markbiologiska egenskaper på en golfgreen med speciell hänsyn till biologisk aktivitet, kväveprocesser och rotutveckling (Andersson, 2002). Under år 2000 gjordes endast ett begränsat antal provtagningar.

Stiftelsen för forskning och utveckling av grönytor för golf (SFG) samt Svenska Golfförbundet har finansierat studien. Banpersonalen på Fullerö GK har bidragit med kvalificerad skötsel av försöksytan.

Flera aktörer har varit engagerade i arbetet med att skapa försöksytan 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 Uponor och bevattningssystemet av Rain Bird-S/48 Sverige AB. Odal butik AB har bidragit med diverse anläggningsmaterial. Svenningsens Turf Care AB har tillhandahållit maskiner, lämpliga att använda vid provtagning. Informationsskylt vid försöksplatsen är sponsrad av KSAB Golf AB.

Uppsala 2003-12-27

Karin Blombäck, SLU och Maria Strandberg, SGF

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	1
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
ABSTRACT	5
INLEDNING.....	7
MATERIAL OCH METODER	8
RESULTAT	12
DISKUSSION	19
SLUTSATSER.....	23
REFERENSER.....	24
APPENDIX.....	27

ABSTRACT

Content and quality of organic matter in the rootzone mixture can affect soil biological activity and turfgrass root development in golf greens. Not much is yet known about these effects under Scandinavian conditions. A three-year study, 1999-2001, was set up in the Stockholm region in Sweden, to document the effect of soil organic matter content and quality on soil biological activity and turfgrass root development. *Agróstitis stolonífera* was grown in sand dominated rootzone mixtures with three different contents of organic matter (2, 3 and 4% of fenpeat, respectively) and with 3% of compost material consisting of Sphagnum peat (50%) and composted chicken manure (50%). Soil samples were collected three times per year. The soil samples were analysed by incubations studies, for biological activity and the nitrogen turnover. Total length, weight, carbon and nitrogen content of roots were determined. Soil cores were taken in 2001 to study the root distribution in the soil profile. During the season of construction (1999), the biological activity was highest in the rootzone mixture with compost (35.2 mg C/100 g soil, incubation for 39 days). Year 2000 and 2001, the rootzone mixture with compost had a lower biological activity (33.2 and 27.0 mg C/100 g soil, respectively, incubation 60 days) than the rootzone mixture with fenpeat (36.8 and 30.0 mg C/100 g soil, respectively, incubation 60 days). The incubation studies showed high nitrogen turnover in all rootzone mixtures. The study further showed that root development was largest in the rootzone mixture with 2% and 3% of fenpeat. The incorporation of the compost material enhanced the establishment of the turfgrass during the construction season compared to incorporation of fenpeat, but also increased the damage due to winter related diseases during the first winter.

INLEDNING

Golfbanans kvalitet bestäms till stor del av kvaliteten på spelytorna på greener och tees. En green med hög kvalitet måste tillgodose både spelarens och grässets krav. För spelaren är det viktigt att ytan är torr (väl dränerad) samt att den har en hårdhet och jämnhet som får bollen att rulla lätt och jämnt över ytan. För gräset är det viktigt med en god markmiljö för rötter och mikroorganismer. Hög nyttjandegrad och intensiv skötsel gör att gräs och växtbädd på greener och tees utsätts för stora påfrestningar. För att skapa en växtbädd som tål slitage i form av nyttjande och skötsel rekommenderas USGA:s metoder för greenuppbyggnad (USGA, 1993; SGF, 2003).

USGA rekommenderar ett sandigt växtbäddsmaterial med en liten inblandning av organiskt material, men ger inga riktlinjer vad gäller typ av organiskt material. Däremot finns funktionella krav på växtbäddsmaterialet, t ex hydraulisk konduktivitet, porositet, luftfylld porvolym, torr skrymdensitet samt ler- och mjälainnehåll. Det är alltså möjligt att använda olika typer av organiskt material inom ramen för USGA:s rekommendationer. Mängden organiskt material i greener varierar vanligen mellan 1-3 viktprocent och de vanligaste typerna av organiskt material är vitmossetorv och kärrtorv. Både ur markbyggnads- och samhällssynpunkt är det intressant att kunna använda olika typer av komposterade restprodukter som organiskt material i växtbäddar. Kunskap om hur dessa alternativa typer av organiskt material påverkar växtbäddens egenskaper är därför viktig.

Det finns många indikationer på att en god biologisk aktivitet i växtbädden är gynnsam för gräset. Mängden mikroorganismer och biologisk aktivitet ökar vanligen i och med att växtbädden åldras. Studier gjorda i Kanada och USA visar att det kan ta 3-5 år att skapa förutsättningar för en tillfredsställande biologisk aktivitet i sandgreener konstruerade enligt USGA:s rekommendationer (Kerek m fl, 2002; Nelson, 1998). Det är angeläget att redan i samband med anläggning skapa förutsättningar för en bra mikrobiell miljö och därmed god biologisk aktivitet i växtbädden. På marknaden finns en rad olika kommersiella preparat, som gör anspråk på att förbättra miljön för mikroorganismer och rötter. Flera forskare menar dock att det bästa och billigaste jordförbättringsmedlet är olika typer av kompostmaterial (Dinelli, 1999; Guertal, 2002; Gentilucci m fl, 2001; Nelson, 1998). Ur ett markbyggnadsperspektiv är det därför angeläget att belysa effekten av komposterade restprodukter på biologisk aktivitet i växtbädden och på grässets hälsa i nordiskt klimat.

De hypoteser som testats i denna studie är:

- ❖ Växtbäddsmaterial med komposterad höns gödsel ger en snabbare etablering av gräset i anläggningsfasen.
- ❖ En snabbare initial etablering av gräset ger en bättre gräskvalitet på sikt.
- ❖ Växtbäddsmaterial med komposterad höns gödsel ger en högre biologisk aktivitet i växtbädden jämfört med kärrtorv.
- ❖ Högre organisk halt i marken ger högre biologisk aktivitet i växtbädden.
- ❖ Högre biologisk aktivitet i växtbädden gynnar rotutveckling, gräsproduktionen och grässets kvalitet.

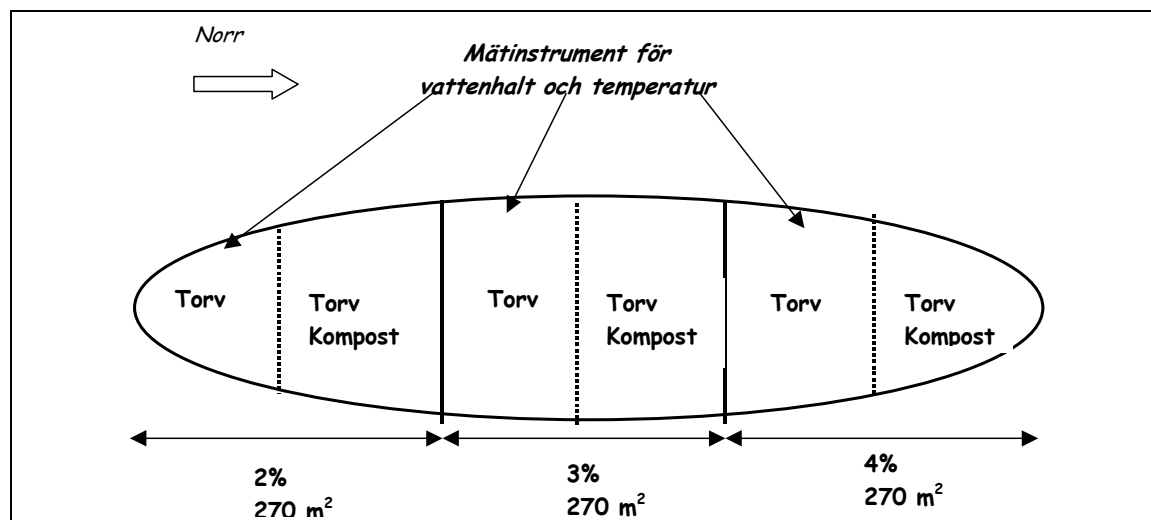
MATERIAL OCH METODER

Försöksyta och försöksplan

Studien har genomförts på en försöksyta i form av en chippinggreen på Fullerö GK, Västerås. Greenen är byggd enligt USGA:s rekommendationer för greenuppbyggnad (USGA, 1993) (Tabell A1 i Appendix). Dräneringsgruset har något finare textur än rekommendationerna. Växtbädden består av ett 30 cm djupt sandlager, följt av 10 cm dräneringsgrus med dräneringsrör placerade med 6 meters avstånd. Greenen har sex olika försöksfält. Försöksfälten innehåller olika mängd, 2, 3, respektive 4 viktprocent, organiskt material. Det organiska materialet består i tre av fallen av ren kärrtorv och i tre av fallen är hälften av kärrtorven utbytt mot höns gödsel som komposterats tillsammans med vitmossetorv (Figur 1).

Jordblandningarna har tillverkats av Hasselfors Garden i Sala. Kärrtorven kommer ursprungligen från Solinge mosse, ca 15 km sydväst om Sala. Kompostmaterialet är en blandning av vitmossetorv och höns gödsel (50:50) som komposterats i strängar under ca 8 månader, och sedan blandats 50:50 med kärrtorvsmaterialet.

I detta projekt gjordes detaljerade studier i fyra av försöksleden, nämligen leden med 2, 3, respektive 4 % torv samt ledet med 3 % kompost. I Tabell 1 presenteras kemisk bakgrundsdata för kärrtorven och kompostblandningen och i Tabell 2 bakgrundsdata för de olika växtbäddsblandningarna. Markfysikaliska bakgrundsdata för växtbäddsmaterialen presenteras i Appendix, Tabell A2 och A3.



Figur 1. En schematisk bild av försöksytan på Fullerö GK. Försöksytan har totalt sex försöksfält på 135 m², med olika halt organiskt material - 2, 3 respektive 4 viktprocent. Det organiska materialet består i hälften av ytorna av enbart kärrtorv och i de övriga ytorna av vitmossetorv blandat med kompostmaterial (50:50).

Försöksytan såddes, 1999-06-21, med en fröblandning bestående av krypvenssorterna (*Agróstitis stolonifera*) Providence och Bueno (50:50). Under anläggningsåret användes inte greenen för golfspel, men har sedan säsongen 2000 använts som chipping green, och kan därför anses ha haft en spelbelastning och ett slitage motsvarande en normal green. Greenen har skötts som golfbanans övriga greener med avseende på bl. a bevattning, klippning,

gödning, dressing, luftning, vertikalskärning och bekämpning av svampangrepp. Ett skötselprogram för greenen presenteras i Appendix, Tabell A4 och A5.

Tabell 1. Kemiska bakgrundsdata för sand, kärrtorv och kompostblandning (höns gödsel + vitmossetorv; 50:50) som används till växtbäddsblandningar till Fullerö GKs försöksyta (Mattsson, 2000). Analyserna är utförda vid Institutionen för markvetenskap, SLU

Material	Total C	Total N	pH
	%	%	
Sand	0,02	0,006	6,8
Kärrtorv	40,3	2,1	5,6
Kompost	30,1	2,35	8,8

Tabell 2. Kemiska analysdata för olika växtbäddsmaterial från försöksytan på Fullerö GK (från Mattsson, 2000)

Material	Total C	Total N	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	pH	Beräknad CEC	Beräknad BS [#]
	%	%	mg/100g jord	mg/100g jord	mg/100g jord	mg/100g jord		mekv/10 Og jord	%
Torv 2%	1,37	0,05	100,0 ^α	2,6	5,0	300 ^α	6,0	8,6	>80
Torv 3%	1,88	0,07	3,1	3,5	6,0	120	6,1	8,0	>80
Torv 4%	1,47	0,12	0,9	3,6	6,0	150	5,8	10,0	>80
Kompost 3%	1,47	0,06	15,0	53,0	10,0	140	7,2	7,6	>80

^α Värdena bedöms som orimligt höga

[#] Basmättnadsgrad

Provtagning och analyser

Växtbäddens biologiska aktivitet, i form av kolmineralisering (C-mineralisering), bestämdes i labb på jordprover tagna i fält. Växtbäddsmaterialens effekt på grässets tillväxt och kvalitet bestämdes genom fältobservationer samt genom insamling av gräsklipp och rötter. Ett schema för provtagningar redovisas i Tabell 3. För att kunna bedöma biologiska aktivitet i fält gjordes även kontinuerliga mätningar av markens temperatur och fuktighet.

Jordprovtagning

Jordprov togs totalt sju gånger under de tre växtsäsongerna (Tabell 3). Proverna togs till 30 cm djup med en jordborr (Trekantenborr, Ø 20 mm), och delades sedan in i två nivåer; 0-15 och 15-30 cm. Ovanjordisk grönbiomassa skars bort med kniv. Varje prov var ett samlingsprov bestående av sju delprov som tagits i en cirkel med ca 3 meters diameter enligt metod från Statens lantbrukskemiska laboratorium (SLL, 1985). Insamlade prov förvarades i kyl i väntan på analys. År 1999 förvarades proverna i frysrum och tinades upp i kylskåp ett par dagar innan sällning påbörjades.

Alla jordprov sällades genom en 2 mm sikt för att skilja mineraljorden från rötterna samt för att ta bort eventuella gräsrester. Rötterna tvättades försiktigt med vatten. Det torvmaterial och sand som hamnade i tvättvattnet återfördes till det sällade materialet. Sista försöksåret skakades även rötterna över natten i plastflaskor med vatten då detta visade sig vara ett effektivt sätt att få bort hårt bundna jordpartiklar och mullrester från rötterna. Det sällade materialet förvarades i kylskåp i väntan på ytterligare analyser.

Tabell 3. Provtagnings- och analyschema för försöksytan på Fullerö GK under perioden 1999-2001

Provtagning	1999	2000	2001	Kommentarer
Jordprovtagningsstillfällen	17/6, 27/8 och 4/10	15/6 och 14/8	15/6 och 29/8	Två samlingsprov/yta och provtagningsstillfälle 1999 och 2001, ett samlingsprov/yta och provtagningsstillfälle 2000
Inkubationsförsök	3 försök á 39 dagar	2 försök, 60 resp. 54 dagar	2 försök á 64 dagar	
Totalkol och -kväve	17/6	15/6	15/6 och 29/8	
PH	17/6	15/6 och 14/8	15/6 och 29/8	
Gräsklipp	19/7 och 25/10	10/7 och 14/8	20 tillfällen*	Gräsklippen 2001 gjordes inom ramen för projektet "Kväveutnyttjande i golfgreener" (Hedlund m.fl., 2003)
Rotlängd	17/6, 27/8 och 4/10	15/6 och 14/8	15/6	
Rotprofil			Hösten	
Skotträkning	11/7, 27/8			
Observationer av färg och sjukdomsangrepp	Kontinuerligt			

*Gräsklipp provtogs följande datum 2001: 5, 7, 9, 13 och 15 juni; 16-25 juli varje dag, samt 24, 26, 28 september och 1 och 3 oktober.

Marktemperatur och markfuktighet

Marktemperatur och markens fuktighet mättes kontinuerligt på 5, 15 och 25 cm djup i de tre torvleden (Figur 1). För marktemperaturmätningarna användes temperatursonder (105T Temperature probe, Campbell Scientific). För vattenhaltsmätningarna användes Water Content Reflectometers (WCR CS615, Campbell Scientific). På varje mätdjup i varje försöksled var tre termometerinstrument och tre WCR-instrument installerade.

Marktemperatur och -fuktighet registrerades var 10:de minut och ett timsmedelvärde sparades i en datalogger (CR10X, Campbell Scientific). Marktemperaturen och markfuktigheten uppmättes endast i torvleden, men bedömdes även representera temperatur och fuktighet i motsvarande kompostled. Temperatur och vattenhalt antogs alltså inte påverkas av det organiskt materialets kvalitet i växtbädden.

Totalkol och totalkväve

Totalkol och totalkväve bestämdes i jordprov för samtliga försöksår. I Tabell 1 redovisas värden från jordprov tagna under anläggningsfasen. Övriga värden redovisas i Tabell A6 i Appendix. En liten mängd sållat material placerades i en plastbägare och torkades i 50 °C i drygt ett dygn. Därefter mortlades proven och analyserades på kol och kväve (LECO CNS 2000).

pH-mätning

Den första växtsäsongen mättes pH endast på växtbäddsmaterialen i anläggningsskedet, och redovisas som ett medelvärde av tre upprepningar (Tabell 1). De två följande åren analyserades pH vid alla provtagningstillfällen, och redovisas som ett medelvärde för varje år (Appendix, Tabell A6). Greenmaterial (1/3) och avjoniserat vatten (2/3) blandades i ett provrör och skakades om. Provrören fick stå ett dygn, skakades om igen, fick stå ytterligare ett dygn och därefter mättes pH (Radiometer Copenhagen PHM93).

Bestämning av biologisk aktivitet: kolmineralisering

C-mineralisering användes som ett mått på den biologiska aktiviteten i växtbädden, och bestämdes genom inkubationsförsök (Schinner m fl., 1996; Paul and Clark, 1989) på alla prov från de tre växtsäsongerna. Inkubationsförsöken pågick under olika lång tid de olika åren; 39 dagar år 1999, 60 respektive 54 dagar år 2000 och 64 dagar år 2001. Vid inkubationerna användes 20 g torr jord som fuktades till 50 % vattenhalt. All ovanjordisk grönbiomassa och alla rötter avlägsnades från växtbäddsmaterialet innan inkubationens start. Jorden placerades i en inkubator i 20° C tillsammans med en lutfälla innehållande 5 alternativt 10 ml 0,5 M NaOH. Då lutfällan fångat upp bildad koldioxid byttes den ut och ersattes med ny fälla efter behov. Från lutfällan togs 1 ml, och den uppfångade koldioxiden fälldes med 2 ml 2 M BaCl. Efter det bestämdes mängden oförbrukad NaOH i lutfällan genom titrering med 0,1 M HCl, och därmed kunde mängd förbrukad NaOH och också mängd uppfångad CO₂ beräknas.

Bestämning av kväve mineralisering: ammonium- och nitratbestämning

Före och efter inkubationsförsöken 2000 och 2001 analyserades växtbäddsmaterialet med avseende på utbytbar NH₄-N och NO₃-N. Detta skedde genom att skaka jorden med 2 M KCl under en timme, centrifugera och filtrera provet och slutligen analysera extraktet kolorimetriskt (TRAACS 800). De presenterade resultaten är ett medelvärde från två analyser per djup och led.

Insamling samt kol- och kväveanalys av ovanjordisk grönbiomassa

För att bestämma ovanjordisk grönbiomasseproduktion samlades gräsklipp från varje enskilt led in med hjälp av en greenklippare med samlare (Jacobsen Greens-plex MKII) 1999 och med en singelklippare (Ransomes GS55) 2000 och 2001. Detta skedde två gånger under 1999 och 2000 (Tabell 3). År 2001 utnyttjades mätresultat på ovanjordisk grönbiomassa från ett parallellt projekt med titeln "Kväveutnyttjande i golfgreener" (Hedlund m fl., 2003). Dessa resultat baserade sig på gräsklipp från 20 mätillfällen (Tabell 3). Gräsklippen samlades upp i linnepåsar och torkades i 50 °C under två till tre dygn. Det torkade gräset vägdes för bestämning av biomassa. Därefter maldes det i en kulkvarn och ett delprov analyserades på totalkol och -kväve (LECO CNS 2000). Ingen korrigering gjordes för eventuell sand som fastnat i gräsklippen.

Rotstudier

Tvättade rötter från jordproven spreds ut på en glasplatta med en tunn vattenfilm, varefter den sammanlagda rotlängden bestämdes med hjälp av ett automatiskt räkneverk (Comair, root length scanner). Efter bestämning av rotlängd samlades rötterna in, torkades i 50 °C under två till tre dygn och vägdes. Sedan maldes rötterna i en kulkvarn och analyserades på totalkol och -kväve (LECO CNS 2000).

Under den sista växtsäsongen studerades även rötternas utbredning för att ge en bättre bild av rötternas fördelning i växtbädden (Andersson, 2002). En jordprofil, 0-15 cm, togs ut från vardera försöksled med hjälp av en profilspade. Den intakta profilen monterades på en

”spikbräda”. Därefter spolades sanden bort och rötterna kunde studeras i sitt naturliga läge i marken. Ytterligare en profil togs från försöksledet med 3% torv och delades istället in i 0-3 cm och 3-15 cm för bestämning av rotfördelning, sammanlagd rotlängd och rotvikt.

Skotträkning och grässets grönhet

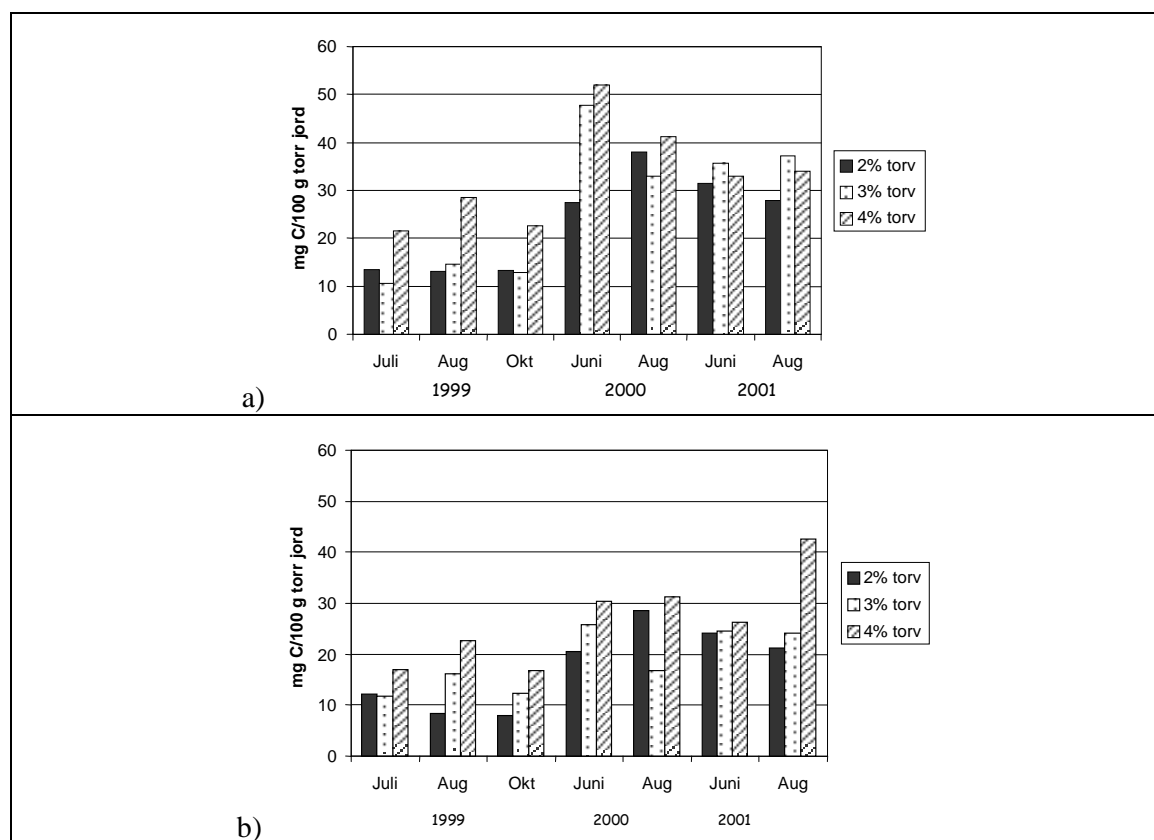
Under 1999 bedömdes skotttätheten i samtliga försöksled vid två tillfällen; den 11/7 och den 27/8 (Mattson, 1999). En ram motsvarande 1 dm² kastades slumpmässigt ut på gräsytan, och antalet skott inom ramen räknades. Tre beräkningar per försöksled gjordes. Grässets färg och sjukdomsangrepp bedömdes kontinuerligt under växtsäsongen.

RESULTAT

I resultatdelen redovisas medelvärden av analyser och mätningar. Samtliga analysresultat presenteras även i tabellform i Appendix.

Biologisk aktivitet i växtbädden: Kol- och kväve mineralisering i inkubationsförsök

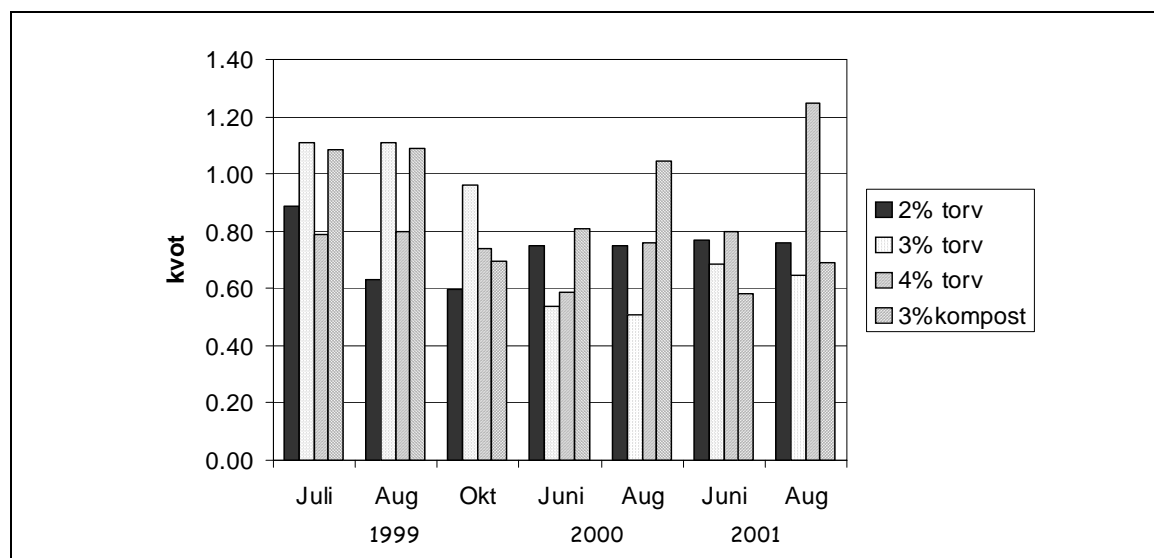
För att bestämma inverkan av mängd organiskt material på växtbäddens biologiska aktivitet jämfördes de olika torvleden. För att bestämma inverkan av det organiska materialets kvalitet jämfördes leden med 3 % torv och 3 % kompost. Inkubationstiderna var olika långa de olika åren och de absoluta värdena för varje växtbäddsmaterial kan endast jämföras inom respektive år 1999 (39 dagars inkubation) och 2001 (64 dagars inkubation), och endast mellan de olika växtbäddsmaterialen för varje inkubation år 2000 (54 respektive 60 dagars inkubation).



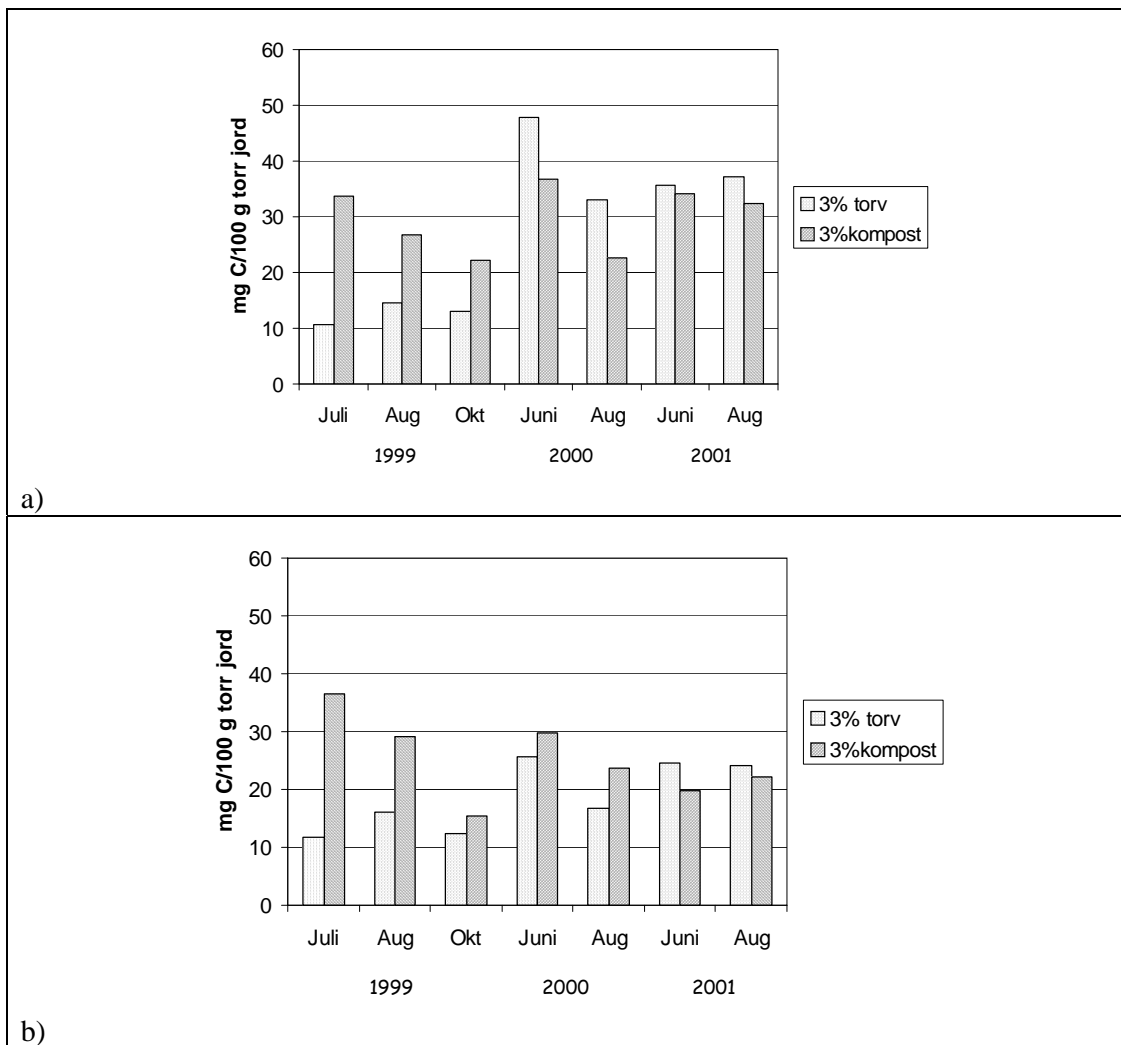
Figur 2 a och b. Kolmineralisering i nivå a) 0-15 cm och b) 15-30 cm i försöksytan på Fullerö GK.

Mängden torv i växtbäddsmaterialet inverkade initialt på C-mineraliseringen, men avtog med tiden. Det första året varierade C-mineraliseringen i de olika torvinblandningarna mellan 10 och 28 mg C/100 g ts i prover från djupet 0-15 cm (Figur 2a). Det var en markant högre CO₂-utveckling i växtbäddsmaterialet med 4 % torv jämfört med materialen med 2 och 3 % torv. Det var däremot ingen skillnad mellan 2 och 3 %-leden. I prover från år 2000 var den ackumulerade C-mineraliseringen markant högre beroende på den längre inkubationstiden och varierade mellan 27 och 52 mg C/100 g ts. Det var fortfarande högst C-mineralisering i 4 %-ledet, dock inte lika markant som året innan. Under 2001 var C-mineraliseringen i samma storleksordning som under år 2000 och varierade mellan 28 och 36 mg C/100 g ts. Det var inte längre någon tydlig effekt av mängd inblandad torv i växtbäddsmaterialet, utan CO₂-utvecklingen var ungefär lika hög i alla led oavsett organisk halt.

Tendensen till utjämning av C-mineralisering mellan torvleden över tiden var den samma i nivån 15-30 cm som i nivån 0-15 cm (Figur 2b). 1999 varierade C-mineraliseringen i nivån 15-30 cm mellan 8 och 22 mg C/100 g ts, år 2000 varierade den mellan 16 och 31 mg C/100 g ts och år 2001 mellan 21 och 43 mg C/100 g ts. Det höga värdet på 43 mg C/100 g ts i 4% ledet år 2001 skiljer sig kraftigt från alla andra resultat och bör antagligen betraktas med försiktighet. Förutom i några enstaka prov 1999 var C-mineraliseringen genomgående lägre i prover från nivån 15-30 cm än 0-15 cm (Figur 3).

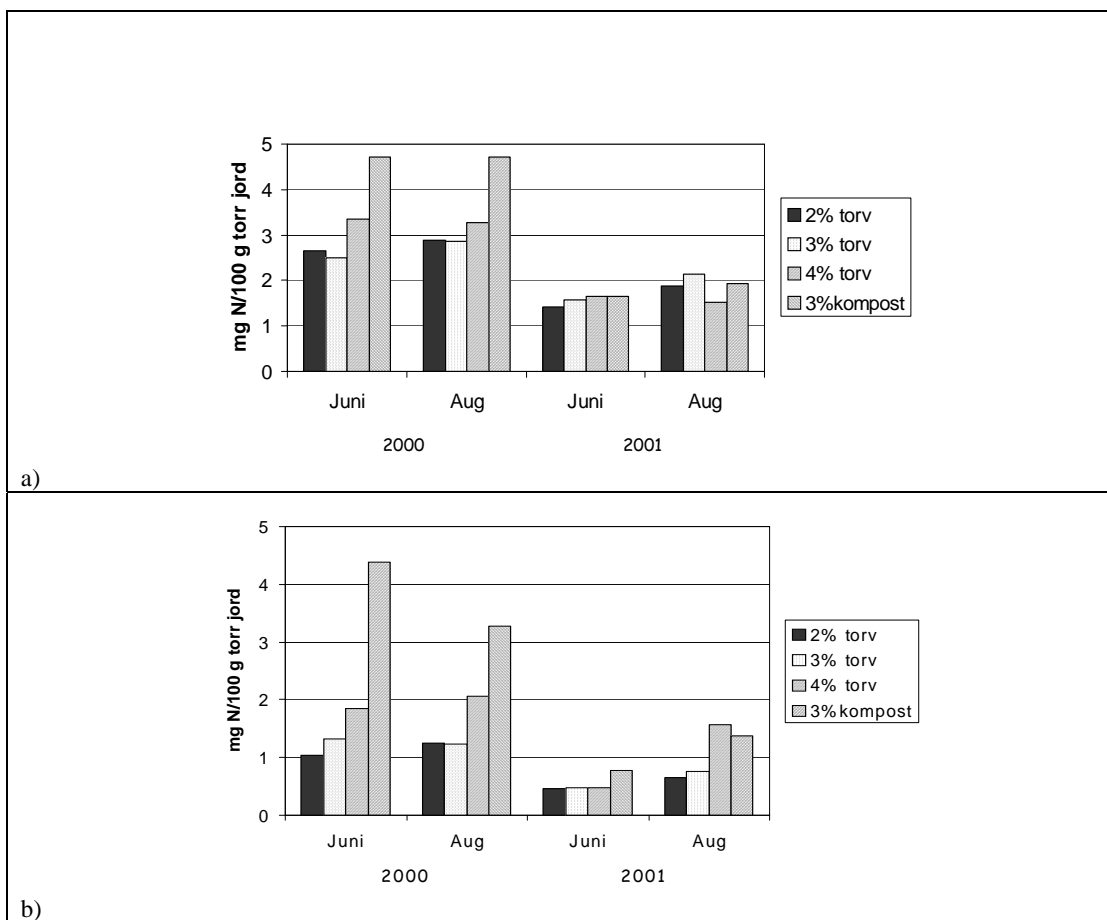


Figur 3. Förhållandet i kolmineralisering i nivåerna 0-15 cm och 15-30 cm i försöksytan på Fullerö GK, beräknat som kvoten 15-30/0-15.



Figur 4 a och b. Kolmineralisering i leden 3% kompost och 3% torv i nivå a) 0-15cm och b) 15-30 cm i försöksytan på Fullerö GK.

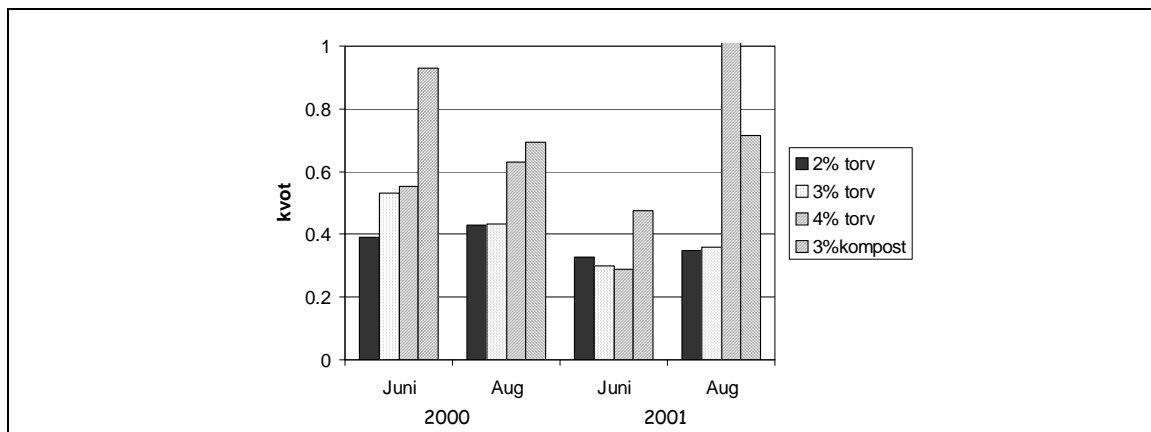
Även kvaliteten hos det organiska materialet hade initialt betydelse för C-mineraliseringen, så att växtbäddsmaterialet med 3 % kompost hade en högre mineralisering än ledet med 3 % torv (Figur 4a och b) det första året. I nivån 0-15 cm varierade C-mineraliseringen 1999 mellan 22 och 34 mg C/100 g ts i kompostledet, jämfört med mellan 11 och 14 mg C/100 g ts i torvledet (Figur 4a). Effekten av kompostinblandning avtog under 2000, och i nivån 0-15 cm var C-mineraliseringen högre i torvledet än i kompostledet. 2001 var det i princip ingen skillnad mellan de två leden.



Figur 5 a och b. Nettokvävemineralisering i nivå a) 0-15 cm och b) 15-30 cm i försöksytan på Fullerö GK.

Nettokvävemineraliseringen (N-mineraliseringen) var hög i samtliga försöksled (Figur 5a), och skulle, omräknat från inkubationsdata från nivån 0-15 cm (Appendix, Tabell A8), motsvara mellan 30 och 90 kg N/ha under en tvåmånadersperiod i en växtbädd ned till 15 cm djup. Liksom för C-mineraliseringen syntes även för N-mineraliseringen en utjämningsseffekt mellan leden över tiden. År 2000 var N-mineraliseringen i kompostledet högre (4,7 mg N/100 g ts i 0-15 cm nivån) än i samtliga torvled (mellan 2,5 och 3,3 mg N/100 g ts) (Figur 5a). I växtbäddsmaterialen från 2001 kunde man inte längre se effekten av kompostinblandningen, och samtliga material hade en mineralisering på mellan 1,4 och 2,1 mg N/100 g ts (0-15 cm). Dessutom var nettomineraliseringen lägre 2001, trots den något längre inkubationstiden (64 dagar 2001) än under 2000 (60 resp. 54 dagar). För C-mineraliseringen (Figur 2 och 4) kunde man inte se samma nedgång som för nettomineraliseringen av kväve.

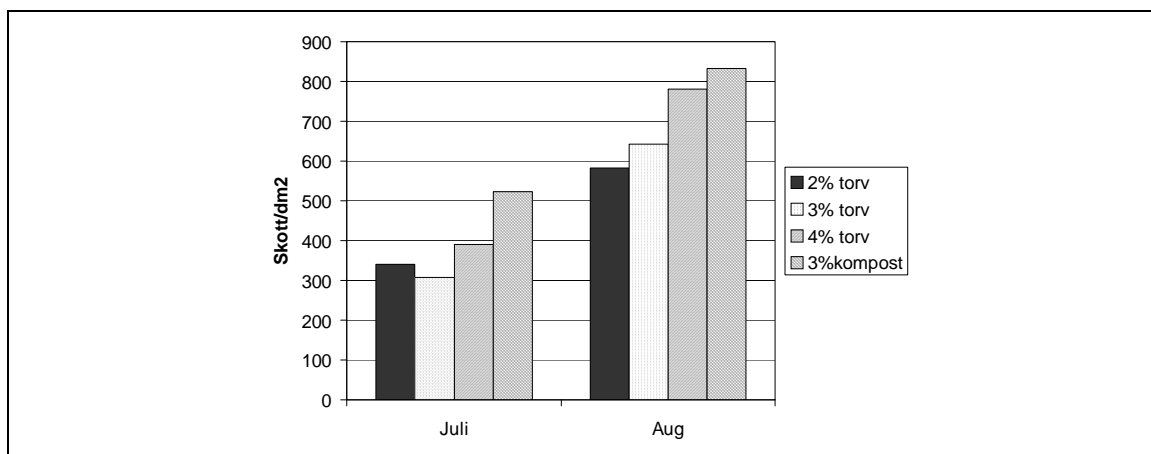
N-mineraliseringen var genomgående lägre i nivån 15-30 cm jämfört med 0-15 cm (Figur 5b och 6), utom i provet med 4 % torv från augusti 2001. I torvleden motsvarade N-mineraliseringen i nivån 15-30 cm mellan 30 och 60% av mineraliseringen i nivån 0-15 cm (Figur 6). I kompostledet var N-mineraliseringen i nivån 15-30 cm förhållandevis högre vid varje provtillfälle, och motsvarade 50-90% av mineraliseringen i 0-15 cm.



Figur 6. Förhållandet i kväve mineralisering i nivåerna 15-30 och 0-15 cm i försöksytan på Fullerö GK, beräknat som kvoten (15-30)/(0-15).

Mätningar och observationer i fält

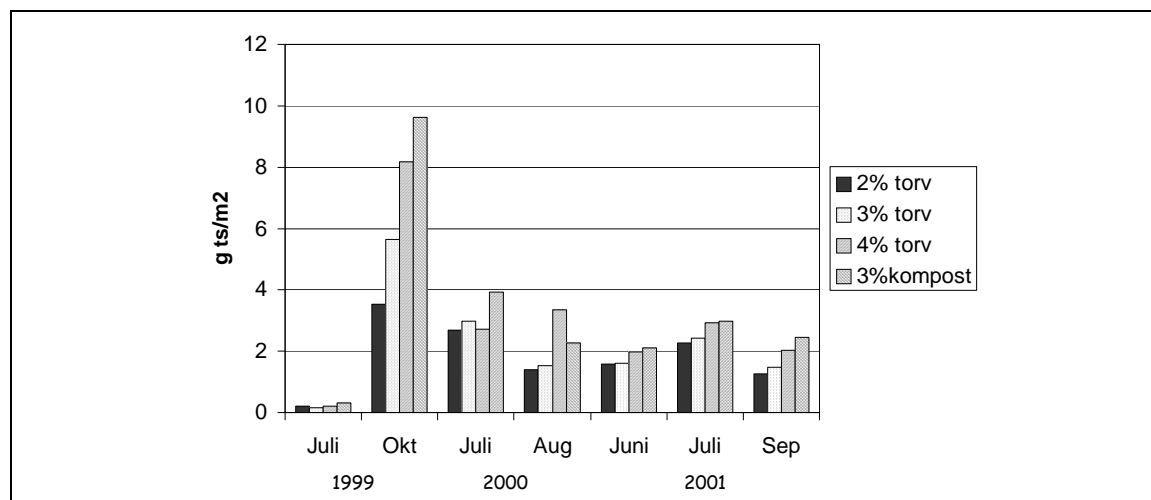
De kvalitativa bedömningarna av gräsets färg, jämnhet, sjukdomsangrepp samt antal skott per dm^2 som gjordes under 1999 visade att gräsetableringen var snabbare och jämnare med högre halt torv i växtbädden (Figur 7, 8 och 9a på sid. 25) (Mattsson, 2000). Kompostinblandning gav den snabbaste skotttillväxten (Figur 7, 8 och 9b på sid. 25). Även jämnheten i etableringen och grönheten hos gräset ökade med ökad organisk halt och med kompostinblandning (Figur 9 och 10 på sid. 25 och 26) i början på tillväxtsäsongen. I början på oktober försämrades plötsligt gräsets kvalitet i kompostleden (Mattsson, 2000). Gräset i samtliga kompostled fick en gulare nyans jämfört med motsvarande led med torvinblandning. Kompostleden blev också i högre utsträckning angripna av utvintringssvampar, främst snömögel (*Microdochium nivale*). Motsvarande försämring av gräsets kvalitet kunde inte ses i leden med torvinblandning, utan snarare en förbättring av kvalitet och jämnhet.



Figur 7. Skotttillväxt på Fullerö GKs försöksyta under etableringsåret 1999.

Hösten 1999, när gräset etablerats ordentligt men greenen ännu inte börjat användas för spel, syntes skillnad i gräsproduktion mellan de olika leden. Mängden gräsklipp ökade med ökad halt torvinblandning (Figur 8). Kompostinblandning resulterade i den högsta

gräsproduktionen. Under år 2000 och 2001 var skillnad i gräsproduktion mellan leden liten, men med en tendens till högre produktion i leden med 3 % kompost och 4 % torv. Gräsklippets kvävehalt varierade mellan 3,5 och 5 % i samtliga försöksled (Tabell 4). Vid första provtagningen, ca en månad efter sådd, ökade gräsets kvävehalt med ökad torvinblandning i växtbädden. Gräset i kompostledet hade den högsta kvävehalten. På senhösten anläggningsåret var det ingen skillnad i gräsets kvävehalt mellan torvleden, medan kompostledets gräs fortfarande hade högre kvävehalt. Denna skillnad fanns inte längre kvar år tre, då ingen skillnad mellan leden kunde visas.



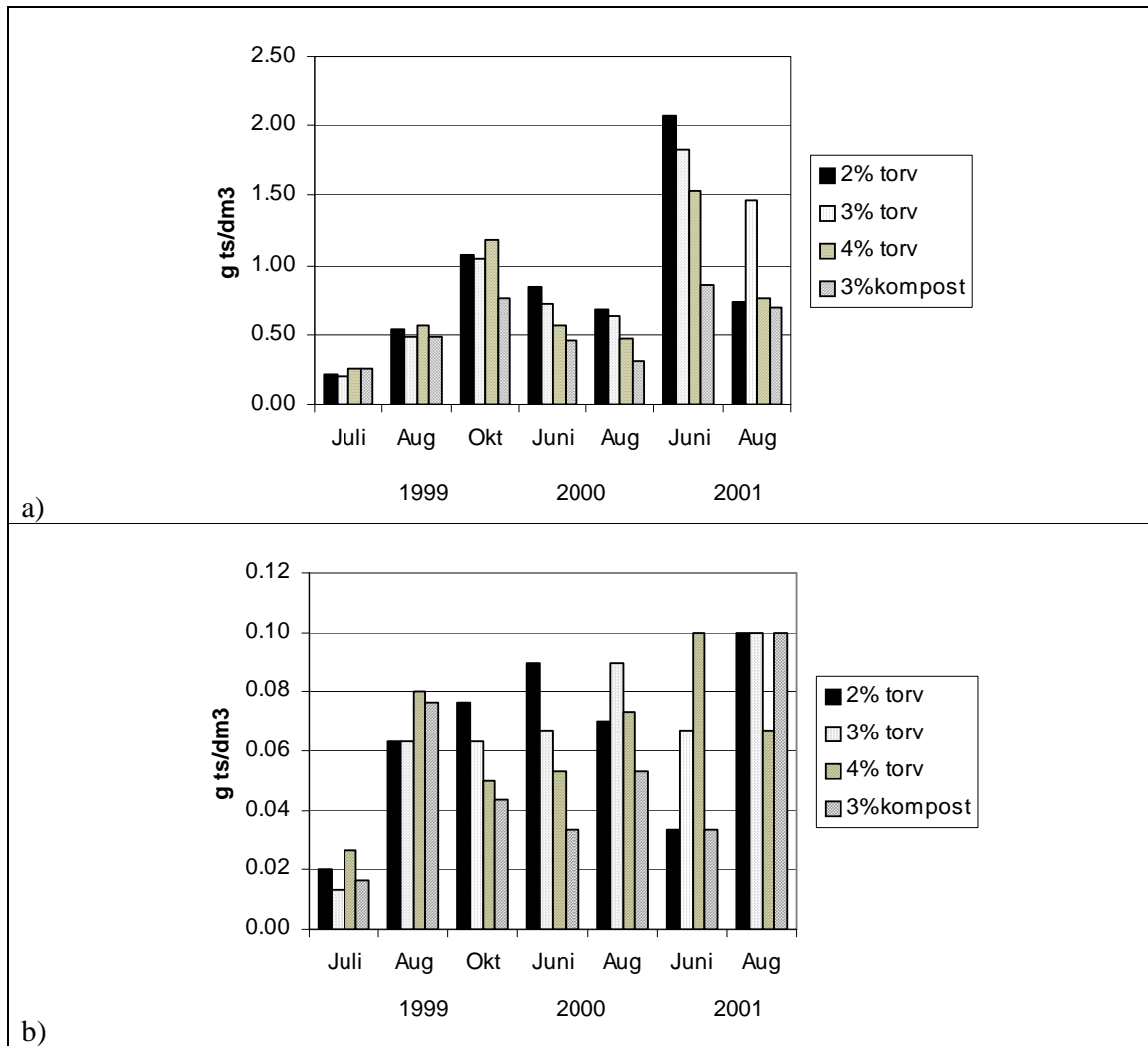
Figur 8. Gräsklipp från Fullerö GKs försöksyta under perioden 1999-2001

Tabell 4. Totalkväve i gräsklippet från Fullerö GKs försöksyta.

Försöksled:	Tot-N (% av ts)		
	Provtagningsstillfälle:		
	<u>19/7 -99</u>	<u>25/10 -99</u>	<u>2001*</u>
Torv 2 %	3,54	4,62	4,46
Torv 3 %	3,89	5,02	4,27
Torv 4 %	4,51	4,88	4,45
Kompost 3 %	4,86	5,49	4,49

* Medelvärde från 20 mättillfällen under 2001. Kvävehalten varierade mellan 2,5 och 5,3%. Värdena är från ett parallellt projekt från Fullerö försöksyta, med titeln Kväveutnyttjande i golfgreener (Hedlund m fl., 2003).

Mätresultaten för rotvikt och rotlängd visar ingen tydlig skillnad i rotutveckling mellan de olika torvleden (Figur 11 a och b). Däremot visar resultaten att kompostinblandningen verkade ha haft en negativ inverkan på rottillväxten. Rotproduktionen i kompostledet var lägre än i samtliga torvled under år 2000 och 2001. Kvävehalten i rötterna i samtliga försöksled ökade under försöksperioden från värden runt 0,8 % ca en månad efter sådd till värden runt 1,8 % år 2001 (Tabell 5). Kvävehalten i rötterna från kompostledet var genomgående något högre än för rötterna från torvleden.



Figur 11 a och b. Rotvikt i a) 0-15 cm och b) 15-30 cm nivåerna i försöksytan på Fullerö GK.

Tabell 5. Totalkväve i gräsrötter från 0-30 cm djup i försöksytan på Fullerö GK.

Försöksled	Tot-N (% av ts)				
	Provtagningsstillfälle:				
	<u>19/7 -99</u>	<u>25/10 -99</u>	<u>15/6 -00</u>	<u>14/8 -00</u>	<u>15/6 -01*</u>
Torv 2 %	0,84	0,90	1,13	1,00	1,84
Torv 3 %	0,68	0,97	1,12	1,00	1,75
Torv 4 %	0,80	1,07	1,19	1,13	1,84
Kompost 3 %	0,84	1,25	1,33	1,23	1,89

* Rötter från 0-15 cm djup

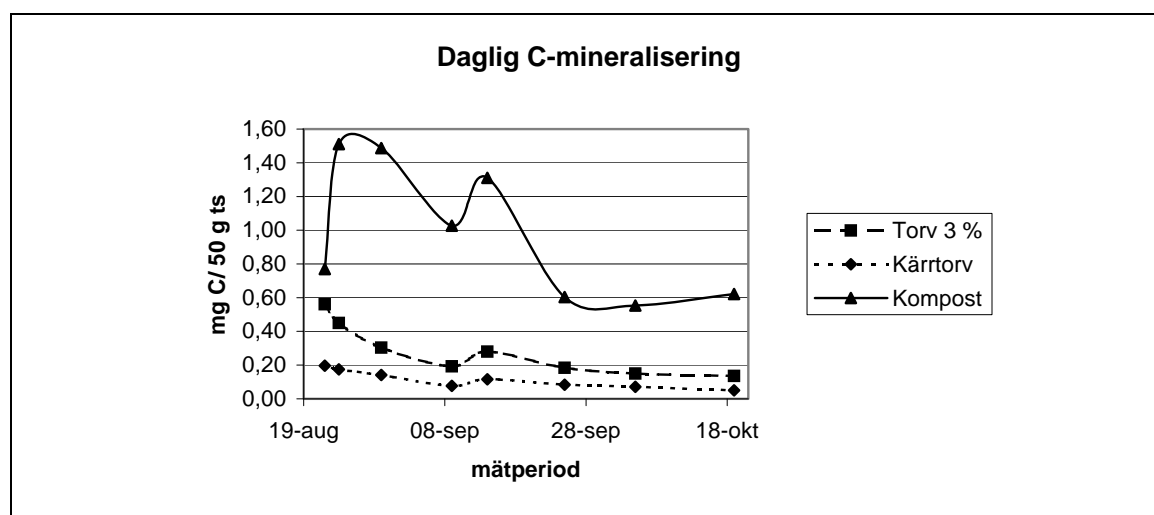
Figur 12 (sid. 26) visar rotutbredningen i de översta 0-15 cm i de tre torvleden och i 3%-kompostledet på hösten 2001. Leden med 2 och 3 % torv har ett rikt förgrenat rotsystem genom hela profilen. Ledet med 4% torv har ett glesare rotsystem, men rötterna går ända ner till 15 cm djup. I ledet med 3% kompost är rotsystemet glest under de översta 3 cm, och rötterna går inte lika djup som i de andra profilerna. Mer än 80% av totala rotlängden respektive totala rotvikten fanns i den översta 0-15 cm nivån i samtliga led under alla år (Figur 11 och 12 på sid. 26).

DISKUSSION

Den observerbara effekten av varierande mängd och kvalitet hos växtbäddens organiska material var kortvarig. Under anläggningsåret gav en högre organisk halt och inblandning av kompost högre biologisk aktivitet, snabbare gräsetablering och högre tillväxt, men redan under det andra året var skillnaden mellan de olika försöksleden i stort sett utjämnad. Liknande resultat har man sett även i andra studier, t.ex Bigelow m fl. (2002) fann att den mikrobiella biomassan ökade kraftigast under de första 6 månaderna efter anläggning, men att redan efter det första året hade den totala mikrobiomassans storlek stabiliserats. Ntoulas m fl (2003), undersökte vilken effekt inblandning av restprodukter från olivoljeframställning i växtbäddsmaterial hade för gräsetablering och grästillsväxt jämfört med etablering i ren mineraljord. Även de fann en initialt snabbare etablering och högre tillväxt under det första året i leden med inblandning av de organiska restsammansättningarna, men att effekten avtog redan under det andra året.

En orsak till den snabba utjämnningen mellan försöksleden på Fullerögreenen kan bero på att den lättomsättbara fraktionen i de inblandade organiska materialen i stort sett helt förbrukades i samtliga led under anläggningsåret. Omsättningen av de kvarvarande, mer svårnedbrytbara substanserna kan sedan ha varit så låg att skillnaderna mellan leden till stor del föll inom variationen inom respektive led. Detta indikerar i så fall att tillgång på substrat kan ha varit en begränsande faktor för mikroorganismernas tillväxt. N'Dayegamiye m fl. (1997) undersökte fem olika komposterade gödselslag, och fann att de flesta gav en initialt hög N-mineralisering under de första 30-40 dagarnas inkubation tills den labila N-fraktionen från mikrobiella produkter var förbrukad. Efter den initiala fasen mineraliserades N långsamt från de mer stabila N-fraktionerna i komposten. Mondini m fl. (1996) fann att hönsgödsel som komposterats under 65 dagar uppnått en hög grad av stabilisering, dvs en stor del av materialet hade genomgått en humifieringsprocess, och att ca 50% av det ursprungliga N-innehållet och ca 20% av det ursprungliga C-innehållet försvunnit under denna process. De ansåg därför att komposterad hönsgödsel i första hand skall ses som ett jordförbättringsmedel och inte som ett gödselmedel. Andersson (2002) gjorde en separat inkubationsstudie på den rena komposten och torven som användes i Fulleröförsöket, och jämförde detta med inkubationsresultat på sandblandningen med 3% torv. Det visade att kolmineraliseringen i komposten var mycket hög (104 mg C/100 g ts under 61 dagars inkubation). I den rena kärrtorven mineraliserades under samma tid 11 mg C/ 100 g ts och i växtbäddsmaterialet med 3 % torv mineraliserades 26 mg C/100 g ts. Räkna man om Anderssons (2002) data till C-mineralisering per dag (Figur 13) ser man att kompostmaterialet hade en initialt mycket hög omsättning, men att efter ca 35 dagar sjönk aktiviteten markant och verkade stabilisera sig. Också i kärrtorven liksom i växtbäddsblandningen avtog aktiviteten i samma relativa storleksordning. Resultaten indikerar, precis som i resultaten från N'Dayegamiye m fl. (1997), att den mikrobiella aktiviteten relativt snabbt begränsades av tillgången på lättomsättbart substrat.

Ytterligare en förklaring till utjämnningen mellan leden kan vara att det i en golfgreen produceras så mycket näringsrik förna från rötter, gräsklipp och vissnade blad att effekten av detta tillskott överskuggar effekten av det från början inblandade materialet. Bigelow m.fl. (2002) drog slutsatsen att den mikrobiella populationens storlek i en golfgreen till stor del bestämdes av storleken på gräsets rotsystem och därmed på mängden lättomsättbara organiska substanser som produceras via rotsystemet. De drog därför även slutsatsen att markväxsystem som missgynnar en god rottillväxt också missgynnar den naturliga bakteriefloran i marken, oavsett vilka markförbättringsmedel som används. Van der Krift m.fl. (2001) studerade effekten av levande rötters inverkan på nedbrytning av död rotförna från tre gräsarter. De fann att nedbrytningen av rotförna stimulerades vid närvaro av levande gräsrotter, och då särskilt av arter med högt näringsinnehåll. Orsaken till detta antogs vara att näringsrika exudat och restprodukter från de levande rötterna stimulerade den mikrobiella aktiviteten i marken. I Fullerögreenen återfanns över 80 % av rotbiomassan i de översta 15 cm av växtbädden, vilket kan vara en förklaring till att även den biologiska aktiviteten, i princip genomgående, var högre i 0-15 cm nivån än i 15-30 cm nivån (Figur 3).



Figur 13. Daglig C-mineralisering i två olika organiska material samt en växtbäddsblandning från Fullerö GKs försöksyta, beräknad utifrån Andersson (2002)

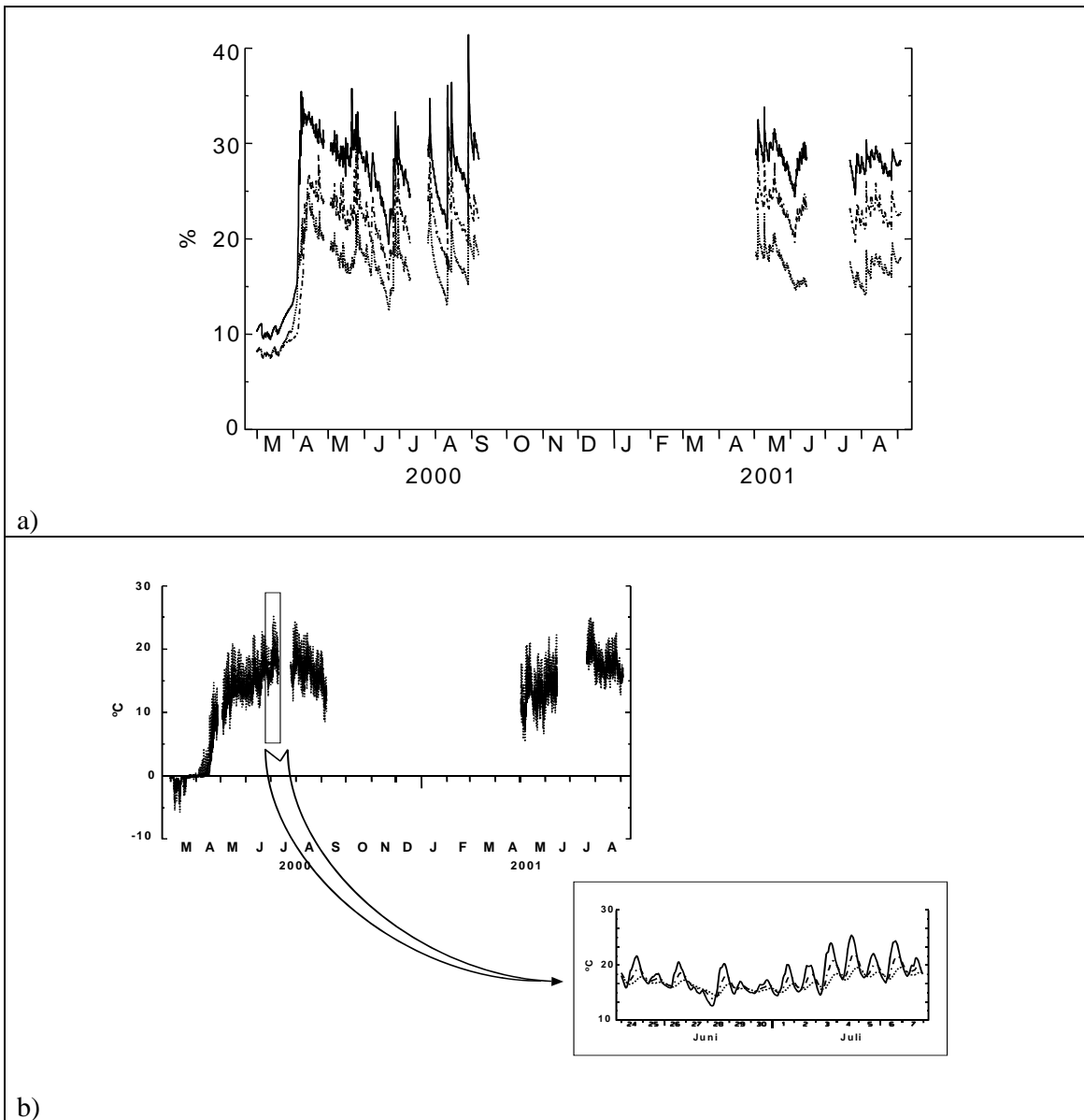
Värden från ett parallellt projekt om gräsets kväveutnyttjande utförd på samma försöksyta (Hedlund och Blombäck, opublicerade data) visade en kväveinlagringen i gräsklippen på över 100% av tillfört gödselkväve under mätperioder i juli och september. Det visar på att markens kvävelevererande förmåga har betydelse för gräsets N-inlagring. En grov beräkning från mineraliseringsstudien utförd under optimala betingelser visade på en nettomineralisering av kväve i nivån 0-15 cm motsvarande 0,07-0,22 kg N/100 m² under en 14-dagarsperiod. Det kan jämföras med de 0,18 kg N/100 m² som tillfördes med mineralgödsel var 14:e dag under perioden slutet på maj till och med augusti.

Det är svårt att utifrån laborationsstudier under optimala förhållanden göra en uppskattning av den biologiska aktiviteten och mineraliseringspotentialen i fält eftersom omgivningsfaktorerna är så varierande. Under stora delar av året är marktemperaturen för låg för att möjliggöra en hög biologisk aktivitet. Hos de flesta markmikroorganismer avstannar aktiviteten vid 0 °C, medan den maximala reaktionshastigheten uppnås vid temperaturer på 25-35 °C (Paul & Clark, 1988). Även markfuktigheten måste vara god, och optimala

markfuktighetsförhållanden anses av många forskare vara vid en markvattenpotential på mellan -1 till -5 m vp ($-0,01$ till $-0,05$ MPa) (Meyers m.fl., 1982). I Fullerögreenen motsvarar detta en vattenhalt på mellan ca 15 och 10 volym-% i ledet med 2% torv, mellan ca 20 och 14 volym-% i ledet med 3% torv och mellan ca 25 och 16 volym-% i ledet med 4% torv. I Fullerögreenen är antagligen förutsättningarna för en hög mikrobiell aktivitet goda under större delen av sommaren eftersom en relativt hög markfuktigheten bibehålls tack vare intensiv bevattning även under perioder då marktemperaturen är som högst (Figur 14). Den bästa metoden för att göra kvantitativa bedömningar av mikrobaktiviteten i fält är att använda matematiska modeller som simulerar den biologiska aktiviteten i mark-växsystemet och där man använder uppmätta värden som indata och kontroll av modellen. Den databas som nu finns tillgänglig med mätdata från Fullerögreenen kommer att kunna utgöra ett utmärkt underlag för denna typ av studier med simuleringsmodeller.

En bidragande orsak till den utjämnade gräsproduktionen mellan de olika leden kan ha varit att gräset inte var beroende av kväve från markens organiska förråd eftersom det gödslades kraftigt (ca 180 kg N/ha och år). Under anläggningsåret hade dock kompostinblandningen en synbar effekt på gräset, med en snabbare etablering och initialt grönare gräs (Figur 8 och 9b på sid. 25) men en sämre vitalitet och högre utvintring under senhöst och vinter jämfört med torvleden. De mer intensiva snömögelangreppen (*Microdochium nivale*) i kompostleden kan ha berott på att gräset haft allt för god tillgång till mineraliserat kväve under invintringsfasen, vilket gett upphov till ett mindre motståndskraftigt gräs. Detta kanske hade kunnat motverkas om man tagit hänsyn till markens kvävemineraliserande förmåga och anpassat gödningen till de olika organiska halterna respektive kvaliteten i de olika leden.

Rotutvecklingen var sämre vid högre organisk halt i marken (Figur 11 och 12 på sid. 26). Även detta kan kanske förklaras med att de olika försöksleden sköttes lika. Hela greenen gödslades och bevattades lika oavsett organisk halt. Den sämre rotutvecklingen i led med högre organisk halt skulle kanske kunna förklaras med att dessa led också hade en högre vattenhalt beroende på det organiska materialets förmåga att binda vatten (Figur 14). Det fanns också en tendens att rotutvecklingen var sämre vid inblandning av kompost (Figur 11 och 12 på sid. 26). Men rotprovtagningen gjordes mycket sparsamt, och mer detaljerade studier av rotutveckling måste göras innan några säkra slutsatser om skillnader mellan leden kan göras.



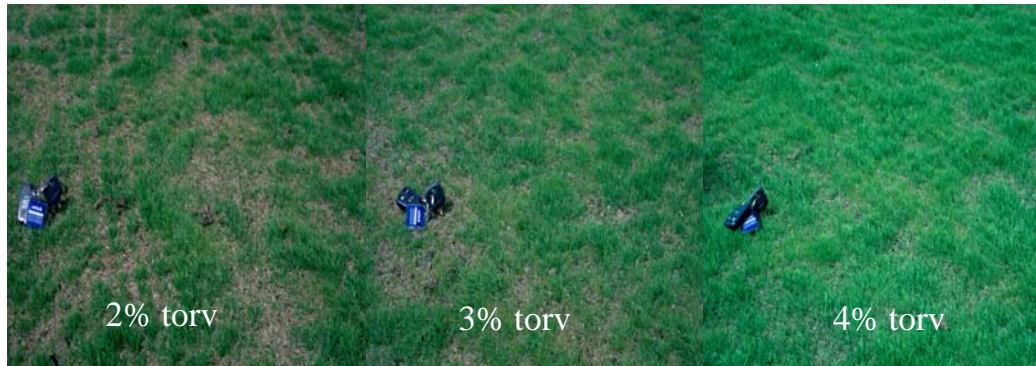
Figur 14. a) Volumetrisk vattenhalt på 15 cm djup i Fullerögreenen under sommaren 2000 och 2001. Heldragen kurva = 4% torv, streckad kurva = 3% torv och prickad kurva = 2% torv. b) Marktemperatur på 5, 15 och 25 cm djup i ledet med 3% torv under sommaren 2000 och 2001 samt, i uppförstörning, 24 juni till 7 juli 2000. Helderagen kurva = 5 cm djup, streckad kurva = 15 cm djup och prickad kurva = 25 cm djup..

SLUTSATSER

- Under det första året var den biologiska aktiviteten i marken samt gräsets tillväxt högre i led med högre mängd organiskt material liksom i kompostledet jämfört med torvledet.
- De initiala skillnaderna, både vad gäller biologisk aktivitet och grästillväxt, mellan de olika försöksleden som kunde hänföras till skillnader i mängd och kvalitet av det inblandade organiska materialet avtog redan under anläggningsåret, för att år tre vara helt borta. Detta tyder antingen på en dominerande effekt av det färskas organiska materialet från växtrester och mikrobsubstanser eller på en väldigt snabbt avtagande effekt av det inblandade materialet.
- I takt med att försöksytan åldrades blev markrespirationen i nivån 0-15 cm högre än i nivån 15-30 cm oavsett typ och halt av organiskt material inblandat i växtbäddsmaterialet. Det visar på betydelsen av produktionen av nytt organiskt material från gräsets rotsystem för den biologiska aktiviteten i växtbädden.
- Kompostinblandning och en högre inblandning av kärrtorv i växtbäddsmaterialet gav en snabbare gräsetablering under anläggningsåret.
- Kompostinblandning i växtbäddsmaterialet ökade gräsets känslighet för angrepp av snö mögel (*Microdochium nivale*) under vintern första året.
- Högre organisk halt liksom inblandning av kompost gav lägre rotvikt men högre kväveinnehåll i rötterna.
- Mängd och kvalitet av inblandat organiskt material i växtbäddsmaterialet påverkade markens vattenhållande- och kvävelevererande förmåga, vilket man måste ta hänsyn till i skötselplanen.

REFERENSER

- Andersson, T. 2002. Markbiologiska egenskaper på en golfgreen med speciell hänsyn till biologiska aktivitet, kväveprocesser och rotutveckling. Examensarbete 2002, nr 125. Institutionen för markvetenskap, SLU. Uppsala.
- Bigelow, C. A., Bowman, D. C. & Wollum II, A. G., 2002. Characterization of soil microbial population dynamics in newly constructed sand-based rootzones. *Crop Science* 42:1611-1614.
- Dinelli, F. D. 1999. USGA Green section record, July/August. Using composts to improve turf ecology.
- Gentilucci, G., Murphy, J. A., Zaurov, D. E. 2001. Nitrogen requirements for Kentucky Bluegrass grown on compost amended soil. *International Turfgrass Society Research Journal* 9:382-387.
- Guertal, Elizabeth. 2002. Alternative organic sources for putting green construction. GCM, August.
- Hedlund, A., Blombäck, K. & Strandberg, M., 2003. Nitrogen use in a golf green during one season in the Mälars region in Sweden. Proceedings from the 1st International Conference on Turfgrass Management & Science for Sports Fields. Athens, Greece, June 2-7, 2003.
- Kerek, M., Drijber, R.A., Powera, W.L., Shearman, R.C., Gaussion, R.E. & Streich A.M., 2002. Accumulation of microbial biomass within particulate organic matter of aging golf greens. *Agronomy Journal* 94:455-461.
- Mattson, T. 2000. Det organiska materialets betydelse för gräsets utveckling och den biologiska aktiviteten i marken. Examensarbete 2000, nr 113. Institutionen för markvetenskap, SLU. Uppsala.
- Mondini, C., Chiumenti, R. da Borso, F., Leita, L. & De Nobili, M., 1996. Changes during processing in the organic matter of composted and air-dried poultry manure. *Bioresource Technology* 55: 243-249.
- Myers, R.J.K., Campbell, C.A., Weier, K.L., 1982. Quantitative relationship between net nitrogen mineralization and moisture content of soils. *Canadian Journal of Soil Science* 62: 111-124.
- N^oDayegamiye, A., Royer, R. & Audesse, P., 1997. Nitrogen mineralization and availability in manure composts from Québec biological farms. *Canadian Journal of Soil Science* 77:345-350.
- Nelson, M., 1998. USGA Green section record, July/August. The microbial world.
- Ntoulas, N., Tsiotsiopolou, P., Nektarios, P.A., Papafotiou, M & Chronopoulos, I., 2003. Olive mill waste compost evaluation as a soil amendment for turfgrass culture. Proceedings from the 1st International Conference on Turfgrass Management & Science for Sports Fields. Athens, Greece, June 2-7, 2003.
- Paul, E.A. & Clark, F.E., 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Schinner, F., Kandeler, E., Margesin, R, Öhlinger, R. 1996. *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- SGF, 2003. Svenska Golförbundets rekommendationer för greenuppbyggnad
- Statens Lantbrukskemiska Laboratorium, 1985. Provtagning för markkartering. Uppsala.
- USGA, 1993. USGA Green Section RECORD. March/April 1993.
- van der Krift, T.A.J., Gioacchini, P., Kuikman, P.J. & Berendse, F., 2001. Effect of high and low fertility plant species on dead root decomposition and nitrogen mineralisation. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 2115-2124.



a)



b)

Figur 9 a och b. Jämförelse av grässets initiala etablering under den första sommaren i a) de olika torvleden och b) i leden med 3% kompost respektive 3% torv. Fotona är tagna ca 1 månad efter sådd.



Figur 10. Jämförelse av grässets grönhet under den initiala etableringsfasen den första sommaren i leden med 4% kompost respektive 4% torv. Fotot är taget ca 3 veckor efter sådd. Foto: Tobias Mattsson



Figur 12. Jämförelse av rötternas utbredning i nivån 0-15 cm i de olika försöksleden. Fotona är tagna hösten 2001.

APPENDIX

Tabell A1. Växtbäddsmaterialets och dräneringsgrusets texturella sammansättning i Fullerö GKs försöksyta

Fraktion:	Kornstorleksfördelning (%)							
	Ler	Fin- mjäla	Grov- mjäla	Finmo	Grov- mo	Mellan- sand	Grov- sand	Grus
Partikelstorlek: (mm)	<0,002	0,002- 0,006	0,006- 0,02	0,02- 0,06	0,06- 0,2	0,2- 0,6	0,6- 2	>2
Material:								
Växtbädd*	2,3	0,6	1,0	6,6	11	64	12,7	1,8
Dränering [#]	1,6	0,3	0,7	1,5	5,9	15,4	33,8	40,2

^{*)} Analysen utförd på AgroLab Scandinavia AB, Kristianstad

^{#)} Analysen utförd på Institutionen för markvetenskap, SLU

Tabell A2. Mättad hydraulisk konduktivitet (bestämning efter 1 tim) och torr skrymdensitet i nivåerna 0-10, 12-22 och 20-30 cm i de olika växtbäddsmaterialen från försöksytan på Fullerö GK. De markfysikaliska bestämningarna är utförda på jordprov tagna med 10 cm höga stålcyndrar efter att prepareringen av växtbädden slutförts men innan sådd 1999. Analyserna är utförda på Inst. för markvetenskap, SLU.

Horisont:	Hydraulisk konduktivitet (cm/tim)			Torr skrymdensitet (kg/dm ³)		
	<u>0-10 cm</u>	<u>12-22 cm</u>	<u>20-30 cm</u>	<u>0-10 cm</u>	<u>12-22 cm</u>	<u>20-30 cm</u>
Material:						
Torv 2%	40,3	45,7	46,8	1,38	1,29	1,26
Torv 3%	11,6	35,4	39,9	1,29	1,19	1,22
Torv 4%	17,2	18,8	16,6	1,21	1,17	1,22

Tabell A3. Vattenbindande förmåga i de olika växtbäddsmaterialen från försöksytan på Fullerö GK. Bestämningarna är utförda på jordprov tagna med 10 cm höga stålcyndrar efter att prepareringen av växtbädden slutförts men innan sådd 1999. Bestämning vid 150 m vp är gjort på stort prov. Analyserna är utförda på Inst. för markvetenskap, SLU.

Horisont (cm): Vattenpotential (m vp):	Vattenhalt (vol-%)								
	Torv 2%			Torv 3%			Torv 4%		
	<u>0-10</u>	<u>12-22</u>	<u>20-30</u>	<u>0-10</u>	<u>12-22</u>	<u>20-30</u>	<u>0-10</u>	<u>12-22</u>	<u>20-30</u>
0	47,0	50,5	51,6	50,2	53,8	52,9	52,5	54,4	52,3
0,05	44,0	45,8	46,7	47,3	49,3	48,7	49,5	51,5	49,3
0,3	24,4	23,1	24,5	34,1	29,3	29,2	44,6	40,2	39,8
0,5	18,1	17,8	18,8	24,3	22,2	22,1	30,4	29,4	28,3
1,0	14,4	14,3	15,2	18,9	17,2	17,8	23,9	23,5	22,5
5,0	10,5	10,4	10,9	13,6	12,3	13,0	17,3	17,2	16,3
150	3,1	3,1	3,1	4,3	4,3	4,3	5,3	5,3	5,3

Tabell A4. Skötselplan från 2001 för försöksytan på Fullerö GK.

Aktivitet	Beskrivning
Vårtäckning	Försöksytan kommer att vårtäckas så fort ytan är fri från is och snö. Troligen i början av mars.
Gödslning	Försöksytan gödslas med drygt 2 kg N/100m ² . Gödslingen sker med samma gödselmedel, Arens G Plus, under hela säsongen (ca 15 gånger à 9-10 kg) bortsett från de två första och de två sista gödslingstillfällena. Gödsling sker enligt gödslingsplanen på sid 25.
Dressning	Dressning sker med enbart sand. Ingen kompost eller matjord ska finnas i dressmaterialet.
Växtskydd	På försöksytan används endast konventionella växtskyddsmedel (Rovral Flo och Baycor).
Luftning	3-4 djupluftningar samt 2-3 stickluftningar per år.
Hjälpsådd	Hjälpsådd kommer att ske på försöksytan med samma krypvensblandning som ytan ursprungligen såddes med.
Bevattning	Ett nytt styrsystem för bevattning ska installeras. Behovsbevattning tillämpas med ca 3 mm/10 min 2 gånger per dag vid behov. Bevattning sker också i samband med gödsling.

Tabell A5. Gödselplan från 2001 för försöksytan på Fullerö GK

Datum	Gödselmedel	Växtnäringsinnehåll (%)						Mängd gödsel		Kg ren växtnäring / 100 m ²					
		N	P	K	Mg	S	Fe	Kg/100m ²	Total Kg	N	P	K	Mg	S	Fe
010504	Arena Start	22,0	3,0	10,0		4,0		1,20	9	0,26	0,04	0,12		0,05	
010522	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010605	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010618	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010702	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010716	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010730	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010813	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010827	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010910	Arena Green Pl	15,1	1,1	12,0	2,0		6,0	1,20	9	0,18	0,01	0,14	0,02		0,07
010924	Arena Höst	5,0	5,0	26,0		7,0		1,33	10	0,07	0,07	0,35		0,09	
011016	Arena Höst	5,0	5,0	26,0		7,0		1,33	10	0,07	0,07	0,35		0,09	
Summa									110	2,03	0,29	2,11	0,22	0,23	0,65

Tabell A6. Totalkol, totalkväve och pH i försöksytan på Fullerö GK 1999, 2000 och 2001. Analyserna utförda på Institutionen för markvetenskap, SLU

Nivå: Datum:	Totalkol (% av ts)								Totalkväve (% av ts)								pH _{H2O}				
	<u>0-15 cm</u>				<u>15-30 cm</u>				<u>0-15 cm</u>				<u>15-30 cm</u>				<u>0-30 cm</u>				
	17/7	15/6	15/6	29/8	17/7	15/6	15/6	29/8	17/7	15/6	15/6	29/8	17/7	15/6	15/6	29/8	17/7	15/6	15/6	29/8	
	-99	-00	-01	-01	-99	-00	-01	-01	-99	-00	-01	-01	-99	-00	-01	-01		-99*	-00	-01	-01
Material:																					
Torv 2%	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4	1,0	2,2	1,4	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	6,0	6,2	6,5	6,4	
Torv 3%	1,8	1,3	1,4	1,6	1,9	1,5	1,5	1,8	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	6,1	6,2	6,5	6,5	
Kompost 3%	1,4	2,0	1,4	1,6	1,5	1,8	1,4	1,7	0,06	0,11	0,08	0,08	0,07	0,09	0,07	0,08	7,2	7,0	7,0	7,0	
Torv 4%	2,6	2,7	2,2	2,5	2,8	2,3	2,3	2,4	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	5,8	6,0	6,4	6,1	

*Analyserna utförda på AgroLab Scandinavia AB, Kristianstad

Tabell A7. Kolmineralisering vid inkubationsförsök på jordprov från försöksytan på Fullerö GK 1999, 2000 och 2001. Analyserna utförda på Inst för markvetenskap, SLU

Kolmineralisering (mg C / 20 g torr jord)							
Datum:	19/7 -99	27/8 -99	4/10 -99	15/6 -00	14/8 -00	15/6 -01	29/8 -01
Inkubationstid:	39 dagar	39 dagar	39 dagar	54 dagar	54 dagar	64 dagar	64 dagar
Material:	Nivå: 0-15 cm						
Torv 2%	2,72	2,64	2,67	5,49	7,61	6,28	5,88
Torv 3%	2,11	2,90	2,59	9,57	6,60	7,13	7,43
Kompost 3%	6,75	5,36	4,42	7,34	4,52	6,83	6,46
Torv 4%	4,31	5,69	4,52	10,38	8,24	8,58	6,81
	Nivå:15-30 cm						
Torv 2%	2,42	1,66	1,59	4,11	5,70	4,83	4,24
Torv 3%	2,34	3,22	2,49	5,14	3,35	4,90	4,81
Kompost 3%	7,32	5,84	3,08	5,94	4,73	3,97	4,45
Torv 4%	3,41	4,53	3,34	6,07	6,26	5,26	8,50

Tabell A8. Kväve mineralisering uppmätt som differensen i mineralkvävehalt (NH_4^+ och NO_3^-) innan start och efter avslutat inkubationsförsök på jordprov från försöksytan på Fullerö GK år 2000 och 2001. Analyserna är utförda på Institutionen för markvetenskap, SLU

		Kväve mineralisering (mg N / kg torr jord)																			
Datum:	15/6 -00	14/8 -00					15/6 -01					29/8 -01									
Inkubationstid:	54 dagar	54 dagar					64 dagar					64 dagar									
Material:	NH ₄		NO ₃		Tot. N-min.	NH ₄		NO ₃		Tot. N-min.	NH ₄		NO ₃		Tot. N-min.	NH ₄		NO ₃		Tot. N-min.	
	Före	Efter	Före	Efter		Före	Efter	Före	Efter		Före	Efter	Före	Efter		Före	Efter	Före	Efter		Före
	Nivå: 0-15 cm																				
Torv 2%	1,54	0,2	3,47	31,53	26,72	1,14	0,00	0,08	30,06	28,84	0,49	0,08	3,35	17,89	14,13	0,63	0,04	3,76	23,16	18,81	
Torv 3%	1,54	0,27	2,67	29,13	25,19	1,14	0,00	0,73	30,46	28,59	0,34	0,08	2,52	18,51	15,73	1,55	0,03	4,23	27,14	21,39	
Kompost 3%	0,73	0,00	11,09	58,86	47,04	1,67	0,00	1,80	50,04	46,57	0,31	0,00	3,37	20,06	16,38	1,27	0,02	5,01	25,50	19,24	
Torv 4%	2,27	0,07	4,88	40,55	33,47	1,07	0,00	0,87	34,67	32,73	0,31	0,00	4,16	20,96	16,49	1,16	0,06	3,97	20,39	15,32	
	Nivå: 15-30 cm																				
Torv 2%	0,47	0,00	2,20	13,03	10,36	0,73	0,00	0,47	13,63	12,43	0,87	0,03	4,27	9,73	4,62	1,03	0,01	2,01	9,60	6,57	
Torv 3%	0,73	0,00	2,81	16,77	13,23	0,60	0,07	0,53	13,50	12,44	0,92	0,03	2,26	7,88	4,73	1,53	0,01	1,51	10,69	7,66	
Kompost 3%	1,40	0,00	10,02	54,85	43,43	1,00	0,00	1,40	34,81	32,41	0,49	0,05	3,10	11,38	7,84	3,17	0,02	1,68	18,60	13,77	
Torv 4%	0,33	0,20	3,01	21,78	18,64	0,73	0,00	0,67	22,05	20,65	0,64	0,03	4,57	9,97	4,79	1,53	0,03	2,18	19,94	16,26	

Tabell A9. Rotlängder och rotvikter från 0-15 respektive 15-30 cm djup från försöksytan på Fullerö GK åren 1999, 2000 och 2001. Varje värde är ett medelvärde av två prov.

Rotlängd (m/0,3 dm ³)							
Datum:	19/7 -99	27/8 -99	4/10 -99	15/6 -00	14/8 -00	15/6 -01	29/8 -01
Nivå: 0-15 cm							
Material:							
Torv 2%	28,5	56,3	82,4	101,1	86,7	151,7	
Torv 3%	33,6	58,0	86,1	100,2	76,6	142,8	
Kompost 3%	37,9	66,6	70,4	60,4	43,0	71,3	
Torv 4%	38,2	64,3	84,2	78,1	69,1	140,7	
Nivå:15-30 cm							
Torv 2%	2,5	10,2	12,7	10,5	9,6	4,5	
Torv 3%	2,1	11,7	11,6	9,0	11,7	7,6	
Kompost 3%	2,5	15,9	9,8	3,7	7,0	1,9	
Torv 4%	4,5	12,5	9,9	5,8	10,1	10,0	
Rotvikt (g/0,3 dm ³)							
Nivå: 0-15 cm							
Torv 2%	0,065	0,161	0,322	0,255	0,204	0,620	0,220
Torv 3%	0,062	0,144	0,316	0,217	0,190	0,550	0,440
Kompost 3%	0,076	0,147	0,228	0,139	0,094	0,260	0,210
Torv 4%	0,075	0,169	0,356	0,168	0,141	0,460	0,230
Nivå:15-30 cm							
Torv 2%	0,006	0,019	0,023	0,027	0,021	0,010	0,030
Torv 3%	0,004	0,019	0,019	0,020	0,027	0,020	0,030
Kompost 3%	0,005	0,023	0,013	0,010	0,016	0,010	0,030
Torv 4%	0,008	0,024	0,015	0,016	0,022	0,030	0,020

Tabell A10. Totalkol och totalkväve i gräsclippen (% av ts) från Fullerö GKs försöksyta.

Material:	Tot-C (% av ts)			Tot-N (% av ts)		
	Datum:	19/7 -99	25/10 -99	19/7 -99	25/10 -99	2001*
Torv 2 %		39,6	41,9	3,54	4,62	4,46
Torv 3 %		39,8	41,6	3,89	5,02	4,27
Kompost 3 %		41,0	41,1	4,86	5,49	4,49
Torv 4 %		41,3	40,6	4,51	4,88	4,45

* Medelvärde från 20 mätillfällen under 2001. Kvävehalten varierade mellan 2,5 och 5,3%. Värdena är från ett parallellt projekt från Fullerö försöksyta, med titeln Kväveutnyttjande i golfgreener (Hedlund m fl., 2003).

Tabell A11. Totalkol och totalkväve i rötter (% av ts) från Fullerö GKs försöksyta. Rötterna är provtagna på 0-30 cm djup.

Material:	Tot-C (% av ts)					Tot-N (% av ts)					
	Datum:	19/7 -99	25/10 -99	15/6 -00	14/8 -00	15/6 -01	19/7 -99	25/10 -99	15/6 -00	14/8 -00	15/6 -01
Torv 2 %		41,5	40,3	43,4	42,4	41,3	0,84	0,90	1,13	1,00	1,84
Torv 3 %		42,1	40,9	43,9	42,5	42,9	0,68	0,97	1,12	1,00	1,75
Kompost 3 %		43,1	43,2	42,7	42,8	42,2	0,84	1,25	1,33	1,23	1,89
Torv 4 %		41,4	41,2	42,9	40,1	42,9	0,80	1,07	1,19	1,13	1,84

List of publications in Emergo

- 2003:1 Holmberg, H. Metodutveckling för utvärdering av simuleringsmodeller med hjälp av fluorescerande ämnen (Development of methods to evaluate simulation models using fluorescent dye tracers). M.Sc. thesis. 50 pages.
- 2003:2 Olsson, C. Översvämningsåtgärder i Emån- simulering i Mike 11 modellen (Effects of proposed embankments along the river Emån- Simulation in the Mike 11 model). M.Sc. thesis. 34 pages.
- 2003:3 Gärdenäs, A. Eckersten, H. & Lillemägi, M. Modeling long-term effects of N fertilization and N deposition on the N balance of forest stands in Sweden. 30 pages.
- 2003:4 Jarvis, N. Hanze, K. Larsbo, M. Stenemo, F. Persson, L. Roullet, S. Alavi, G. Gärdenäs, A. & Rönnegren, J. Scenario development and parameterization for pesticide exposure assessments for Swedish groundwater. 26 pages. ISBN: 91-576-6588-5
- 2003:5 Eckersten, H., Gärdenäs, A. & Lewan, E. (Eds.) Biogeofysik – en introduktion (Environmental physics – an introduction). 141 pages. ISBN: 91-576-6591-5
- 2003:6 Larsbo, M & Jarvis, N. MACRO5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. 47 pages. ISBN: 91-576-6592-3
- 2003:7 Nylund, E. Cadmium uptake in willow (*Salix viminalis* L.) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to plant growth and Cd concentration in soil solution. M.Sc. thesis. 33 pages.
- 2003:8 Strömqvist, J. Leaching of fungicides from golf greens: Simulation and risk assessment. M.Sc. thesis. 41 pages
- 2003:9 Blombäck, K, Strandberg, M. & Lundström, L., 2003. Det organiska materialets betydelse för markens biologiska aktivitet och gräsets etablering och tillväxt i en golfgreen. (The influence of soil organic matter on soil microbial activity and grass establishment and growth in a putting green.) 32 pages.