

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report
Vol. 4 Nr. 46 2009

UTPRØVING AV PERLITT OG SLAMKOMPOST I VEKSTMEDIET PÅ USGA-GREENER

Rapport fra etableringsåret 2007
og første greenår 2008

EVALUATION OF PERLITE AND BIOSOLID COMPOST IN THE ROOT ZONE OF USGA GOLF GREENS

Report from the establishment year 2007
and first green year 2008

Agnar Kvalbein, Trygve S. Aamlid, Tatsiana Espevig, Åge Susort,
Anne A. Steensohn og Trond Pettersen

Bioforsk Øst, Landvik / Turfgrass Research Group



Tittel/Title:

UTPRØVING AV PERLITT OG SLAMKOMPOST I VEKSTMEDIET PÅ USGA-GREENER
 Rapport fra etableringsåret 2007 og første greenår 2008.

EVALUATION OF PERLITE AND BIOSOLID COMPOST IN THE ROOT ZONE OF USGA GOLF GREENS
 Report from the establishment year 2007 and first green year 2008.

Forfatter(e)/ Author(s):

Agnar Kvalbein, Trygve S. Aamlid, Tatsiana Espevig, Åge Susort,
 Anne A. Steensohn og Trond Pettersen

<i>Dato/Date:</i> 27.mars 2009	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 1910083	<i>Saksnr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 46/ 2009	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-00488-2	<i>Antall sider/Number of pages:</i>	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i>

Oppdragsgiver/Employer:

Grønt AS
 Pull
 Lindum ressurs og gjenvinning AS
 Askania AS

Kontaktperson/Contact person:

Espen Bergmann
 Rene van der Mark
 Jan Petter Hammer
 Egil Andersen

Stikkord/Keywords:

etablering, fungicidutlekkning, jordfysiske forhold, kloakkslamkompost, næringsutlekkning, organiske tilsetningsstoff, perlitt, rotutvikling, USGA-green, uorganiske tilsetningsstoff, vekstmasser
 biosolid compost, establishment, growth media, inorganic amendment, nutrient leakage, organic amendment, perlite, root development, soil physics, USGA-green

Fagområde/Field of work:

Frøavl og gras til grøntlegg
 Seed production and amenity grasses

Sammendrag:

Denne rapporten gir resulater fra to års forsøk med med tilsetning av perlitt, kloakkslamkompost eller en blanding av perlitt og slamkompost til vekstmassen på USGA-greener . Forsøket utføres i lysimeteranlegget ved Bioforsk Øst Landvik.

Summary:

This report presents results from the first two experimental years of a project evaluating perlite and / or biosolid compost to the sand used for USGA green constriction. The trial is carried out in the USGA green lysimeter facility at Bioforsk Øst Landvik.

Land/Country:

Norge / Norway

Fylke/County:

Aust Agder

Kommune/Municipality:

Grimstad,

Sted/Lokalitet:

Bioforsk Landvik

Godkjent / Approved, 27. mars 2009

Avlevert / Submitted 27.mars 2009

Trygve S. Aamlid
 (forskningsleder, Frøavl og gras til grøntanlegg /
 Research leader, Seed production
 and amenity grasses)

Agnar Kvalbein
 (prosjektleder /
 project leader)

Forord

Det treårige prosjektet 'Perlit og slamkompost i vekstmediet på USGA- greener' ble startet i 2007 med finansiering av Pull Norway AS, Lindum Vekst AS, Askania AS og LOG AS. På grunn nedleggelse av Pull Norway AS fortsette prosjektet med nye samarbeidspartnere i 2008.

Dette er en foreløpig rapport med erfaringer fra etableringsåret 2007 og første greenår 2008.

Bioforsk Øst Landvik 27.mars 2009

Agnar Kvalbein

Innhold

1.	Sammendrag	5
2.	Summary	6
3.	Innledning	7
4.	Materiale og metoder	8
4.1	Forsøkssted, vekstmasser og etablering	8
4.2	Været i forsøksperioden	10
4.3	Skjøtsel	10
4.3.1	Klipping	10
4.3.2	Gjødsling	11
4.3.3	Vanning	11
4.3.4	Resåing	12
4.3.5	Sanddressing, vertikalskjæring og lufting	12
4.3.6	Soppsprøyting	12
4.4	Registreringer	12
4.5	Statistiske analyser	13
5.	Resultater	14
5.1	Etablering	14
5.2	Visuell greenkvalitet	16
5.3	Rotutvikling	17
5.4	Vanninnhold i rotsonen	19
5.5	Infiltrasjonskapasitet	19
5.6	Jordfysiske parametre	20
5.7	Jordkjemiske parametre	21
5.8	Utlekking av næringsstoffer	22
5.8.1	Etableringsfasen (2007)	22
5.8.2	Etablerte greener (høsten 2008)	22
5.9	Utlekking av soppmidler	23
6.	Diskusjon og planer for 2009	24
6.1	Vanntilgang og rotutvikling	24
6.2	Gjødsling og utlekking av næringsstoff	24
6.3	Pesticidutlekking	25
6.4	Lufttilgang, infiltrasjonsevne og motstandevne mot kompresjon	25
6.5	Forslag til protokoll for 2009	26
7.	Referanser	27

1. Sammendrag

I lysimeteranlegget på Bioforsk Øst Landvik, Grimstad, ble det i juli 2007 etablert greenruter basert på USGA's anbefalte sand og konstruksjonsmåte. Målet var å dokumentere effekten av tilsetningsstoffene **slamkompost** og **perlitt** på greenkvalitet, jordfysiske forhold og utlekking av næringstoffer og fungicider. Denne rapporten gir resultater fra etableringsåret 2007 og første greenår 2008.

Innblanding av 10 vol% slamkompost i sanden gav minst like godt greendekke som innblanding av 10 vol% torv (kontroll), men infiltrasjonskapasiteten var dårligere. Etablering uten organisk materiale, men med 20 vol% perlitt i vekstmassen, gav dårligere graskvalitet, dårligere rotutvikling og tørrere vekstmasse, men bedre infiltrasjonskapasitet og større luffyllt porevolum enn i kontrolleddet. Innblanding av både 10 vol% slamkompost og 20 vol% perlitt gav resultater mellom dem beskrevet for enkeltkomponentene og som regel ganske like kontrolleddet med torv.

Utlekking av næringsstoffer i etableringsåret må sees i sammenheng med hvor fort graset etablerte seg. Innblanding av 20 vol% perlitt eller 10 vol% torv gav størst utlekking av nitrogen. Slamkompost førte til større utlekking av fosfor, men lavere utlekking av nitrogen i etableringsfasen. Ett år etter etablering var utlekkinga av nitrogen mindre fra greener med bare perlitt eller perlitt pluss slamkompost enn fra greener med torv eller bare slamkompost.

Utlekkinga av fungicidene azoxystrobin og propikonazol etter sprøyting med Amistar Duo mot overvintringssopp var i alle tilfeller under de norske miljøfarlighetsgrensene og det var ikke signifikante forskjeller mellom forsøksledda. Middeltalla viste likevel størst utlekking fra ruter med både perlitt og slamkompost og minst utlekking fra ruter med bare slamkompost.

Konklusjoner og anbefalinger på grunnlag av forsøket vil bli presentert etter vekstsesongen 2009, som er siste prosjektår.

2. Summary

In July 2007, green plots, 2 m x 3 m, were constructed according to USGA specifications in the lysimeter facility at The Norwegian Institute of Agricultural and Environmental Research, Bioforsk Øst Landvik (58°20' N, 8°32' E, 6 m a.s.l.). Our objective was to document the effects of the organic amendment biosolid compost and the inorganic amendment perlite on green quality, soil physical conditions, and nutrient and fungicide leakage. This report presents results from the establishment year 2007 and first green year 2008.

Amendment with 10 % (v/v) biosolid compost produced slightly, but not significantly, better turfgrass quality than in the control treatment using 10 % peat. The infiltration capacity was, however, lower on plots amended with biosolid compost. Amendment with 20 % perlite resulted in slower grow-in, lower turfgrass quality, shallower roots and lower soil water content, but also higher infiltration capacity and higher air-filled porosity than in the control treatment. Amendment with a mixture of 10% biosolid compost and 20 % perlite produced results between those of each component and usually not significantly different from those of the control treatment.

Nitrogen leakage in the establishment year must be interpreted in light of turfgrass coverage. Most nitrogen was leached from control plots with 10 % peat and plots with 20 % perlite. Amendment with 10 % biosolid compost resulted in the highest leakage of phosphorus, but nitrogen losses were lower than in the control treatment. A new sampling of drainage water one year after grow-in showed less leakage of nitrogen from plots with 20 % perlite and plots with 10 vol% biosolid compost plus 20 % perlite than from plots with 10 % biosolid compost or 10 % peat in the root zone.

Fungicide concentrations in leaching water after application of azoxystrobin and propikonazole (commercial product Amistar Duo) against winter diseases were always below the Norwegian Environmental Safety Limits and not significantly different among treatments. While fungicides were never detected in leakage from plots amended with 10 % biosolid compost only, the highest concentrations were found from plots amended with a mixture of 10 % biosolid compost and 20% perlite.

The experiment will continue for another year (2009) before final conclusions are drawn and recommendations given.

3. Innledning

Ved konstruksjon av USGA-greener er det vanlig å blande 5-20 vol% torv inn i sanden for å gjøre den mer stabil og mindre utsatt for tørke og utlekking av gjødsel og plantevernmidler. USGAs anbefaling for greenkonstruksjon åpner imidlertid også for bruk av andre organiske eller uorganiske tilsetningsstoffer (Hummel 1993, USGA 2004), og norske forsøk har vist at innblanding av slamkompost gir raskere inngroing og bedre greenkvalitet enn tilsetning av torv (Aamlid 2005). Etter hvert som greenene blir eldre er det likevel en vanlig erfaring at luffylt porevolum, infiltrasjonskapasitet og hydraulisk ledningsevne avtar (Habeck & Christians 2000), og mange frykter at denne reduksjonen vil gå raskere dersom det er slamkompost i sanden. Dette samsvarer med Aamlid (2008) som i løpet av en treårsperiode etter anlegg fant at det luftfylte porevolumet i overfaltetjuktet gikk ned 11 prosentenheter på greener med 30% slamkompost i vekstmediet, mot 6 prosentenheter på greener med 30% torv i vekstmediet.

Den største fordelen med uorganiske i forhold til organiske tilsetningsstoff i vekstmassen på greener er at de uorganiske tilsetningsstoffene er mer stabile over tid (Wasura & Petrovic 2001). Dermed beholder vekstmassen sine fysiske egenskaper, og faren for mangel på luft i rotsonen er mindre. Det finnes ulike uorganiske tilsetningsstoff, men felles for de fleste er at de er porøse og har en stor indre overflate som antas å holde på vann og næringsstoffer (Bigelow et al. 1999).

Perlitt er et vulkansk silikamineral som bl.a. utvinnes i Hellas. Etter oppmaling brennes råperlitten ved 800°C. Dermed ekspanderer hver enkelt korn til 4-20 ganger sitt opprinnelige volum og får stor indre overflate (se bildet på framsida av denne rapporten). Perlitt har tradisjonelt vært mye brukt som vekstmedium og jordforbedringsmiddel i hagebruket, bl.a. i veksthus sammen med flytende næringsløsning.

På 1970- og 80-tallet ble det utført forsøk med innblanding av perlitt i vekstmassen på greener i Texas og California (Crawley & Zabcik 1985). Ti eller 20 vol% perlitt ble blandet med enten grovsand (grovere enn USGA's anbefaling), mellomsand eller finsand (finere enn USGAs anbefaling). Konklusjonen på disse forsøkene var (1) at perlitt ikke kunne veie opp for uheldig kornstørrelsefordeling av sanden, (2) at 20 vol% perlitt var nødvendig for å oppnå en sikker og varig bedring av de jordfysiske forholdene, og (3) at virkningen på luftfylt porevolum var større enn virkningen på vannfylt (kapillært porevolum). De siste 20 åra er det publisert få rapporter om av perlitt som jordforbedringsmiddel ved konstruksjon av greener, skjønt Hummel (1993) advarte mot at perlittkorn er sprø og kan brytes ned ved komprimering eller mekanisk behandling av greenoverfalten. Fra England foreligger en eldre rapport med innblanding av perlitt i ei blanding av sand og jord brukt ved anlegging av vanlig plen, men her var innholdet av silt og leire hele 18%, med andre ord langt mer enn det som er relevant for USGA-greener (Baker 1984). I Norge er det hittil bygget noen greener med innblanding av perlitt, blant annet på 9-hullsbanen til Kjekstad golfklubb ved Drammen.

Foreliggende rapport er den første fra et prosjekt der formålet er å undersøke om perlitt kan utgjøre et alternativ til torv ved konstruksjon av nye USGA-greener. Norge, spesielt de vestlige deler av landet, har mye nedbør, og i slike områder vil det være spesielt nyttig om perlitt kan bidra til å opprettholde infiltrasjonskapasitet og luftfylt porevolum etter hvert som greenene blir eldre. På grunn av våre tidligere positive erfaringer med bruk av slamkompost i etableringsfasen (Aamlid 2005, 2008) tilsettes perlitt både alene og sammen med denne komposten. For å undersøke om perlitt reduserer faren for utlekking av gjødsel og plantevernmidler utføres forsøket i green-lysimeteranlegget ved Bioforsk Øst Landvik.

4. Materiale og metoder

4.1 Forsøkssted, vekstmasser og etablering

Forsøket ble anlagt i søndre lysimeteranlegg på Bioforsk Øst Landvik (58°20'N, 8 °32' E, 6 m.o.h) i første halvdel av juli 2007. Greenene i lysimeteranlegget er konstruert etter USGA retningslinjer (USGA 2004) med 30 cm rotsone over 10-15 cm drengrus. Hver rute er 2 m x 3 m, hvorav selve lysimeterkaret utgjør 1 m x 2 m. Ved etablering av forsøket ble eksisterende rotsone fjernet ned til drenslaget og erstattet med nye vekstmasser på fire ruter innafor hvert av de to gjentak (Bildene 1a-c).

Følgende vekstmasser (forsøksledd) ble tilfeldig fordelt på fire ruter i hvert av to gjentak:

- A. Sand + 10 vol% torv (kontroll)
- B. Sand + 20 vol% perlitt
- C. Sand + 10 vol% slamkompost
- D. Sand + 20 vol% perlitt + 10 vol% slamkompost

Sanden var Wolstadsand levert av firmaet Askania AS. Kornfordelingsanalyse utført av oppdragsgiver viste at innholdet av veldig fin sand (0.05-0.15 mm) og veldig grov sand (1-2 mm) var litt for stort i forhold til USGAs retningslinjer (Tabell 1). Beregning av overlappingsfaktor og permeabilitetsfaktor (USGA 2004) viste at sanden var kompatibel med drenslaget under.

I alle fire ledd var sand og tilsetningsstoffer blandet grundig av oppdragsgiver før transport til Landvik. Kjemiske jordanalyser av de fire vekstmassene viste små forskjeller i volumvekt, men vekstmassen med torv hadde lavere pH, større glødetap og større kationbyttekapasitet enn de andre vekstmassene. Innholdet av fosfor var størst i vekstmasser som inneholdt slamkompost, enten alene eller sammen med perlitt, mens kationbyttekapasiteten var lavest i vekstmasser som inneholdt bare perlitt.

Etter finplanering ble samtlige ruter sådd 11. juli 2007 med krypkvein (*Agrostis stolonifera*) 'Independence', såmengde 0.6 kg pr 100 m².

Tabell 1. Kornfordelingsanalyser av sanden som ble bruk i alle fire forsøksledd.

	Leir	Silt	Veldig fin sand	Fin sand	Mellom-sand	Grov sand	Veldig grov sand	Fin grus	Sum
	<0.002 mm	0.05	0.05-0.15 mm	0.15-0.25 mm	0.25-0.5 mm	0.5-1.0 mm	1.0-2.0 mm	> 2.0 mm	
	1.0	0.9	7.0	15.3	35.9	29.0	10.2	0.7	100
USGA-krav	<3.0	<5.0	<5.0	<20		>60.0	<10.0	<3.0	

Tabell 2. Kjemiske jordanalyser av de fire vekstmassene ved anlegging av forsøket i juli 2007.

	Volumvekt kg/dm ³	pH (H ₂ O)	mg pr 100 g tørr jord					Glødetap, %	CEC ¹ mekv pr 100 g jord
			P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL		
A. 10% torv	1.74	5.4	0.6	<1	1.7	15.5	<.5	1.3	4.7
B. 20% perlitt	1.78	6.6	1.9	<1	1.2	11.3	0.8	0.3	1.6
C. 10% slamkomp.	1.79	6.8	4.0	1.1	2.0	21.4	0.8	0.8	2.7
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	1.71	6.9	4.9	1.1	1.7	22.3	1.2	1.0	1.5

¹⁾ Kationbyttekapasitet



Bilde 1 a-c. Fra anlegging av forsøket, juli 2007. Bilder: Tatsiana Espevig.

4.2 Været i forsøksperioden

Etableringsmåneden juli 2007 var kjølig, nedbørrik og med unormalt liten fordamping (Tabell 3). Fra 20.august til 12.september var det derimot en periode praktisk talt uten nedbør. Vinteren 2007/2008 var mild med lavest temperatur og mest tele i desember. Mildvær og mye nedbør i januar 2008 førte til is på greenene, men isen forsvant i løpet av et par uker. I begynnelsen av januar og slutten av mars 2008 var forsøket dekket av snø i perioder på til sammen ca en måned, og dette resulterte i litt snømugg. Ellers var det ingen overvintringskader.

Vekstsesongen 2008 var preget av høy temperatur i mai og en langvarig tørkeperiode fra 2.mai til 12.juni. August var nedbørrik, mens september hadde mindre fordamping enn normalt.

Tabell 3. Månedlig gjennomsnittstemperatur, nedbør og fordamping fra åpen vannflate (Thorsruds evaporimeter) i forsøksperioden juli 2007 - desember 2008, samt normalverdier (offisielle verdier fra perioden 1961-1990 for temperatur og nedbør; middelverdier for 1968-2007 for fordamping) på Bioforsk Øst Landvik.

	Temperatur, °C			Nedbør, mm			Fordamping, mm		
	2007	2008	1961-1990	2007	2008	1961-1990	2007	2008	1968-2007
Jan.		2.8	-1.6		357	113			
Feb.		4.3	-1.9		82	73			
Mar.		2.3	1.0		184	85			
Apr.		6	5.1		91	58			
Mai		11.9	10.4		20	82		68	65
Jun.		14.7	14.7		75	71		88	84
Jul.	15.5	17.3	16.2	213	101	92	61	91	88
Aug.	16.2	15.6	15.4	132	250	113	69	73	70
Sep.	12.0	11.6	11.8	59	137	136	48	30	40
Okt.	7.7	7.9	7.9	53	153	162			
Nov.	3.6	3.7	3.2	69	123	143			
Des.	0.9	0.5	0.2	155	80	102			
*Sum/ Middel	-	8.2	6.9	-	1653	1230	-	350	347

4.3 Skjøtsel

4.3.1 Klipping

Feltet ble klippet første gang til 6 mm 8.august 2007. Seinere ble klippehøyden gradvis senket til 4 mm den 29.august og holdt på dette nivået resten av etableringssesongen. I 2008 ble klippehøyden gradvis senket fra 5 mm den 16.april til 3 mm 16.juni. Fra 22.september ble høyden igjen økt gradvis til 4.0 mm ved de siste klippingene i midten av oktober. Klippefrekvensen var alltid 3 ganger pr uke (mandag, onsdag, fredag) og det ble brukt single-klipper med fjerning av avklipp.

4.3.2 Gjødsling

Gjødsling i 2007 og 2008 framgår av tabellene 3 og 4. Ved en feil ble det ikke gjødsla før såing, og ved første gjødsling 24.juli 2007 ble det gitt 2.5 ganger så mye gjødsling i gjentak II som i gjentak I (Tabell 4). Alle gjødslings typer var i fast form og ble tilført med eksakt forsøkspreder.

Tabell 4. Gjødsling, kg/100 m², i etableringsåret 2007.

Dato:	Gjødslings type	Gjødsling	N	P	K	Mg	S	Ca	Fe	Mn
24.07	Gjentak I									
	Arena Start 22-3-10	1.00	0.220	0.030	0.100	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000
24.07	Gjentak II									
	Arena Start 22-3-10	2.50	0.550	0.075	0.250	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000
03.08	Arena Green Pl 12-1-14	1.00	0.120	0.010	0.145	0.018	0.021	0.060	0.000	0.004
09.08	Arena Score 12-1-14	1.00	0.122	0.013	0.145	0.017	0.136	0.000	0.004	0.004
14.08	Arena Green Pl 12-1-14	1.50	0.180	0.015	0.218	0.027	0.032	0.090	0.000	0.006
24.08	Arena Green Pl 12-1-14	1.50	0.180	0.015	0.218	0.027	0.032	0.090	0.000	0.006
05.09	Arena Score 12-1-14	1.20	0.183	0.020	0.218	0.026	0.204	0.000	0.000	0.006
18.09	Arena Green Pl 12-1-14	1.20	0.144	0.012	0.174	0.022	0.125	0.072	0.000	0.005
03.10	Arena Green Pl 12-1-14	1.00	0.120	0.010	0.145	0.018	0.021	0.060	0.000	0.004
15.10	Arena Høst Ext 3-3-15	2.00	0.064	0.066	0.292	0.020	0.210	0.000	0.108	0.006
28.10										
SUM	GJENTAK I		1.33	0.191	1.655	0.175	0.821	0.372	0.112	0.041
SUM	GJENTAK II		1.66	0.236	1.805	0.175	0.881	0.372	0.112	0.041

Tabell 5. Gjødsling, kg/100 m², i første greenår 2008.

Dato	Gjødslings type	Gjødsling	N	P	K	Mg	S	Ca	Fe	Mn
11.04	Arena Høst Extra 4-4-18	1.00	0.042	0.041	0.183	0.012	0.123	0.000	0.068	0.004
25.04	Arena Start 22-3-10	0.50	0.110	0.015	0.050	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000
06.05	Arena Green Pluss 12-1-14	1.60	0.192	0.016	0.232	0.032	0.096	0.034	0.000	0.006
20.05	Arena Start 22-3-10	0.90	0.198	0.027	0.090	0.000	0.036	0.000	0.000	0.000
03.06	Arena Høst Extra 3-3-15	1.00	0.032	0.033	0.146	0.012	0.123	0.000	0.068	0.004
03.06	Ammoniumsulfat	0.70	0.148	0.000	0.000	0.000	0.169	0.000	0.000	0.000
18.06	Arena Green Pluss 10-1-10	1.60	0.160	0.016	0.160	0.008	0.123	0.011	0.016	0.006
30.06	Ammoniumsulfat	0.70	0.148	0.000	0.000	0.000	0.169	0.000	0.000	0.000
02.07	Arena Høst Extra 3-3-15	1.00	0.032	0.033	0.146	0.012	0.123	0.000	0.068	0.004
15.07	Arena Score Extra 13-1-16	1.40	0.181	0.020	0.224	0.025	0.139	0.000	0.028	0.006
31.07	Andersson 13-2-13	1.40	0.182	0.012	0.151	0.000	0.256	0.000	0.028	0.001
12.08	Arena Green Pluss 10-1-10	1.80	0.180	0.018	0.180	0.009	0.139	0.013	0.018	0.007
26.08	Arena Golf 13-0-15	1.00	0.130	0.000	0.150	0.016	0.134	0.000	0.002	0.001
11.09	Arena Green Pluss 10-1-10	0.90	0.090	0.009	0.090	0.005	0.069	0.006	0.009	0.004
24.09	Andersson 13-2-13	0.60	0.078	0.005	0.065	0.000	0.110	0.000	0.012	0.001
11.10	Arena Green Pluss 10-1-10	0.65	0.065	0.007	0.065	0.003	0.050	0.005	0.007	0.003
28.10	Arena Høst Extra 3-3-15	0.67	0.021	0.022	0.098	0.008	0.082	0.000	0.046	0.003
	SUM		1.948	0.233	1.847	0.130	1.839	0.068	0.301	0.045

4.3.3 Vanning

Etter såing 11.juli 2007 ble feltet vannet hver 3. time fram til 23.juli, deretter én til tre ganger daglig fram til 2.august. I resten av etableringsåret 2007 og første greenår 2008 ble feltet vannet etter resåing, gjødsling og ellers annenhver dag i henhold til fordamping.

4.3.4 Resåing

Åpne flekker ble resådd og dresset 11.september og deretter håndvannet annenhver dag til og med 17.september 2007. Ny resåing ble foretatt 28.april 2008. Ved begge resåinger ble brukt krypkvein 'Independence', samme sort som ved etablering av forsøket.

4.3.5 Sanddressing, vertikalskjæring og lufting

Unntatt i forbindelse med resåing 11.september ble feltet ikke dresset, vertikalskjært eller luftet i etableringsåret. I 2008 ble feltet dresset til sammen 14 ganger med vasket Baskarp-sand (0.2-0.8 mm, levert av Askania AS). De fleste gangene ble sanden tilført i små mengder med sentrifugalspreder ('dusting'), men to ganger i begynnelsen av vekstsesongen ble det dresset for hand for å jevne ut overflaten. Totalt sandmengde tilsvarte ca 3 mm. Vertikalskjæring ble utført fire ganger i 2008, første gang 23.juni. Etter sesongavslutning ble forsøket luftet med 12 mm hullpiper 19. november. Proppene ble fjernet og hullene fikk stå stå åpne foran vinteren.

4.3.6 Soppsprøyting

Hele feltet ble sprøytet med Amistar Duo, 100 ml/daa (20 g v.s. azoksystrobin + 12.5 g.v.s propikonazol) pr daa) mot overvintringssopp 17.oktober 2007. Ingen tilsvarende sprøyting ble foretatt høsten 2008.

4.4 Registreringer

Etter såing 11.juli ble **feltspireprosenten** anslått for første gang 24.juli 2007. Resten av etableringssesongen ble **dekningsprosent**, **skuddtetthet**, **sjukdomsangrep** og **helhetsinntrykk** registrert hver tredje uke. I 2008 ble de samme registreringene pluss **farge** utført med månedlig intervall. Skuddtetthet, helhetsinntrykk og farge ble alltid bedømt på en skala fra 1-9, der 9 er størst skuddtetthet, best helhetsinntrykk og mørkest farge.

Grasets **rotutvikling** ble registrert ved at at det 7.september 2007 og fire ganger i 2008 ble tatt ut en sylinderprøve (30 cm lang, 2.4 cm diameter) fra hver rute. Rotsylindrene ble skjøvet ut av boret og løftet forsiktig fra toppen. Lengden av sammenhengende sylinder ble brukt som mål på rotutviklinga. Tidligere forsøk har vist at denne metoden gir en god indikasjon på mengde røtter på 10-30 cm dyp, men den sier lite om rotmengden nærmest jordoverflata. Ved bestemmesle av rotutvikling 30.september 2009 ble røttene vaska og tørrvekt bestemt i sjikta 0-2 cm, 2-12 cm og under 12 cm.

Volumprosent vann ble bestemt med et Delta TDR måleinstrument 11. og 21.september 2007 og 8.juli, 25.august og 30.september 2008 (Bilde 2). I september 2007 ble det brukt sensorer som var 7 cm lange, i juli 2008 sensorer som var 20 cm lange og i september 2008 sensorer som var 12 cm lange. I august 2008 ble vanninnholdet målt både både i sjuktet 0-12 cm og 0-20 cm. Ved hver måling ble det foretatt minst fem stikk pr rute. Dermed fikk vi også et mål på horisontal variasjonen i vanninnhold innafor ruta.

Bilde 2.
Bestemmelse av volumprosent vann med TDR-instrument. De tre 'pinnene' på instrumentet er utskiftbare, slik at vanninnholdet kan bestemmes i sjiktene 0-7cm, 0-12 cm eller 0-20 cm.

Foto: Trygve S. Aamlid



Infiltrasjonskapasiteten på greenene ble bestemt med to ulike dobbeltringinfiltrometre/teknikker 2. oktober 2007 (Bilde 3):

- Et stort infiltrometer (diameter av ytre og indre ring henholdsvis 40 og 20 cm) ble slått ned i bakken og fylt med vann til 8 cm vannhøyde. Tiden til vannstanden nådde 7 cm ble registrert i indre ring. Måling ble gjort to ganger på samme sted.
- Et mindre infiltrometer (diameter av ytre og indre ring henholdsvis 12.85 og 4.50 cm) ble slått ned og fylt med vann til 8 cm høyde. Nedsynking i indre ring ble målt etter 3 minutter. Det ble også her gjort to målinger på samme sted.



Bilde 3.
Dobbelttringinfiltrometre
brukt ved måling av
infiltrasjon 2. oktober
2007.

Foto: Agnar Kvalbein

Sylinderprøver av uforstyrret jordprofil i to dyp (13-50 mm og 150-187 mm) ble tatt ut 15. oktober 2007 og analysert i jordlaboratoriet ved Bioforsk Øst Apelsvoll.

Jordprøver til kjemisk analyse ble tatt ut 10. oktober 2008. Men unntak for glødetap og kationbyttekapasitet ble prøvene analysert for de samme kjemiske parametre som ved anleggning av feltet i juli 2007 (Tabell 2). Analysene ble utført ved laboratoriet AnalyCen på Ås.

Avrenningsvann for analyse av plantenæringsstoffer ble samlet opp fra hver rute i periodene 11. juli (såing) - 24. september 2007 og 26. august - 7. oktober 2008. Mengde avrenningsvann fra hver rute ble målt og representative vannprøve analysert ved laboratoriet AnalyCen i Moss.

Avrenningsvann for analyse av pesticidene propikonazol og azoksystrobin ble oppsamlet fra sprøyting 17. oktober til 1. november 2007. Analysene ble foretatt ved Bioforsks Pesticidlaboratorium i henhold til metoden M60 Multivann (Holen & Christiansen 2006).

4.5 Statistiske analyser

Innsamlet datamateriale ble analysert med vanlig variansanalyse. For å viser tendenser er det i tabellene oppgitt signifikanssannsynligheter (P%) helt opp til 20, men uttrykket 'signifikant' viser alltid til P%=5. LSD (least significant difference)-verdier er bare oppgitt for forskjeller som var statistisk sikre 5%-nivået.

5. Resultater

5.1 Etablering

Ved bedømming tretten dager etter såing var feltspireprosenten gjennomgående bedre i gjentak I enn i gjentak II (Tabell 6). Til tross for mye naturlig nedbør og liten fordamping i juli 2007 (Tabell 3) skyldes denne forskjellen sannsynligvis at vanningsanlegget, på grunn av framherskende vindretning fra sør til nord, gav mindre vann i gjentak I enn i gjentak II. Forskjellen i feltspireprosent mellom ulike vekstmedier var ikke signifikant, men i gjentaket med minst vann ble det bedømt dårligere feltspiring på ruta med 20% perlitt i vekstmediet enn i de andre forsøksledda.

Tabell 6. Feltspireprosent ved bedømming 24.juli, 13 dager etter såing.

	Gjentak I (sør)	Gjentak II (nord)	Middel
A. 10% torv	37	68	52
B. 20% perlitt	28	68	48
C. 10% slamkompost	45	65	55
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	50	68	59
Middel	40	67	53

Ved gjødsling 24.juli fikk, som nevnt, gjentak II mer gjødsel som gjentak I. En uke etter gjødsling var derfor forskjellene i dekningsprosent mellom gjentak I og II (Tabell 7, Bilde 5) større enn tilsvarende forskjell i feltspireprosent ei drøy uke tidligere (Tabell 6), og denne forskjellen holdt seg utover høsten (Bildene 4-6). I middel for begge gjentak var det en tendens ($P = 17$) til dårligere dekning på ruter med perlitt enn på ruter med torv eller slamkompost i rotsonen, mens ruter med både perlitt og slamkompost kom i en mellomstilling.

Tabell 7. Dekningsprosent ved bedømming 1.august.

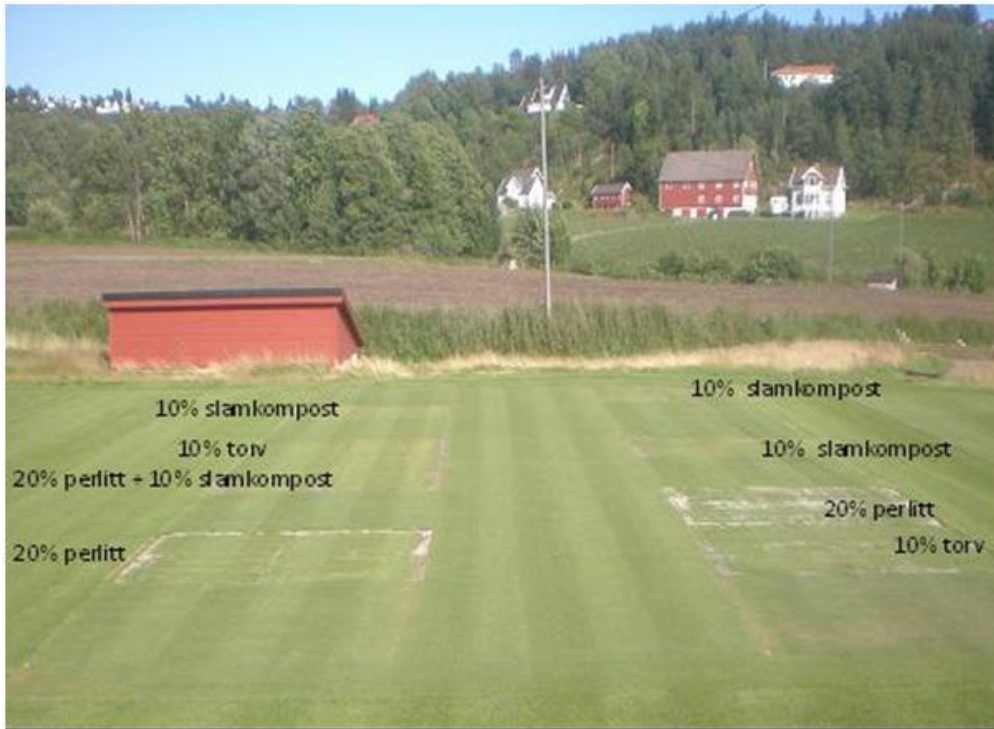
	Gjentak I (sør)	Gjentak II (nord)	Middel
A. 10% torv	30	80	55
B. 20% perlitt	15	50	33
C. 10% kompost	40	65	53
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	30	60	45
Middel	29	64	46



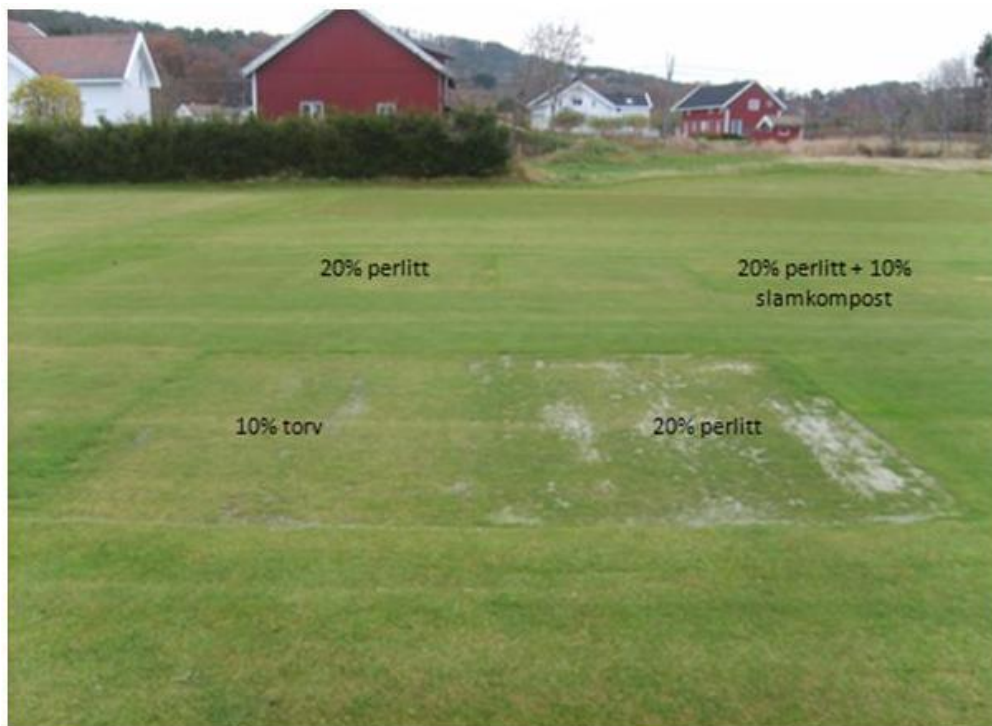
Bilde 4.

Ved såing 11.juli 2007 ble frøet nedmoldet med jernrive. Dette førte til spiring i striper, og disse stripene holdt seg lengst på rutene som hadde perlitt i vekstmediet.

Foto: Agnar Kvalbein



Bilde 5. Plantedekke i ulike forsøksledd 17. august, om lag seks uker etter såing. Gjentak I til høyre har jevnt over dårligere dekning enn gjentak II til venstre. Umerkede ruter inngår i annet forsøk. Foto: Trygve S. Aamlid.



Bilde 6. Fire av rutene ved vekstavslutning 2. november 2007. Rutene i gjentak I (nærmest) er fortsatt dårligere enn rutene i gjentak II (lengst borte). Foto: Trygve S. Aamlid.

5.2 Visuell greenkvalitet

Ved vekststart i 2008 var det en del soppskade på greenene, først og fremst av rosa snømugg (*Microdochium nivale*, Bilde 7). I middel var angrepet minst på ruter med slamkompost i vekstmediet, men forskjellen var ikke statistisk sikker (Tabell 8). Ellers var det ikke synlig soppangrep i forsøket, verken i etableringsåret eller første greenår. Siden forsøket bare hadde to gjentak viste heller ikke gjennomsnittstalla for dekningsprosent, tetthet, farge eller helhetinntrykk signifikante forskjeller mellom de ulike vekstmediene, men middeltalla i Tabell 8 er likevel klare nok: Innblanding av slamkompost gav de fineste greenene. Dårligst resultat ble oppnådd med rein perlit.

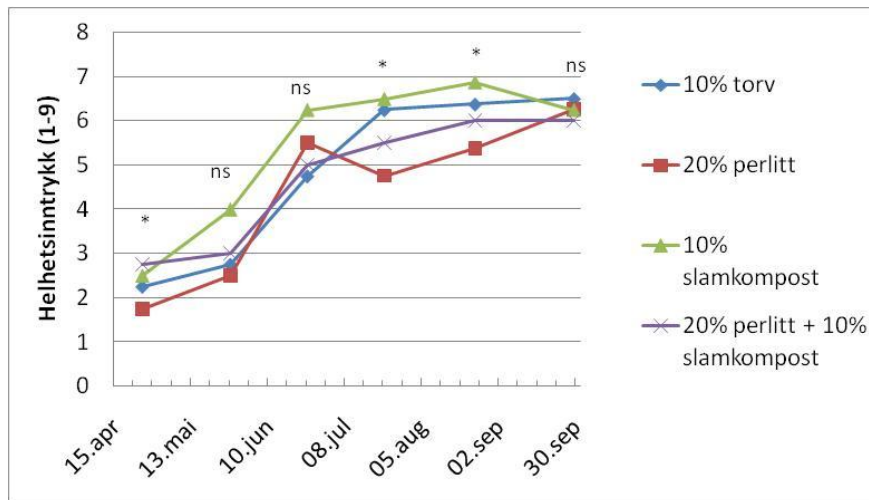
Blant annet på grunn av snømuggskaden gav samtlige ruter heller dårlig helhetsinntrykk våren 2008. Særlig rutene med slamkompost kom seg imidlertid raskt og hadde allerede i slutten av mai akseptabel greenkvalitet (Figur 1). Seinere ble kvaliteten bedre også på rutene med de andre vekstmediene, men rutene med ren perlit lå gjennomgående etter. Ved registrering i juli og august var denne forskjellen signifikant.



Bilde 7 a,b. Skade av rosa snømugg (*Microdochium nivale*) 18.mars 2008. Begge foto: Agnar Kvalbein.

Tabell 8. Visuall greenkvalitet i perioden 1.august - 2.november 2007 (middel av fire observasjoner) og 18.mars - 30.september 2008 (en observasjon for snømugg; middel av fem observasjoner for dekning, tetthet, farge og helhet)

	2007 (etableringsåret)			2008 (første greenår)				
	Dekning %	Tetthet (1-9)	Helhet (1-9)	Snømugg v/ veksstart %	Dekning %	Tetthet (1-9)	Farge (1-9)	Helhet (1-9)
A. 10% torv	95	5.8	2.7	20	96	6.1	5.5	4.8
B. 20% perlit	88	4.8	2.3	18	95	5.7	5.1	4.4
C. 10% slamkompost	98	5.7	3.1	13	96	6.2	5.8	5.4
D. 20% perlit + 10% slamkompost	97	6.0	3.1	20	96	6.4	5.3	4.7
P-verdi	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	16



Figur 1. Visuelt helhetsinntrykk gjennom sesongen 2008. Signifikante forskjeller er markert med *.

5.3 Rotutvikling

Ved registrering 4.september 2007 var rotutviklinga best på ruter med torv i vekstmediet og dårligst på ruter der det var brukt perlitt, enten alene eller sammen med slamkompost. (Tabell 9, Bilde 8 a,b). Denne forskjellen ble bekreftet av de fire målingene av lengden på rotsøyler i 2008. Ved det siste uttak 30.september 2008 viste vasking og veiing av røttene at vekstmediet med 10% torv hadde signifikant bedre rotutvikling under 12 cm enn de andre vekstmediene (Tabell 9, Bilde 9). I sjiktene 0-2 cm og 2-12 cm var forskjellene ikke signifikante, men middeltalla tyder også her på negativ virkning av perlitt når denne ble tilsatt slamkomposten.

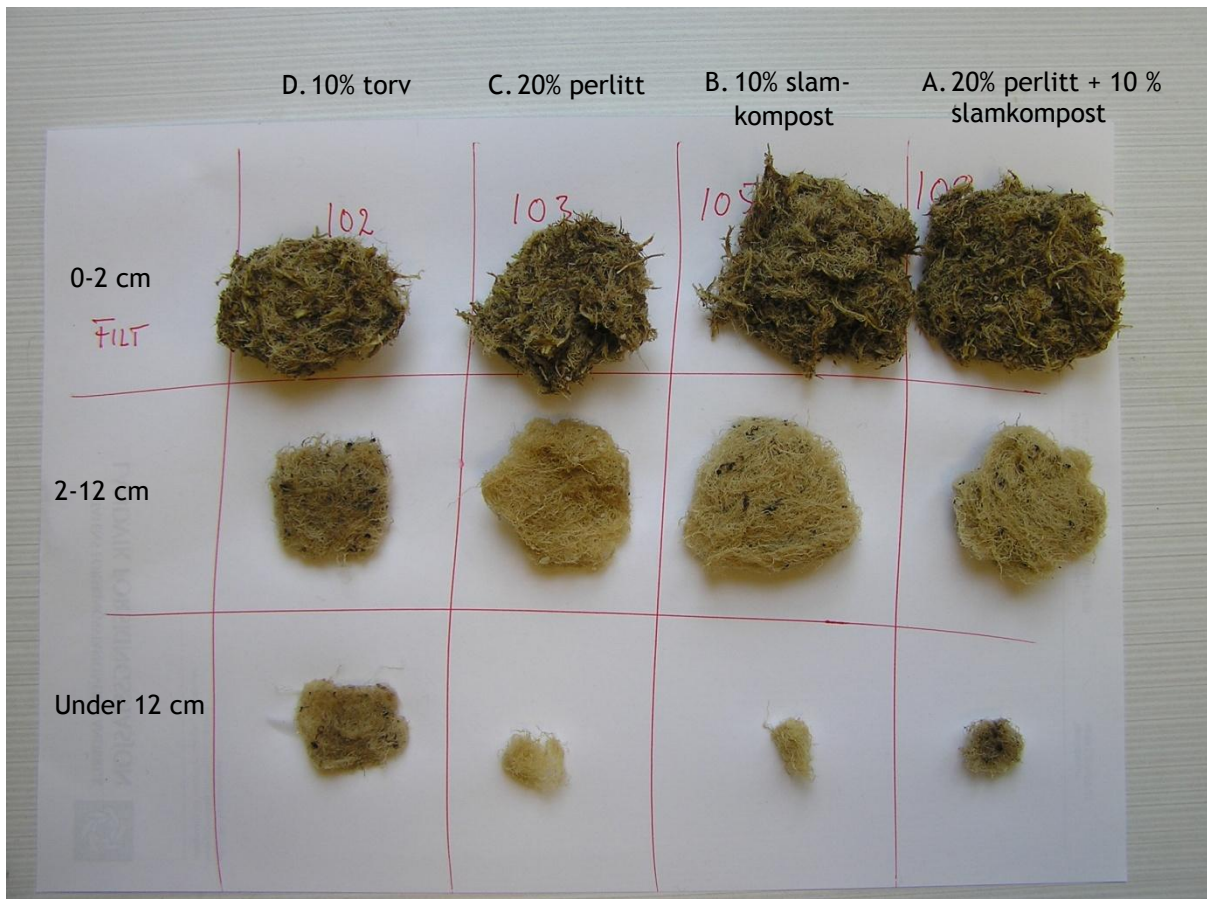
Tabell 9. Rotutvikling bestemt på ulike måter i 2007 og 2008.

	Visuell rot- utvikling 4.september 2007 (1-9)	Lengde av rotsøyle, middel av 4 obs. i 2008, cm	Tørrvekt av røtter 30.september 2008, g/m ²			Totalt
			0-2 cm	2-12 cm	under 12 cm	
A. 10% torv	6.0	21	1117	117	36	1270
B. 20% perlitt	2.0	14	895	140	9	1044
C. 10% slamkompost	4.5	18	1209	167	6	1382
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	3.0	13	1105	156	8	1269
P-verdi	¹	13	>20	>20	<5	>20
LSD 5%	-	-	-	-	21	-

¹Bedømt ut fra bilder i ett av gjentakene, derfor ingen statistisk analyse.



Bilde 8 a,b. Innblanding av perlitt i slamkomposten hadde negativ virkning på rotutviklingen.
Foto tatt 4.september 2007 av Agnar Kvalbein.



Bilde 9. Vaska røtter fra ulike forsøksledd og dybder, 30.september 2008. Foto: Agnar Kvalbein.

5.4 Vanninnhold i rotsonen

Samtlige målinger med TDR-instrument i 2007 og 2008 viste signifikant eller nær signifikant lavere vanninnholdet i vekstmassen med 20% perlitt enn i de andre vekstmassene (Tabell 10). I vekstmasser der det også var blandet inn slamkompost førte derimot perlitt til en økning av vanninnholdet, og dette ble bekreftet ved uttak av sylinderprøver fra sjiktene 2-5.7 cm og 15-18.7 cm den 15.oktober 2007. Mellom rutene med torv og slamkompost var det ikke signifikante forskjeller ved TDR-målingene, men sylinderprøvene viste større vanninnhold i slamkomposten.

I henhold til TDR-målingene var den horisontale variasjonen i vanninnhold mellom ulike steder på samme rute ikke påvirket av de ulike forsøksledd.

Tabell 10. Gjennomsnittlig volumprosent vann bestemt med elektronisk vannmåler (TDR) i 2007 (middel av observasjoner 11. og 21.september) og 2008 (middel av observasjoner 8.juli, 25.august og 30.september), samt volumprosent vann bestemt ved uttak av sylinderprøver 15.oktober 2007 (middel av sjiktene 2.0-5.7 cm og 15.0-18.7 cm).

	Volumprosent vann		
	2007 (TDR)	2008 (TDR)	15.oktober 2007 (Sylinderprøver)
A. 10% torv	11.8	16.7	15.2
B. 20% perlitt	9.1	13.8	14.9
C. 10% kompost	11.9	17.2	17.2
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	12.6	18.0	18.5
P%	6	<5	<0.1
LSD 5%	-	1.7	1.3

5.5 Infiltrasjonskapasitet

Ved måling 2. oktober 2007, dvs. om lag tre måneder etter såing, var infiltrasjonskapasiteten stor på samtlige ruter (Tabell 11). Målingene viste likevel at innblanding av slamkompost i vekstmediet ga lavere infiltrasjonskapasitet enn innblanding av bare perlitt. Ved måling med det lille dobbeltringinfiltrometeret (Bilde 2) var denne forskjellen signifikant. Mellom rutene med bare slamkompost og både slamkompost og perlitt var det ulike utslag avhengig av hvilken målemetode som ble brukt.

Tabell 11. Infiltrasjonskapasitet i millimeter pr time. Talla for begge dobbeltringinfiltrometre er middel av to målinger like etter hverandre på samme sted.

	Lite infiltrrometer	Stort infiltrrometer	Middel
A. 10% torv	1060	775	918
B. 20% perlitt	1139	1280	1209
C. 10% slamkompost	675	690	683
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	825	585	705
P%	<1	>20	12
LSD 5%	150	-	-

5.6 Jordfysiske parametre

Analyser av uforstyrrede sylindrerprøver tatt ut 15.oktober 2007 viste signifikant mindre porevolum etter innblanding av 20% perlitt enn etter innblanding av 10% torv, 10% slamkompost eller 20% perlitt pluss 10% slamkompost (Tabell 12). Dette skyldes mindre innhold av mikroporer (vannfylt porevolum), og dermed mindre letttilgjengelig (pF 1.5-3.0) vann på perlitt-rutene enn på de andre rutene. Volumet av luftfylte makroporer, luftpermeabilitet og mettet hydraulisk ledningsevne tenderte derimot til å være større på rutene med 20% perlitt enn på rutene med andre tilsetninger. Jordtettheten var signifikant mindre på ruter med 20% perlitt enn på ruter med 10% torv eller 10% slamkompost, og signifikant minst på ruter med både perlitt og slamkompost i vekstmediet.

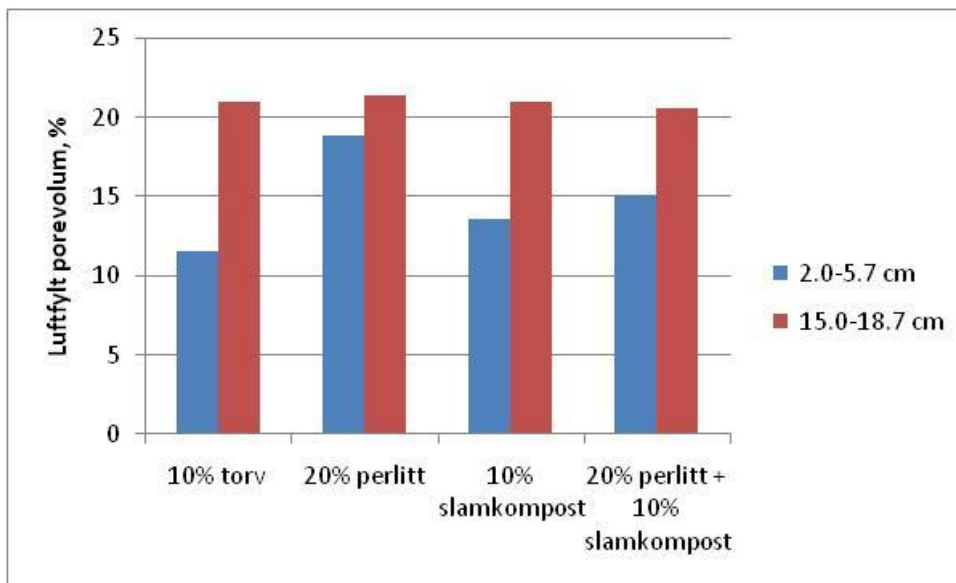
I middel for ulike vekstmedier var innholdet av makroporer (luftfylt porevolum) signifikant større og innholdet av mikroporer (vannfylt porevolum) og jordtetthet signifikant mindre i sjiktet 15-18.7 enn i sjiktet 2-5.7 cm (data ikke vist). For luftfylt porevolum var det imidlertid tendens (P%=15) til samspill, idet forskjellen mellom vekstmedier var større i sjiktet 2.0-5.7 cm enn i sjiktet 15.0-18.7 cm (Figur 2). Dette kan tolkes slik at innblanding av rein perlitt var gunstig for å opprettholde makroporestrukturen i overflatesjiktet, særlig i forhold til torv. Men også på ruter med slamkompost hadde perlitt en svakt positiv virkning på luftfylt porevolum i overflatesjiktet.

I forhold til glødetapsanalysene før såing i juli (Tabell 2) viste tilsvarende analyser av sylindrerprøvene i oktober at glødetapet hadde økt på ruter med 10% torv eller 10% slamkompost i vekstmediet, mens det var liten endring i de to rotsonene med perlitt (Tabell 13). Dette reflekterer at gras vokste bedre på rutene med torv eller slamkompost i vekstmassen. I middel for vekstmedier var glødetapet i sjiktene 2-5.7 cm og 15-18.7 cm henholdsvis 1.1 og 0.9 %, men denne forskjellen var ikke statistisk sikker (data ikke vist).

Tabell 12. Jordfysiske parametre bestemt i sylindrerprøver tatt ut 15.oktober 2007. Middel at dybdene 2-5.7 cm og 15-18.7 cm.

	Porevolum, %			Feltkapasitet, vol%			Jordtetthet kg/dm ³	Luftpermeabilitet ¹ , μm ²	Mettahydr. ledn. evne ¹ , mm/time	Glødetap, %
	Totalt	Luftfylt v/30 cm sug	Vannfylt v/30 cm sug	Lett tilgjengelig vann ²	Tungt tilgjengelig vann ³	Utilgjengelig vann ⁴				
A. 10% torv	43.6	16.2	27.4	22.8	2.7	1.9	1.368	24.8	192	1.68
B. 20% perlitt	41.2	20.1	21.1	17.3	3.4	0.4	1.322	27.2	217	0.28
C. 10% slamkompost	43.6	17.3	26.3	21.1	4.0	1.2	1.388	24.2	186	1.17
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	44.2	17.8	26.4	20.3	5.0	1.2	1.263	25.6	200	0.95
P%	<5	10	<1	<1	<5	9	<1	11	11	<5
LSD 5%	1.9	-	2.7	2.3	1.4	-	0.045	-	-	0.81

¹Bestemt ved pF 2, dvs. 1.0 m sug. ²pF 1.5 - 3.0. ³pF 3.0 - 4.2. ⁴Hardere bundet enn pF 4.2, dvs. visnegrensen.



Figur 2. Luftfylt porevolum (ved 30 cm sug) på 2-5.7 og 15-18.7 cm dybde i ulike rotsoner.

5.7 Jordkjemiske parametre

I forhold til de innledende analysene i juli 2007 (Tabell 1) viste de kjemiske jordprøvene i oktober 2008 0.8 enheters reduksjon i pH på rutene med rein perlitt. På ruter med slamkompost og ruter med både slamkompost og torv var pH-reduksjonen bare halvparten så stor, og på rutene med torv var det en viss økning. Kaliumtalla var gjennomgående høyere i oktober 2008 enn i juli 2007, men ellers var det små forskjeller i forhold til de innledende analysene.

Tabell 14. Kjemiske jordanalyser fra sjiitet 0-20 cm, oktober 2008.

	Volum- vekt kg/dm ³	pH (H ₂ O)	mg pr 100 g tørr jord				
			P- AL	K- AL	Mg- AL	Ca- AL	Na- AL
A. 10%torv	1.70	5.7	1.0	2.9	2.6	17.9	1.6
B. 20% perlitt	1.76	5.8	1.4	2.1	1.7	9.5	1.8
C. 10% slamkomp.	1.74	6.5	5.1	3.9	2.4	25.4	1.9
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	1.70	6.5	3.7	3.2	2.0	16.3	1.7
P%	<1	<5	<0.1	<5	>20	<1	>20
LSD 5%	0.02	0.6	0.7	0.8	-	5.9	-

5.8 Utlekking av næringsstoffer

5.8.1 Etableringsfasen (2007)

I 2007 var det bare små og usikre forskjeller i oppsamlet vannmengde fra de ulike lysimeterkara i perioden fra såing til 24. september (Tabell 14). Gjennomsnittlig utlekking var noe mindre enn total nedbør, som i samme periode var 230 mm. På grunn av signifikant større konsentrasjon av nitrogen i avrenningsvannet var det totale næringstapet større fra ruter med torv eller perlitt enn fra ruter med slamkompost eller perlitt pluss slamkompost. For fosfor var forholdet motsatt; her var næringstapet sytten ganger større fra ruter med slamkompost enn fra ruter med perlitt. Også tapet av kalium var størst fra ruter med slamkompost og minst fra ruter med perlitt, mens ruter med torv eller perlitt pluss slamkompost kom i en mellomstilling. Av det totale nitrogentapet var 83% i form av nitrat.

I gjennomsnitt for vekstmedier var utlekkinga av total-nitrogen i etableringsfasen mer enn dobbelt så stor i gjentak II som i gjentak I. På ruter med 10% slamkompost og 20% perlitt pluss 10% slamkompost i vekstmediet førte den ekstra gjødslinga i gjentak II til henholdsvis 186 og 245 % økning i nitrogenlekkasjen, men på ruter med 20% perlitt i vekstmediet utgjorde økningen i utlekkinga 'bare' 59%. For de andre hovednæringsstoffene var det mindre forskjeller i utlekking mellom de to gjentaka (data ikke vist).

Tabell 14. Total utlekking av vann og næringsstoff i perioden 11. juli (såing) - 24. september 2007.

	Total utlekking, mm vann	Konsentrasjon, mg/l				Næringstap, g/m ²		
		Tot-N	NO ₃ -N	P	K	Tot-N	P	K
A. 10% torv	178	10.4	9.4	0.34	6.9	1.92	0.06	1.21
B. 20% perlitt	181	10.7	10.2	0.13	4.6	1.95	0.03	0.83
C. 10% slamkompost	195	6.0	3.6	2.60	10.8	1.18	0.51	2.10
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	195	4.6	2.9	1.70	6.8	0.94	0.33	1.32
P%	>20	<1	<1	<1	<1	<5	<1	<0.1
LSD 5%	-	2.2	3.1	1	1.8	0.52	0.15	0.19

5.8.2 Etablerte greener (høsten 2008)

I perioden 26. august - 7. oktober 2008 var gjennomsnittlig utlekking fra greenene like stor som nedbøren i samme periode, i middel 167 mm. I denne perioden var imidlertid også forsøket vannet to ganger med til sammen rundt 10 mm.

I motsetning til i etableringsfasen var utlekkinga av nitrogen fra de etablerte greenene høsten 2008 signifikant mindre fra ruter med perlitt enn fra ruter med torv eller slamkompost i vekstmediet, mens ruter med både perlitt og slamkompost kom i en mellomstilling (Tabell 15). I middel for vekstmedier utgjorde nitrat nå bare 2% av den totale nitrogenutlekkinga. Utlekkinga av fosfor var liten fra alle forsøksledd, men likevel signifikant mindre fra ruter med bare perlitt i vekstmediet enn fra de andre rutene. Utlekkinga av kalium var derimot signifikant størst fra ruter med perlitt. I motsetning til i etableringsfasen var det ingen klare skilnader i utlekking av næringsstoff fra de to gjentaka.

Tabell 15. Total utlekking av vann og næringsstoff i perioden 26.august - 7.oktober 2008.

	Total utlekking, mm vann	Konsentrasjon, mg/l				Næringstap, g/m ²		
		Tot-N	NO ₃ -N	P	K	Tot-N	P	K
A. 10% torv	169	4.5	0.018	0.09	3.5	0.76	0.02	0.59
B. 20% perlitt	163	1.9	0.083	0.04	5.5	0.31	0.01	0.90
C. 10% slamkompost	174	4.1	0.046	0.09	3.3	0.70	0.02	0.56
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	163	2.9	0.126	0.14	2.8	0.48	0.02	0.45
P%	>20	<5	>20	<5	<5	<5	<5	<5
LSD 5%	-	1.5	-	0.04	1.1	0.31	0.01	0.22

5.9 Utlekking av soppmidler

Oktober 2007 var tørrere enn normalt (Tabell 3) og etter soppstrøying 17.oktober gikk det en uke før det kom naturlig nedbør. Totalt kom det 45 mm i perioden fra strøying til uttak av vannprøver 1.november, derav 37 mm den 28.oktober. Det var en tendens (P%=8) til mindre grøftevann fra ruter med slamkompost i vekstmediet enn fra det andre rutene (Tabell 16). Grøftevannet fra ruter med slamkompost inneholdt ingen spor av plantevernmidler, men det ble funnet propikonazol i vannprøver fra rutene med torv, og azoxystrobin i vannprøver fra ruter med torv eller perlitt. Størst utlekking av begge fungicid ble observert fra ruter med både slamkompost og perlitt, men største observerte konsentrasjon på 0.47 µg/l azokystrobin var likevel bare halvparten av den norske miljøfarlighetsgrensa på 0.90 µg/l (Ludvigsen & Lode 2008). Funnene gikk sjelden igjen i begge gjentak, og forskjellene var derfor ikke signifikante.

Tabell 16. Total utlekking av vann og fungicider i perioden 17.oktober - 1.november 2007.

	Total utlekking, mm vann	Konsentrasjon, µg/l		Totalt tap, mg/m ²	
		Propi-konazol	Azokystrobin	Propi-konazol	Azokystrobin
A. 10% torv	56	0.02	0.13	0.0011	0.0073
B. 20% perlitt	55	0	0.16	0	0.0089
C. 10% slamkompost	51	0	0	0	0
D. 20% perlitt + 10% slamkompost	54	0.04	0.30	0.0022	0.0161
P%	8	>20	>20	>20	>20
Miljøfarlighetsgrense (Ludvigsen & Lode 2008)	-	0.13	0.90	-	-

6. Diskusjon og planer for 2009

6.1 Vanntilgang og rotutvikling

Jevn tilgang på fuktighet de første dagene etter såing er avgjørende for rask etablering gras på sandbaserte vekstmasser (Murphy et al. 2001). På forhånd var det antatt at tilsetning av 20 vol% perlitt, på grunn av sin porestruktur og store indre overflate, ville være like effektiv som tilsetning av 10 vol% torv eller 10 vol% slamkompost, for å øke det kapillære porevolumet, og dermed vannlagringsevnen i vekstmassen. Både TDR-analysene og sylindertestene som ble tatt høsten 2007 viste imidlertid at vekstmediet med bare perlitt inneholdt mindre letttilgjengelig vann enn de andre vekstmediene (Tabellene 10 og 13), og derfor gikk også etableringa seinest på disse rutene (Tabellene 6 og 7, Bildene 4, 5 og 6). Våre resultater samsvarer med Bigelow et al. (1999) som rapporterte raskere etablering etter tilsetning av 10% torv enn etter tilsetning av samme volumprosent uorganiske tilsetningsstoff, Waltz & McCarty (2000) som fant tre måneder kortere inngroingstid for krypkveingreener tilsatt 15 % torv enn greener tilsatt 15 vol% brent (keramisk) leire, og Murphy et al. (2004) som rapporterte at etableringshastighet og greenkvalitet ved ulike innblandinger i sanden økte i rekkefølgen keramisk leire - torv - slamkompost. Mens torv og andre organiske tilsetninger bedrer graskvaliteten selv ved moderat tørkestress, antyder resultatene til Baker (1984) og Joo et al. (2001) at den positive effekten av perlitt og andre uorganiske tilsetninger først viser seg i alvorligere tørkesituasjoner enn det som normalt oppleves på sandbaserte golfgreener. Ifølge Bigelow et al. (2004) er det et generelt problem at mye av vannet i porøse leirprodukter og andre uorganiske tilsetningsstoff er tungt tilgjengelig eller utilgjengelig for planterøttene, og i denne undersøkelsen bekreftes dette av forholdet mellom lett og tungt tilgjengelig vann i greener med bare slamkompost kontra greener med både slamkompost og perlitt (Tabell 12). Hard binding av vannet er sannsynligvis også den viktigste årsaken til at røttene i mindre grad søkte i dybden på greener med perlitt enn på greener der det kun var blandet inn organisk stoff i sanden (Bildene 8 og 9, Tabell 9).

Hvis målet er å bedre grasets vanntilgang er derfor vår foreløpige konklusjon at perlitt ikke kan erstatte organiske tilsetningsstoff som torv eller slamkompost. I samsvar med Crawley & Zabcik (1985) har det, selv på grove sandgreener med nyttbar vannlagringsevne på bare 11-12 % (Aamlid 2008), sannsynligvis lite for seg å tilsette perlitt, da grasets rotutvikling reduseres. Disse foreløpige konklusjonene bør følges opp med gjentatte TDR-målinger, samt nye sylindertestene fra ulike dyp i 2009. I dette siste forsøksåret bør vi også undersøke virkningen av perlitt og/eller slamkompost på hydrofobisitet og utvikling av tørkeflekker, som ellers er et kjent problem på greener uten organisk materiale i vekstmediet (Larsbo et al. 2008, Aamlid 2008). Waltz & McCarty (2003) fant uorganiske tilsetninger gjennomgående var mer effektive i å motvirke hydrofobisitet enn tilsetning av torv.

6.2 Gjødsling og utlekking av næringsstoff

Nest etter jevn vanntilgang er jevn næringstilgang avgjørende for hurtig etablering av nytt grasdekke. Til en viss grad forklarer derfor den forsiktige gjødslinga i etableringsfasen, særlig i gjentak I (Tabell 4), hvorfor rutene med bare perlitt ble hengende etter. Innblanding av organisk gjødsel i vekstmediet før såing (Aamlid et al. 2006) kunne sannsynligvis ha rettet opp noe av dette, men neppe kompensert fullt ut for lavere kationbyttekapasitet (Tabell 2) og vanntilgang (Tabellene 10 og 12) på ruter med perlitt.

Sammenlikning av Tabellene 4 og 14 viser at den totale nitrogenutlekkinga i etableringsfasen, fra 11. juli til 24. september 2007, tilsvarte 7-15 % av tilført nitrogenmengde i samme periode. Til sammenlikning fant Sartain & Gooding (2000), i middel for rotsoner med og uten torv, at 25% av nitrogengjødsla gikk tapt ved inngroing av USGA-greener i Florida. Det forhold at mesteparten av nitrogenutlekkinga var i form av nitrat tyder på at dette stort sett var gjødsel som ble utvaska før plantene rakk å ta den opp.

På bakgrunn av den raske etableringa (Tabellene 6 og 7) og gode rotutviklinga (Tabell 9) var den store utlekkinga fra greener med torv i vekstmassen overraskende. For greener med perlitt i vekstmassen samsvarer derimot resultatene med tidligere data, der det særlig på ruter uten organisk materiale var sikker sammenheng mellom dekningsprosent og hvor mye nitrogen som ble utvasket (Aamlid 2005). Før plantedeckket er fullstendig utviklet *behøver* derfor ikke en moderat økning i gjødselmengden føre til større utlekkingstap. Dette underbygger at greener med bare perlitt bør gjødsles sterkere i etableringsfasen enn greener med torv, slamkompost eller en kombinasjon av perlitt og slamkompost. Det er for øvrig verdt å merke seg til at utlekkinga av nitrogen i etableringsfasen var minst fra ruter med både perlitt og slamkompost i vekstmediet.

I motsetning til i etableringsfasen var nitrogenutlekkinga fra de etablerte greenene høsten 2008 større enn forventet, inntil 38% av tilført N-mengde i samme periode. Nå var det imidlertid ikke nitrat, men andre nitrogenforbindelser som lekte ut av vekstmassen. Noe av dette kan ha vært ammonium, men sannsynligvis var mesteparten amider, aminosyrer og andre nedbrytningsprodukter fra det organiske materialet. Dette forklarer også hvorfor utlekkinga i denne fasen var større fra ruter med torv eller slamkompost enn fra ruter med perlitt i vekstmassen. Perlitt ser altså ut til å ha en dempende virkning på nitrogenutlekkinga fra etablerte greener, og dette bør undersøkes nærmere ved nye analyser i 2009. Mer generelt viser resultatene at en ofte kan kutte kraftig tilbake på nitrogengjødslinga av veletablerte USGA-greener om ettersommeren og høsten (Petrovic 2000).

Som i tidligere undersøkelser (Aamlid 2005) inneholdt slamkomposten i dette forsøket mye lettløselig fosfor (Tabellene 2 og 13), og dette viste seg på utlekkingsvannet i etableringsfasen. Ett år etter netablering så mesteparten av dette fosforforrådet ut til å være tømt, og utlekkinga var derfor ikke større enn fra de andre vekstmediene. Innblanding av perlitt i slamkomposten reduserte utlekkinga av fosfor i etableringsfasen med 35%, mot 20% for nitrogen.

6.3 Pesticidutlekking

Etter sopp-sprøyting høsten 2007 var konsentrasjonene av soppmidlene azoksystrobin og proipikonazol i utlekkingsvann fra ruter med torv, perlitt eller perlitt pluss slamkompost på nivå med det som tidligere er observert på USGA greener med torv i vekstmediet (Aamlid et al. 2009b) og 80-90 % lavere enn det som tidligere er funnet i utlekkingsforsøk med samme soppmidlene og samme dosering på rene sandgreener (Aamlid et al. 2009a). At det overhodet ikke ble funnet soppmidler i utlekkingsvann fra greener med bare slamkompost bekreftes av tidligere undersøkelser (Aamlid 2009a) og reflekterer sannsynligvis den store mikrobiologiske aktiviteten i dette vekstmediet. Sammen viser resultatene fra denne og de nevnte undersøkelsene at perlitt reduserer utlekkinga av pesticid fra rene sandgreener, mens perlitt derimot kan øke utlekkinga fra greener der det også er innblanda organisk materiale Dette bør bekreftes eller avkreftes gjennom en ny runde med sopp-sprøyting og etterfølgende pesticidanalyser i 2009. Helst bør det også gjennomføres analyser for å kartlegge mikrobiell aktivitet i de ulike vekstmediene.

6.4 Lufttilgang, infiltrasjonsevne og motstandevne mot kompresjon

Resultatene så langt tyder på største fordelene med perlitt i vekstmediet på golfgreener er at det luffylte (makro)porevolumet, og dermed vannledningsevnen og og infiltrasjonskapasiteten øker (Tabellene 11 og 12, Figur 2). Denne fordelene vil sannsynligvis bli større jo eldre greenene blir, og det er derfor viktig å utføre mye infiltrasjonsmålinger og ta ut nye sylinderprøver ved avslutning av forsøket høsten 2009. Tre måneder etter anlegging varierte jordtettheten fra 1.26 til 1.39 kg dm⁻³, dvs. omtrent det som regnes som optimalt på USGA-greener (Waltz et al. 2000, USGA 2004). På rene sandgreener har vi derimot i tidligere forsøk rapportert jordtettheter over 1.6 kg dm⁻³ (Larsbo et al.

2008), dvs. i nærheten av 1.7 kg dm⁻³ som regnes som kritisk for rotutvikling hos gras (Brady & Weil 1999). Waltz et al. (2000) fant at greener med 15% keramisk leire gjennomgående hadde hardere overflate og var mer motstandsdyktige mot komprimering enn greener med 15% torv i vekstmassen.

Dette er karakterer som har stor betydning både for spillekvaliteten og vedlikeholdsbehovet til greenene, og de bør derfor følges opp med regelmessige målinger av greenenes hardhet med Clegg Impact Hammer i det siste prosjektåret. Det er også viktig at forsøket følges opp med enda hyppigere kompresjon og slitasje enn i 2008, gjerne tilsvarende 40.000 golfrunder.

6.5 Forslag til protokoll for 2009

Skjøtsel

- Klipping: Mandag, onsdag og fredag. Klippehøyde starter på 4.5 mm i april, reduseres gradvis til 3.0 mm i slutten av mai. Øker igjen gradvis til 4.5 mm fra midten av september.
- Slitasje: To overrullinger med slitasje/friksjonstrommel etter hver klipping. (Tilsvarende 40.000 runder pr år.)
- Gjødsling: Annenhver uke, hovedsakelig Arena-produkter med Anderson 13-2-13 to ganger i sesongen, total N-mengde 1.5 kg N/100m².
- Vanning: 3 mm etter hver gjødsling og dressing, ellers underskuddvanning med 6 mm hver gang Thorsruds evaporimeter viser en akkumulert fordamping på 8 mm (ca hver tredje dag.) Vanning utføres ommorgenen (kl 06.00).
- Vertikalskjæring: En gang pr måned.
- Lufting: Hullpipelufting ble utført i november 2008, gjentas ikke i 2009.
- Dressing: Ca 3 mm Baskarpsand (0.2-0.8 mm) i april for å fylle huller og jevne ut overflaten. Seinere 'dusting' med 0.2 mm sand en gang pr uke.
- Sprøyting: Amistar Duo mot overvintringssopp i oktober, eventuelt tidligere hvis problemer med sopp i veksts sesongen. Oppfølges av prøvetaking.

Registreringer:

- Overvintringskade / tidspunkt for vekststart: Slutten av mars
- Visuelt inntrykk: Dekningsprosent, skuddtetthet, farge, evt. sjukdomsangrep og helhetsinntrykk: En gang per måned.
- Rotutvikling og filttykkelse
 - Hengende jordsøyle: 1.mai, 1.juli og 1.september
 - Vasking av røtter fra sjuiktene 0-2 cm, 2-12 cm og under 12 cm: 1.oktober
- Vanninnhold:
 - Med TDR-måler, 12 cm sensorer, en gang pr måned (tilfeldig i forhold til vanning).
 - Uttak og oppdeling av jordprøver i sjiktene 0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-10 cm, 10-15 cm og 20-30 cm. En gang i sesongen (august).
- Spillekvalitet: Hardhet (Clegg hammer) og ballrull (stimpmeter): En gang pr måned.
- Infiltrasjon, lite dobbeltringinfiltrimeter: 1.juli og 1.oktober
- Næringsutlekking: Perioden 1.juli - 1.september
- Pesticidutlekking: En måned etter sprøyting med Amistar Duo.
- Sylindrerprøver: Fra djupa 2-5.7 cm og 15-18.7 cm ved vekstavslutning 15.oktober.

7. Referanser

- Baker, S.W. 1984. Long-term effect of three amendment materials on the moisture retention characteristics of a sand-soil mix. *Journal of the Sports Turf Research Institute* 60: 61-65.
- Bigelow, C.A., D.C. Bowman, & D.K Cassel. 1999. Germination and establishment with root-zone amendments: Sphagnum peat moss offers the best results in greenhouse study. *Golf Course Management* 67 (4): 62-65.
- Bigelow, C.A., D.C. Bowman, & D.K Cassel. 2004. Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green rootzones. *Crop Science* 44: 900-907.
- Brady, N.C. & R.R. Weil. 1999. *The nature and properties of soils*. prentice Halls, NJ, USA.
- Crawley, W. & D. Zabcik. 1985. Golf green construction using perlite as an amendment. *Golf Course Management* 53 (7): 44-52.
- Habeck, J. & N. Christians. 2000. Time alters greens' key characteristics: Organic matter increases in the root zone; water movement changes. *Golf Course Management* 68 (5): 54-60.
- Holen, B., & A. Christiansen. 2006. *Handbook of analytical methods for pesticide residues*. Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Bioforsk Laboratory, Ås, Norway.
- Hummel, N.W. 1993. Rationale for the revisions of the USGA green construction specifications. *USGA Green Section Record* 31 (2): 7-21.
- Joo, Y.K., J. P. Lee, N. E. Christians & D. D. Minner. 2001. Modification of sand-based soil media with organic and inorganic soil amendments. *International Turfgrass Society Research Journal* 9 (2):525-531. .
- Larsbo, M., T.S. Aamlid, L. Persson, & N. Jarvis. 2008. Fungicides leaching from golf greens: effects of root zone composition and surfactant use. *Journal of Environmental Quality* 37: 1527-1535.
- Ludvigsen, G.H. & O. Lode. 2008. *Jord- og vannovervåking i landbruket 2006. Resultater fra overvåking av pesticider i bekker og elver i Norge*. Bioforsk Rapport 3 (33): 1-27.
- Murphy, J.A., J.A. Honig, H. Samaranayake, T.J. Lawson & S.L. Murphy. 2001. Creeping bentgrass establishment on rootzones varying in sand sizes. *International Turfgrass Research Journal* 9: 573-579.
- Murphy, J.A., H. Samaranayake, J.A. Honig, T.J. Lawson & S.L. Murphy. 2004. Creeping bentgrass establishment on sand-based rootzones varying in amendment. *USGA Turfgrass and Environment al Resaearch Online* 3 (10): 1-15.
- Petrovic, A.M. 1990. The fate of nitrogenous fertilizers applied to turfgrass. *Journal of Environmental Quality* 19: 1-14.
- Sartain, J.B. & H.D. Gooding 2000. Reducing nitrate leaching during green grow-in: Amendments and fertilizers are key to reducing pollution. *Golf Course Management* 68 (4):70-73
- USGA 2004. USGA recommendations for a method of putting green construction. http://www.usga.org/turf/course_construction (Lastet 13.mars 2009).
- Waltz, C., S. Burnett, V. Quisenberry & B. McCarty. 2000. Soil amendments affect compaction, soil strength: With added peat, ceramic clay or diatomaceous earth, sand compacts less. *Golf Course Management* 68 (11): 49-55.
- Waltz, C. & B. McCarty 2000. Soil amendments affect turf establishment rate: Creeping bentgrass thrives in peat and sand during grow-in. *Golf Course Management* 68 (7):59-63.
- Waltz, C. & B. McCarty 2003. Managing water-repellent soils with inorganic soil amendments: Additional research is needed, but inorganic soil amendments may reduce water repellency in turfgrass root zones of putting greens. *Golf Course Management* 71 (8): 87-90.
- Wasura, J.P. & A.M. Petrovic. 2001. Physical stability of inorganic amendments used in turfgrass root zones. *International Turfgrass Society Research Journal* 9: 636-641
- Aamlid, T.S. 2005. Organic amendments of sand-based golf greens: Effects on establishment rate, root development, disease occurrence and nutrient leakage during the first year after sowing. *International Turfgrass Society Research Journal* 10: 83-84 (Annexe)
- Aamlid, T.S. 2008. Organic amendments to the USGA green root zone: Soil and turf characteristics over a three year period. I: S. Magni (red.): *Proceedings, 1st European Turfgrass Society Conference, 19th-20th May 2008, Pisa, Italy*. s. 37-38.
- Aamlid, T.S, T. Espevig, B. Molteberg, A. Tronsmo O.M. Eklo, I.S. Hofgaard, G.H. Ludvigsen & M. Almvik 2009a. Disease control and leaching potential of fungicides on golf greens with and without organic amendment to the sand-based root zone. *International Turfgrass Research Journal* 11 (In press).
- Aamlid, T.S., M. Larsbo & N. Jarvis 2009b. Effects of surfactant use and peat amendment on leaching of fungicides and nitrate from golf greens. *Biologia* 64 (In press).