

Slutrapport till Nötkreatursstiftelsen Skaraborg 2025

Representativ provtagning och handhållen
foderanalys av gräs- och klöverensilage i plansilo



Förord

Växa har i många år använt sig av spjut (så kallad BLGG-borr från Eurofins) i samband med provtagning av plansilos. Användarupplevelsen av spjutet för provtagning i plansilo är att det tar ut representativa prover men att utrustningen är tung att bära och att använda. Växa köpte därför in en annan typ av provtagningsutrustning för plansilo, nämligen en borr (Star Universal Forage Sampler, Star Quality Sampler Inc, Irricana, Kanada, via Lantbruksanalys). Borren är lättare att bära och drivs av en bormaskin. Ett syfte med denna studie var att undersöka om borren tog ut representativa prover och hur borren var att använda jämfört med spjutet. På grund av problem med provtagning under 2023, gjordes provtagningen om under 2024 med delvis reviderat försöksupplägg. Det var utmanande men även lärorikt för framtiden.

Det andra syftet med denna studie var att bidra med kalibreringsprover för utveckling av en maskininlärningsmodell för ett handhållet NIR-instrument (NeoSpectra Scanner, Si-Ware, Kalifornien, USA) som kan användas för att skatta torrsubstans och näringsvärden i våta ensilageprover direkt på gård, och som är en del av projektet Valloptimal som finansierats av Stiftelsen Seydlitz MP bolagen.

Finansieringen från Nötkreatursstiftelsen i Skaraborg breddade underlaget av referensprover till kalibrering av det handhållna NIR-instrumentet, både med prover från ett större geografiskt område, med prover från flera år och med prover som analyserats kemiskt vid två olika laboratorier. Finansieringen från Nötkreatursstiftelsen i Skaraborg möjliggjorde jämförelsen mellan spjut och borr och resultaten är värdefulla som underlag till beslut rörande framtida investeringar av provtagningsutrustning.

Hälsning

Johanna Karlsson

Agronomie doktor, expert inom foder och hållbarhet, avdelningen Kunskap och utveckling, Växa Uppsala, 2025-11-12

Innehåll

Förord	2
Innehåll	3
Sammanfattning	4
Bakgrund	4
Material och metod	5
Provtagning	5
Provberedning och lagring	7
Skanning med NIR-instrument	8
Kemiska analyser	8
Intervjuer	9
Statistiska analyser	9
Resultat och diskussion	11
Jämförelse av topprov	11
Jämförelse av sammanslagna topp- och bottenprov	11
Variation mellan plansilor och näringsparametrar	12
Från intervjuer	18
Slutsats	19
Kommunikation	20
Tack	20
Referens	20
Bilaga 1.	21
Intervjuade personer	21
Intervjufrågor och svar	21

Sammanfattning

Att snabbt, korrekt och till låg kostnad kunna ta ut prov och analysera våta fodermedel som gräsensilage bidrar till ökad lönsamhet och hållbarhet på gårdar. Handhållna NIR-instrument möjliggör foderanalys direkt ute på gård. I plansilos används vanligen spjut eller borr för provtagning. Detta projekt har bidragit till kalibreringsprover för utveckling av en maskininlärningsmodell för ett handhållet NIR-instrument samt jämfört spjut och maskindriven borr mot ytprov (referens) baserat på analysresultat från handhållet NIR-instrumentet. Analyser gjorda med handhållet NIR-instrument och kalibrering från SLU på färskt vallensilage ger god överensstämmelse med kemiska analyser (referens). Provtagning med spjut är precis (hög R^2) och ger en liten systematisk bias (p -värde $<0,05$) jämfört med ytprov för torrsustans och smältbarhet. Provtagning med borr är oprecis (låg R^2) men ger i genomsnitt värden nära ytprov (p -värde $>0,05$). Maskindriven borr kräver bormaskin med högt vridmoment och batterier med hög kapacitet för att nå ända ner i 3 meter höga plansilos. Användare upplever att maskindriven borr är lättare att bära, sliter mindre på kroppen och snabbare att ta prov med än spjut.

Bakgrund

Representativ provtagning av ensilage är mycket viktigt i samband med analys av foder. Gräsensilage är ett fodermedel som kan variera mycket i sammansättning vid utfodring, speciellt torrsustanshalt. Det skapar osäkerhet vid framtagande av foderstater, vid foderberedning och utfodring. Speciellt för gårdar med fullfoder eller blandfoder där våta foderråvaror som gräsensilage blandas med torrt kraftfoder är det viktigt att man känner till den verkliga torrsustanshalten i de våta fodermedlen för att uppnå en mix enligt recept vid varje utfodring. Att snabbt, korrekt och till låg kostnad kunna analysera våta fodermedel som gräsensilage skulle minska risken för under- och överutfodring och därmed öka lönsamheten och hållbarheten i mjölkproduktionen.

Förutom hög noggrannhet vid provtagning och analys av ensilageprover, är tidsaspekten och priset på analysen viktiga aspekter. Handhållna NIR-instrument möjliggör för foderanalys direkt ute på gård. Analyssvar ges direkt och kostnaden kommer i form av inköp av instrument samt prenumeration på kalibrering, till skillnad från vanlig foderanalys där provet skickas med post till ett laboratorium, svar fås dagar senare och betalning sker per analyserat prov.

Två olika typer av borr/spjut används vanligtvis för att ta prover i plansilos. Växa har i många år använt sig av spjut (så kallad BLGG-borr från Eurofins) i samband med provtagning av plansilos. Användarupplevelsen av spjutet för provtagning i plansilo är att det tar ut representativa prover men att utrustningen är tung att bära och att använda. Växa köpte därför in en annan typ av provtagningsutrustning för plansilo, nämligen en borr (från Lantbruksanalys). Borren är lättare att bära och drivs av en bormaskin. Ett syfte med denna studie var att undersöka om borren tog ut representativa prover och hur borren var att använda jämfört med spjutet.

Det andra syftet med denna studie var att bidra med kalibreringsprover för utveckling av en maskininlärningsmodell för ett handhållet NIR-instrument (NeoSpectra Scanner, Si-Ware, Kalifornien, USA) som kan användas för att skatta torrsustans och näringsvärden i våta ensilageprover direkt på gård, och som är en del av projektet Valloptimal som finansierats av Stiftelsen Seydlitz MP bolagen.

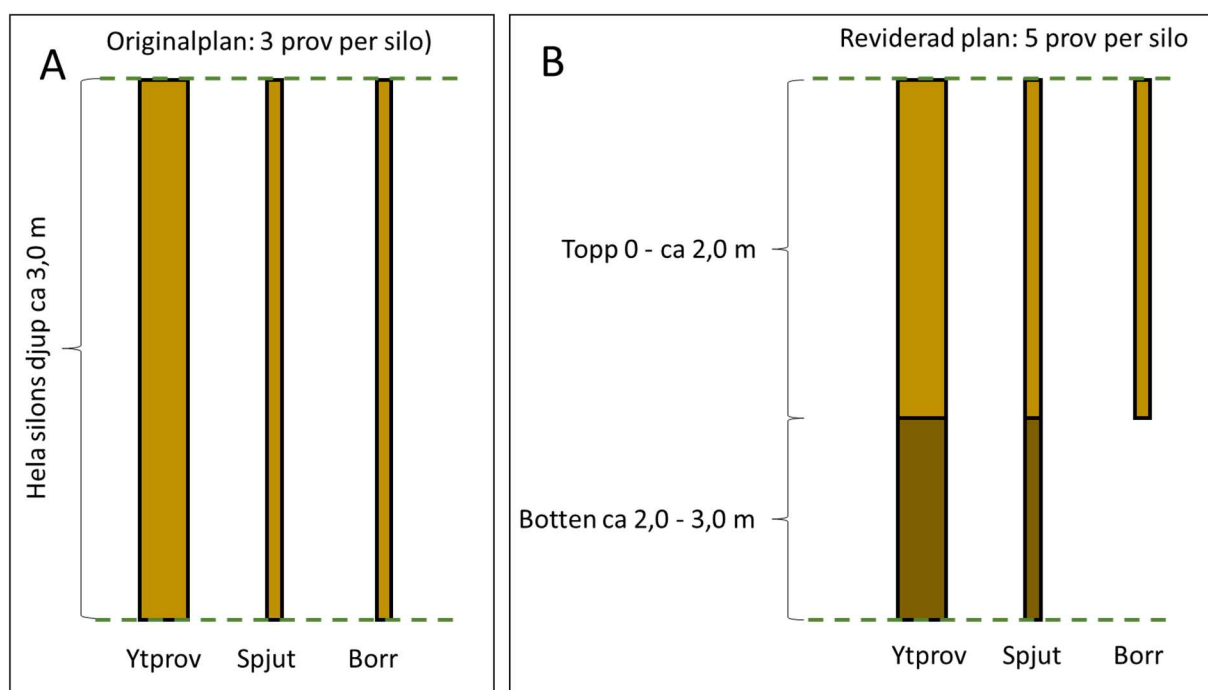
Material och metod

Spjutet (BLGG-borr, Eurofins, Wageningen, Nederländerna) trycks ner i ensilaget med hjälp av hävstång. Spjutet har en diameter på 20 mm. Spjuten ägs av Eurofins och Växa har rätt att använda dem för provtagning till prover som skickas på analys hos Eurofins.

Borren kännetecknas av att den är yttergängad och roterar ner i ensilaget med en batteridrivna bormaskin. Borren har en diameter på 22 mm i diameter. Borren (Star Universal Forage Sampler, Star Quality Sampler Inc, Irricana, Kanada) ägs av Växa och köptes från Lantbruksanalys.

Provtagning

År 2023 påbörjades provtagning av plansilos med borr och spjut. Planen var att ta ett ytprov som referens, samt ett prov ner i botten med borr och ett prov ner i botten med spjut från alla åtta plansilos som ingick i försöket.



Figur 1. Illustration över originalplan och reviderad plan för jämförelse av ytprov, spjut och borr vid provuttag av gräsensilage i plansilo. A – visar originalplan, där de tre provtagningssätten går ner i botten på plansilon. B – visar den reviderade planen där vi delade upp proven tagna från ytan och med spjut i en topp-del och en botten-del, där gränsen mellan topp och botten drogs vid maximalt djup som nåtts med borren i respektive plansilo.

Då upptäcktes att med borr gick det inte att komma djupare ner i silo än ca 2 meter, trots att röret går att förlänga med sektioner om 1 meter upp till 3 meter. På grund av friktion orkade ingen av bormaskinerna vi använde driva ner borren ända till botten på plansilorna. Vi prövade många maskiner och konsulterade säljare och uthyrare av maskiner samt andra som använt maskindrivna borrar för provtagning av ensilage. De maskiner vi hade möjlighet att prova var Milwaukee M18 skruvbormaskin (82 Nm), Hilti kombihammare TE 30-A36, Hikoki DS 18DBSL (70 Nm) (figur 2), Bosch PSB 1000 RPE slagbormaskin tillsammans med ett bensindrivet elverk och äldre bormaskin från DeWalt, men landade i att det gick bäst med Milwaukee M18 ONEDD2-502X (135 Nm). Vi fick även tips om Makita jordborr DDG460ZX7 (136 Nm) men hade inte möjlighet att prova den. Det finns

borrmaskiner med ännu högre vridmoment (t ex Milwaukee M18 Fuel FDD3 med 158 Nm) men de har vi inte heller provat inom projektet. Spjutet kunde utan problem nå ner till botten på plansilos som var 2,7-3,6 meter djupa. Provtagningen i april 2023 gjordes därför enbart i syfte att bidra med kalibreringsprover för NIR-instrumentet. Då togs bara ytprover (à ca 3-4 kg ensilage) vid topp, mitten och botten av varje silo. Under vintern 2023/2024 justerades försöksplanen och anpassades till förutsättningen att borren inte gick ända ner i plansilorna. Vi valde att dela upp proven tagna från ytan och med spjut i en topp-del och en botten-del, där gränsen mellan topp och botten drogs vid maximalt djup som nåtts med borren i respektive plansilo (figur 1B).



Figur 2. Några av de borrmaskiner som testades tillsammans med borr i försök att hitta en borrmaskin som orkade driva borren ända ner genom hela plansilon.

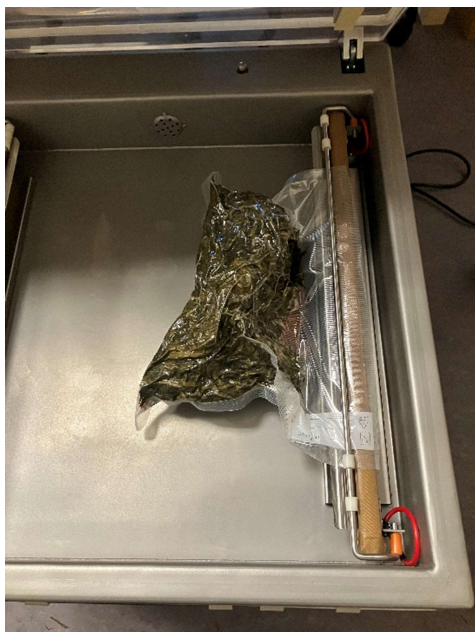
Provinsamlingen av ensilage i syfte att jämföra borrar sköts därmed fram till april 2024 och utfördes då enligt en reviderade planen med ett topp- och ett bottenprov för ytprov och prov taget med spjut (figur 3). Prov togs i totalt åtta plansilos på fyra gårdar (1–3 silos per gård). Borren drevs vid denna omgång av antingen en Milwaukee M18 ONEDD2-502X (135 Nm, 5 Ah) eller en Milwaukee FPD2-OX (135 Nm, 5 Ah). Vid provtagning med spjut eller borr tömdes varje sektion à ca 1 meter innan nästa sektion à ca 1 meter kopplades på. Vid ytprovtagning användes bräckjärn och händer för att ta prov. Yttre yta som var torr togs bort (ca 5–10 cm in) och prov innanför samlades i en hink, blandades, lades i hög på presenning, delades i fyra delar, där två diagonala delar blandades om och delades igen tills en lagom provmängd (ca 2 liter) lades i påse. Ensilageproven tagna i april 2024 ingick även de i provunderlaget för kalibrering och validering av NIR-instrumentets kalibreringsmodell.



Figur 3. Provtagning av vallensilage med de tre metoderna: ytprov (till vänster), spjut (mitten) och borr (till höger).

Provberedning och lagring

Ensilageproverna tömdes ner i en plasthink och lades i plastpåsar som märktes och förslöts ute på gård och placerades i frigolitlådor med kylklampar. För varje silo noterades gård, skördenummer och plansilonummer. Ensilageproverna förvarades i kyl (+ 6°C) i max ett dygn innan varje prov blandades ordentligt och packades in i vakuumpåsar med vakuumpackningsmaskinen MSW-VPM-900K (expondo GmbH, Berlin, Tyskland; figur 4). En till två dagar efter vakuumpförsigling kontrollerades påsarna för läckage och förseglades igen vid behov. De vakuumpförsigade ensilageproverna förvarades i kyl (+ 6°C) fram till skanning 80 dagar senare.



Figur 4. Vakuumpackning av ensilageprover.

Skanning med NIR-instrument

Skanningen gjordes med NeoSpectra-skanner (Si-Ware, Kalifornien, USA). Vakuumpåsarna med ensilageprover öppnades och ensilaget placerades i ett plasttråg och komprimerades för hand mot botten av tråget. Skanningen utfördes samtidigt som NIR-instrumentet trycktes mot och gled över ensilageprovet (figur 5). Varje prov skannades fyra gånger. Varje skanning tog några sekunder att utföra och mellan varje skanning torkades NIR-instrumentet rena med linsrengöringsdukar. Från proven tagna 2024 skannades 40 ensilageprover men till kalibreringarna skannades ytterligare 110 prov (varav 32 tagna under 2023 inom detta projekt). Spektrometerdata från NeoSpectra överfördes via Bluetooth till en app på smartphone och sedan via internet till Si-Wares dataportal där rådata kunde nås. Varje skanning gav 257 datapunkter.



Figur 5. Scanning av ensilage med handhållna NIR-instrumentet NeoSpectra.

Kemiska analyser

Efter NIR-skanningarna vägdes ensilageproverna, torkades i 60°C i 48 timmar (eller till de var helt torra) och vägdes sedan igen för bestämning av torrsustans (ts). De torkade ensilageproverna grovmaldes innan de skickades på kemisk analys i USA (på grund av samarbete med forskare vid Cornell University och University of Wisconsin). Proverna som togs under 2023 skickades till Cornell University medan proverna som togs under 2024 skickades till DairyOne Forage Lab.

Alla prov analyserades vid Dairy One Forage Lab (Ithaca, New York, USA) enligt:

In vitro sann smältbarhet (IVTD) och fibersmältbarhet (NDFD) bestämdes med ANKOM metod 3, med hjälp av Daisy II inkubatorn (ANKOM Technology, Fairport, NY) och delprover inkuberades i F57

ANKOM nylonpåsar vid 39 °C i 48 timmar med vomvätska och buffert. Neutralt lösligt fiber (NDF) erhöles från de torkade delproverna enligt Van Soest et al. (1991). Surt lösligt fiber (ADF) analyserades med ANKOM DELTA smältbarhetsenhet. Surt lösligt lignin (ADL) erhöles efter behandling med svavelsyra in ANKOM Daisy II inkubator. Kväve analyserades med hjälp av en Leco FP-528 N-analysator (Leco Corp., St. Joseph, MI) (AOAC, 1990) och multiplicerades med 6,25 för att erhålla råprotein (Rp).

Topp- och bottenproverna tagna under 2024 slogs samman innan kemisk analys på grund av budgetbegränsningar. Det var 24 prov som skickades på kemisk analys och 40 prov som skannades med handhållet NIR-instrument.

Intervjuer

Tre personer inom Växa har erfarenhet av att använda både borrh och spjut vid ordinarie provtagning utanför detta projekt. Dessa personer kontaktades och intervjuades om deras upplevelse av de två provtagningsmetoderna rörande användbarhet och säkerhet. Frågorna vid intervjuerna återfinns i bilaga 1.

Statistiska analyser

Varje provs resultat från kemiska analyser parades ihop med medelvärdet från skanningarna med NeoSpectra för samma prov. Spektraldata i varje skanningsprocedur användes som förklarande variabel för att skatta de kemiska parametrarna för ensilage med hjälp av en regressionsmetod baserat på maskininlärning kallad stödvektormaskin (SVM). Programvaran R användes för framtagande och utvärdering av kalibreringsmodell. De kemiska parametrar som analyserades var koncentrationen av Rp, NDF, IVTD, NDFD, ADF, ADL och ts. De bästa modellerna valdes ut baserat på bestämningskoefficienten, även kallad förklaringsgrad (R^2), och RMSE (root mean square error).

För utvärdering av provtagningsutrustning jämfördes de skattade näringsparametrarna erhållna från NIR-analyserna från ytproverna (referensprov) mot prover tagna med borrh respektive spjut med linjär regression i Excel. För att undersöka om det fanns signifikanta skillnader i medelvärdet av näringsparametrar mellan olika provtagningsmetoder, användes en blandad linjär modell (mixed linear model) med intercept i programvaran Python med modulen statsmodels smf. Modellen specificerades som:

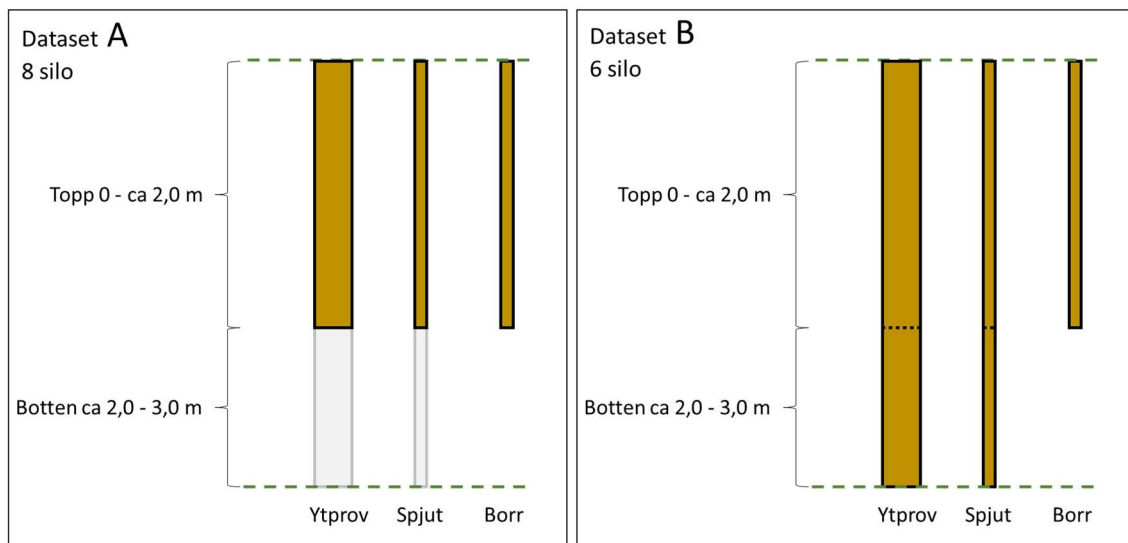
$$X_{ij} = \mu + a_i + u_j + \epsilon_{ij}$$

Där μ är intercept (referensnivå av ytprov), a_i är fast effekt av provtagningsmetod i , u_j är den slumpmässiga effekten av plansilo j och ϵ_{ij} är residualfelet. P-värde $< 0,05$ tolkas som en statistiskt signifikant skillnad mellan metoden (spjut eller borrh) och referensen (ytprov).

Två dataset skapades för statistisk analys av borrh och spjut (figur 6):

- A: Topp- och bottenprov från spjut och borrh jämfördes mot toppprov från yta (referens). Prov från åtta plansilos. Syftet var att se hur väl spjut och borrh överensstämde med ytprov när proven togs ner till samma djup i plansilon.
- B: Sammanslagna prov från topp och botten från ytprov jämfördes mot sammanslagna prov från topp och botten tagna med spjut och prov från borrh så långt ner det gick. Prov från sex plansilos (de två plansilos där borrh gick ända ner i botten uteslöts). Syftet var att se hur väl

proven som inte gick hela vägen ner i plansilo överensstämde med proven som gick hela vägen ner i botten.



Figur 6. Illustration över hur prov från olika delar av silos delas in i två olika dataset. A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från toppprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. För spjut och ytprov slogs topp- och bottenprov ihop.

Den procentuella skillnaden mellan toppprov och bottenprov beräknades, i syfte att skatta hur provtagningen påverkas om borren inte når ända ner i botten på plansilon.

Resultat och diskussion

Enbart preliminära resultat rörande kalibreringsmodellen för det handhållna NIR-instrumentet kommer presenteras i denna rapport då detaljerna planeras publiceras i en separat artikel i en vetenskaplig tidskrift. Bestämningkoefficienten (R^2) för torrsubstans var 0,98 och för de övriga kemiska parametrarna låg R^2 mellan 0,81 och 0,90 för kalibreringsmodellen.

Jämförelse av toppprov

En översikt över hur väl näringsparametrarna analyserade med handhållet NIR-instrument och egen kalibreringsmodell på prover tagna med spjut (topprov) och borr överensstämmer med ytprov (referens, topprov) visas i tabell 1. Syftet med denna jämförelse är att se om det finns skillnader mellan olika provtagningsmetoder när de når samma djup i plansilon.

För de flesta näringsparametrar låg ytprov i medel mellan resultaten från spjut och borr. För torrsubstanshalt visade både ytprov och borrhprov i genomsnitt något lägre värden än prov tagna med spjut.

Provtagning med spjut gav genomgående högre bestämningkoefficient (R^2) än provtagning med borr när dessa jämfördes mot ytprov i linjär regression (tabell 1). Analysresultaten för torrsubstans och total smältbarhet (IVTD) tagna med spjut skilde sig signifikant från ytprov, medan övriga parametrar inte visade några signifikanta skillnader mellan prover tagna med spjut eller borr och referensprover tagna vid ytan.

Tabell 1. Medelvärde, standardavvikelse (SD), bestämningkoefficienten (R^2) och p-värde för näringsparametrar analyserade med handhållet NIR-instrument där prover tagna med spjut och borr jämfört mot ytprov (referensprov). Topp-prov har använts för prov tagna vid ytan och med spjut. Prov från åtta plansilos (dataset A) för att jämföra provtagnings tekniker vid samma djup

Antal silos: 8 Topprov	Medelvärde (SD)			R^2		p-värde	
	Ytprov	Spjut	Borr	Spjut	Borr	Spjut	Borr
Ts (%)	34,5 (4,23)	35,5 (4,92)	34,8 (4,73)	0,96	0,96	0,01	0,48
Rp (% av ts)	17,7 (1,33)	17,4 (1,61)	18,3 (1,70)	0,65	0,55	0,60	0,20
NDF (% av ts)	49,3 (3,28)	49,6 (3,39)	49,3 (4,31)	0,87	0,85	0,68	0,99
IVTD (% av ts)	88,2 (1,63)	87,3 (1,95)	88,5 (2,35)	0,80	0,63	0,04	0,42
NDFD (% av ts)	75,4 (2,04)	74,0 (2,55)	76,4 (3,10)	0,72	0,32	0,11	0,23
ADF (% av ts)	31,6 (1,73)	31,9 (1,66)	31,1 (2,58)	0,99	0,87	0,45	0,16
ADL (% av ts)	4,09 (0,74)	4,33 (0,70)	3,78 (0,94)	0,67	0,46	0,34	0,23

Ts – torrsubstans, Rp – råprotein, NDF – neutral lösligt fiber, IVTD – in vitro sann smältbarhet, NDFD – neutralt löslig smältbarhet, ADF – surt lösligt fiber, ADL – surt lösligt lignin.

Jämförelse av sammanslagna topp- och bottenprov

Tabell 2 visar jämförelsen mellan sammanslagna topp- och bottenprov från ytprov och spjutprov, för de sex prov från borr som inte nådde hela vägen ner i plansilon. Syftet är här att se hur provtagning påverkas om borren inte når ända ner i botten av plansilon.

Total smältbarhet (IVTD) och fibersmältbarhet (NDFD) var signifikant lägre för prover tagna med spjut jämfört med ytprov och borr. Samtidigt uppvisade prover tagna med spjut högre R^2 -värden för båda smältbarhetsparametrarna, vilket tyder på att spjutprovtagning ger hög precision (hög R^2) men systematiskt bias ($p < 0,05$), medan borrprovtagning ger lägre precision (låg R^2) men värden som i medel ligger nära referensen ($p > 0,05$). Detta framgår även i figur 12B och 13B, där spjutprov (blå trianglar) ligger nära den blå regressionslinjen, men linjen är förskjuten från $x = y$ jämfört med borrprov (orange linje).

Tabell 2. Medelvärde, standardavvikelse (SD), bestämningskoefficienten (R^2) och p-värde för näringsparametrar analyserade med handhållet NIR-instrument där prover tagna med spjut och borr jämförts mot ytprov (referensprov). Poolade prov (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för prov tagna vid ytan och med spjut. Prov från de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten (dataset B)

Antal silos: 6 Poolprov	Medelvärde (SD)			R^2		p-värde	
	Ytprov	Spjut	Borr	Spjut	Borr	Spjut	Borr
Ts (%)	34,4 (4,37)	35,1 (4,75)	35,0 (5,43)	0,97	0,85	0,35	0,40
Rp (% av ts)	18,5 (1,07)	17,7 (0,91)	18,1 (1,92)	0,73	0,76	0,10	0,39
NDF (% av ts)	50,1 (2,6)	50,3 (2,67)	51,1 (3,45)	0,84	0,51	0,87	0,26
IVTD (% av ts)	87,9 (1,68)	86,5 (1,35)	87,4 (1,40)	0,98	0,34	0,00	0,23
NDFD (% av ts)	75,4 (2,20)	73,5 (1,62)	75,0 (2,12)	0,92	0,12	0,04	0,66
ADF (% av ts)	32,0 (1,70)	32,4 (1,73)	32,2 (1,55)	0,99	0,71	0,21	0,58
ADL (% av ts)	4,30 (0,69)	4,40 (0,59)	4,20 (0,72)	0,71	0,33	0,77	0,67

Ts – torrsubstans, Rp – råprotein, NDF – neutral lösligt fiber, IVTD – in vitro sann smältbarhet, NDFD – neutralt löslig smältbarhet, ADF – surt lösligt fiber, ADL – surt lösligt lignin.

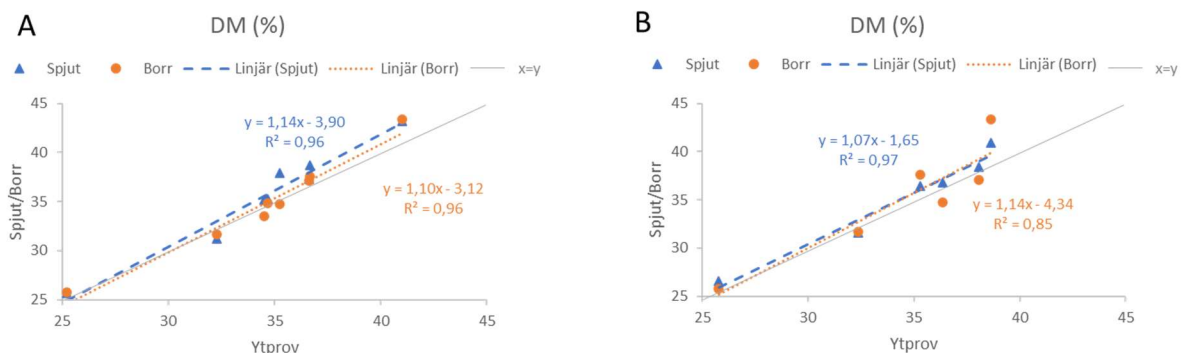
Variation mellan plansilor och näringsparametrar

Figur 7–13 visar regressionsdiagram för de olika näringsparametrarna analyserade med handhållet NIR-instrument. Spridningen mellan plansilor var relativt stor, vilket är positivt eftersom det ökar representativiteten och tillförlitligheten i jämförelsen mellan provtagningsmetoder.

Torrsubstans

För torrsubstans observerades mycket god överensstämmelse mellan prover tagna med spjut och borr jämfört med ytprov, även om topprov tagna med spjut gav signifikant högre torrsubstanshalt (cirka 1 %-enhet) än ytprov (figur 7A).

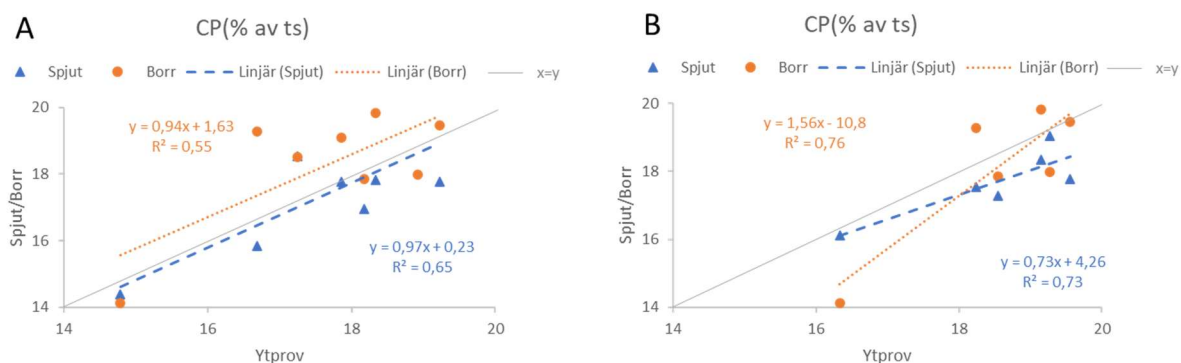
Skillnaden är så liten att den sannolikt saknar praktisk betydelse, men den kan bero på att spjutet pressar ut vätska vid provtagning. Dessa resultat skiljer sig från Hauge (2017), som rapporterade högre torrsubstanshalter i borrprov från majsensilage. Vid jämförelse av sammanslagna topp- och bottenprov för spjut och ytprov noterades ingen signifikant skillnad.



Figur 7. Linjär regressionsdiagram för torrs substans (Ts, %) som jämför provtagning med spjut respektive borrar (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borrar. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borrar. Grå heldragen linje visar x=y (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från toppprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borrar inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

Råprotein

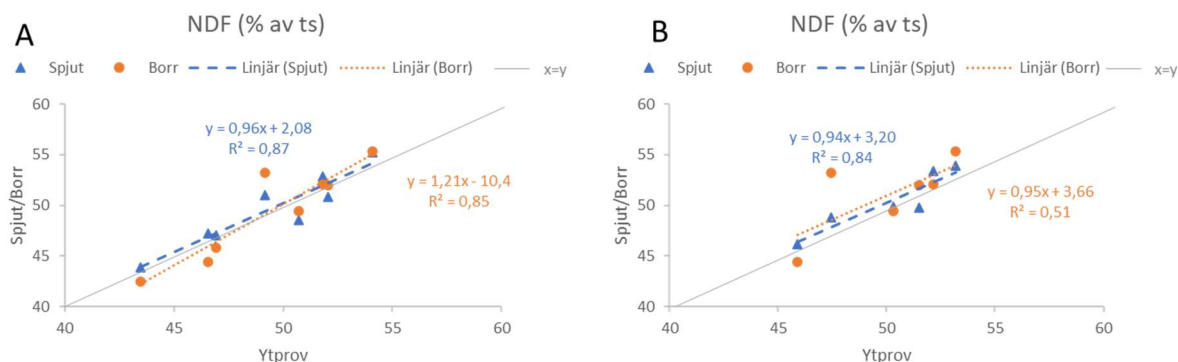
Råproteinresultaten för spjutprov låg nära perfekt överensstämmelse med ytprov, medan borrarprov gav något högre värden och större spridning ($R^2 = 0,55$) (figur 8A). När topp- och bottenprov för spjut och ytprov slogs ihop och jämfördes mot borrarprov som inte nådde botten, var det framför allt ett borrarprov med lågt råprotein som avvek från referensen (figur 8B).



Figur 8. Linjär regressionsdiagram för råprotein (Rp, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borrar (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borrar. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borrar. Grå heldragen linje visar x=y (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från toppprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borrar inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

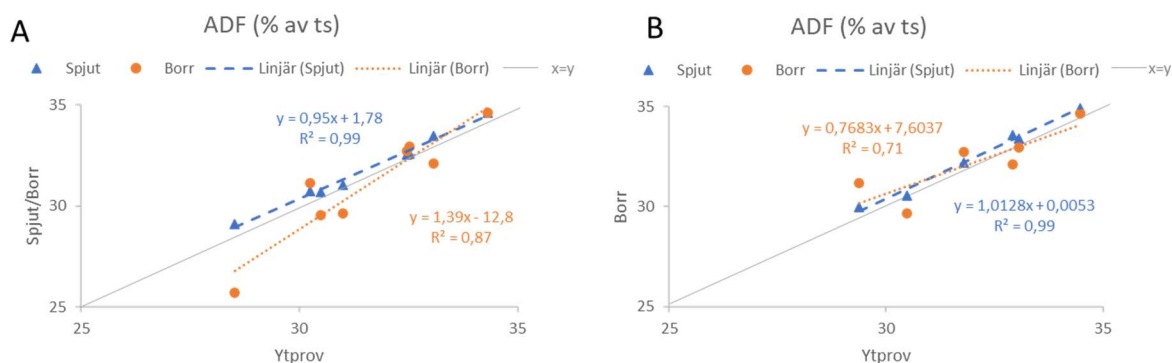
Fiber (NDF, ADF, ADL)

Det var ingen större skillnad mellan de två olika provtagningssätten spjut och borrar med avseende analysresultat för NDF (figur 9) inom intervallet som förekom i denna studie. Vilket även var fallet i en annan studie som jämförde provtagning med spjut och borrar i majsensilage (Hauge, 2017).

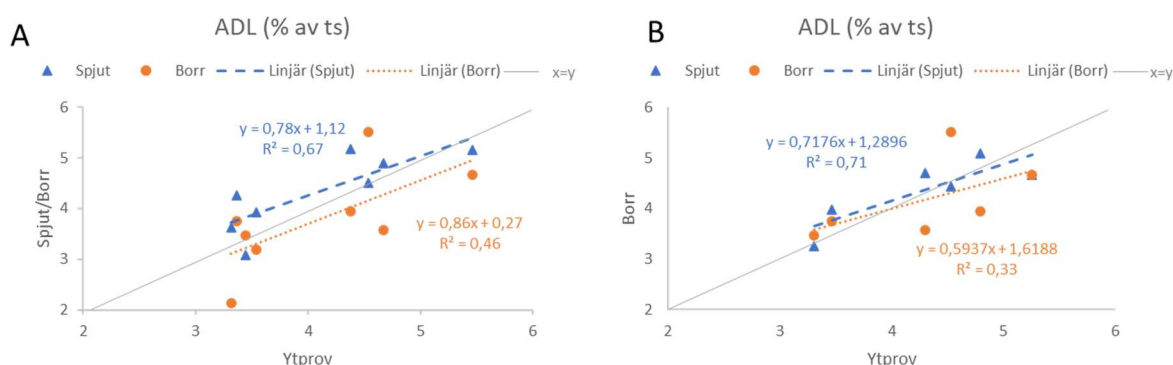


Figur 9. Linjär regressionsdiagram för fibrer (NDF, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borr (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borr. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borr. Grå heldragen linje visar $x=y$ (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från toppprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

För fibermåtten ADF (figur 10) och ADL (figur 11) uppvisade spjutprov högre R^2 och något högre värden än ytprov, medan borrarprov visade lägre värden. Trots att skillnaderna inte var signifikanta hade borrarprov lägre R^2 och högre standardavvikelse för samtliga parametrar (råprotein, IVTD, NDFD, ADF, ADL), vilket tyder på större variation mellan silos.



Figur 10. Linjär regressionsdiagram för surt lösligt fiber (ADF, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borr (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borr. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borr. Grå heldragen linje visar $x=y$ (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från toppprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

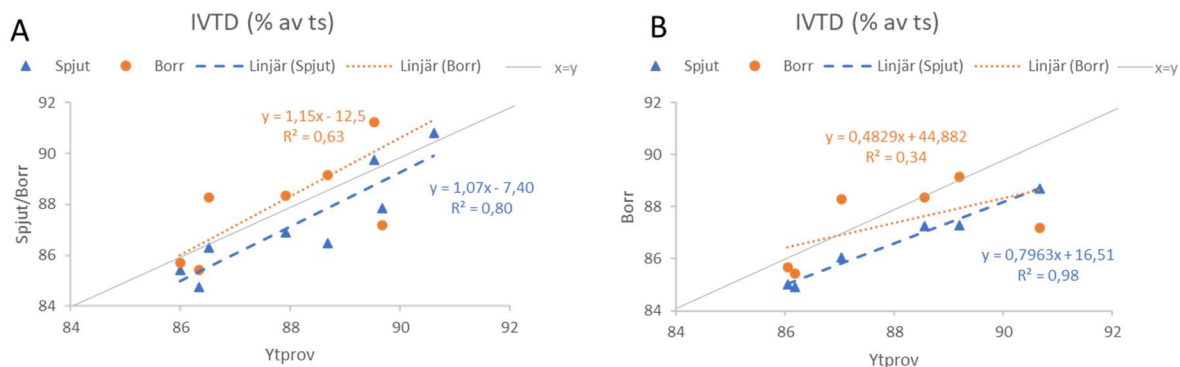


Figur 11. Linjär regressionsdiagram för surt lösligt lignin (ADL, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borr (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borr. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borr. Grå heldragen linje visar $x=y$ (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från topprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

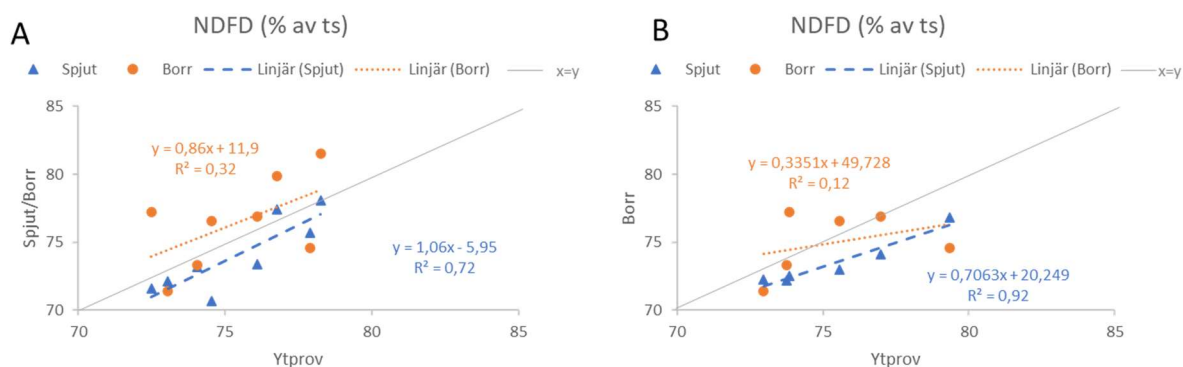
Smältbarhet (IVTD, NDFD)

För de två smältbarhetsmåten IVTD (figur 12) och NDFD (figur 13) gav spjutprov högre R^2 men något lägre värden än ytprov, medan borrarprov tenderade att ge något högre värden än referensen ytprov. Den lägre IVTD vid spjutprovtagning ($p = 0,04$) kan eventuellt hänga samman med den något högre torrsustanshalten, eftersom lättlösliga, lättsmälta ämnen (t.ex. socker) löses i vätska och kan då ha försvunnit med vattnet.

En möjlig orsak för de varierande resultaten för borr är värmeutveckling vid borrarprovtagning. Snabb rotation kan generera friktionsvärme som påverkar ensilagens kemiska sammansättning genom oxidation eller Maillard-reaktioner (bindning mellan aminosyror och socker), vilket i sin tur kan förändra analysresultaten. I denna studie fanns ingen begränsning för borrarmaskinens varvtal, vilket gör det möjligt att vissa prover oavsiktligt värmeskadats. Å andra sidan är det inte så mycket lägre R^2 -värden för ADF när proverna togs med borr, vilket man hade kunnat väntat sig om vissa prover blivit värmeskadade.



Figur 12. Linjär regressionsdiagram för total smältbarhet (IVTD, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borr (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borr. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borr. Grå heldragen linje visar $x=y$ (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från topprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.



Figur 13. Linjär regressionsdiagram för fibersmältbarhet (NDFD, % av ts) som jämför provtagning med spjut respektive borr (y-axel) mot ytprov (referens, x-axel). Blå trianglar är prov taget med spjut. Blå streckad linje visar trendlinje för prov taget med spjut. Orangea cirklar är prov taget med borr. Orange prickad linje visar trendlinje för prov taget med borr. Grå heldragen linje visar $x=y$ (perfekt överensstämmelse). A: Data baserat på åtta plansilos. För spjut och ytprov användes resultat från topprover. B: Data baserat på de sex plansilos där borr inte nådde ända ner i botten. Poolade prover (sammanslagna topp- och bottenprov) har använts för spjut- och ytprov.

Sammanfattningsvis kan konstateras att provtagning med spjut är precis (hög R^2) och ger en liten men systematiskt bias (p-värde $<0,05$) jämfört med ytprov för torrsustans och smältbarhet. Provtagning med borr är oprecist (låg R^2) men ger i genomsnitt värden nära ytprov (p-värde $>0,05$). Den lägre precisionen med borr bör kunna uppvägas genom att ta ut fler prov per silo för att få ett representativt provuttag. Å andra sidan togs enbart ett borrhprov per silo i detta projekt medan i praktiken tas redan flera prov per silo.

Provtagningsdjup och variation mellan plansilor

Endast två av åtta siloprover tagna med borrh nådde hela vägen till botten. Dessa plansilos var 2,5 respektive 2,6 meter höga. För de återstående sex plansilorna delades spjut- och ytprover upp i topp- och bottenprov, där silohöjden varierade mellan 2,7 och 3,6 meter. Borrhproven nådde i dessa fall endast 1,5–2,5 meter djupt. Se tabell 3 för höjd samt näringsparametrar i respektive silo.

Tabell 3. Höjd samt näringsparametrar från toppprov tagna vid ytan för alla åtta silos som provtogs 2024

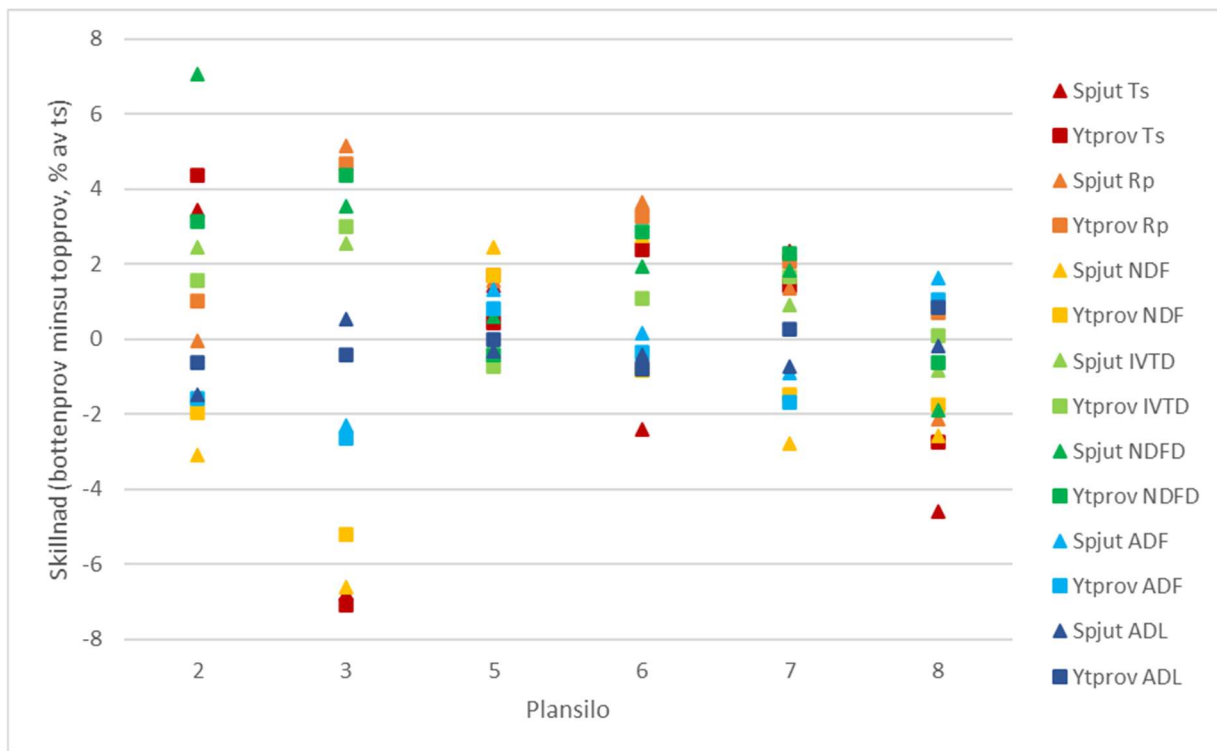
Silo	Höjd (m)	Ts (%)	Rp (% av ts)	NDF (% av ts)	IVTD (% av ts)	NDFD (% av ts)	ADF (% av ts)	ADL (% av ts)
1	2,6	34,7	17,2	46,9	89,5	76,8	30,5	3,54
2	2,7	36,6	19,2	46,6	88,7	74,5	31,0	5,46
3	2,7	41,0	14,8	49,2	89,7	77,9	30,3	3,45
4	2,5	34,5	17,9	43,5	90,6	78,3	28,5	3,31
5	3,2	32,3	18,2	51,8	86,3	73,1	34,3	4,53
6	3,6	35,2	16,7	50,7	86,5	72,5	33,1	4,67
7	3,3	25,2	18,3	52,1	87,9	76,1	32,5	3,36
8	3,0	36,7	18,9	54,1	86,0	74,1	32,5	4,37

Ts – torrsubstans, Rp – råprotein, NDF – neutral lösligt fiber, IVTD – in vitro sann smältbarhet, NDFD – neutralt löslig smältbarhet, ADF – surt lösligt fiber, ADL – surt lösligt lignin.

Figur 14 visar skillnaden mellan botten- och toppprov (botten minus topp; % av ts) för de olika näringsparametrarna och provtagningsmetoderna. Över lag var samstämmigheten god mellan ytprov och spjutprov: i plansilor där skillnaden mellan topp och botten var stor, observerades detta oavsett om prov togs med spjut eller vid ytan.

Ett undantag var torrsubstans i plansilo 4, där spjutprov visade lägre torrsubstans i botten än ytprov. Skillnaden mellan topp- och bottenprov varierade mellan plansilorna, med minst variation i plansilo 5 och störst i plansilo 3.

I silos med stor skillnad mellan materialet i botten jämfört med prov taget till i de övre metrarna blir provuttaget inte representativt om det tas med borrh som inte når ände ner i botten på plansilon.



Figur 14. Differensen mellan botten- och topprov (% av ts) för alla näringsparametrar (röd=Ts, orange=Rp, gul=NDF, ljusgrön=IVTD, mörkgrön=NDFD, ljusblå=ADF, mörkblå=ADL) för prov tagna med spjut (trianglar) och ytprov (kvadrater) i de sex plansilo där borsten inte nådde ner i botten.

Från intervjuer

För att borsten ska orka nå ner i 3 meter höga plansilos krävs det att den kopplas till en maskin med högt vridmoment (>122 Nm) som drivs av batteri med hög kapacitet (>8 Ah). Två personer har goda erfarenheter av Milwaukee M18 FRAD2-0, vinkelbormaskin (122 Nm, 12 Ah). Ska man borra mycket underlättas arbetet av att ha minst två set med batterier så att ett kan laddas när det andra används.

Borren väger ungefär hälften så mycket jämfört med spjutet och borsten upplevs dessutom som betydligt skonsammare mot kroppen.

Slutsats

Analyser gjorda med handhållet NIR-instrument och kalibrering från SLU på färskt vallensilage ger resultat med god överensstämmelse med kemiska analyser.

Provtagning med spjut är precis (hög R^2) och ger en liten men systematiskt bias (p-värde $<0,05$) jämfört med ytprov för torrsustans och smältbarhet. Provtagning med borrh är oprecist (låg R^2) men ger i genomsnitt värden nära ytprov (p-värde $>0,05$).

Det finns en betydande risk att prov som inte tas hela vägen ner i silon inte är representativa, varför det är viktigt att för borrh använda borrhmaskin med högt vridmoment och batterier med hög kapacitet. Användare upplever att maskindriven borrh är lättare att bära och snabbare att ta prov med än spjut. Spjut når ner och tar representativa prov även i höga, välpackade och torra silos men är tunga att bära och upplevs slita mer på kroppen än maskindriven borrh.

Kommunikation

Projektet kommer presenteras som en poster på Vallkonferens, 3-4 februari 2026. Resultaten kommer även uppmärksammas som webbnyhet på vxa.se, på Växas sociala medier samt i någon av tidningarna VäxaNytt, Nötkött eller Husdjur.

Tack

Stort tack till de gårdar som ställde upp i samband med provtagning i detta projekt. Stort tack till Julianne Oliveira på Institutionen för växtproduktionsekologi på SLU i Umeå för utmärkt arbete med att ta fram NIR-kalibreringar för vallensilage för det handhållna NIR-instrumentet NeoSpectra. Tack till Bengt-Ove Rustas på Institutionen för tillämpad husdjursvetenskap och välfärd på SLU i Uppsala och Anders H Gustavsson tidigare anställd på Växa för agerande som bollplank under ansökning av medel, försöksplanering och justering av försöksplan. Tack också till Bengt-Ove för granskning av rapport och poster. Slutligen ett jättestort tack till Nötkreatursstiften i Skaraborg som finansierade och gjorde projektet möjligt.

//Projektledarna Johanna Karlsson och Torbjörn Lundborg, Växa.

Referens

Hauge, R. 2017. Betydning af prøveudtagningsmetode for bestemmelse af tørstof i majsensilage. Foderingsdag 5 september 2017, Herning, Danmark.

Bilaga 1.

Intervjuade personer

1. Kurt Hallberg, Kalmarsund
2. Hans Ekström, Laholm
3. Håkan Johansson, Falkenberg

Intervjufrågor och svar

1. Har du använt både LBA borr som drivs med maskin och BLGG-borr från Eurofins?

1. Ja
2. Ja, men använder knappt BLGG-borren längre då den andra är bättre.
3. Ja, denna säsong, sedan kring juni 2025.

2. Vilken maskin driver din borr?

1. Milwaukee M18 ONEDD2-502X, borraruvdragare (135 Nm, 5 Ah)
2. Milwaukee M18 FRAD2-0, vinkelborrmaskin (122 Nm, 8 Ah)
3. Milwaukee M18 FRAD2-0, vinkelborrmaskin (122 Nm, 12 Ah)

3. Vilka fördelar ser du med LBA-borren?

1. Lätt att bära, smidigt med maskin som står för kraften. Passar bra till limpör och rundbalar.
2. Lätt att använda och att bära. Motorn gör jobbet, med lite kroppstyngd över bormaskinen går det väldigt lätt.
3. Skonsammare mot kroppen.

4. Vilka nackdelar ser du med LBA-borren?

1. Den når inte hela vägen ner i plansilo om den är ca 3 meter eller mer. Man behöver tänka på att ha flera batterier och möjlighet att ladda om man ska borra mycket under en dag. Det behövs minst två batterier per bormaskin. Lite svårt att tömma då konan inte går att ta av, töms "baklänges".
2. Efter byte från batteri med 5 Ah till batteri med 8 och 12 Ah når borren nu ner 3 meter i plansilo utan problem. Borren drar mycket batteri. Krävs att man har minst två batterier per bormaskin så man kan ladda en när den andra används. Borrman mycket kan man behöva en omvandlare från 12V till 220V i bilen. Eftersom borkonan är tandad krävs det manuell slipning, vilket har varit lite svårt att hitta någon som gör bra. Borkonan går inte att skruva av enkelt men är utbytbar med liten insexnyckel. Man får noga mäta höjden på silon innan man börjar borra för om man råkar gå i backen så nöts hela konan ner snabbt. Var noga med att hålla rent där förlängning av borr knäpps ihop, annars riskerar borren fastna nere i silon.
3. Man får vara försiktig så att man inte råkar borra ända ner för då slipas konan ner. Slipar manuellt med rundfil. Har bara ett batteri, men skulle nog behöva ett till. Ännu vet vi inte hur länge maskinerna, batterierna och borr håller. Man får tänka på att köra på låg växel för att maskinerna ska orka mer och inte rotera för snabbt.

5. Vilka arbetsmiljörisker ser du med LBA-borren?

1. Man får passa handlederna, använda två handtag på bormaskinen.
2. Inga. Använder vinkelborrmaskin så har bra arbetsställning och låg risk för handledsskador.
3. Har vinkelborrmaskin, men visst får man lägga ben/kropp emot som stöd och tänka på att det är starka maskiner.

6. Vilka fördelar ser du med BLGG-borren?

1. Lättare att tömma eftersom det går att skruva av borkonan. När ner i alla plansilos.
2. Behöver inget batteri.
3. Skadar inte provmaterialet, skär rent.

7. Vilka nackdelar ser du med BLGG-borren?

1. Tyngre att bära. Tar längre tid om man behöver använda hävstången.
2. Tyngre att bära. Kräver mer kroppskraft för att använda. Det sliter speciellt på ryggen att få upp BLGG-borren.
3. Sliter på kroppen, speciellt om provmaterialet är torrt och grovt. Det som är slitigt är

att få i spjutet innan man kan koppla på hävstången.

8. Vilka arbetsmiljörisker ser du med BLGG-borren?

- 1. -*
- 2. Tung att bära och sliter på ryggen.*
- 3. Sliter på ryggen.*

9. Sammanfattningsvis

- 1. LBA-borren är smidig i rätt situationer, men går inte att säkert få representativa prov i djupa silos.*
- 2. Skaffa batteri med minst 8 Ah så går borren ner hela vägen i 3 meter djupa plansilos utan problem. Använder bara LBA-borren för den är lättare att bära och använda.*
- 3. Använder mest LBA för att den sliter mindre på kroppen.*