



# Kvalitetsprognoser för brödvete och malkorn med reflektansmätning i växande gröda

Thomas Börjesson, Kjell Ivarsson, Anders Larsolle och Lennart Wikström

---

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara  
Avdelningen för mark-växter

---

Precisionsodling Sverige  
Teknisk Rapport 1  
Skara 2002  
ISSN 1651-2804

## **Innehållsförteckning:**

<b>FÖRORD .....</b>	<b>3</b>
<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>3</b>
<b>BAKGRUND .....</b>	<b>4</b>
<b>MATERIAL OCH METODER.....</b>	<b>4</b>
FÖRSÖKSFÄLT .....	4
MÄTMETODER.....	6
VÄDERDATA .....	6
UTVÄRDERINGSMETODER .....	8
<b>RESULTAT .....</b>	<b>9</b>
KORN .....	9
VETE .....	13
<b>DISKUSSION .....</b>	<b>16</b>
<b>LITTERATUR .....</b>	<b>17</b>
<b>PERSONLIGA MEDDELANDEN.....</b>	<b>18</b>
<b>BILAGA 1.....</b>	<b>19</b>
<b>BILAGA 2.....</b>	<b>21</b>

## Förord

Denna rapport är en sammanfattning av två års studier av kvalitetsprognoser i stråsäd. Projektet har finansierats av SL- och VL-stiftelserna och har förlagts till Skåne och Mellansverige. AnalyCen Nordic AB har på ett förtjänstfullt sätt skött laboratorieanalyserna och Johanna Wetterlinds och Anna Berlins insatser med den handburna sensorn har också varit mycket värdefulla. Hydro Agri AB har välvilligt ställt instrument till vårt förfogande och Torbjörn Ewaldz, SLU Alnarp, har bidragit med mätdata från mätningar utförda med CROPSCAN-utrustning.

## Sammanfattning

Kvalitetsprognoser har genomförts med olika fältmätningmetoder och med uttag av prover för NIR- och NIT-mätning på laboratorium före skörd. Mätningar har gjorts i maltkorn och brödvete i vanliga fält och i försök i Skåne och Mellansverige. Prognoser gjordes för kärnskörd i ts, proteinhalt, andelen fullkorn och tusenkornvikt i maltkorn. För brödvete gjordes prognoser för proteinhalt, falltal och kärnskörd. Mätningar gjordes i fält med befintlig odling år 2000 och i fältförsök 2001. Fältmätningar gjordes av spektral reflektans med Hydro N-Sensor år 2000 och huvudsakligen med bärbar sensor från Hydro 2001. På ett par platser i Skåne gjordes 2001 en jämförelse med två andra fältmättekniker, LT-sensor och CROPSCAN MSR16R.

Fältmätningar gjordes i stadium 69 år 2000 och vid olika tidpunkter mellan stadium 32 och 87 år 2001. Prover för NIR-analys togs ut i stadium 69 och prover för NIT-analys i stadium 87 båda åren. Nederbördsdata insamlades för växtodlingssäsongerna och dessa data kombinerades med data från fältmätningar.

Relativt goda prognoser kunde göras när det gäller kärnskörd, proteinhalt och tusenkornvikt i maltkorn och när det gäller proteinhalt och falltal hos brödvete. Sensordata från fältmätning gav ofta bättre eller likvärdiga prognoser jämfört med laboratoriemetoder. Med tanke på enkelhet i handhavande och pris per analys bör dessa metoder i första hand rekommenderas för prognoser. Bärbar sensor från Hydro gav bättre prognoser än CROPSCAN och LT-sensor, men mätningar gjordes inte på exakt samma tidpunkt och i ett begränsat antal försök. När det gäller maltkorn gav nederbördsdata i kombination med sensordata bättre prognoser än enbart sensordata. För brödvete visade det sig att uppdelning efter sort gav förbättrade prognoser. Utvecklingsstadium 69 visade sig generellt ge bäst resultat, särskilt tydligt var detta när det gäller proteinhalt. En förutsägelse av 2001 års kvalitetsdata med modell som bygger på 2000 års mätvärden från fältmätning med Hydros sensorer gav lovande resultat när det gäller proteinhalt i korn, men betydligt sämre än då data från varje år bearbetades för sig. Detta visar att årsmånsskillnader bör tas hänsyn till att data från flera år bör ingå i kalibreringen.

## Bakgrund

I Skåne genomfördes under 1995, 1996 och 1997 studier där axprover togs ut under växtodlingssäsongen och med vägledning av analyser av dessa erhöles en uppfattning om kvalitetsegenskaper vid skörd (G. Svensson, pers. medd.). Arbetet utfördes genom klippning av axprover i skånska försöksodlingar med höstvet, vårvete och malkorn. Axprover togs en gång per vecka fr.o.m. stadium 70 fram till skörd. Proverna tröskades och analyserades med avseende på proteinhalt, Zelenytal och andelen fullkorn hos malkorn. NIR och NIT analyser gjordes där detta bedömdes som möjligt för att effektivisera analyserna av de insamlade proverna. Dessutom gjordes analyser med CROPSCAN två-tre veckor efter blomning som korrelerades mot proteinhalten vid skörd. Resultaten visade på goda möjligheter att bedöma såväl proteinhalt, Zelenytal och andelen fullkorn med hjälp av axproverna, även om skillnader mellan åren gjorde att det var svårt att göra säkra prognoser tidigare än ca. två veckor före skörd. CROPSCAN-mätningarna visade dock på potentialen att använda denna typ av mätning för att redan tidigare ge en uppfattning om proteinhalten. Prognoserna behövde göras sort för sort.

På senare tid har stora inomfältvariationer när det gäller kvalitetsegenskaper påvisats (Thylén m.fl., 1999, Stafford, 1999). Stafford (1999) konstaterar också att variationsmönstret när det gäller proteinhalt kan se olika ut olika år. För att utnyttja variationen och inte blanda samman partier med olika proteinhalter, konstateras att man kan välja 3 olika strategier. Antingen bedömer man proteinhalten före skörd som ovan eller också görs en mätning efter skörd, antingen i skördetröskan eller i en siloanläggning. Thylén och Algerbo (2001) har utarbetat ett system där man mäter proteinhalten i tröskan som även har testats i siloanläggning. Systemet fungerar bra, men kräver förutom mätningen även att spannmålen sorteras för att skillnaderna i proteinhalt skall kunna utnyttjas.

Ljusreflektion har visat sig ge en god uppfattning om kvävestatus hos växter (Reusch, 1997) och tekniken utnyttjas i Hydro N-Sensor som används i stor utsträckning i Sverige idag för att bedöma behov av tilläggs gödsling. Under 2002 skannades ungefär 20 000 hektar (K. Nissen pers. medd.) Metoden bygger liksom CROPSCAN på grödans ljusreflektion i det synliga och nära infraröda området.

Avsikten med arbetet var att studera om de goda erfarenheterna från de skånska försöken kunde upprepas med Hydro N-Sensor och utvecklas vidare. Detta utfördes under 2 års studier 2000 och 2001. År 2000 gjordes studierna i befintliga fält som klipptes på olika platser medan fältförsök utnyttjades 2001. Då väder, framförallt nederbördsskillnader anses ge upphov till stora skillnader i skörd och proteinhalt, valdes att även registrera dessa data på försöksplatserna och kombinera med data från fältmätningarna.

## Material och metoder

### Försöksfält

Under 2000 provtogs 10 olika fält i Västergötland och 10 i Skåne, hälften med brödvete och hälften med huvudsakligen malkorn. Fälten i Västergötland låg på Lanna försöksstation, Svalöf Weibulls gård Bjertorp, hos två olika lantbrukare i närheten av Källby, två lantbrukare nära Vinninga, på Logårdens försöksstation och hos en lantbrukare nära Logården. I Skåne befann sig fälten på försöksgårdar i Västraby, Everöd, Henriksfält, Staffanstorps och Jordber-

ga. Flera olika sorter användes (bilaga 1 och 2). Varje fält provtogs på 5 olika provplatser. Dessa fördelades någorlunda jämnt längs en linje på fälten som i allmänhet var ca. 10 ha stora. Platserna lästes in med GPS så att upprepade mätningar på samma platser skulle kunna göras.

År 2001 valdes istället att utnyttja befintliga försöksfält med en större geografisk spridning av provplatserna i olika delar av Mellansverige (Västergötland, Östergötland och Mälardalen) och i Skåne. Provtagningen omfattade minst 6 olika försök vardera för brödvete och malkorn i Mellansverige och Skåne. På varje plats provtogs minst 2 olika sorter och 2 olika gödslingsnivåer. För vete provtogs försök ur serie L7-150 i Mellansverige på Vreta Kloster (län E), Brunnby (U) och Helleberg (R). Två gödslingsnivåer, 145 och 190 kg N/ha, valdes och två sorter, Tarso och Kosack, samt två upprepningar per plats. I Skåne provtogs två försök ur serien L3-2253, på Vallåkra och Vallkärra, Tarso med 2 N-nivåer, 150 och 180 kg N/ha. Dessutom försöket HL 1640 på Henriksfält (SLEX), Kris med 2 N-nivåer, 150 och 200 kg N/ha. Fyra upprepningar per plats provtogs. För malkorn ingick serien L3-2260 i Mellansverige och platserna Vipetomten (R), Tistersta (U) och Vreta Kloster (E). Två sorter ingick, Vikingett och Astoria, med gödslingsnivåerna 100 och 130 kg N/ha och två upprepningar per plats. I denna serie gjordes sensormätningar och rutvisa kvalitetsanalyser även i övriga led (0-160 kg N fördelat på en eller två gödslingar) och på övriga platser: Bragnum (R), Byrsta (U) och Kävlinge (C). Förutom 100 och 130 kg N/ha användes även data från ledet med 70 kg N från samtliga 6 platser för att göra kvalitetsprognoser med hjälp av Hydro sensor. I Skåne provtogs serie 9912 på Henriksfält och L7-426 på Ö Tommarp och Påarp. På Henriksfält användes Barke och gödslingsnivåerna 100 resp. 140 kg N/ha i 4 block. I L7-426 provtogs Astoria och Vikingett med 95 resp. 135 kg N/ha och 2 block per plats.

Växtnäringsnivåerna på försöksplatserna var inte anmärkningsvärda förutom mycket låga P-AL-tal som uppmättes på Vipetomten, Tistersta och Brunnby (tabell 1).

Tabell 1. Tillgängliga markdata för försöksplatser

Plats	Gröda	Jordart	pH	K-AL	K-HCl	P-AL	Mg-AL
Kävlinge	malkorn	nmh styv lera	6.4	14	450	3.3	45.1
Bragnum	malkorn	nmh mjällig lättlera	7	11.5	135	7.2	13.8
Vipetomten	malkorn	mmh styvlera	6.8	11	240	1.1	39.7
Tistersta	malkorn	mmh styvlera	6.4	14.5	400	1.4	65.2
Vreta Kloster	malkorn	mmh mycket styv lera	7				
Byrsta	malkorn	nmh mellanlera	6.1	13	165	3	17.7
Vreta Kloster	brödvete	mmh mycket styv lera	7				
Brunnby	brödvete	mmh styv lera	6.4	14.5	400	1.4	65.2
Helleberg	brödvete	nmh mellanlera	7	14.5	385	10.1	23.5
Vallåkra	brödvete	nmh moig lättlera	6.9	9.5	86	7.3	8.1
Vallkärra	brödvete	mmh moig lättlera	8	8.9	123	5.3	10
Henriksfält	brödvete	nmh lättlera	7.3	7.4		13	8.5

## Mätmetoder

Följande analyser gjordes på varje försöksplats 2000

Insamlat före skörd:

- ca. 2 veckor efter axgång, ca. stadium 69: Traktorburen N-Sensormätning och insamling av hela plantor för NIR-analys på lab.
- 10 dagar före skörd, ca. stadium 87: Insamling av ax för tröskning och NIT-analys på kärna.

Kvalitetsdata från mogen skörd:

- Proteinhalter för vete och korn.
- Falltal för vete.
- Storleksfördelning för korn enligt European Brewery Convention, procentandel över 2,5 mm.

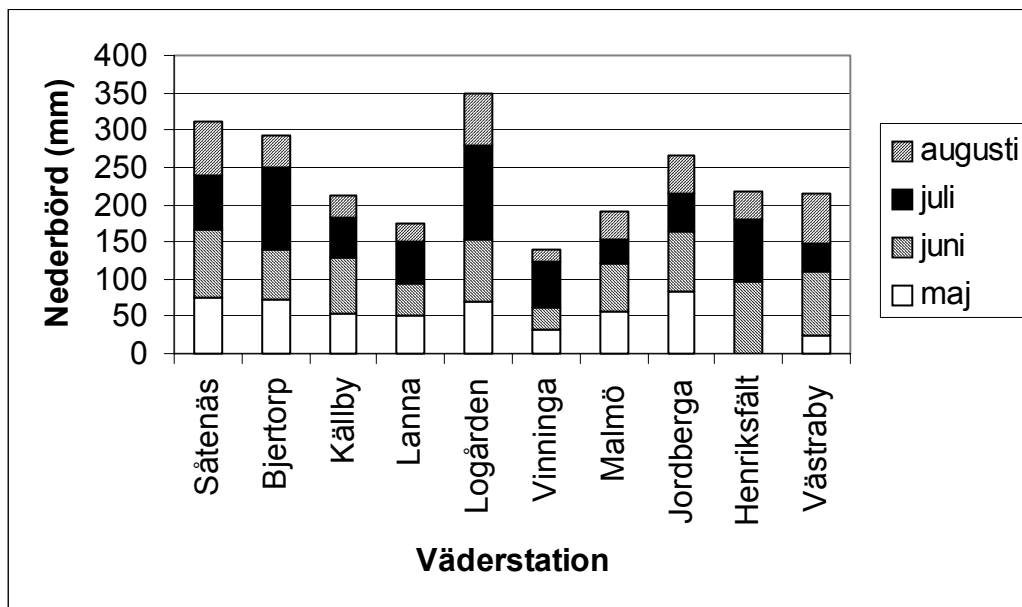
Från traktorburen N-Sensor erhöles reflektansvärden från gröda för 8 olika våglängder, 460, 510, 550, 620, 680, 710, 760 och 810. Reflektansmätning och klippning utfördes vid samma tillfälle. Först mättes hela fältet, därefter markerades provtagningspunkter med GPS och cirka 1 m<sup>2</sup> gröda klipptes. Klippningen delades upp på 4 stycken rutor om 0,5 m<sup>2</sup> vardera som representerade en yta på cirka 10 m<sup>2</sup>. Medelvärden beräknades sedan för cirka 20 mätningar som bäst stämde överens med koordinaterna för provpunkterna och användes vid utvärderingen. NIR-analyser utfördes på hela plantor som torkats och malts. NIRSystems 6500 utrustning med våglängdsintervall 400 till 2500 nm användes. Klippning för insamling av prover för NIT-analys gjordes på samma sätt som vid NIR-analysen. Tröskning skedde antingen hos SW, Bjertorp, eller hos AnalyCen, Kristianstad. I detta fall användes FOSS Infratec 1275 med våglängdsintervallet 850-1050 nm. Mogen skörd insamlades antingen med hjälp av försöks-tröska (Lanna, Logården) eller genom klippning av ax och tröskning enligt ovan.

Då det är ganska opraktiskt att köra traktor i fältförsök användes 2001 istället en bärbar sensor från Hydro. Förutom de 8 våglängderna enligt ovan har även basvärden som används vid gödslingsrådgivning (IR/R, IR/G, Si1 och Si2) använts vid utvärderingen. Mätning gjordes från 4 olika håll och med en vinkel mot marken på cirka 45° och ett genomsnittsvärde för dessa 4 mätningar räknades ut och användes vid utvärderingen. Mätningar gjordes vid 3 olika tillfällen i vete, i stadium 45, 69 och 87 medan korn mättes vid 4 tillfällen, i stadium 32, 45, 69 och 87. Förutom denna fältmätteknik användes även som jämförelse i försöken i Vallåkra och Vallkärra två andra fältmättekniker. Dels en spektrometer för reflektansmätning enligt Larsolle (2003), här kallad LT-sensor, och en bredbandig radiometer för reflektansmätning från CROPSCAN Inc., USA, CROPSCAN MSR16R. LT-sensorn mäter 164 våglängder mellan 360 och 900 nm och mätningar genomfördes vid 2 tillfällen i juni. CROPSCAN mäter vid 9 våglängder, 8 våglängder mellan 460 och 810 nm plus vid 1650 nm och mätningar skedde dels i juni och dels i augusti. I samtliga tre utrustningar kompenseras reflektansdata för infallande ljus. Provtagning och mätning med NIR och NIT gjordes på samma sätt som 2000. Rader utanför nettorutorna utnyttjades för dessa prover. I samband med ordinarie skörd av försöksrutorna insamlades rutvisa prover. För malkorn bestämdes sedan kärnskörd, proteinhalt och tusenkornvikt och för brödvete analyserades protein, falltal och i vissa fall även kärnskörd.

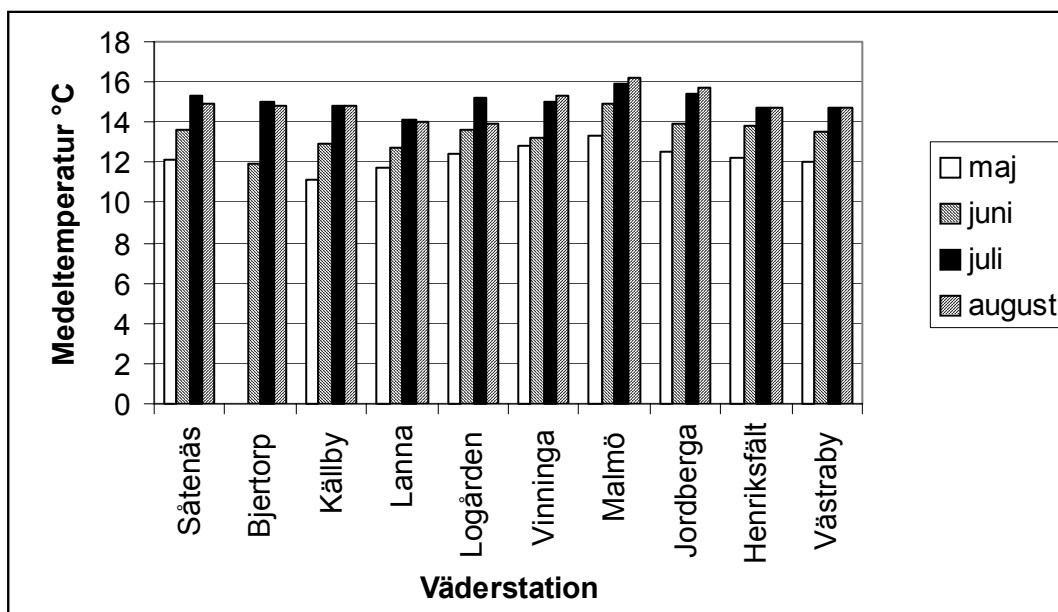
## Väderdata

För varje försöksfält som användes 2000 fanns data från närliggande (högst 2 km ifrån) väderstation tillgängligt. Nederbördsdata varierade en hel del mellan de olika försöksplatserna, medan temperaturerna var mycket lika (figur 1 och 2). Typen av väderstation varierade något.

I Skåne liksom i Vinninga användes Hardi-spjut, på Bjertorp Adcon-spjut och på Logården, Källby och Lanna användes stationära väderstationer levererade av FDS, Skara.



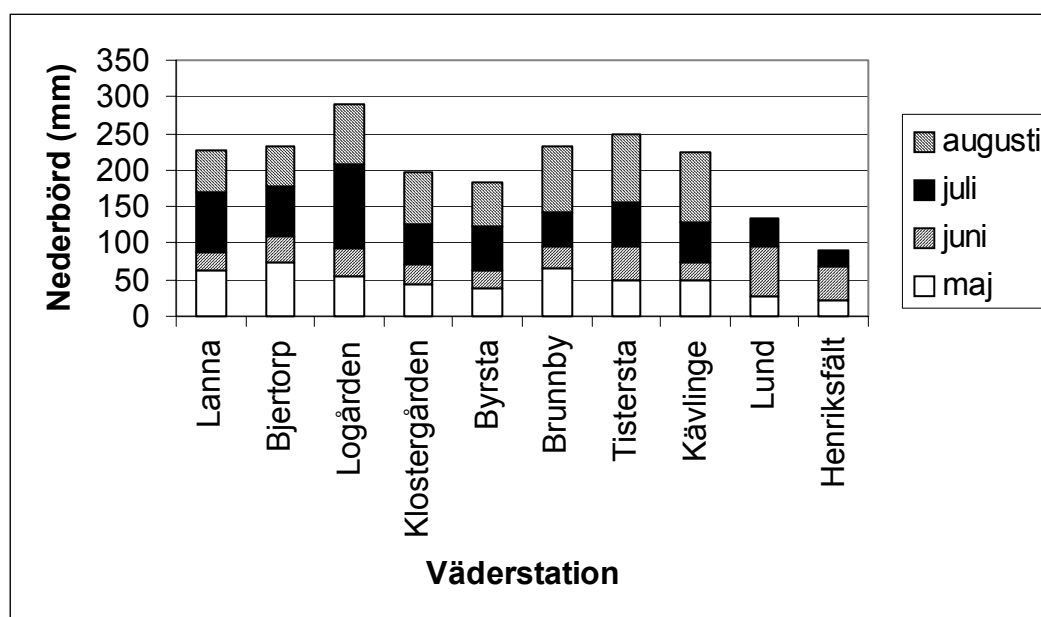
Figur 1. Månadsvis nederbörd år 2000 för 6 väderstationer i Västergötland och 4 i Skåne, Såtenäs och Malmö ingår som jämförelse. Data saknas för Everöd, Staffanstorp och majvärden från Henriksfält



Figur 2. Medeltemperatur år 2000 under växtsäsongen för 6 väderstationer i Skaraborg och 4 i Skåne. Data saknas från Everöd, Staffanstorp och för maj månad på Bjertorp.

För 2001 registrerades endast nederbördsdata på respektive försöksstation. I några fall gjordes mätningar i närheten av försöksplatsen, högst 5 kilometer ifrån. Bragnum ligger helt nära Logårdens mätstation och Helleberg ligger ungefär mittemellan Bjertorp och Lanna. Här användes ett medelvärde för dessa stationer. Mätstationen Lund i Skåne ligger ungefär mittemellan

Vallåkra och Vallkärra. Data för maj månad saknas för Henriksfält, istället har här data från angränsande Bollerup använts. För Lund och Henriksfält finns ej nederbörd registrerat för hela augusti, varför denna månad utgår. Nederbördsmängderna varierade ganska mycket mellan de olika försöksplatserna (figur 3).



Figur 3. Nederbörd i mm under maj-augusti 2001 på försöksplatser för malkorn i Mellansverige och brödvete i Skåne och Mellansverige eller mätstationer mindre än 5 km från försöksplatsen.

## Utvärderingsmetoder

I samtliga fall har multivariata utvärderingar gjorts med programvaran SIMCA-P 7.01 (Umetrics). Om inget annat anges, har denna programvara använts. Som ingående x-variabler har hela datamaterialet som erhöles vid fält- eller laboriemätningar använts. Nederbörden i maj, juni och juli har i förekommande fall används som ingående variabler tillsammans med sensordata. Principen bakom utvärderingarna är att man samlar så mycket variation i mätdatan som möjligt i så få dimensioner som möjligt. Man gör nya s.k. latenta variabler som är uppbyggda av de bakomliggande variablerna i proportion till hur mycket de varierar i materialet. Om t.ex. variationen mellan olika NIR-spektra till största delen kan hänföras till området 500-1000 nm så kommer den 1:a latenta variabeln eller principalkomponenten att till största delen bestå av information från dessa våglängder. När den första principalkomponenten tagits fram går man vidare och tar ut nästa komponent som skall vara vinkelrätt mot den första riktningen. Detta innebär att de underliggande variabler som betydde mest i den första komponenten, kommer att ha ett litet inflytande på nästa.

I många fall vill man förutom att ta fram den riktning där mest variation förklaras också göra en prediktion av en eller flera beroende y-variabler, t.ex. skörd eller proteinhalt. De principalkomponenter som tagits ut modifieras då så att de också anpassas till att förklara en eller flera y-variabler. I detta fall utförs en s.k. Partial Least Square (PLS) analys (Wold, 1989, Geladi och Kowalski, 1986). Genom denna anpassning erhålls enklare modeller för att förklara skillnader hos y-variabeln än om de omodifierade PCA-komponenterna hade använts (T. Næs, pers. medd.). Metoden används allmänt för att utveckla nya NIR-kalibreringar för spannmål



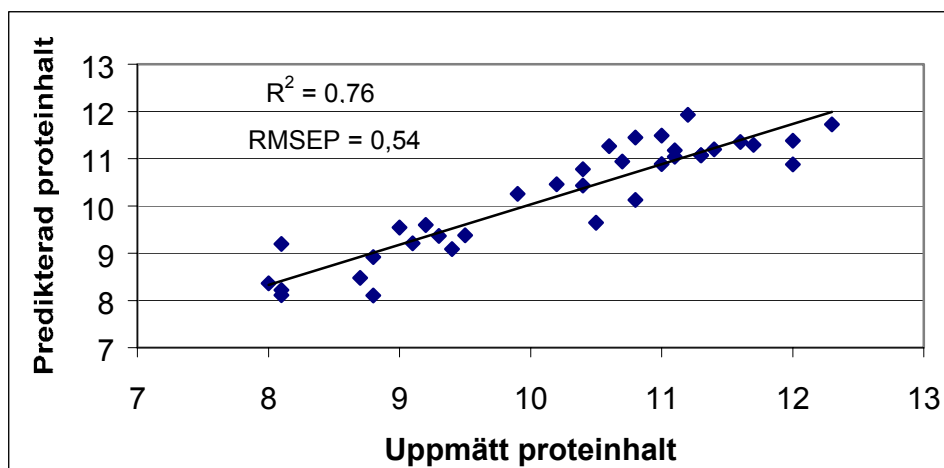
(Kays et al., 1991) och Hansen m.fl. (2002) har använt metoden för att göra kvalitetsprognoser med hjälp av data från reflektansmätningar i fält.

Det rekommenderas att kontrollera hur väl en PLS-kalibrering fungerar på prover som inte varit med i kalibreringen. På detta sätt får man en uppfattning om kalibreringens användbarhet för nya prover. Detta kan göras dels med hjälp av s.k. korsvalidering, då man tar bort ett eller ett fåtal prov i taget från materialet och en kalibrering som gjorts på resten av materialet valideras på dessa. Detta upprepas tills samtliga prover blivit validerade en gång. Man kan också använda ett ”externt” set av prover, vanligen 20-25% av samtliga som validerings-set. Detta görs vanligen då man arbetar med större material och har råd att utelämna dessa prover vid kalibreringen. Vanligtvis redovisas korsvaliderade  $r^2$ -värden som ger en relativt god bild av möjligheten att prediktera referensvärdena om man gör en kalibrering med ett större material som sedan används på nytt material. I vissa fall har även medelfelet (RMSEP) för förutsägelsen redovisats. Förbehandling av data gjordes genom att varje värde delades med standardavvikelsen för variabeln. Ibland tillgreps s.k. ortogonal signal korrektion (OSC) som sorterar bort icke-relevant information och på så sätt blir modellerna enklare och i vissa fall bättre. Man samlar mer information i de första principalkomponenterna än om som är fallet om inte denna ovidkommande information tagits bort. I detta fall användes ett testset som omfattar ungefär 25% av antalet ingående prover. Detta upprepades 4 gånger så att alla prover testades en gång. Även när det gäller NIR och NIT data visade sig standardförbehandling enligt ovan fungera bra. I vissa fall har även en annan programvara för PLS-utvärdering (Unscrambler 7.6) använts som jämförelse. I dessa fall användes ingen förbehandling av data och en derivering och ”smoothing” av data gav ingen nämnvärd förbättring av resultaten vid testning på några utvalda dataset. Antalet komponenter som användes vid prognoserna avgjordes från fall till fall och de rekommendationer som angavs i respektive programvara följdes.

## Resultat

### Korn

Det visade sig att relativt stora inomfältvariationer förelåg för de fält som ingick i studien år 2000 (bilaga 1). Detta år ingick 40 prover i NIR och NIT utvärderingen från 8 platser och 35 punkter från 7 platser när det gäller N-sensordata. Detta gör att jämförelsen av de olika metoderna inte blir helt rättvisande, men för att utnyttja all tillgänglig information valdes ändå att bearbeta på detta sätt. NIR och NIT data gav liknande proteinhaltsprognoser med som bäst  $r^2$  värden runt 0,7 (NIR 0,69 och NIT 0,72). N-sensordata visade sig i det här fallet ge något bättre värden (figur 4).



Figur 4. Förutsägelse av proteinhalt i korn från 2000 års försök (n = 35).

Ingen tillfredsställande förutsägelse för fullkornsandel uppnåddes oberoende av vilken indata som användes eller om man gjorde en sortvis uppdelning av materialet.

År 2001 registrerades relativt stora variationer mellan rutor med samma behandling på samma försöksplats (bilaga 1). Tyvärr blev två av kornfälten i Skåne felaktigt provtagna, så referensvärden saknas från dessa fält. Därför valdes att helt avstå från att utvärdera data från Skåne. För data 2001 fungerade mätning med bärbar Hydro sensor i stadium 69 bättre än NIR-mätning i stadium 69 och NIT-mätning i stadium 87 för förutsägelse av skörd och proteinhalt. När det gäller tusenkornvikt är bilden mer oklar, men vid uppdelning efter sort, vilket rekommenderas, är inte sensor-resultaten sämre än för övriga metoder (tabell 2).

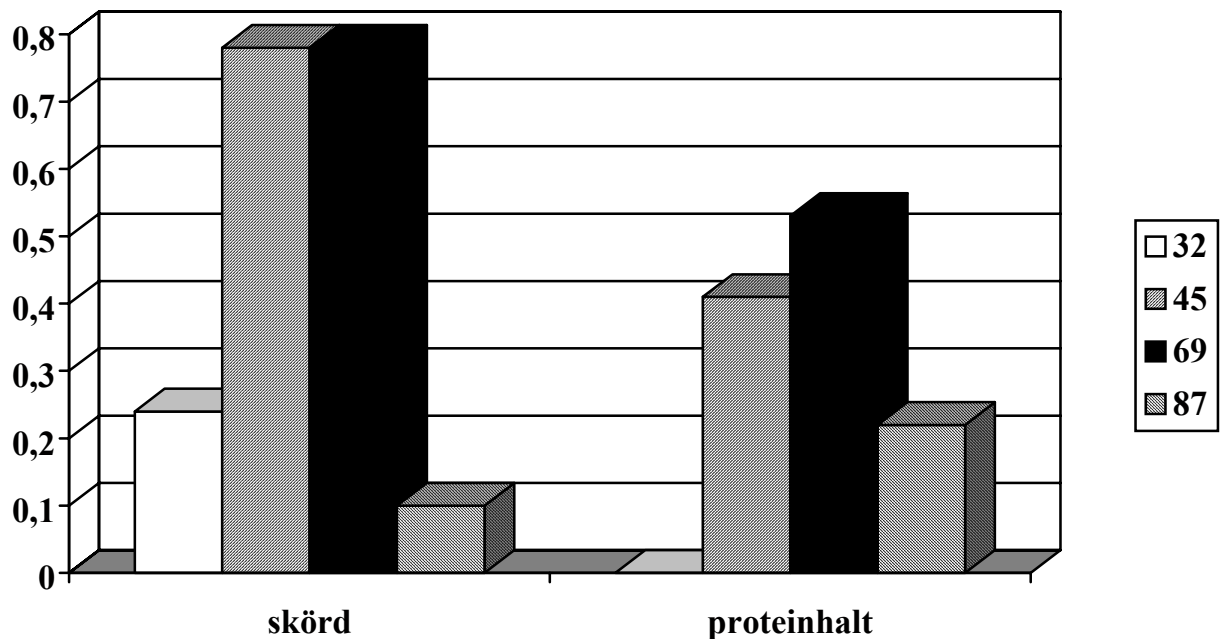
Tabell 2. Jämförelse av  $r^2$ -värden vid förutsägelse av skörd, proteinhalt och tusenkornvikt hos maltkorn i Mellansverige 2001.  $R^2$ -värden som redovisas är korsvaliderade värden och i vissa fall även värden som erhållits vid OSC-förbehandling och användning av test-set om 25% av materialet. N = 24, 12 Astoria och 12 Vikingett

Ingående prover	y-variabel	NIR st. 69		NIT st. 87		Hydro sensor st. 69	
		$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC	$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC	$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC
Båda	skörd	0,36	0,37	0,11	0,57	0,64	0,72
Astoria	skörd	0,56	0,38	0,57	0,3	0,46	
Vikingett	skörd	0	0	0,26	0,56	0,4	
Båda	proteinhalt	0,52	0,39	0,44	0,48	0,58	0,55
Astoria	proteinhalt	0,22	0,14	0,12	0,16	0,45	
Vikingett	proteinhalt	0	0	0	0	0,14	
Båda	tusenkorvikt	0,55	0,51	0,4	0,57	0,34	0
Astoria	tusenkorvikt	0,48	0,44	0,23	0,08	0,66	
Vikingett	tusenkorvikt	0	0	0,32	0,38	0,33	

Om man specifikt för den bärbara sensorn utvärderade samtliga platser i Mellansverige och även använder gödslingsnivån 70 kg N framgår att skördeprognosen fungerar bättre medan proteinhaltsprognosen blev sämre än med det mindre materialet (figur 5 och 6).

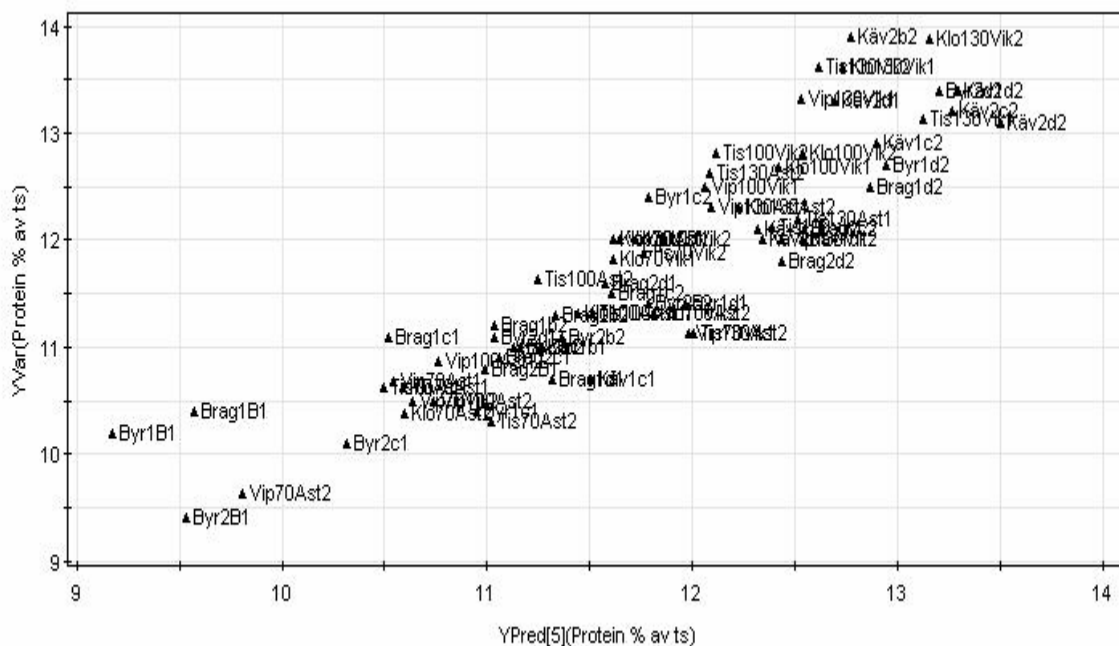


För skörd och proteinhalt gjordes också en jämförelse av prediktionsmöjligheterna vid mätning med sensor i olika stadier. Detta visade att för skörd gav en mätning i st. 45 ungefär lika god prognos som vid st. 69, medan st. 69 var klart bäst för prognos av proteinhalt (figur 7).



Figur 7. R<sup>2</sup> -värden år 2001 för förutsägelse av skörd och proteinhalt i mogen skörd med Hydro sensormätning i olika utvecklingsstadier, 32, 45 69 och 87. Maltkorn, 6 försöksplatser i Mellansverige.

Känsligheten för mätstadium testades också genom att blanda data från stadium 45 och 69. Detta visade inte på några sänkningar av prediktionsförmågan vare sig för protein eller skörd jämfört med ett genomsnitt för stadierna 45 och 69. För data från stadium 69 gjordes även försök att kombinera data från 2000 och 2001 års mätningar för förutsägelse av proteinhalt. Detta gav ett r<sup>2</sup>-värde på 0,68. En prognos av 2001 års proteinhalt med hjälp av 2000 års sensorvärden gav ett r<sup>2</sup>-värde på 0,56. Uppdelning efter sorter visade inte på några tydliga förbättringar, möjligen med undantag för tusenkornvikt. Tillägget av nederbördsdata gav en ökad förklaringsgrad av proteinhalt från 0,49 till 0,69 (figur 8), men i övrigt erhöles inga förbättrade prognoser.



Figur 8. Prognos av proteinhalt i maltkorn på 6 platser i Mellansverige 2001 med sensordata i stadium 69 och nederbördsdata för maj, juni och juli,  $r^2 = 0,69$ . Prognosvärden på x-axeln och uppmätta på y-axeln.

I detta fall användes mätningarna gjorda i stadium 69, som visat sig fungera bäst. Det tycks i första hand vara så att man genom att lägga in nederbördsdata förbättrar prognosen för rutor med höga proteinhalter (figur 6 och 8). För att förklara skördenivå eller tusenkornvikt gav inte nederbörd något tillskott till förklaringen.

## Vete

Liksom för korn förekom stora inomfältvariationer (bilaga 2) när det gäller data insamlat 2000. Tyvärr förekom även här att vissa mätvärden inte registrerats eller visade sig vara felaktiga. Således var antalet provpunkter med NIR- och NIT-data 45 från 9 platser och N-sensordata från 37 provpunkter från 8 platser. NIT-data fungerade bäst för förutsägelse av proteinhalt med ett  $r^2$  värde på 0,9 och ett RMSEP-värde på 0,45. Med NIR data uppnåddes ett  $r^2$  värde på 0,55 och ett RMSEP-värde på 0,98. N-sensordata gav något bättre resultat än NIR,  $r^2 = 0,64$ , som erhöles med en Uncrambler-modell. Prognos av falltal fungerade däremot bättre med NIR och N-sensordata,  $r^2$  0,82 respektive 0,79, medan endast 0,68 uppnåddes som bäst med NIT-data. Väderdata kombinerad med annan data gav generellt inga förbättrade resultat. För prover i Västergötland tycktes det dock som hög nederbörd i augusti hade en viss sänkande effekt på proteinhalterna. Prognoserna förbättrades dock bara marginellt. En orsak till detta kan vara att provplatserna inte skiljer sig tillräckligt mycket från varandra och att det inte var alltför stora lokala variationer under året.

Vid utvärderingen av 2001 års data valdes att dels studera hela materialet tillsammans och dels endast Tarso som förekom på 5 av 6 platser. Liksom för korn, användes NIR och sensor-

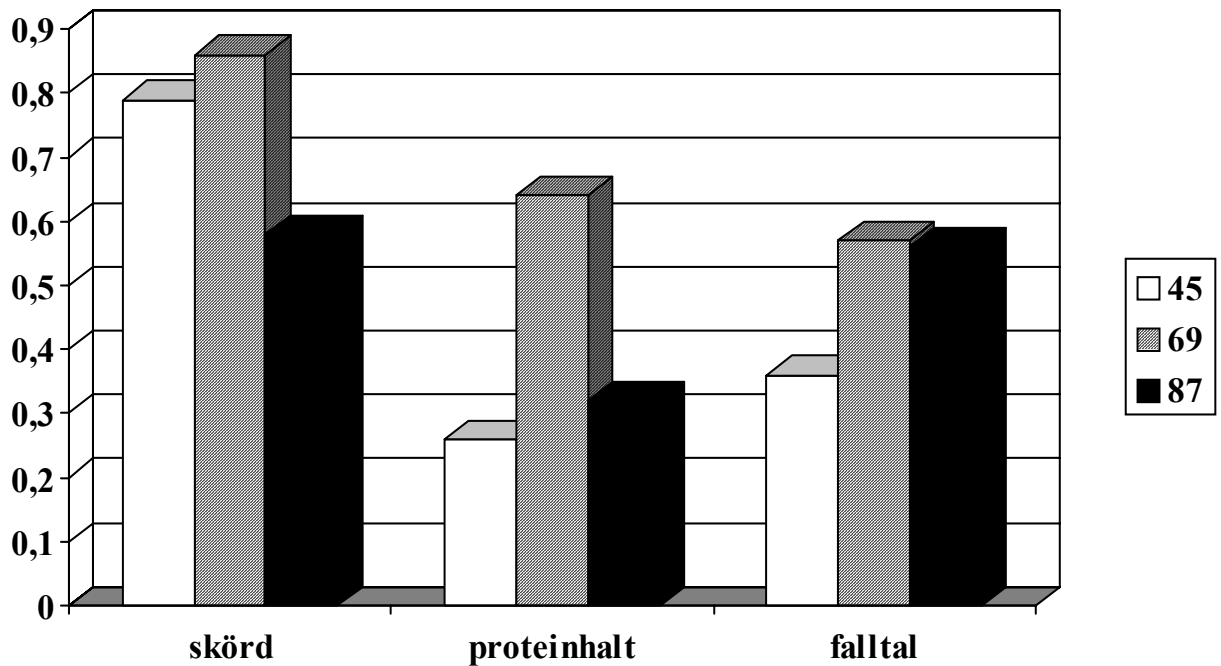
värden från st. 69 och NIT-data från st. 87. I detta fall gav sensordata bäst resultat (tabell 3), även om NIT-analysen var ungefär likvärdig. För sensordata tycks en uppdelning efter sort vara fördelaktig, särskilt för proteinhalt, men i viss mån gäller detta även för falltal.

Tabell 3. Jämförelse av  $r^2$ -värden vid förutsägelse av proteinhalt och falltal hos brödvete i Skåne och Mellansverige.  $R^2$ -värden som redovisas är dels korsvaliderade värden dels värden som erhållits efter OSC-förbehandling och validering med test-set. Resultat redovisas dels för alla sorter tillsammans och dels för enbart Tarso. N = 48, 8 rutor på varje plats på 3 plaster i Mellansverige och 3 platser i Skåne. För Tarso är N = 28 fördelat på 5 platser.

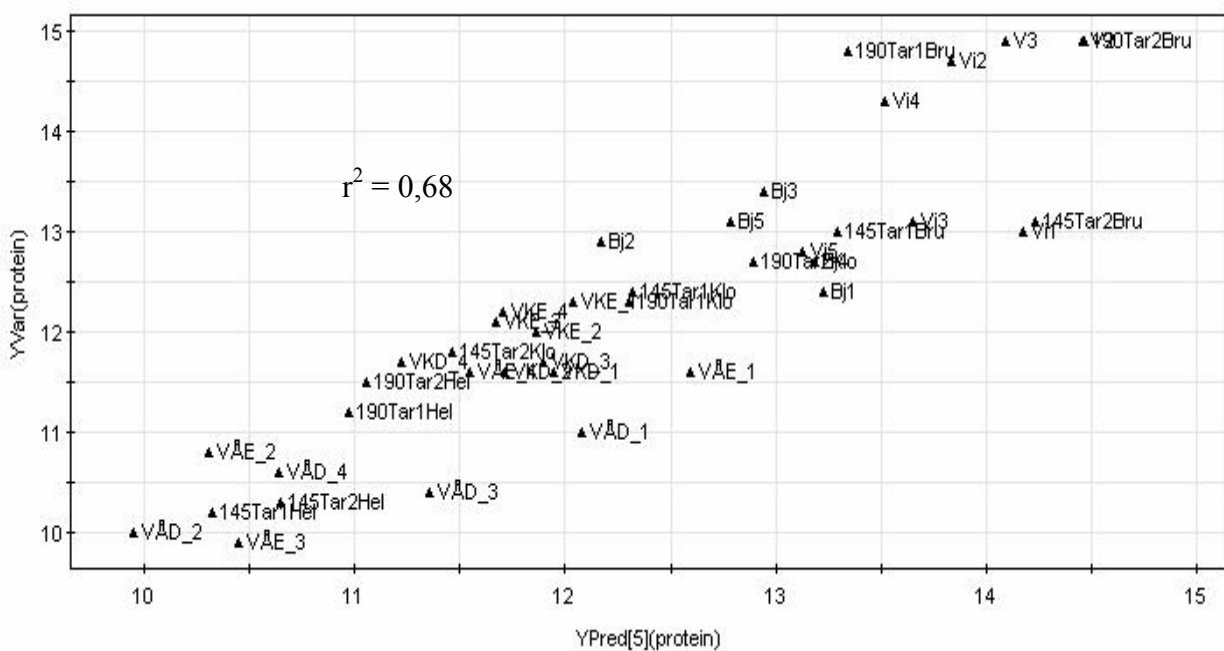
Ingående prover	y-variabel	NIR st. 69		NIT st. 87		Hydro sensor st. 69	
		$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC	$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC	$r^2$ korsvaliderat	$r^2$ OSC
Alla	proteinhalt	0,12	0,21	0,64	0,57	0,59	0,65
Tarso	proteinhalt	0,22		0,45		0,76	
Alla	falltal	0,29	0,49	0,6	0,32	0,64	0,64
Tarso	falltal	0,58		0,59		0,69	

Samtliga våglängder i tre stadier fanns endast tillgängliga för proverna i Mellansverige. Liksom för korn var möjligheterna att förutsäga proteinhalt klart bäst vid mätning i stadium 69 (figur 9), medan skördeprognosen var mindre beroende av stadium. Falltal förutsades också bäst i stadium 69, även om också stadium 87 fungerade bra i detta fall. Då basvärden från alla mätta stadier jämfördes för Tarso-vete på alla försöksplatserna i Skåne och Mellansverige fungerade också stadium 69 bäst,  $r^2 = 0,76$  för protein och 0,64 för falltal. Inte heller för dessa data erhöles någon märkbar förbättring av resultaten om nederbördsdata togs med vid utvärderingen.

För förutsägelse av proteinhalt gjordes en kombination av data från 2000 och 2001 när det gäller Tarso-vete. Prognosen fungerade något sämre än (figur 10) än det resultat som erhållits för data från 2001. För falltal fungerade prognosen också något sämre ( $r^2 = 0,61$ ) än motsvarande resultat då endast data från 2001 användes. I båda fallen fungerade inte prognoserna alls om olika sorter kombinerades.



Figur 9. R<sup>2</sup>-värden för förutsägelse av kärnskörd, proteinhalt och falltal i brödvete på 3 platser i Mellansverige med sensormätning i olika utvecklingsstadier, 45, 69 och 87.



Figur 10. Prognos av proteinhalt i Tarso-ve. Korsvalidering med kombination av sensordata från 2000 och 2001, totalt 40 rutor varav 12 från 2000. Prognosvärden på x-axeln och uppmätta på y-axeln.

Vid jämförelse av olika fältmätmetoder för förutsägelse av proteinhalt i Tarso-ve på Vallåkra och Vallkärra, befanns mätningen med Hydro sensor ge bäst resultat medan CROPSCAN och LT-sensor var ungefär likvärdiga (tabell 4). Liknande resultat erhöles när de gäller falltal. Mätningarna gjorde vid något olika tidpunkter under juni 2001: CROPSCAN-mätningen ut-

fördes mellan den 11/6 och 14/6 och mätningen med Hydro sensor 28/6. Mätning med LT-sensor utfördes vid två tillfällen under juni månad, 13/6 och 25/6.

Tabell 4. Jämförelse mellan CROPSCAN, LT-sensor och bärbar Hydro sensor för förutsägelse av proteinhalt vid skörd på försöksplatserna Vallåkra och Vallkärra. Totalt ingick 16 stycken rutor med Tarso-vete Två olika gödslingsnivåer, 150 och 180 kg N, upprepades 4 gånger på varje plats.

Mätmetod	$r^2$
CROPSCAN	0,52
LT-sensor 0613	0,5
LT-sensor 0625	0,64
Hydro sensor	0,83

## Diskussion

Generellt är bilden att mätningar med Hydro N-Sensor och bärbar sensor från Hydro har potential att ge lika mycket information som prover uttagna i fält och analyserade på laboratorium för att göra prognoser när det gäller skördens kvalitet.

Sensormätningarna för prognos av protein och kärnskörd fungerade tillräckligt bra för att kunna utvecklas till praktiskt användbar metod. Prognosen av proteinhalt i maltkorn fungerade sämre än för brödvete, men tillägget av nederbördsdata förbättrade prognosen. Liknande erfarenheter har också gjorts i Danmark där man erhöll goda samband mellan en mätning med Hydro N-Sensor i stadium 51 och proteinhalt i brödvete, men något sämre för maltkorn (Hansen m.fl., 2002). Erfarenheter från Frankrike visar också bra samband mellan klorofyll, uppmätt med sensorteknik i veteblad och kvävehalten i grödan (Houlès m.fl., 2001). Att göra prognoser för varje sort för sig tycks vara viktigare när det gäller fältmätmetoder än när det gäller analyser på laboratorium. En orsak kan vara att sorter kan variera när det gäller t.ex. bredd och vinkel på blad.

En sensormätning bör räcka om man väljer lämplig tidpunkt som tycks ligga runt stadium 69. Det är troligen viktigt att inte komma för sent med mätningen så att grödan hunnit gulna, medan en något tidigare mätning inte verkar vara lika kritisk. Detta indikeras av att en sensormätning, i stadium 87, inte gav bra prognoser och att en blandning av data från 45 och 69 fungerade relativt bra.

Prognosen av tusenkornsvikten i korn fungerade bättre än prognosen för andelen fullkorn. En orsak kan vara att andelen fullkorn varierar så pass lite mellan olika prover så att variabeln blir osäker. Mätningar av varje sort för sig tycks också vara viktigt när det gäller kornstorleksfördelning i maltkorn.

När det gäller sensorprognos för falltal i vete uppvisas också relativt bra resultat båda åren. Intressant att notera är att vid jämförelse med en sen NIT-mätning verkar faktiskt falltalsprognosen med sensordata i stadium 69 stå sig bättre än proteinprognosen. En tänkbar förklaring kan vara att falltalet, som beror av kolhydrater i växter, normalt påverkas mindre under senare delen av kärnfyllnad och fram till ett par veckor skörd än vad proteinhalten gör. Om skörden blir kraftigt försenad p.g.a. otjänligt väder, är troligen inte falltalsprognosen tillförlitlig. Under sådana omständigheter bör en kombination av väderdata och sensordata vara värdefull. Prognoserna är nämligen till största delen uppbyggda på prover med relativt höga falltal. Både



protein- och falltalsprognoserna blev något bättre då Tarso studerades för sig, vilket visar att det inte är sortskillnader som avläses genom reflektionen. Skillnaderna i protein och falltal mellan sorterna var nämligen markant (bilaga 2). Man skulle därför kunna tänka sig att dessa skillnader samvarierar med olika reflektion från de båda sorterna som inte har med skillnaderna i falltal och protein att göra.

Jämförelsen av olika fältmätmetoder för förutsägelse av protein, visade att bärbar Hydro sensor fungerade bättre än övriga. En orsak till detta kan vara att man mäter från sidan och på så sätt får med mer av grönmassan. Dessutom användes när det gäller Hydro sensor ett medelvärde för 4 mätningar från olika håll. Olika datum för mätningarna kan också ha haft betydelse. Materialet är dock mycket litet, så försiktighet bör iakttas vid utvärderingen.

Relativt bra modeller kunde tas fram med korsvaliderade modeller med data från både 2000 och 2001. Däremot fungerade en kornmodell med sensordata från 2000 inte särskilt bra för att förutsäga proteinhalten 2001. Detta indikerar att årsmånsskillnader bör tas hänsyn till och att data från flera år bör ingå i kalibreringarna.

Kombinationen av olika mätdata, i detta fall sensordata och nederbörd, har troligen stor potential. Förutom väderdata kan man tänkas sig att kombinera fältmätningar med markdata för att förbättra prognoserna ytterligare.

## Litteratur

Geladi, P och Kowalski, B.R. 1986. Partial Least Squares regression: A tutorial. *Analytica Chimica Acta*. 185:1-17.

Hansen, P.M., Jørgensen, J.R. och Thomsen, A. 2002. Predicting grain yield and protein content in winter wheat and spring barley using repeated canopy reflectance measurements and partial least squares regression. *J. Agr. Sci.* 139:307-318.

Houlès, V., Mary, B., Machet, J.M., Guérif, M. och Moulin, S. 2001. Do crop characteristics available from remote sensing allow to determine crop nitrogen status? *Proceedings of the 3:rd European Conference on Precision Agriculture*. 917-922.

Kays, S.E., Barton, F.E., Windham, W.R. och Himmelsbach, D.S. 1991. Prediction of total dietary fiber by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in cereal products containing high sugar and crystalline sugar. *J. Agric. Food Chem.* 45:3944-3951.

Larsolle, A. 2003. Instantaneous Measurement of Reflectance Spectra in the Open Field using Diode Array Spectrometers. Manuscript.

Reusch, S. 1997. Entwicklung eines reflexionsoptischen Sensors zur Erfassung der Stickstoffversorgung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation Christian Albrecht's Universität, Kiel, Tyskland.

Stafford, J.V. 1999. An investigation into the within-field spatial variability of grain quality. *Proceedings of the 2:nd European Conference on Precision Agriculture*. 353-361.

Thylén, L. och Algerbo, P.A. 2001. Development of a protein sensor for combine harvesters. *Proceedings of the 3:rd European Conference on Precision Agriculture*. 869-873.

Thylén, L., Algerbo, P.A. och Pettersson, C.G. 1999. Grain quality variations within fields of malting barley. Proceedings of the 2:nd European Conference on Precision Agriculture. 287-296.

Wold, S. 1989. Multivariate data analysis: Converting chemical data tables to plots. Intelligent instruments and computers. Sept/oct.: 197-216.

## **Personliga meddelanden**

Knud Nissen, Svenska Lantmännen, Div. Växtodling.

Gunnar Svensson, SLU, Alnarp.

Tormud Næs, Matforsk, Norge.

## Bilaga 1

Referensdata för korn

Provplats	År	Sort	Protein	Andel >2,5mm %	Tusenkornvikt	Skörd kg
						15% vatten
Logården 1	2000	Alexis	9,4	94,5		
2	2000	Alexis	9,2	93,7		
3	2000	Alexis	10,5	93,9		
4	2000	Alexis	9	92		
5	2000	Alexis	8,1	86		
Källby 1	2000	Alexis	8,7	94		
2	2000	Alexis	9,3	90,1		
3	2000	Alexis	9,1	93,7		
4	2000	Alexis	8,1	95,3		
5	2000	Alexis	9,9	93,3		
Vinninga 1	2000	Mentor	11	94,5		
2	2000	Mentor	12	93,1		
3	2000	Mentor	12,3	86,1		
4	2000	Mentor	10,8	91		
5	2000	Mentor	11,1	80,5		
Bjertorp 1	2000	Pongo	10,6	83,2		
2	2000	Pongo	11,7	79,4		
3	2000	Pongo	11,4	82,4		
4	2000	Pongo	11,3	86,3		
5	2000	Pongo	11,1	79		
Lanna 1	2000	Henny	8,1	86,6		
2	2000	Henny	8,8	81,6		
3	2000	Henny	8,8	89		
4	2000	Henny	9,5	90,1		
5	2000	Henny	8	90,3		
Henriksfält 1	2000	Barke	11,2	99,2		
2	2000	Barke	11	99		
3	2000	Barke	11,3	98,8		
4	2000	Barke	12	98,2		
5	2000	Barke	11,6	94		
Jordberga 1	2000	Alexis	10,8	99,6		
2	2000	Alexis	10,4	98,1		
3	2000	Alexis	10,4	99,1		
4	2000	Alexis	10,2	98		
5	2000	Alexis	10,7	98,5		
Everöd 1	2000	Barke	9,8	96,6		
2	2000	Barke	8,9	94,7		
3	2000	Barke	9,4	96,9		
4	2000	Barke	9	98		
5	2000	Barke	9,5	96,9		
Västraby	2000	Barke	9,5	99,3		
2	2000	Barke	9,6	98		
3	2000	Barke	10	99,4		
4	2000	Barke	10,5	99,5		
5	2000	Barke	10,3	99		

## Bilaga 1, forts.

Provplats	År	Sort	Protein	Andel >2,5mm %	Tusenkornvikt	Skörd kg
						15% vatten
Vipetomten 100 kg N 1	2001	Astoria	10,9		47,5	5700
2	2001	Astoria	10,5		49,1	5904
Vipetomten 100 kg N 1	2001	Wikingett	12,5		49,3	6189
2	2001	Wikingett	12,0		49,2	5608
Vipetomten 130 kg N 1	2001	Astoria	12,3		50,5	7179
2	2001	Astoria	11,1		50,0	6419
Vipetomten 130 kg N 1	2001	Wikingett	13,3		48,3	6363
2	2001	Wikingett	12,0		48,3	5772
Tistersta 100 kg N 1	2001	Astoria	11,3		49,5	5283
2	2001	Astoria	11,6		52,6	5472
Tistersta 100 kg N 1	2001	Wikingett	12,1		50,5	4442
2	2001	Wikingett	12,8		51,2	5167
Tistersta 130 kg N 1	2001	Astoria	12,2		51,4	5753
2	2001	Astoria	12,6		50,4	5638
Tistersta 130 kg N 1	2001	Wikingett	13,1		49,1	5147
2	2001	Wikingett	13,6		50,0	5346
Vreta Kloster 100 kg N 1	2001	Astoria	11,3		50,6	6995
2	2001	Astoria	11,3		51,0	6658
Vreta Kloster 100 kg N 1	2001	Wikingett	12,7		51,3	6423
2	2001	Wikingett	12,8		51,6	5848
Vreta Kloster 130 kg N 1	2001	Astoria	12,0		51,5	6831
2	2001	Astoria	12,3		50,9	7364
Vreta Kloster 130 kg N 1	2001	Wikingett	13,6		49,7	6121
2	2001	Wikingett	13,9		50,6	6130
Henriksfält 100 kg N 1	2001	Barke	9,4	96,8		
2	2001	Barke	9,2	97,2		
3	2001	Barke	9,3	97,8		
4	2001	Barke	8,9	97,7		
Henriksfält 140 kg N 1	2001	Barke	9,8	97,4		
2	2001	Barke	10	97,7		
3	2001	Barke	9,9	98,1		
4	2001	Barke	9,5	97,5		

## Bilaga 2

Referensdata för vete.

<b>Provplats</b>	<b>År</b>	<b>Sort</b>	<b>Protein</b>	<b>Falltal</b>
Logården 1	2000	Kosack	10,1	200
2	2000	Kosack	10,5	200
3	2000	Kosack	10,3	200
4	2000	Kosack	11,5	200
5	2000	Kosack	10,3	240
Källby 1	2000	Kosack	11,1	200
2	2000	Kosack	11,4	260
3	2000	Kosack	11,6	260
4	2000	Kosack	11,5	270
5	2000	Kosack	11,7	250
Vinninga 1	2000	Tarso	13	460
2	2000	Tarso	14,7	450
3	2000	Tarso	13,1	470
4	2000	Tarso	14,3	500
5	2000	Tarso	12,8	470
Bjertorp 1	2000	Tarso	12,4	460
2	2000	Tarso	12,9	500
3	2000	Tarso	13,4	470
4	2000	Tarso	12,7	460
5	2000	Tarso	13,1	430
Lanna 1	2000	Kosack	12,4	220
2	2000	Kosack	12,4	220
3	2000	Kosack	12,2	200
4	2000	Kosack	12,6	200
5	2000	Kosack	12,3	220
Henriksfält 1	2000	Kris	11,2	320
2	2000	Kris	11,1	370
3	2000	Kris	11,3	330
4	2000	Kris	11,5	350
5	2000	Kris	11,5	300
Jordberga 1	2000	Bill	10,8	240
2	2000	Bill	10,9	230
3	2000	Bill	11	260
4	2000	Bill	10,8	260
5	2000	Bill	10,7	260
Everöd 1	2000	Tarso	12,4	490
2	2000	Tarso	11,7	450
3	2000	Tarso	11,3	460
4	2000	Tarso	10	470
5	2000	Tarso	10,5	460
Staffanstorp	2000	Tarso	13,8	450
2	2000	Tarso	14,9	520
3	2000	Tarso	14,9	460
4	2000	Tarso	14,4	490
5	2000	Tarso	15,7	520

## Bilaga 2, forts

<b>Provplats</b>	<b>År</b>	<b>Sort</b>	<b>Protein</b>	<b>Falltal</b>
Helleberg 145 kg N 1	2001	Kosack	10,1	320
2	2001	Kosack	10	320
Helleberg 190 kg N 1	2001	Kosack	11	310
2	2001	Kosack	11,1	340
Helleberg 145 kg N 1	2001	Tarso	10,2	380
2	2001	Tarso	10,3	390
Helleberg 190 kg N 1	2001	Tarso	11,2	350
2	2001	Tarso	11,5	430
Brunnby 145 kg N 1	2001	Kosack	12,1	230
2	2001	Kosack	11,7	250
Brunnby 190 kg N 1	2001	Kosack	14	270
2	2001	Kosack	12,9	280
Brunnby 145 kg N 1	2001	Tarso	13	300
2	2001	Tarso	13,1	270
Brunnby 190 kg N 1	2001	Tarso	14,8	330
2	2001	Tarso	14,9	240
Vreta Kloster 145 kg N 1	2001	Kosack	11,4	300
2	2001	Kosack	11,4	250
Vreta Kloster 190 kg N 1	2001	Kosack	13	270
2	2001	Kosack	12,5	300
Vreta Kloster 145 kg N 1	2001	Tarso	12,4	320
2	2001	Tarso	11,8	220
Vreta Kloster 190 kg N 1	2001	Tarso	12,3	300
2	2001	Tarso	12,7	330
Henriksfält 150 kg N 1	2001	Kris	11	290
2	2001	Kris	11,3	330
3	2001	Kris	11,1	330
4	2001	Kris	11,2	280
Henriksfält 200 kg N 1	2001	Kris	11,8	350
2	2001	Kris	12,2	408
3	2001	Kris	12,3	350
4	2001	Kris	11,9	310
Vallåkra 150 kg N 1	2001	Tarso	11	430
2	2001	Tarso	10	420
3	2001	Tarso	10,4	440
4	2001	Tarso	10,6	410
Vallåkra 180 kg N 1	2001	Tarso	11,6	430
2	2001	Tarso	10,8	420
3	2001	Tarso	9,9	420
4	2001	Tarso	11,6	440
Vallkärra 150 kg N 1	2001	Tarso	11,6	370
2	2001	Tarso	11,6	410
3	2001	Tarso	11,7	430
4	2001	Tarso	11,7	420
Vallkärra 180 kg N 1	2001	Tarso	12,3	410
2	2001	Tarso	12	430
3	2001	Tarso	12,1	390
4	2001	Tarso	12,2	360

Förteckning över utgivna rapporter i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter*:

1. Börjesson, T, Ivarsson, K., Larsolle, A., Wikström, L. 2002. Kvalitetsprognoser för malkorn och brödvete genom reflektansmätning i växande gröda och uttag av grödprover för laboratorieanalys. *Precisionsodling Sverige, Teknisk Rapport nr 1*. Skara.

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling Sverige* syftar till att utveckla och tillämpa användbara metoder inom precisionsodlingen till nytta för det praktiska jordbruket.

I projektet arbetas med precisionsodling i form av utvärdering och tolkning av och teknik för markkartering, kalkning, gödsling, bestämning av mark- och grödegenskaper, skördemätning samt miljöeffekter av precisionsodling.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. Lantmännen, SLU, Svalöf Weibull AB, JTI, Hydro Agri AB, Lantmännen Maskin AB, Nordkalk AB och hushållningssällskap.

---

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67268, e-post: [Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se](mailto:Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se)

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

<http://www.agrovast.se/precision>