

Kostnadseffektiv konstruktion av utomhus vistelseytor

Performance of cost efficient all-weather surfaces for cattle



Hans von Wachenfelt

JBT

Alnarp, 2010-02-23

Finansiering

Studien har finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning (V0646006) tillsammans med Alnarps Partnerskap, LRF - Skåne samt Svensk Sigill (384/09/Anim).

1 Bakgrund

Djur har behov av motion utomhus under vinterhalvåret (Gustafson, 1993; Regula et al., 2004). För att upprätthålla god kondition, bör nötkreatur gå åtminstone 3-4 km/dag (Phillips, 2002). Utomhus vistelseytor i stallbyggnaders närhet blir ofta upptrampade pga för hög djurbelastning. Djurens transportförmåga på upptrampade gångtytor minskar och kan orsaka undernäring och skapar svårigheter för foder- och djurtransporter (Riskowski & DeShazer, 1976; Degen & Young, 1993; von Wachenfelt, 1998; Gunnarsson et al., 2003). Den största orsaken är dålig bärighet hos gång- och transportytan pga hög vattenhalt i markmaterialen tillsammans med hög djurbelastning.

Förbättringar har utförts av utomhusytans konstruktion för att möjliggöra användning under alla väderleksförhållanden, exempelvis dränerande gruskuddar, användning av betong och asfalt som fasta och täta utomhusytor. De senare konstruktionerna är dyra och både betong och asfalt kräver regelbunden rengöring och de förorsakar större mängd ytvatten jämfört med genomsläppliga utomhusytor (White, 1973).

1.1 *Utomhusytor konstruerade av geotextil*

En mer kostnadseffektivt sätt att tillverka all-väders utomhusytor till nötkreatur är att använda en konstruktion sammansatt av geotextil och grus vilket medger reducerat grundläggningsdjup hos konstruktionen (KY-NRCS, 1998). Dessa geotextil-grus konstruktioner har använt av lantbrukare i USA som allväders utomhusyta för nötkreatur sedan 1990-talet, för att minska problem med gjyttja, ytvatten och erosion på hårt belastade utomhusytor (Ruhl et al., 1997). Geotextil har ofta använts för att hålla isär olika lager av grusfraktioner och separera gruslager från jordlager inom lantbruket. Geotextilfiber förbättrar den lastbärande kapaciteten (fördelar lasten över större yta), stabiliserar, förbättrar dräneringsförmåga och infiltration på platsen.

På grund av geotextilens speciella dränerings- och infiltrationskvalitet kan det finnas risk för kontamination inom områden med tillförsel av nötkreaturgödsel, speciellt om underliggande jordlager har en genomsläpplig struktur. Konsekvenserna av detta kan bli upplagring av näringsämnen i vissa markskikt och att snabbbrörliga näringsämnen transporteras till närliggande vattendrag.

Ett flertal studier har utförts för att se om olika gödseltyper i kombination med ett organiskt materialskikt (halm) kan minska förluster genom läkage (Barrington et al., 1995) utan att använda tätskikt, betong eller asfalt. I studier med nötkreaturgödsel (med ts om 1,0-7,5 %) har det visat sig att vissa geotextiltyper sätter igen vid direkt kontakt med gödsel (Barrington et al., 1998), vilket kan betyda att geotextil kan övergå till att bli ett tätskikt eller barriär mot grundvattenföroreningar. Gränsvärdet för kväveläckage genom tätskikt i mark anges av ett flertal amerikanska miljömyndigheter till 0,6 g N/m²,dygn.

2008 undersökte Singh et al. 200 mm tjocka ”gruskuddar”, omslutna och armerade med olika typer av geotextilväv avsedda för hårdbelastade transporttytor för nöt. Syftet var att minimera föroreningar i yt- och dräneringsvatten. Gruskuddarna hade en signifikant effekt på TS-innehåll, COD, nitratkväve, totalkväve och totalfosfor i ytvattnet. Gödselrengöring hade ingen signifikant effekt på ytvattenkoncentrationen. Trots att små mängder näringsämnen förlorades via ytvatten och läkage, var föroreningskoncentrationen både i ytvatten och i läckvätska hög, med totalfosforvärden om 80 mg i ytvattnet och 40 mg nitrat i läckvätskan.

Vävd geotextiler tycks vara mer effektiva i att kvarhålla torrsustans och organiskt material än icke-vävd geotextiler. Detta beror förmodligen på dess låga genomsläpplighet och infiltrationshastighet jämfört med ickevävd material. Enligt Singh et al. (2008) visar resultaten att vävd geotextil/grus kombinationer kan vara det bästa valet för att minska risken för grundvattenförorening via läckvätska till underliggande mark.

Av ovanstående litteraturgenomgång framgår att stora delar av de miljöpåverkande innehållet av BOD, COD och TS kan reduceras vid passage genom geotextil/gruskudden, vilket i sin tur underlättar ett senare omhändertagande av vätskorna i våtmark (von Wachenfelt, 2003). Även organiskt kväve kan omvandlas till mineralkväve. Underliggande jordmaterial

skulle kunna bli mindre förorenat om en kombination av geotextil används, där övre skiktet ökar dräneringskapaciteten, medan geotextilen i det undre skiktet skulle ha tätande egenskaper mot underliggande jord och därmed förhindra näringsläckage, upplagring av näringsämnen i vissa markskikt och grundvattenförorening. I undersökningen som genomfördes av Singh et al. (2008) var det huvudsakliga målet att ta reda på hur ytvattenförekomst och läckvätska påverkades av olika geotextil/grus kombinationer under olika gödselbelastning och nederbörd på försöksytorna.

1.2 SYFTE OCH MOTIVERING

Föreliggande projekt syftade till att:

- undersöka om geotextilväv och grus gav acceptabel täthet mot underliggande mark på hårdbelastade vistelseytor och rastfällor,
- prova vilka kombinationer av geotextilväv och grus som gav bäst dräneringseffekt, dvs minsta mängd förorenat ytvatten då ytorna utsattes för måttligt till häftigt regn
- undersöka vilken vätske kvalitet som kunde förväntas från yt- och dräneringsvatten från en geotextil/grusprofil vid olika gödsel- och nederbördsbelastning
- undersöka om regelbunden gödselrengöring påverkade yt- och dräneringsvattenkvaliten.

Målet med studien var att ta reda på vilken geotextil/gruskudde som gav minst förorenat ytvatten och dräneringsvatten då ytorna utsätts för normal nederbörd samt vätskornas föroreningsgrad.

- Hypotesen var att en 150 mm geotextil/gruskudde ger tillräcklig infiltrering av ytvatten, dränering samt täthet mot undergrund så att geotextil/grus kan ersätta ett tätskikt, se B3 nedan.

2 Material och metoder

2.1 Försöksuppställning

Två fältförsök genomfördes på fyra olika provytor av geotextil/gruskombinationer i en split-plot design. Provytornas sammansättning (behandling) var som följer:

- B1. Geomembran, 50 mm sand, icke-vävd (Protexia FC 021) och vävd geotextil (Propex 6083), 150 mm grus (16-32 mm) and 50 mm grus (8-16mm)
- B2. Geomembran, 50 mm sand, vävd geotextil (Propex 6083) och icke-vävd (Propex Drain 68g), 150 mm grus (16-32 mm) och 50 mm grus (8-16mm)
- B3. Geomembran, 50 mm sand, vävd geotextil (Propex 6063), 150 mm grus (16-32 mm) och 50 mm grus (8-16mm)
- B4. Kontroll: Geomembran, 150 mm grus (16-32 mm) och 50 mm grus (8-16mm).

Provytornas sammansättning valdes utifrån tidigare experiment utfört av Singh et al. (2008). Behandling B3 baserades på specificationer från Kentucky Natural Resources Conservation Service (KY-NRCS 1998). En provyta av grus utan geotextiler användes som kontrollyta.

Gödsel från dikor tillfördes försöksytorna före varje experiment. Tillförseln av gödsel utfördes på två sätt. I det första experimentet (exp1), omfattande 5 delförsök, tillfördes gödsel och direkt efter varje delförsök togs gödseln bort, vilket motsvarade regelbunden rengöring av ytan. I det andra experimentet (exp2), omfattande 5 delförsök, fick gödseln ackumuleras på försöksytan, dvs ingen rengöring.

2.2 Försöksytans konstruktion

Vid experimentens utförande användes åtta försöksytor (två upprepningar) om 2 x 6 m vid SLU, Alnarp. Provytorna hade en jämn lutning om 3% längs huvudaxeln och var helt i våg längs den korsande axeln (figur 1).



Figur 1. Provyta av geotextil/grus med lågpunkt och utlopp för läckvätska längst till vänster. Ovanpå PVC membranen fylldes ett lager upp med grovsand för att samla läckvätska till läckvätskeutloppet. En svart geotextil separerade grusen i utloppsdiket från sandlagret. Därefter följde geotextiler samt grusmaterial. Färdig provyta till höger.

Provytornas kanter begränsades av råspont vilken hölls på plats med nedslagna stolpar. Lutning och avjämning inuti provytan utfördes genom fyllning och ovanför denna placerades en PVC membran vars lägsta punkt mynnade i ett läckvätskedike (figur 1). Ett lager grovsand fyllde ut mellanrummet för läckvätskeuppsamling ovanpå membranet.

Sandlagret täcktes med geotextil eller en kombination av geotextil vilka i sin tur täcktes av 150 mm grovgrus (16-32 mm) och 50 mm grus (8-16 mm). Både läck- och dräneringsvätska rann ut genom var sitt 50 mm plaströr.

Uppsamlingsytan för dräneringsvätska var hela provytan (12 m^2), medan läckvätskan samlades från 11 m^2 . En ränna installerades längs nedre kortändan av provytan för provtagning av ytvatten. Yt-, dränerings- och läckvätska provtogs när de rann ur sina respektive rör.

2.3 Gödsel till provytorna

Tillförseln av gödsel var 15 kg/provyta och motsvarade en djurtäthet om 6 dikor under 4 timmar per dag (Kemira, 2001). Gödseln hämtades från en gård med dikor med skrapad gång vid foderbordet. Gödselproverna analyserades med avseende på totalkväve (TN), totalt ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), totalfosfor (TP), kol kväve kvot (C/N), aska and torrs substans (TS) enligt (ISS, 2003). Gödselkoncentrationen av ovan nämnda parametrar överensstämde med innehållet hos normal dikogödsel (Kemira, 2001), se tabell 1.

Tabell 1. Nötkreaturgödselns sammansättning *Se vidare LTJ rapport.*

2.4 Provtagning av yt-, drän- och läckvätska

En regnsimulator, med möjlighet att tillföra 0-70 mm/h på en provyta om 2 x 6 m åt gången, användes för att åstadkomma yt-, drän- och läckvätska från provytorna. Regnsimulatoren fungerade som en ogrässprika med munstycken monterade på en sprutbom vilken vandrade fram och åter över provytan. Blötläggningen avbröts då ett kontinuerligt flöde erhöles i alla rören. Omedelbart efter att blötläggningen avbrutits tillfördes gödsel över hela provytan. Därefter startades regnsimulatoren igen under 30 minuter med 50 mm per timme.

Vätskorna provtogs direkt från varje vätskeflöde i graderade enliters bägare, en för var mätpunkt. Alla prov placerades i frys direkt efter provtagning. Proverna analyserades med avseende på totalkväve (TN), total ammoniumkväve ($\text{NH}_4\text{-N}$), nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$), totalfosfor (TP), kemisk syreförbrukning (COD) och torrs substans (TS) enligt (ISS, 2003). Volymflödena beräknades genom numerisk integration av yt-, drän- och läckvätskeflöde med avseende på tiden. Föroreningsmängderna erhöles genom att multiplicera koncentrationen för var och en föroreningsparameter med respektive volymflöde.

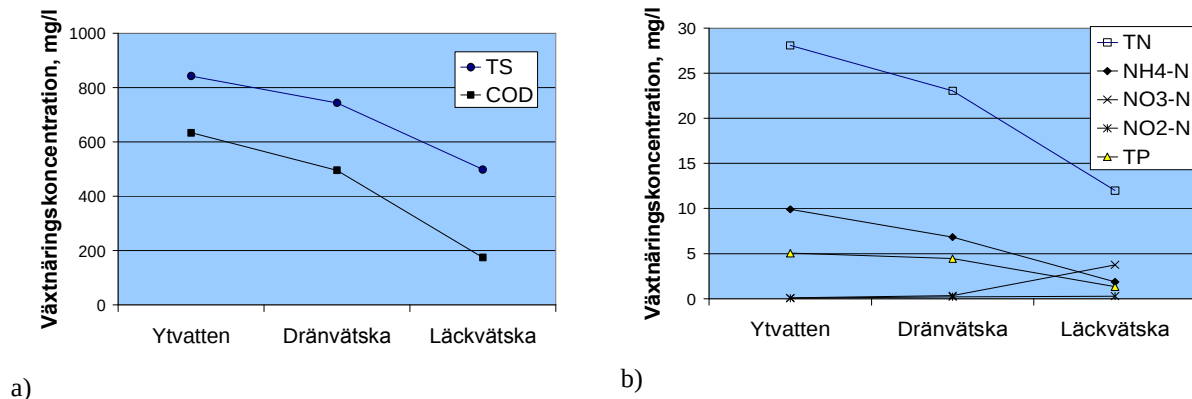
2.5 Statistisk analys

Försökssupställningen var av split-plot modell utan block för gödselrengöring eller gödselackumulering som huvudfaktor och de fyra provytebehandlingarna som split-plot faktor. En variansanalys PROC MIXED utfördes i SAS Institute Inc. (2003) för att bestämma effekten av gödselrengöring eller ackumulering och provytebehandlingarnas påverkan på innehållet av TS, COD, växnäringsinnehåll i vätskeproverna samt vätskeflödet. *Se vidare LTJ rapport.*

3 Resultat

3.1 Vätskeflöde

Ytvattenflödet var lågt på grund av det relativt grova ytmaterialet på provytorna, vilket höll ytvattenflödet på samma nivå i båda experimenten. Dränerings- och läckvätskeflödet låg mellan 189 till 317 liters/m² h respektive 34 till 237 liters/m² h i exp1, medan motsvarande flöden var 219 till 382 liters/m² h respektive 5 to 126 liters/m² h i exp2. Dräneringsflödets medelvärde var det samma under de två experimenten medan läckflödet minskade i medeltal med 44 %.



Figur 2. Medelvärden av växtnäringskoncentrationen hos vätskorna från alla provytor analyserade från ytvatten (n=80), dräneringsvätska (n=80) och läckvätska (n=60) för a) TS, COD, b) TN, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N och TP.

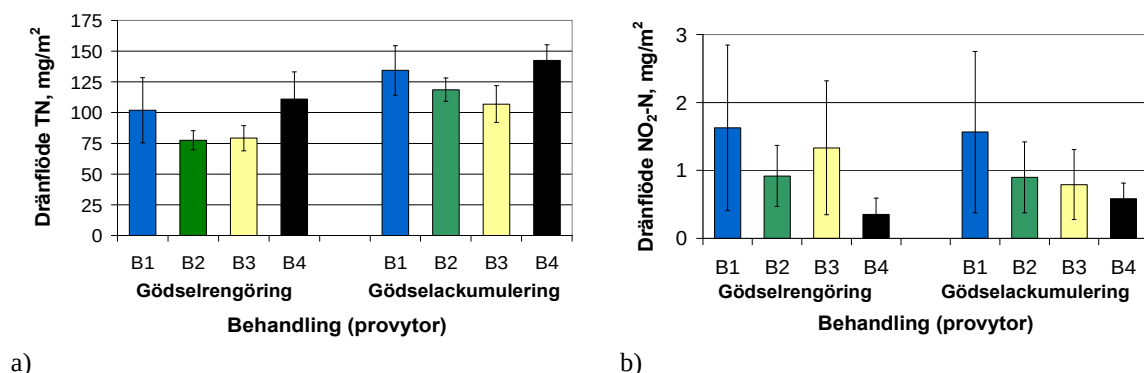
För behandling B2 minskade läckvätskeflödet från 178 to 79 l liters/m² h mellan de två experimenten, och inom exp1 hade behandling B1 signifikant lägre läckflöde (42 liter/m² h) än B2 och B3. I exp2 var läckflödet signifikant olika hos de olika behandlingarna 26, 79, and 88 liter/m² h för B1, B2 and B3 respektive. *Se vidare LTJ rapport*

3.2 Ytvatten

Effekten av provytebehandlingarna, gödselrengöring och gödselackumulering visas i tabell 2 och i figur 2. För TS i ytvatten fanns det en behandlings- och en samspelseffekt mellan behandling och gödseltillförseln i exp1 och 2 där provytan B2 hade lägre TS värde 760 mg/l (89,7 mg/m²) jämfört med provytan B4 (1060 mg/l; 93,8 mg/m²) under exp2.

3.3 Dräneringsvätska

En experimentell skillnad mellan gödselrengöring och gödselackumulering återfanns för dräneringsvätskans TN värden, med minskande TN-värden om ca 19 mg/l och ett växtnäringsinnehåll om 92 mg/m² i exp1 vilket var 31% lägre än i exp2, se figur 3a.



Figur 3. Dräneringsvätskerespons på gödsel (med och utan ackumulering) och olika behandlingar (provytor). a) totalkväve, TN, b) nitritkväve, NO₂-N.

En behandlingseffekt hittades för NO₂-N (figur 3b), vars högsta värde kom från provytan B1 under bägge experimenten 0.32 mg/l, 1.63 mg/m² i exp1 och 1.56 mg/m² i exp2 jämfört med B4 som hade det lägsta värdet 0.07 mg/l (0.35 mg/m²) i exp1 och 0.12 mg/l (0.58 mg/m²) i exp2.

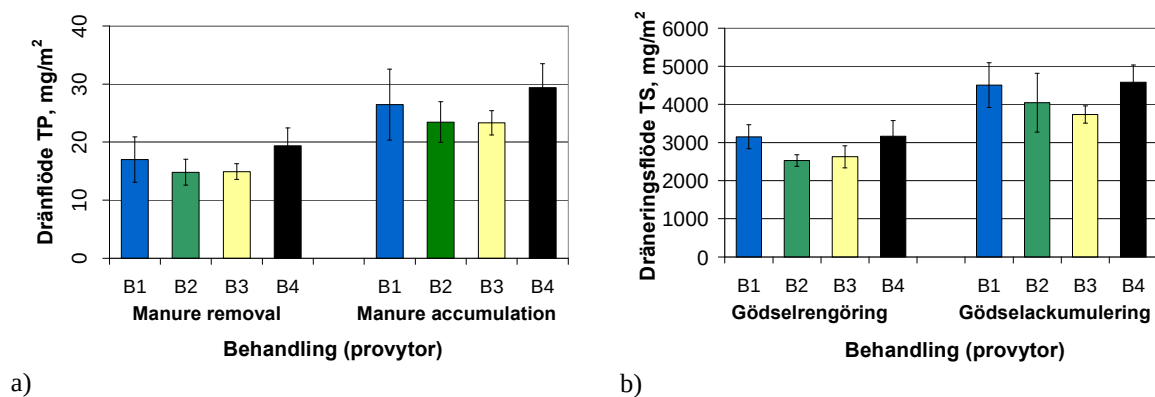
Tabell 2. Signifikansnivåerna (p-värde) för de viktigaste effekterna av behandlingarna (olika provytekonstruktion) och olika gödseltillförsel (gödselrengöring eller gödselackumulering) på TN, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, TP, COD och TS innehållet i ytvatten-, dränerings- och läckvätskeprover

Provytyp	Parametrar	Effekt*		
		Gödseltillförsel	Behandling	Gödsel * Behandling
Ytvatten	Total N	0.516	0.197	0.209
	NH ₄ -N	0.728	0.209	0.722
	NO ₃ -N	0.347	0.399	0.399
	NO ₂ -N	0.070	0.105	0.770
	Total P	0.214	0.144	0.078
	COD	0.686	0.241	0.223
	TS	0.324	0.048	0.036
Dräneringsvätska	Total N	0.017	0.015**	0.744
	NH ₄ -N	0.077	0.078	0.858
	NO ₃ -N	0.112	0.170	0.216
	NO ₂ -N	0.308	0.024	0.605
	Total P	0.001	0.057	0.110
	COD	0.001	0.163	0.966
	TS	0.0001	0.017	0.073
Läckvätska	Total N	0.0001	0.596	0.825
	NH ₄ -N	0.458	0.395	0.435
	NO ₃ -N	0.0001	0.017	0.787
	NO ₂ -N	0.006	0.454	0.040
	Total P	0.032	0.058	0.688
	COD	0.129	0.020	0.779
	TS	0.0001	0.387	0.680

* Fetmarkerade värden har en signifikansnivå av 5%.

** Med Tukeys test, erhöles inga parvisa skillnader.

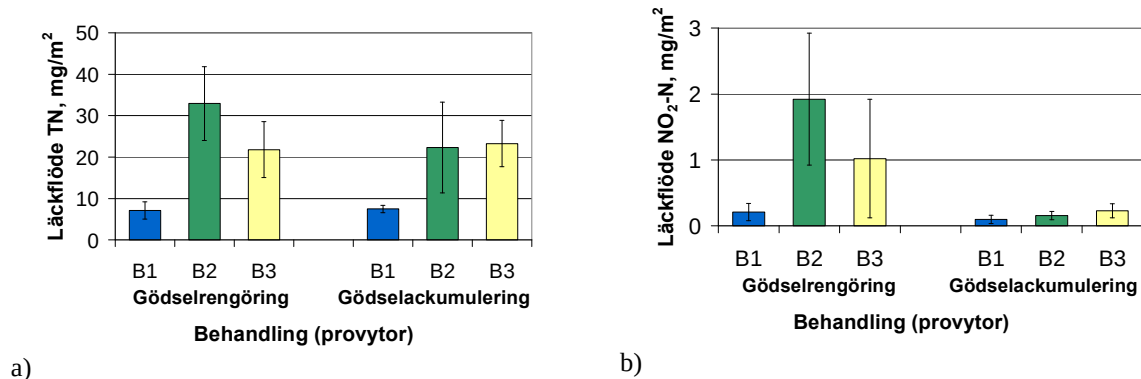
NO₂-N värdet för provytorna B2 och B3 låg mitt emellan och var inte signifikant. Hos både TP, COD and TS fanns en experimentell skillnad mellan gödselrengöring och gödselackumulering, med respektive reduktion i vätskekoncentration om 53, 47 and 45%, figur 4. COD minskade från 595 mg/l (2813 mg/m²) till 414 mg/l (1904 mg/m²) med gödselrengöring. Provytan B2 behandlingseffekt på TS koncentrationen för dräneringsvätskan var signifikant lägre i exp2, 694 mg/l (4043 mg/m²) jämfört med övriga provytor.



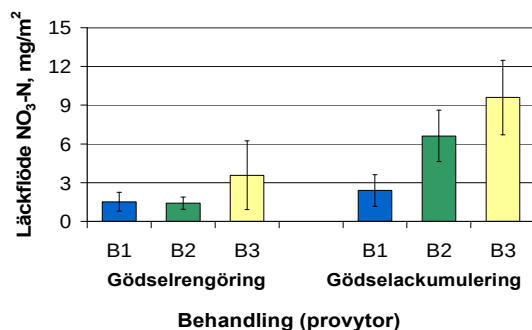
Figur 4. Dräneringsvätskerespons på gödsel, med och utan ackumulering, och olika provytestutförande (behandlingar). a) totalfosfor, TP, b) torrsustanshalt, TS. Medelvärde av 10 prov med felstaplar som SD.

3.4 Läckvätska

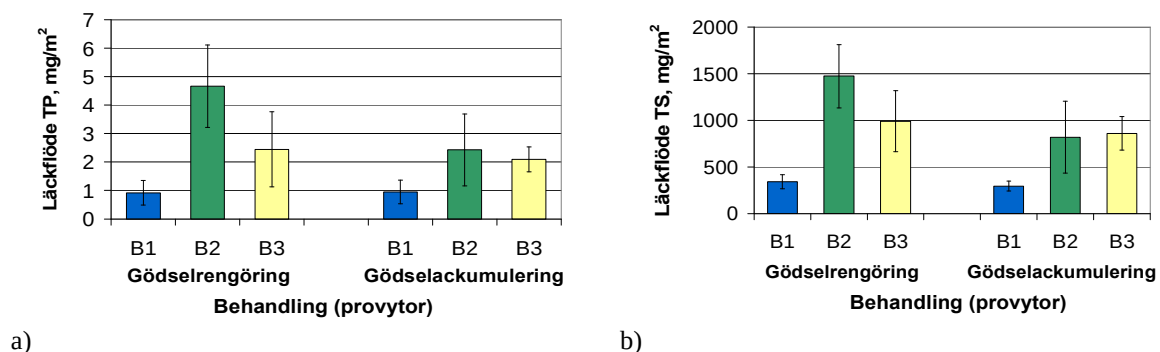
Vid bestämning av läckvätska genomfördes inga mätningar för provytan B4, då denna provytan endast tjänade som referens för yt- och dräneringsvätskekoncentrationer och inte hade någon geotextil. Vid jämförelse av dränerings- och läckvätska, minskade alla läckvätskekoncentrationer förutom $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NO}_2\text{-N}$ vilka ökade över tiden. Som följd av gödselrengöring minskade vätskekoncentrationen hos alla parametrar utom för $\text{NO}_2\text{-N}$, men uttryckt som växtnäringsinnehåll per m^2 provyta hade samtliga parametrar utom $\text{NO}_3\text{-N}$ en fallande tendens på grund av minskat läckflöde. En experimentell skillnad hittades hos läckvätskekoncentrationen för TN, $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NO}_2\text{-N}$, där de första två minskade med 34 respektive 70%, medan $\text{NO}_2\text{-N}$ ökade 60% vid jämförelse mellan gödselrengöring och gödselackumulering.



Figur 5. Läckvätskerespons på gödsel, med och utan ackumulering, och olika provyterutförande (behandlingar). a) totalkväve, TN, b) nitratkväve, $\text{NO}_2\text{-N}$. Medelvärde av 10 prov med felstaplar som SD.



Figur 6. Läckvätskerespons på gödsel (med och utan ackumulering) och olika provyterutförande (behandlingar) för nitratkväve, $\text{NO}_3\text{-N}$. Medelvärde av 10 prov med felstaplar som SD.



Figur 7. Läckvätskerespons på gödsel (med och utan ackumulering) och olika provyterutförande (behandlingar). a) totalfosfor, TP, b) torrsubstanshalt, TS. Medelvärde av 10 prov med felstaplar som SD.

Växtnäringsinnehållet av TN och $\text{NO}_2\text{-N}$ per m^2 provyta minskade hos läckvätskan med 17 respektive 552% vid gödsel-ackumulering (figur 5), medan $\text{NO}_3\text{-N}$ ökade med 185 % (figur 6).

Högre $\text{NO}_3\text{-N}$ koncentration erhöles som behandlingseffekt hos provytan B1 jämfört med B2, men ingen signifikant effekt erhöles hos B3. En experimentell skillnad hittades för $\text{NO}_2\text{-N}$, där provytorna B2 och B3 koncentrationer var lägre vid gödselackumulering 0.11 respektive 0.12 mg/l än vid gödselrengöring, 0.57 respektive 0.38 mg/l.

Även hos TP och TS fanns en experimentell skillnad med en ökning av medelkoncentrationen med 23%, från 1.1 till 1.5 mg/l respektive 435 till 561 mg/l för bägge parametrarna mellan gödselrengöring och gödselackumulering (figur 7). Men den totala växtnäringsinnehållet av TP och TS per m^2 provyta minskade med 47 respektive 42% på grund av mindre läckvätskemängd i exp2.

En behandlingseffekt hittades också för provytorna B1 och B3 COD koncentration, vilket medförde en reduktion om 29% jämfört med provytan B2. För B2 och B3 innebar detta att COD respektive TS innehåll per m^2 provyta var 79 och 63% respektive 34 och 5% mindre jämfört med medelvärdet av COD och TS-innehållet i respektive exp1 och 2.

4 Diskussion

4.1 Vätskeflöde

Metoden att använda grovt grus som ytskikt hos provytorna reducerade ytvattenflödet och ökade vätskeflödet genom konstruktionens tvärsnitt med 1000 gånger mer per m^2 än i studien av Singh et al. (2008). Hos dräneringsflödet märktes ingen förändring i flödeskapacitet under studien, vilket också överensstämde med Singh et al. (2008), men med geotextil kan vätskeflödet tidvis bli så stort att vätskebuffert iform av damm kan fordras.

Läckvätskeflödet minskade hos individuell provytor och den kontinuerliga minskningen av läckvätskeflöde och koncentration av läckvätskeföroreningar kan ha varit en effekt av biologisk tätning av geotextilen visad av Barrington et al. (1998). Medelläckflödet från provytorna (1.1 g/m^2 dag i bägge experimenten) översteg den norm om 0.6 g N/m^2 dag som de flesta nordamerikanska miljömyndigheter kräver. För provytan B1 var läckvätskemängden lika med eller lägre än normen, 0.6 and 0.5 g N/m^2 dag i exp1 respektive exp2. Ett fallande läckvätskeflöde återfanns också hos de övriga provytorna, vilket kan betyda att den tätande effekten skulle ha uppträtt i alla provytorna om experimentet fortgått över en längre tid. *Se vidare LTJ rapport.*

4.2 Ytvatten

Se vidare LTJ rapport

4.3 Dräneringsvätska

En generell minskning i dräneringsvätskans växtnäringskoncentration erhöles hos alla provytor då vätskan passerade geotextil/gruslagret eller endast gruslagret. För TN, TP, COD och TS medförde gödselrengöringen mindre växtnäringskoncentration i dräneringsvätskan. De olika behandlingseffekter från provytorna visade att provytan B1 hade bättre oxiderande effekt vilket medförde högst $\text{NO}_2\text{-N}$ värde, medan B2 var den bästa provytan i att fånga upp TS vid gödselackumulering.

Gödselrengöring fick samma effekt för TS koncentrationen i samtliga behandlingar. Vid gödselackumulering kan förmodligen resultaten från provytan B2 förklaras av den filtrerande funktionen hos den icke-vädda geotextilen som var placerad ovanför den dränerande geotextilen. En bortfilteringen av TS på en större yta skulle vara förtjänstfull med mindre igensättningsproblem i konstruerade våtmarker (von Wachenfelt, 2003).

Minskningen i $\text{NH}_4\text{-N}$ och den begränsade ökningen i $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ nivå som registrerades i dräneringsvätskan var positiv, men gödseln i detta experiment innehöll ingen urin, vilket förmodligen skulle ha ökat växtnäringsnivån. Inuti geotextil/grus ytan inträffade en oxidation av organiskt material, synlig i ökningen av $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NO}_2\text{-N}$, men oxidationsprocessen skulle förmodligen varit mer uttalad om försöket fått fortgå under en längre tid, med

periodvis torra och våta perioder (von Wachenfelt, 1997). Med den mätteknik som tillämpades i försöket med förvattning och direkt applicering av regnvatten efter gödseltillförseln skulle ammoniakavgången kunna försummas, men i verkliga fallet skulle det finnas en potentiell ammoniakavgång vilken inte mättes i detta försök, speciellt för fallet gödselackumulering.

Det övergripande resultatet för dräneringsvätskan var att gödselrengöring påverkade de flesta av parametrarna. För det andra att dräneringsvätskan motsvarade de dräneringsvätskevärden som uppmätts från en utomhusanläggning för nötkreatur vintertid (von Wachenfelt, 1998). Ett inflöde av dräneringsvätska med dessa koncentrationer skulle motsvara kraven för rening i en konstruerad våtmark (von Wachenfelt, 2003). En förväntad effekt av utomhusytans konstruktion är att mängden ytvatten som uppkommer borde bli mindre än en tredjedel av nederbörds mängden på utomhusytan (White, 1973; von Wachenfelt, 2002).

4.4 Läckvätska

Växtnäringskoncentrationens minskning i läckvätskan inträffade hos alla provytorna och var till och med högre än hos dräneringsvätskan. Gödselrengöringen hade stor del i detta och omfattande alla parametrar utom två, därtill uppträdde det behandlingseffekt i två paramterar. För läckvätskan spelade flödesmängden stor roll, vilket nämnt tidigare. Läckvätskans uppsamlingskonstruktion (figur 1) med en geotextil som separerade sanden från gruslagret hade med stor sannolikhet en reducerande effekt på växtnäringskoncentrationen, men vid jämförelse mellan provytorna kan man konstatera att konstruktionen var lika för alla provytorna.

Värdena på läckvätskans TN koncentration varierade från 9.4 till 29.1 mg/l, vilket motsvarade de värden som Singh et al., (2008) erhållit, men i den nuvarande studien påverkade gödselrengöringen läckvätskan från provytorna i motsats till de resultat som Singh et al., (2008) erhållit. Detta skulle kunna förklaras med hur gödselrengöringen utfördes i den nuvarande studien, där gödseln togs bort direkt efter mätningarna.

Alla kvävehaltiga växtnäringsämnen minskade i koncentration hos läckvätskan förutom $\text{NO}_3\text{-N}$, vilken svarade på mer organiskt material vid gödselackumulering. I den nuvarande studien uppstod en behandlingseffekt för $\text{NO}_3\text{-N}$ hos de ickevävda geotextilerna i provytorna B1 och B2 och det tycks som om samma respons återfanns hos den ickevävda geotextilen i studien av Singh et al. (2008), även om ingen behandlingseffekt kunde fastställas. Den utvecklade nitratnivån i den nuvarande studien var av samma storleksordning men generellt lägre både i gödselrengöringsfallet och i gödselackumuleringsfallet förmodligen på grund av lägre växtnäringskoncentration i gödseln jämfört med Singh et al. (2008).

Med ökad gödselbelastning fanns det en större potential för organiskt kväve att övergå till mineralkväve genom bakteriell aktivitet hos provytorna. Då kvävet transporterades ner genom grusprofilerna kan delar av kvävet ha bundits genom reaktion med mineraler ingående i grusen. Andra delar av kvävet kan ha övergått till $\text{NO}_3\text{-N}$ or $\text{NO}_2\text{-N}$, beroende på tillgång till stora luftfyllda porer. Denna oxideringsprocess kan ytterligare ha förstärkts av den ickevävda geotextilen speciellt i B3, men också av den vävda geotextilen i B3 under exp1.

Gödselackumuleringen påverkade både TP och TS (tabell 2). Gödselrengöring minskade TP med 23% till 1.15 g/ml, men med minskande vätskeflöde reducerades växtnäringsinnehållet av TP till 1.82 g/m², dvs med 47% vid gödselackumulering jämfört med gödselrengöring. Liknande trend kunde observeras för TS. TS-värdet minskade 23% genom gödselrengöring till 435 g/ml, men med lägre vätskeflöde sjönk TS mängden till 659 g/m², dvs med 42% vid gödselackumulering jämfört med gödselrengöring.

En behandlingseffekt uppstod för läckvätskans COD i både provytan B1 och B3 med de lägsta COD-värdena om 152 och 156 mg/l. Med lägre läckvätskeflöde var COD-innehållet ca 110 mg/m² hos provytan B1 i både vid gödselrengöring och gödselackumulering, medan COD-värdena från provytan B3 föll från 353 to 285 mg/m² vid gödselackumulering jämfört med gödselrengöring. COD-värdena i studien av Singh et al. (2008) var lägre (61.3 mg/l, 27 mg/m²) än i den nuvarande studien. Singh et al. (2008) erhöll ingen behandlingseffekt för COD men geotextil/grus ytorna verkade ha ett större COD-innehåll än referensytan av jordmaterial. Trenden i den nuvarande studien var fallande COD koncentrationer både vid gödselrengöring och vid gödselackumulering på grund av minskat läckvätskeflöde.

4.5 Massbalans *Se vidare LTJ rapport*

4.6 *Ekonomi*

Genom att använda geotextil kan det stabiliserande grusmaterialets tjocklek användas mer ekonomiskt, genom att materialdjupet i stort kan reduceras till hälften, och genom att de dränerande egenskaperna hålls intakta då olika materialstorlekar effektivt kan separeras från varandra och jordmaterial. Kostnaden för högbelastade utomhus trafikytor för nötkreatur baserade på geotextil/grus konstruktion är ca en tredjedel vad en betongyta kostar i Sverige.

6 **Litteratur**

- Barrington, S. F., El-Moueddeb, K., Jazestani, J. & Dussault, M. (1998). The clogging of non-woven geotextiles with cattle manure slurries. *Geosynthetics International* 5(3): 309-325.
- Barrington, S. F., Stilborn, R., & Moreno, R.G. (1995). Organic liners for the sealing of earthen reservoirs. *Bioresource Technology* 52: 101-107.
- Degen, A. A., & Young, B.A. (1993). Rate of heat production and temperature of steers exposed to simulated mud and rain conditions. *Canadian Journal of Science* 73: 207-210.
- Gunnarsson, S., Cerenius, F., Jakobsson, T., Borgwall, H., Gustafsson, G., & Ullgren, D. (2003). Inventering av utegångsdjur i Västra Götalands län, Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2003:20
- Gustafson, G. M. (1993). Effects of daily exercise on health of tied dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* 17: 209-223.
- ISS (2003). Swedish Standard: SS 028113, SS 028101:1-92 mod, KLK 65:1, 232:5 NMKL 23 1991 SS1910, SS028150-2, SS-EN ISO11905-1/Kone, SS-EN 11732:2005/Kone, SS028133-2/Kone, SS-EN 26777/Kone, SS EN ISO6878:2005/TRAACS, Spectroquant SS 028113. Swedish Standards Institute.
- Kemira, A. S. (2001). Håndbog for landmaen, Fredericia, Danmark.
- KY-NRCS (1998). Heavy use area protection, Kentucky Natural Resources Conservation Service, Lexington, KY Conservation Practice Standard, Code 561.
- Phillips, C. (2002). Cattle behaviour and welfare, 2nd ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, 264 pp
- Regula, G., Danuser, J., Spycher, B., & Wechsler, B. (2004). Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine* 66: 247-264.
- Riskowski, G. L., & DeShazer, J.A. (1976). Work requirement for beef cattle to walk through mud. *Transaction of ASAE* 19(1): 141-144.
- Ruhl, S., Overmoyer, J., Barker, D., & Brown, L.C. (1997). Using Geotextile Fabric in Livestock Operations, AEX-304-97. Ohio State University Fact Sheet, ohioline.agohio-state.edu
- SAS (2003). SAS Online Doc ® 9.1.Cary, NC, SAS Institute Incorporated.
- Singh, A., Bicudo, J.R., & Workman, S.R. (2008). Runoff and drainage water quality from geotextile and gravel pads used in livestock feeding and loafing areas. *Bioresource Technology* 99: 3224-3232.
- White, R. K. (1973). Stream pollution from cattle feedlot runoff. Ohio Water Resources Center Project, Ohio State University. Report No. 393: 32.
- von Wachenfelt, H. (1998). Environmental load from outdoor transport areas and yards for cattle, Paper at CIGR XIII Congress on Agricultural Engineering in Rabat, Marocco, 2-6 Februari 1998. vol 2: 339-346.
- von Wachenfelt, H. (2002). Organic pig production on pasture and outdoor areas (in Swedish with English summary). Special report 236, Swedish University of Agricultural Sciences, dep. of Agricultural Biosystems and Technology 57.
- von Wachenfelt, H. (2003). Treatment of manure contaminated rainwater from outdoor yards in a constructed wetland (in Swedish with English summary). Special report 245, Swedish University of Agricultural Sciences, dep. of Agricultural Biosystems and Technology 95.

Övrig resultatförmedling till näringen:

06-10-20 Elmia forskartorg; 07-11-01 Föredrag Miljökväll Ingelstorpskolan, Kalmar,
08-11-19 Föredrag Alnarps Nötköttstag, 10-02-11 Föredrag på betesdag, Hörby Semin, Hörby.
Projektet har resulterat i en vetenskaplig artikel som ska skickas till journal.