

Resultater fra STERF og R&A-projektet FAIR WATER II:

Kan brakvand eller spildevand anvendes til vanding på golfbaner?

Af: Michael Bekken^{1,2}, Peter Edman³, Fredrik Seeger³, Trygve Aamlid¹

¹NIBIO-Landvik, Norge, ²Trinity College, Dublin, Irland

³Det Svenske Golfforbund (SGF)



Figur 2. Emmaboda GK. Foto: Michael Bekken.

Efterhånden som vi ser effekterne af klimaændringerne blive mere tydelige med f.eks. mere sommertørke, vil flere golfbaner i Nord-Europa blive nødt til at overveje alternative kilder til vandingsvand.

Det kan være i form af brakvand eller spildevand. Omtrent 70 golfbaner i Sverige og Finland ligger nær Østersøen, og flere af dem bruger allerede alternative vandingskilder i form af brakvand fra Østersøen. Vandet herfra indeholder 0,6–1,0 % salt (NaCl), som er betydeligt mindre end i havvand ($\approx 3,5\%$), men alligevel er det mere end nok til at skabe udfordringer, når det anvendes til vanding.

Overskud af salt i vandingsvand og jord er et problem, fordi høje saltkoncentrationer begrænser græssets vandoptagelse. Saltindholdet i vandingsvand måles ved elektrisk ledningsevne (EC) og betegnes EC_w. Jordens saltindhold måles også ved elektrisk ledningsevne og betegnes EC_e.

Udover at kende til det totale saltindhold er jordens sodicitet vigtig.

I projektet FAIR WATER II blev anvendelsen af brak- og spildevand til vanding undersøgt på syv svenske golfbaner langs Østersøen (Figur 1). På tre greens på hver bane analyserede vi vandingsvandets kvalitet, jordens saltindhold og sodicitet.

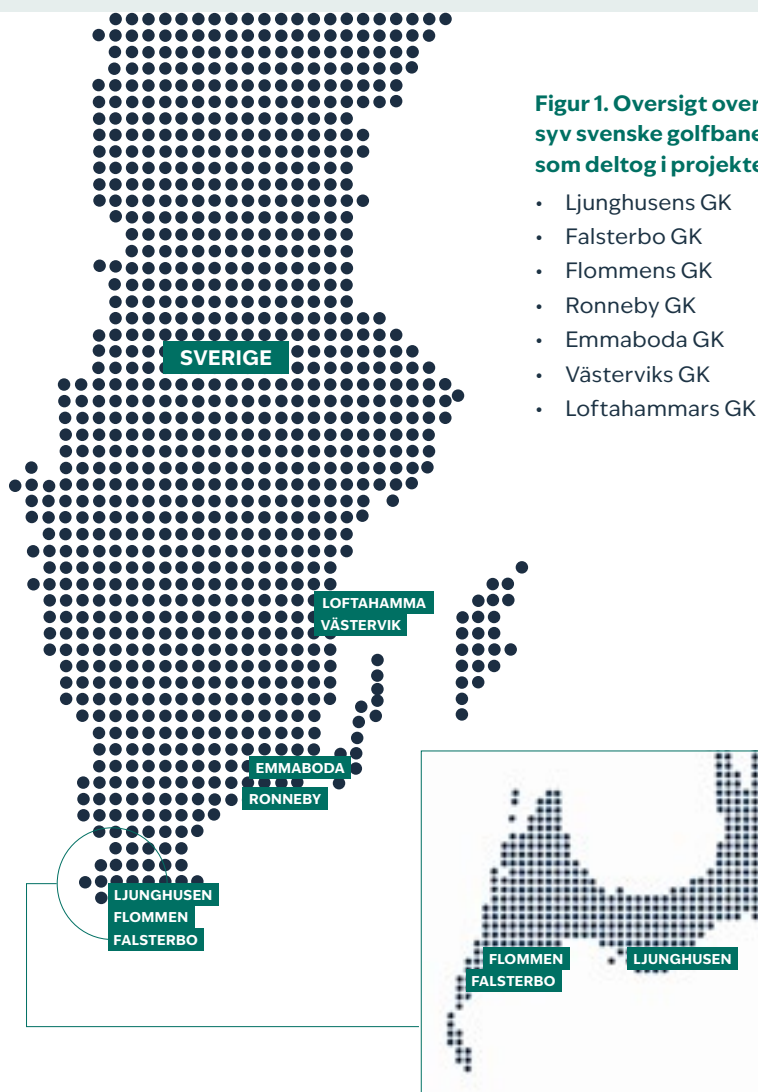
Metoder

Prøver af vandingsvand og jord fra de øverste 10 cm på de tre greens blev analyseret på laboratorium. Grænseværdier for de græsarter vi normalt anvender er angivet nedenfor:

- **Saltindhold** (elektrisk ledningsevne, enhed dSiemens/meter) i vandingsvand (ECw):
 - **< 0,75 dS/m:** Ingen negative effekter
 - **0,75–1,5 dS/m:** Symptomer på saltstress kan forekomme
 - **> 1,5 dS/m:** Supplerende udvaskning med rent vand er påkrævet
- **Saltindhold** (elektrisk ledningsevne) i jord (ECe): 2–4 dS/m (afhænger af græsarten)
- **Sodicitet i vandingsvand** (SAR, dvs. indholdet af Na i forhold til Ca og Mg): 10
- **Sodicitet i jord** (ESP, Exchangeable Sodium Percentage): 15 %

Figur 1. Oversigt over de syv svenske golfbaner som deltog i projektet.

- Ljunghusens GK
- Falsterbo GK
- Flommens GK
- Ronneby GK
- Emmaboda GK
- Västerviks GK
- Loftahammars GK



« Overskud af salt i vandingsvand og jord er et problem, fordi høje saltkoncentrationer begrænser græssets vandoptagelse

Sodicitet

Sodicitet beskriver forekomsten af natrium (Na) i vandingsvand og i jord. Sodicitet i vandingsvand måles som natriumadsorptionsforholdet (Sodium Adsorption Ratio), som er forholdet mellem natriumioner og calcium (Ca) og magnesium (Mg) ioner. Sodicitet i jord måles som ombytteligt natrium i procent af total kationbytningskapacitet (Exchangeable Sodium Percentage, ESP). Højt indhold af natrium i jorden fører til, at lerkolloider opløses, hvilket reducerer jordens indhold af makroporer og dermed dens infiltrationsevne og porøsitet.

Resultater

Samtaler med chefgreenkeeperne på de syv golfbaner viste at de bruger vandingsvand fra forskellige kilder (Tabel 1). På Västervik GK opsamles regnvandet fra et nærtliggende boligområde og dette bruges direkte eller blandes med brakvand fra Østersøen. Emmaboda og Loftahammar GK vander med spildevand fra et rensningsanlæg. Ljunghusen, Falsterbo og Flommen GK bruger grundvand, som i perioder påvirkes af indtrængning af brakvand fra Østersøen. Ronneby GK anvender vand fra en elv med udløb tæt på Østersøen, og i tørre perioder bliver dette vand påvirket af salt.

Analysen af vandingsvand fra oktober 2024 viste at saltindhold og sodicitet stort set lå under grænseværdierne for de græsarter som bruges på golfbaner i Norden. Kun Ljunghusen havde EC_w tydeligt over grænseværdien på 0,75 dS/m (Tabel 2). Prøver taget sommeren 2025 viste betydeligt højere niveauer. I juni 2025 indeholdt vandingsvandet på Ljunghusen og Falsterbo mere salt end grænseværdien på 0,75 dS/m. I tillæg blev SAR-grænsen på 10 overskredet på Ljunghusen, men ikke på Falsterbo (Tabel 2).

Til trods for det høje saltindhold i vandingsvandet, blev grænseværdien for saltindhold i jorden dog ikke

overskredet på hverken Ljunghusen eller Falsterbo (Tabel 3). Det maksimale saltindhold i jorden var EC_e =1,2 dS/m.



Der er mange muligheder for golfbaner i områder med mangel på rent vand til vanding

Tabel 1. Oversigt

Oversigt over hvilke typer af vandingsvand der anvendes, symptomer på saltskader i enkelte år, gennemførte tiltag og græsarter på greens på de syv svenske baner.

Golfbane	Vandingsvand	Symptomer på græsset	Tiltag mod saltskader	Græsarter på greens
Ljunghusen	Saltholdigt grundvand	Gulfarvning	Ingen	Enårig rapgræs, rødsvingel, krybhvene, rajgræs
Falsterbo	Saltholdigt grundvand	Stresset, gult og svagt græs	Flushing, RePhlex afspændingsmiddel	Rødsvingel, krybhvene, enårig rapgræs
Flommen	Overfladevand fra boligområde + saltholdigt grundvand	Mindre saftspænding, tørkepletter	Flushing, alginat, sprøjtning med calcium, luftning	Enårig rapgræs, rødsvingel, krybhvene, alm. hvene
Ronneby	Vand fra elv nær Østersøen. Saltholdigt i tørre perioder.	Døde pletter/ tørkepletter	Ingen	Enårig rapgræs, krybhvene
Emmaboda	Vand fra rensningsanlæg som løber gennem flere damme på golfbanen	Ingen	Ingen	Enårig rapgræs, krybhvene, rødsvingel
Västervik	Greens: Regnvand opsamlet fra boligområde Fairways: Regnvand blandet med vand fra Østersøen	Ingen	Ingen	Enårig rapgræs, krybhvene, rødsvingel
Västervik	Greens: Regnvand opsamlet fra boligområde Fairways: Regnvand blandet med vand fra Østersøen	Ingen	Ingen	Enårig rapgræs
Lofta-hammar	Spildevand fra rensningsanlæg	Ingen	Ingen	Enårig rapgræs, krybhvene

Selv om vandingsvandet på disse to baner oversteg grænseværdien, var der altså tilstrækkeligt med nedbør til at forhindre at saltindholdet i jorden blev for højt. I modsætning til en del tidligere år, blev der derfor heller ikke registreret synlige saltskader i sommeren 2025.

Når det gælder sodicitet, var ESP i jorden i de undersøgte greens forhøjet i juni og august 2025 sammenlignet med oktober 2024, men ingen af værdierne overskred 15 %. Højt indhold af natrium er sjældent problematisk på sandbase-rede greens på grund af det lave lerindhold. I fremtiden bør man derfor tage prøver på fairways, særligt på lerjord, på golfbaner som har høje SAR-værdier i vandingsvandet.

Ved Ronneby var ECw i vandingsvan-det 4,6 dS/m i juni 2025 og 5,0 dS/m i august 2025 (Tabel 2). Dette er et meget højt saltindhold, som normalt ville kræve ekstra vanding med rent vand for å undgå ophobning af salt i vækstjorden. Sodiciteten i vandings-vandet var også høj med SAR-værdier på henholdsvis 21 og 28, langt over den anbefalede tærskel på 10. Den høje so-dicitet i vandingsvandet blev genspejlet i jordanalyserne, hvor ESP var tæt på 30 % i august 2025 (Tabel 3), hvilket er langt over den anbefalede grænse på 15 %. Af de syv golfbaner var det altså Ronneby som havde de mest kritiske analyse-værdier, men heller ikke her blev der påvist synlige saltskader i 2025.



Vores indtryk er at de involverede baner klarer udfordringerne med højt saltindhold eller sodicitet godt.

Tabel 2 Saltindhold og sodicitet

Saltindhold og sodicitet i prøver af vandingsvand på tre forskellige tids-punkter på de syv baner. Overskridelse af anbefalet grænseværdi med rødt.

Vandingsvand	Salinitet: ECw (dS/m) (Grænseværdi: 0,75)			Sodicitet: SAR (Grænseværdi: 10)		
	Okt-24	Jun-25	Aug-25	Okt-24	Jun-25	Aug-25
Ljunghusen (ny)	2.5	2.0	1.7	5.7	19	16
Ljunghusen (gml.)	-	1.6	2.1	-	14	24
Flommen	0.40	0.74	0.47	1.6	3.7	2.9
Falsterbo	-	1.2	1.1	-	6.4	6.0
Ronneby	0.19	4.6	5.0	1.2	21	28
Emmaboda	0.21	0.16	0.3	1.3	0.21	0.99
Västervik	0.31	0.25	0.22	2.6	0.70	0.61
Loftahammar	0.53	0.84	0.80	2.2	4.3	3.4

Tabel 3 Saltindhold og sodicitet

Saltindhold og sodicitet i jordprøver taget på forskellige tidspunkter i de øverste 10 cm af vækstlaget på de syv golfbaner. Tallene dækker over gennemsnit for tre greens på hver bane. Overskridelse af anbefalet grænseværdi med rødt.

Jordprøver	Salinitet ECe (dS/m). Grænseværdi: 2,0			Sodicitet: ESP (%). Grænseværdi: 15		
	Okt-24	Jun-25	Aug-25	Okt-24	Jun-25	Aug-25
Ljunghusen	1.0	1.1	1.0	4.8	11	12
Flommen	0.5	0.8	0.9	2.0	9.0	6.8
Falsterbo	0.4	1.2	0.9	2.6	6.3	5.8
Ronneby	0.6	2.3	2.0	3.7	3.9	29
Emmaboda	0.5	0.5	0.6	1.1	4.0	2.4
Västervik	0.7	1.4	0.8	1.3	4.6	2.5
Västervik (fairway)	0.8	1.0	0.8	1.3	2.6	1.9
Loftahammar	0.4	0.9	1.0	1.9	5.1	8.4



Figur 3. Vandingsdam på Västervik GK, hvor man blander brakvand fra Østersøen med overfladevand (regnvand) fra et nærliggende boligområde. Foto: Lars Delbom.

Tiltag imod højt saltindhold

På golfbaner med højt saltindhold i vandingsvandet, bør man beregne et udvaskningstillæg (leaching fraction) for at holde jordens saltindhold på et acceptabelt niveau. Udvasningsstillægget kan beregnes som:

Udvasningsstillæg = $EC_w / (5 \times EC_e)$ (grænseværdi for saltskader) – EC_w , hvor EC_w er vandingsvandets ledetal, og EC_e -værdien er det maksimale saltindhold i jorden som græsset tåler. Vi anbefaler at analysere saltindholdet i jorden, da symptomer på saltstress, er begyndt at opstå. Grænseværdien vil sandsynligvis ligge mellem 2 og 4 dS/m, lavere for enårig rapgræs og alm. hvene end for krybhvene og rødsvingel, og lavere i etableringsfasen end i etableret græs.

Hvis man f.eks. beregner et udvasningsstillæg på 0,5, betyder det, at der kræves 50 % mere vand til udvaskning af salte udover det som græsset behøver for at dække fordampningen. Udvasning forudsætter, at vandet kan bevæge sig ned gennem jorden og vil derfor kun fungere på jordtyper som dræner godt.

Hvis vi f.eks. tager den høje salinitet i vandingsvandet ved Ronneby i juni 2025 (4,6 dS/m, tabel 2) og antager, at jordens saltindhold ikke skal overstige 2,3 dS/m, som blev målt samme måned, vil udvasningsstillægget blive: $4,6 / (5 \times 2,3 - 4,6) = 0,67$. Hvis evapotranspirationen (ET) på banen kendes i en given

periode, kan vandbehovet beregnes i millimeter: Vandingsbehov = $ET \text{ (mm)} / (1 - \text{udvasningsstillæg})$. I eksemplet fra Ronneby GK, med en antaget daglig ET på 4 mm, vil det daglige vandbehov være: $4 \text{ mm} / (1 - 0,67) = 12 \text{ mm}$.

Tiltag imod høj sodicitet

På jordtyper med meget ler, kan calciumsulfat (gips) tilføres for at erstatte natrium med calcium i lerkolloiderne. Hvor meget gips som skal tilføres vil afhænge af, hvor langt ESP ligger over grænseværdien på 15%, jordens kationbytningskapacitet, jordens kompimering og hvor langt ned man ønsker at calcium skal fortrænge natrium. Eksempler på sådanne beregninger findes hos Carrow & Duncan (1998) og Woods (2022).

Konklusion

De alternative kilder til vandingsvand som blev anvendt i dette projekt viser, at der er mange muligheder for golfbaner i områder med mangel på rent vand til vanding. Vores indtryk er, at de involverede baner håndterer udfordringerne med højt saltindhold eller sodicitet godt. Ved Ljunghusen, Falsterbo, Flommen og Ronneby oplever de dog problemer om sommeren, hvor kvaliteten på greens og fairways vil kunne forbedres, hvis man beregner et udvasningsstillæg ved vanding, og kvaliteten af fairways på lerjord kan muligvis forbedres ved tilførsel af calciumsulfat (gips).

Kilder:

- Aamlid, T.S., Bekken, M., Hesselsøe, K.J., Edman, P. & Seeger, F. 2025. Nyt STERF-projekt om filt, dybdeluftning, afspændingsmidler og vanding med brak- eller spildevand. Greenkeeperen nr 1, 2025.
- Aamlid, T.S. & P.J. Landschoot 2007. Effect of spent mushroom substrate on seed germination of cool-season grasses. HortScience 42(1): 161-167.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage, Paper 29. FAO, Roma.
- Carrow, R.N. & R.R. Duncan 1998. Salt-affected turfgrass sites. Assessment and management. Ann Arbor Press, Michigan, USA. 185 pp.
- Lui, H., Todd, J.L. & Luo, H. 2023. Turfgrass Salinity Stress and Tolerance – A Review. Plants 12(4): 925.
- Woods, M. 2022. Soil and water management: 3 primary problems with solutions. Asian Turfgrass Center. <https://www.asianturfgrass.com/post/soil-water-management-3-problems-with-solutions/>