

Slutrapport från projekt 13/2018 till Regional Jordbruksforskning i Norra Sverige

Gårdsanpassad helsädesprognos för säker grovfoderförsörjning

Bengt Ove Rustas, Tomas Persson, Johanna Wallsten, Elisabet Nadeau, Mats Höglind

Sammanfattning

Helsäd av spannmålsgrödor kan användas som komplement till vallgrödor för att säkra grovfodertillgången på gårdar med mjölk- eller nötköttsproduktion i norra Sverige. Avkastning och sammansättning av helsäd påverkas av väder, jord och andra odlingsbetingelser samt av grödans utveckling och har stor inverkan på produktionskostnad, näringsinnehåll och hur den kan ensileras. I det här projektet har vi anpassat en väderdriven simuleringsmodell (BASGRA- BASis GRASland model) för vallgräs för prognos av skördemängd och näringsvärde i helsäd av korn. Avkastning har mätts och fiberinnehåll (NDF- Neutral Detergent Fibre), smältbarhet, samt råprotein har analyserats i prover från kornsorterna Anneli och Judit som samlats in vid axgång, mjölk-, deg- och gulmognad vid försöksstationerna Lännäs, Röbbäcksdalen och Ås under åren 2019-2021. Tillsammans med data från tidigare helsädesförsök i norra, mellersta och södra Sverige har data genererad i projektet använts för att anpassa och kalibrera en modell för prognos av helsäd. Modellen har visat sig vara bättre på att förutse näringsinnehållet, speciellt fiberhalten (NDF), än avkastningen. Vi bedömer att träffsäkerheten i modellen var, med undantag för torrsubbstansens smältbarhet, tillräckligt hög för att användas vid utvärdering av kornhelsäd under olika odlingsförutsättningar. En analys av klimateffekter visade på lägre avkastning, tidigare skörd och möjligen högre NDF-halt med väderleksförhållanden som kan förväntas under de kommande 20 åren jämfört med de senaste 30 åren. För att prognosmodellen ska kunna användas som ett hjälpmedel i lantbruket behöver den införlivas i ett användarvänligt verktyg anpassat för dator och telefon. Då kan lantbrukare utifrån gårdens förutsättningar använda prognosen för skördeplanering under växtsäsongen samt lägga upp strategier för helsädesproduktion utifrån behov och förväntade odlingsförutsättningar.

Slutsatser

- En prognosmodell för tillväxt och näringsinnehåll i helsäd av korn har tagits fram.
- Modellen var bättre på att förutse näringsinnehållet, speciellt fiberhalt (NDF), än avkastningen.
- Träffsäkerheten i modellen var, med undantag för torrsubbstansens smältbarhet, tillräckligt hög för att användas vid utvärdering av kornhelsäd under olika odlingsförutsättningar.
- En utvärdering av klimateffekter visade på en lägre avkastning, tidigare skörd och möjligen en högre NDF-halt med klimatförhållanden som kan förväntas under de kommande 20 åren (2020-2040) jämfört med de senaste 30 åren (1990-2020).

1. Introduktion

Livsmedelsproduktionen i norra Sverige domineras av mjölk- och köttproduktion från idisslare, främst nötkreatur. Grovfoder av god kvalitet och i tillräcklig mängd är avgörande för en lönsam och säker produktion. Vallfoder är det huvudsakliga grovfodermedlet i Sverige och den största grödan arealmässigt. Vallen ger överlag pålitliga skördar, men nivåerna kan variera betydligt mellan år. Mäkinen et al. (2015) rapporterade att väderberoende faktorer svarar för att skördenivån varierar med 12 till 15 % mellan år i vallfodergrödor under nordliga förhållanden. Under extrema år, som 2018, kan skörden avvika betydligt mer än så.

Ettåriga grödor, t. ex. spannmål och trindsäd, kan användas som grovfodergrödor under år med vallfoderbrist. Spannmålets utveckling bestäms av odlingsplatsens egenskaper, gödsling och klimatiska faktorer. Fodervärdet för spannmålshelsäd är beroende av grödans utvecklingsstadium vilket också påverkar hur den kan ensileras samt lagringsstabiliteten vid utfodring. Helsäd av korn kan vid skörd i axgång ge en avkastning som motsvarar första skörden i en vallgröda. Att vänta med skörden till degmognadsstadiet kan innebära en fördubbling av skördemängden (Mahli et al., 2006).

Skörd vid axgång ger ett grovfoder som liknar ett medelgott vallfoder med relativt högt fiberinnehåll och bra fibersmältbarhet. Efterhand som spannmålsgrödan mognar minskar fibersmältbarheten, medan fiberhalten ofta sjunker. Vid degmognad har man ett grovfoder med hög stärkelsehalt, relativt vallen låg fiberhalt, men också låg fibersmältbarhet (Rustas et al, 2011). Fiberhalten (NDF) har stark koppling till konsumtionen och är ett viktigt kvalitetsmått i helsäd. Fiberandelen bestäms främst av stråets fiberinnehåll tillsammans med axandelen vilka styrs av utvecklingsstadiet.

Vid bestämning av skördetidpunkt för helsäd skall ett antal faktorer vägas in. Önskad skördemängd och kvalitet styrs av djurbesättningens behov medan grödans ensilerbarhet styrs av gårdens konserveringsteknik. Helsäd som enda foder till mjölkkor bör skördas tidigt för att ge tillräcklig energi, men i kombination med tidigt skördat vallfoder fungerar det bra med sent skördad helsäd (Wallsten, 2008). Sen skörd kan med fördel utfodras som enda grovfoder till växande nötkreatur (Rustas et al, 2008).

Skördetidpunkten är således viktig för att skapa ett ändamålsenligt och kostnadseffektivt foder. Idag finns inget verktyg för att underlätta styrningen av helsädesproduktion men det finns prognosmodeller för andra grödor, bland annat vall, som har potential att anpassas för att prognosticera helsädesgrödor.

Målet med projektet var att ta fram en prognosmodell som beskriver hur skördemängd och näringsinnehåll utvecklas över tid i kornhelsäd som odlas i Norra Sverige.

2. Material och metoder

2.1 Modellutveckling

En processbaserad modell för vallgräs, BASGRA, har anpassats till för att simulera helsäd från korn under förhållanden som representerar norra Sverige. BASGRA-modellen kan

simulera mängd biomassa, protein- och fiberkoncentration samt smältbarhet som funktion av väder (lufttemperatur, nederbörd, globalstrålning, relativ luftfuktighet och vindhastighet), jordfysiska egenskaper och skötselvariabler inklusive kvävegödsling och tidpunkt för slåtter, och sorts specifika egenskaper. Modellen anpassades till helsäd genom att en pool för ax, och ekvationer som beskriver allokering av kol och kväve till ax inklusive omfördelning från blad och stjälk till ax lades till. Värden på parametrar som styr hur helsädesgrödan svarar på inputvariabler kalibrerades mot observerad skörd, protein- och fiberkoncentration (NDF- Neutral Detergent Fibre), samt smältbarhet. En större del av data användes för att bygga modellen, en mindre del användes för att validera den.

För att utvärdera hur väl modellen kunde förutse avkastning och näringsinnehåll i helsäd användes bland annat det statistiska måttet root mean squared error (RMSE) som visar felet i prediktionen med samma enhet som den predikterade variabeln. RMSE normaliserades genom att det delades med observationernas medelvärde och multiplicerades med 100 för att få relativ avvikelse i procent som förenklar jämförelsen av prediktionen av biomassa, NDF- och proteinhalt samt smältbarhet.

2.2 Fältförsök och analyser

Insamling av prover gjordes vid fyra olika mognadsstadier från de extra mognadsrutorna som finns i den officiella sortprovingen i två kornsorter; Judit, ett tidigt 6-radskorn, och Anneli, ett senare 2-radskorn. Mognadsrutorna har två upprepningar och båda användes i projektet. Prover samlades in under tre år (2019, 2020 och 2021) från tre platser (Lännäs, 63°10'N; 17°38'E, Röbbäcksdalen, 63°48'N; 20°12'E och Ås, 63°15'N; 14°34'E). Totalt samlades 144 prover in. Vid varje provtagning klipptes en provruta på 0,25 m², med ca 5-10 cm stubbhöjd. Provet delades sedan upp i en större del, som torkades, maldes och analyserades och en mindre del som delades i ax och strå och torkades. Mognadsstadierna som provtogs var full axgång, tidig mjölmognad, tidig degmognad samt gulmognad.

Samtliga prover analyserades på laboratoriet vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU, i Uppsala, med avseende på torrs substans (103 °C), aska (550 °C i 3 timmar), råprotein (Kjeldahl; Kjeltec 2460, Tecator, Höganäs) och NDF (inklusive α -amylas och natriumsulfit) enligt Chai och Udén (1998). Smältbarheten analyserades med vomvätskelöslig organisk substans (VOS; Lindgren, 1979). En statistisk bearbetning av fälldata gjordes med proceduren Mixed i statistikprogrammet SAS där år, försöksstation, sort och utvecklingsstadium ingick i modellen.

2.3 Äldre data

Projektet har använt data från ett antal tidigare försök med helsäd (korn och vete) i norra Sverige för att bygga upp och validera modellen. Alla data som använts beskrivs i tabell 1.

Tabell 1. Dataset för kalibrering och validering av modellen

Odlingsplats	År	Sort	Mognadsstadium vid skörd ¹	Hela Sverige	Norra Sverige	Södra Sverige
Alnarp	2003	Pasadena	71, 83	kalibrering	-	validering
Götala	2003	Kinnan	73, 85	kalibrering	-	kalibrering
Kungsängen	2003	Filippa	65, 75	validering	-	kalibrering
Lanna	2003	Henny	73, 83	kalibrering	-	kalibrering
Röbäcksdalen	2003	Olsok	59, 73, 83	kalibrering	-	-
Rådde	2006	Baronesse	73	validering	-	kalibrering
Rådde	2006	Kinnan	75	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2006	Orthegea	76	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2006	Otira	75	kalibrering	-	validering
Rådde	2006	Sebastian	75	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2007	Baronesse	72	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2007	Kinnan	74	kalibrering	-	validering
Rådde	2007	Orthegea	75	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2007	Otira	76	kalibrering	-	kalibrering
Rådde	2007	Sebastian	76	kalibrering	-	kalibrering
Ås	2019	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Ås	2019	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	validering	-
Lännäs	2019	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Lännäs	2019	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Röbäcksdalen	2019	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	validering	kalibrering	-
Röbäcksdalen	2019	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Ås	2020	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Ås	2020	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Lännäs	2020	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	validering	kalibrering	-
Lännäs	2020	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	validering	-
Röbäcksdalen	2020	Anneli	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-
Röbäcksdalen	2020	Judit	59, 75-77, 83-85, 89	kalibrering	kalibrering	-

¹ Enligt skalan för utveckling enligt Zadoks et al (1974).

3. Resultat

3.1 Fältdata

Provinsamlingen var komplett för alla tre åren. Dock var det ett omfattande angrepp av Minerarflugan i spannmålen 2020, vilket påverkade resultatet genom en stor andel grönskott i grödan på flera platser (Bild 1).



Bild 1. Grönskott i korn, Ås efter angrepp från Minerarflugan. Foto Per-Erik Nemby.

Sammanställning över avkastning och näringsinnehåll för de två sorterna vid de fyra provtagningsstillfällena finns redovisade i Tabell 2. I genomsnitt över de tre åren avkastade sorten Anneli mer än Judit, motsvarande 6,8 jämfört med 6,0 ton ts/ha ($p < 0,001$). Judit hade en högre axandel (0,48 mot 0,38; $p < 0,001$), högre råproteinhalt (10,5 mot 9,8; $p < 0,01$) och marginellt högre smältbarhet (77 mot 76, $p < 0,05$) än Anneli.

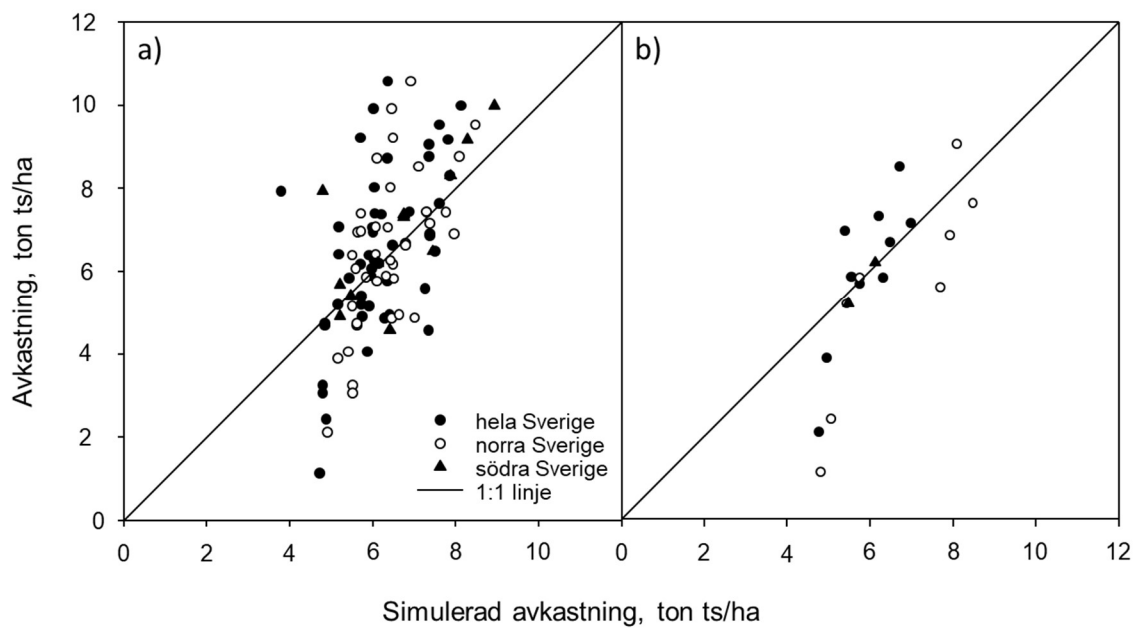
Tabell 2. Avkastning och näringsinnehåll från insamlade helsädesprover av korn i projektet. Värden representerar genomsnitt över tre år med provinsamling från två rutor vid försöksstationer i Lännäs, Röbbäcksdalen och Ås i Norra Sverige.

		Mognadsstadium			
		Axgång	Mjölkmognad	Degmognad	Gulmognad
Sort: Anneli					
Avkastning, ton ts/ha	medel	5,0	6,1	7,9	8,4
	SD ¹	2,0	1,8	1,4	2,5
Axandel, % av ts	medel	17	26	44	64
	SD	7,5	8,0	13,5	4,0
Torrsubstans (ts), %	medel	19	24	32	48
	SD	1,7	3,3	6,3	9,9
Aska, % av ts	medel	8,1	6,7	5,8	5,0
	SD	1,2	1,2	1,2	1,0
NDF ² , % av ts	medel	55	50	44	42
	SD	4,5	5,5	5,3	2,5
Råprotein, % av ts	medel	13	10	8	8
	SD	2,4	1,9	1,5	1,0
VOS ³ , % av os	medel	77	75	76	75
	SD	5,5	3,8	3,9	4,6
Sort: Judit					
Avkastning, ton ts/ha	medel	3,8	5,5	7,4	7,2
	SD	1,6	2,0	1,7	1,9
Axandel, % av ts	medel	24	40	57	71
	SD	6,3	4,9	9,4	3,3
Torrsubstans, %	medel	18	25	32	57
	SD	3,0	3,1	5,9	8,4
Aska, % av ts	medel	7,7	6,3	5,8	4,9
	SD	1,7	1,4	1,2	1,0
NDF, % av ts	medel	55	51	44	42
	SD	3,7	4,9	4,1	2,8
Råprotein, % av ts	medel	14	10	9	9
	SD	2,2	1,8	1,8	1,3
VOS, % av os	medel	80	76	76	76
	SD	4,8	3,8	2,8	2,7

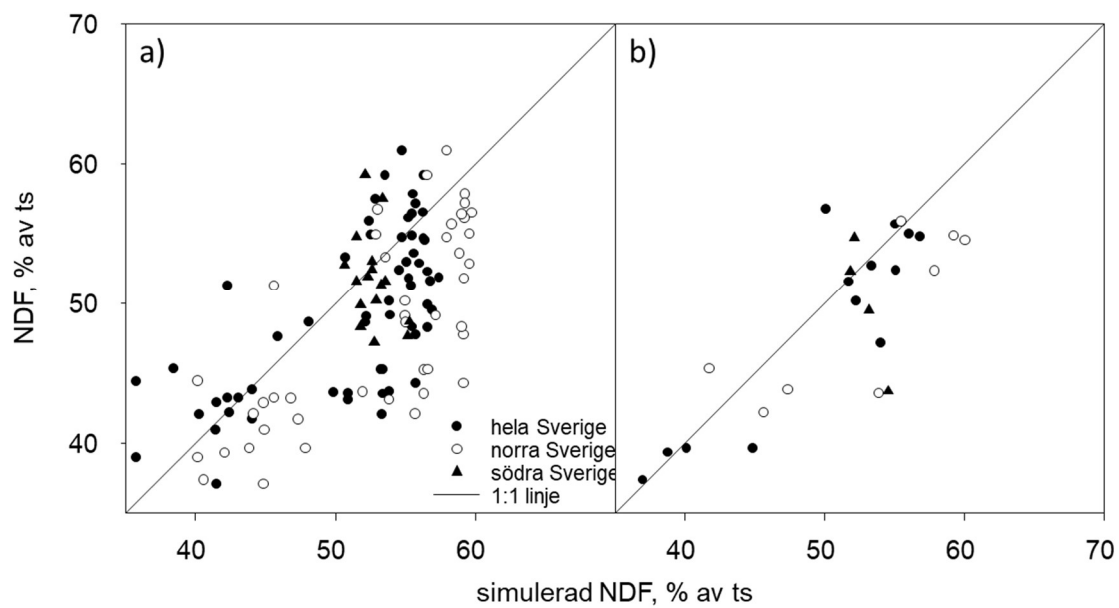
¹ Standardavvikelse, ² Neutral Detergent Fibre = fibermått, ³ Vomvätskelöslig organisk substans = smältbarhet av organisk substans (os).

3.2 Modellutveckling

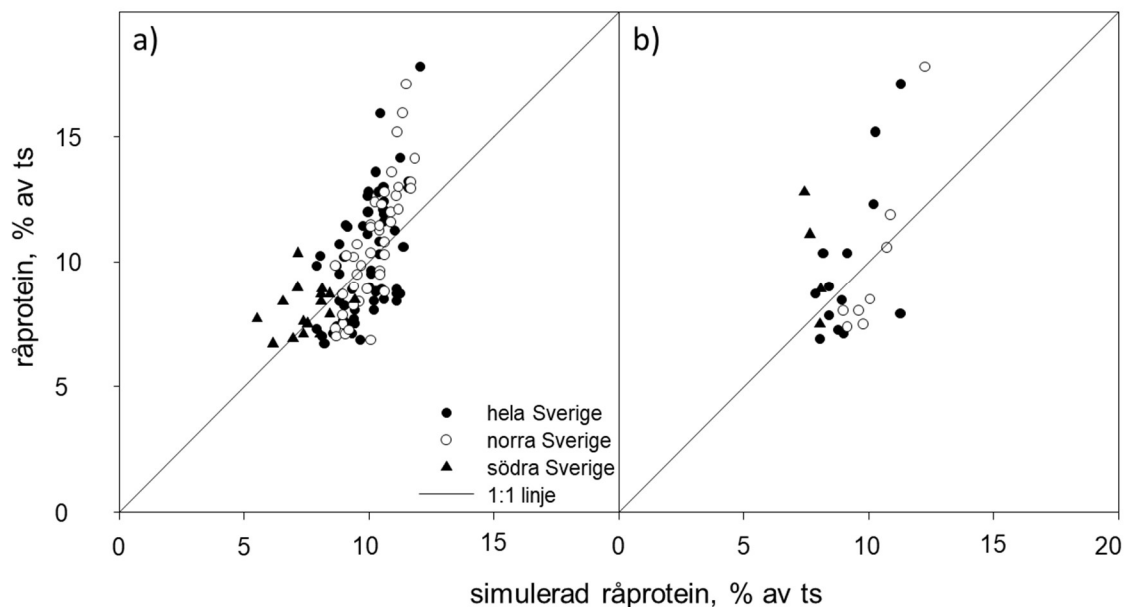
Modellens prediktioner för norra Sverige var överlag bättre för fiberkoncentrationen än skördemängd och proteinkoncentration, se Figur 1-4. Normaliserad RMSE var 13,8 % och 10,7 % för NDF; 25,8 % och 27,9 % för skördemängd samt 17,6 % och 24,0 % för råprotein, vid kalibrering respektive validering.



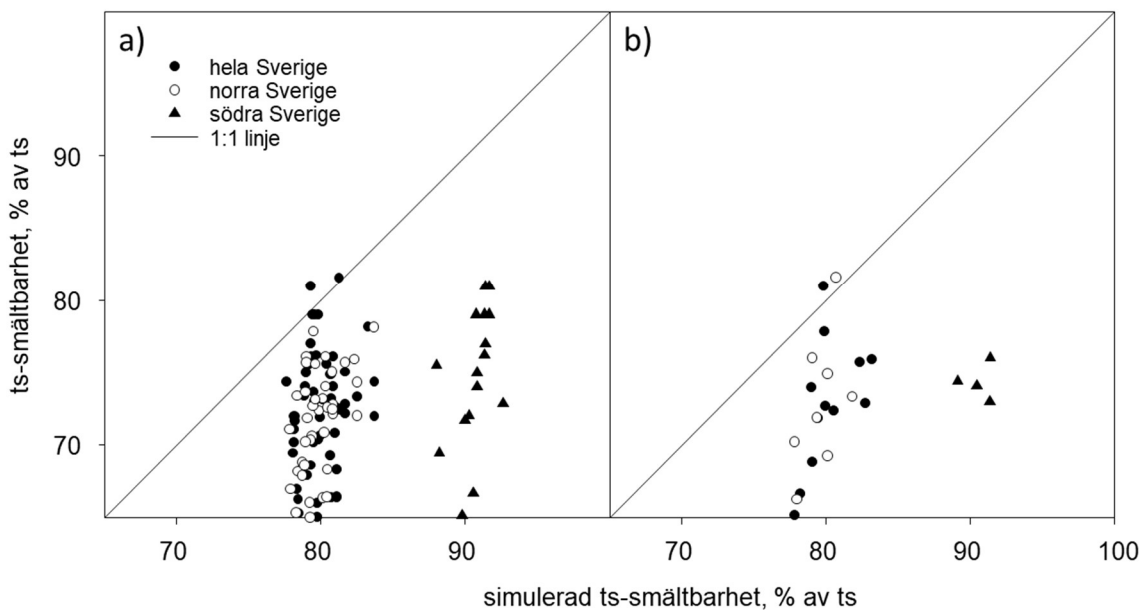
Figur 1. Uppmätt och simulerad skördemängd av kornhelsäd vid kalibrering a), respektive validering b).



Figur 2. Analyserad och simulerad NDF-halt i kornhelsäd vid kalibrering a), respektive validering b).



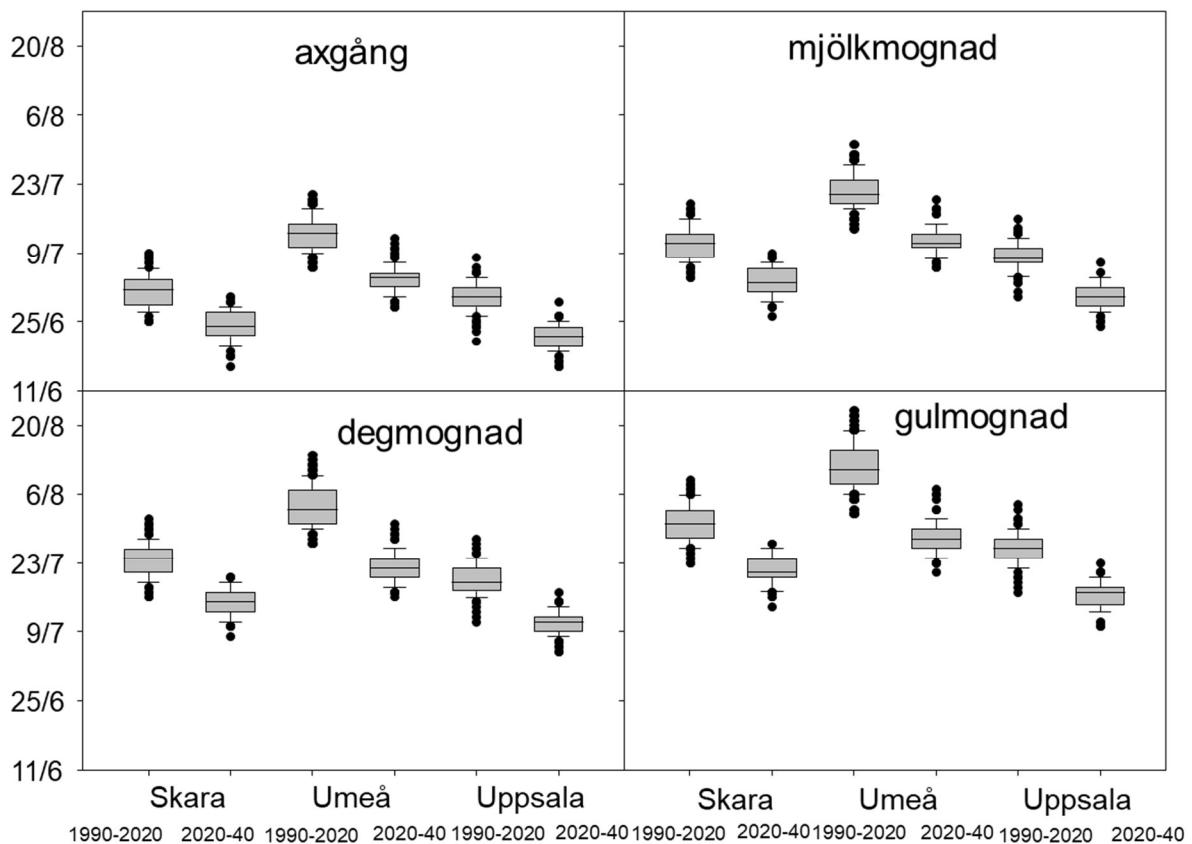
Figur 3. Analyserad och simulerad råproteinhalt i kornhelsäd vid kalibrering a), respektive validering b).



Figur 4. Analyserad och simulerad smältbarhet av torrsubstans (ts) i kornhelsäd vid kalibrering a), respektive validering b).

Den kalibrerade modellen har också använts för att jämföra skörd och kvalitet under klimatscenarier som representerar 1990-2020 och 2020-2040 i Skara, Umeå och Uppsala. På alla tre platserna var det i genomsnitt lägre skörd samt något högre fiberkoncentration med

väderdata för 2020-2040 jämfört med klimatet för 1990-2020. Väderdata för 2020-2040 gav också något tidigare skörd (Figur 5).



Figur 5. Predikterade skördedatum för helsäd av korn vid användning av genererad väderdata för perioden 1990-2020 respektive 2020-2040 vid skörd i axgång, mjölkmodnad, degmodnad respektive gulmodnad i Skara, Umeå och Uppsala.

4. Diskussion

Modellen var bättre på att förutsäga innehållet av fiber (NDF) än innehållet av råprotein, skördemängd och smältbarhet. Det finns flera möjliga orsaker till detta. Att NDF predikterades bättre, kan möjligen bero på lägre genetisk variation över sorter i de växtfunktioner som reglerar fiberinnehåll jämfört med de som reglerar råproteininnehåll och smältbarhet. Högre prediktionsnoggrannhet för NDF jämfört med råprotein är i linje med resultat från en tidigare utvärdering av BASGRA-modellen för timotej (Persson et al., 2019).

I insamlad data var det större variation i skördemängd än i näringsinnehåll. Det tyder på större osäkerhet i bestämningen av avkastning vilket kan vara en förklaring till att modellen var sämre på att förutsäga skördens storlek. Speciellt i ojämna bestånd finns högre risk att erhålla avkastningsmått som inte är representativa jämfört med mått på näringsinnehåll.

Prediktionen för helsädens kvalitet och avkastning vid olika utvecklingsstadier blev inte bättre när endast norrländska data användes, jämfört med data för hela landet. Det kan möjligen bero

på växtfysiologiska skillnader mellan de två sorterna som användes i provinsamlingen i Norrland. Den ena (Anneli) var ett tvåradskorn och den andra (Judith) ett sexradskorn och skillnader mellan korntyp kan ha varit viktigare för avkastning och näringsvärde än geografiska skillnader mellan norra och södra Sverige.

Inte heller kalibreringen för södra Sverige, som baserades på flera sorter med olika egenskaper, förbättrade prediktionsnoggrannheten jämfört med kalibreringen för hela landet. Bristen på effekt av geografisk region skiljer sig från resultat i tidigare modellkalibreringar för vete (Hao et al., 2021) och vallgräs (Persson et al., 2014), där skördeprognoserna förbättrades när platsspecifika faktorer beaktades. Sammantaget indikerar detta att ytterligare arbete behövs för att förstå hur kalibreringar som tar hänsyn till regionala variationer i klimat, mark och andra miljöfaktorer påverkar prediktioner av näringsvärde och avkastning med hjälp av BASGRA-modellen. Det kan kräva uppdelning av data i specifika sorter, klimat och markförhållanden varvid större underlag med sort- och platsspecifika data skulle behövas. Mer detaljerad information om sammansättningen i olika växtkomponenter, t.ex. stjälkar, blad och ax, skulle vara användbara för att förstå effekten av fördelning och omflyttning av kol och kväve på förändringen i näringsvärde under växtens utveckling.

Vi kan ändå säga att prediktionsnoggrannheten, förutom för smältbarhet, var tillräckligt hög för att den modell som arbetats fram i projektet skulle kunna vara användbar för att utvärdera produktion och sammansättning av kornhelsäd under olika produktionsförhållanden i Sverige eller andra länder med liknande klimat-, mark- och odlingspraxis. Den högre prediktionsnoggrannheten för NDF jämfört med råprotein och avkastning kan vara viktig vid användning av modellen i prognosystem för foderproduktion eftersom NDF-halten ett centralt mått då det har stark inverkan konsumtionen (Rustas et al., 2010). Proteinbehovet, som generellt är lågt eller måttligt i helsäd, behöver oftast kompletteras med andra foderkomponenter och är därför inte ett lika viktigt kvalitetsmått.

Det var tämligen små skillnader i NDF- och råproteinhalt, smältbarhet och avkastning mellan platser och väderförhållanden i simuleringarna med olika klimatperioder. Det tyder på att produktionen av kornhelsäd är ganska stabil under de studerade väderleksförhållandena och under de förhållanden som representerar en nära framtid. Simuleringarna visade tidigare skördedatum och lägre variation i skördedatum under 2020-2040 jämfört med 1990-2020 vilket indikerar att det förändrade klimatet kan möjliggöra större flexibilitet i odlingen, även om det kan innebära något lägre skörd. Det kan ge längre tid för vårbruk, vilket kan vara en flaskhals i nordliga regioner med relativt hög nederbörd och sen upptorkning av såbädden (Kolberg et al., 2019). Det ger också längre tid för sådd av vintergrödor under hösten, under förutsättning att framtida förändringar i nederbörd inte försämrar förutsättningarna för såbäddsberedning och sådd.

Det finns dock också skäl att behandla resultaten med viss försiktighet. Klimatprediktioner som skiljer sig åt från de som vi använt kan generera andra resultat. Avvikelsen mellan simulerade och observerade variabler, särskilt överskattningen av smältbarhet, tyder på behov av ytterligare modellutveckling inför framtida utvärderingar av klimatpåverkan för helsäd av korn. Ett sådant tillvägagångssätt skulle kunna förbättra förutsägelsens noggrannhet och

förståelsen för hur klimatförändringar och annan miljövariation kan komma att påverka produktion av helsäd.

Framtida åtgärder för att förbättra modellens prediktioner skulle kunna inkludera kalibreringar baserade på sortsskillnader (t.ex. mellan tvåradiga och sexradiga kornsorter) och detaljerade studier om omflyttningen av kol och kväve mellan strå/blad och ax och dess koppling till förändringar i sammansättning och smältbarhet under grödans utveckling. Sådana studier kan åtföljas av fler analyser av framtidsscenarioer och implementering av modellen i beslutssystem för lantbrukare och rådgivare.

5. Kommunikation

Resultat från projektet har presenterats vid tre konferenser enligt nedan: Vallkonferensen 2020, European Grassland Federation 2020 samt Nordic Feed Science Conference 2022.

Persson, T., Höglind, M., Wallsten, J., Nadeau, E., Huang, X., Rustas, B-O. 2020. Vallkonferens 2020: konferensrapport : 4-5 februari 2020, nr 30 (167-169).

Persson, T., Höglind, M., Wallsten, J., Nadeau, E., Huang, X., Rustas, B-O. 2020. Predicting whole-crop cereal yield and nutritive value in Northern Sweden. Meeting the future demands for grassland production : Proceedings of the 28th General Meeting of the European Grassland Federation Helsinki, Finland 19-22 October 2020, nr 25 (656-658).

Persson, T., Höglind, M., Wallsten, J., Nadeau, E., Huang, X., Rustas, B-O. 2022. Simulating the yield and nutritive value of whole crop barley. Proceedings of the 11th Nordic Feed Science Conference, Uppsala, Sweden, Nr 306 (132-134).

Projektet ska även presenteras på Öjeby lantbruksmessa 22-24 augusti 2023.

Ett vetenskapligt manuskript skickades in till tidskriften Fields Crops Research i mars 2023 och är under granskning.

6. Aktiviteter i projektet

I projektet har genomförts 14 möten med projektgruppen (Tomas Persson, Mats Höglind, Elisabet Nadeau, Johanna Wallsten och Bengt Ove Rustas) varav majoriteten varit på distans.

Två referensgruppsmöten har genomförts. Det första mötet var på distans den 21 mars 2022. Då deltog Alfred Olofsson (lantbrukare) och Kristina Sigfridsson (rådgivare vid Hushållningssällskapet i Norrbotten-Västerbotten) samt projektgruppen. Det andra mötet ägde rum i Umeå den 18:e april 2023 i Umeå. Då deltog Alfred Olofsson samt Marie Lundberg och Marie Björs (rådgivare vid Hushållningssällskapet i Norrbotten-Västerbotten) samt projektgruppen.

7. Koppling till andra projekt och aktiviteter med helsäd

Som en direkt följd av RJN-projektet har projektdeltagarna sökt och beviljats medel för aktiviteter som inneburit en utökning och breddning av det ursprungliga projektet.

Från Agrovästs mjölkprogram beviljades Elisabet Nadeau, Tomas Persson och Bengt Ove Rustas medel för att under 2021-2022 samla fältdata och anpassa prognosmodellen till data från Västsverige. Insamlad fältdata från tidigare projekt vid försöksstationerna på Lanna och Rådde samt vid Götala och Nya Fagerås Lantbruk har använts i modelleringsarbetet. Ny fältdata som samlats in under 2021 vid Rådde gård samt ytterligare tre gårdar i Sjuhäradsbygden har använts för utvärdering.

I Norge har Tomas Persson och Mats Höglind samt Astrid Johansen från Norsk Landbruksrådgiving, Trøndelag, beviljats medel från Landbruksdirektoratets Klima og Miljøprogram för att under tre år (april 2021-mars 2024) anpassa helsädesmodellen till norska förutsättningar. I det projektet ska modellen anpassas och testas mot näringsvärde- och skördedata i vårkorn och vårvete, dels från tidigare försök från sydöstra Norge och Trøndelag i mellersta Norge, dels från nya försök som genomförs i sortprovningfält i sydöstra, sydvästra och mellersta Norge.

Prover och analysdata från detta projekt och tidigare helsädesprojekt i Sverige har använts för att i ett examensarbete skapa en kalibrering för ett NIR-instrument i Norge. Det innebär att det som en spin off av detta projekt har etablerats en snabb och kostnadseffektiv analysmetod som kommer att kunna användas i kommande projekt med helsäd i Norge och Sverige.

8. Fortsättning

I det här projektet har vi tagit fram en modell som kan förutsäga skördemängd och sammansättning i helsäd av korn. Projektet är avslutat, men det innebär inte att arbetet med att skapa en helsädsprognos slutar här. Enligt ovan går det att arbeta vidare med modellen för att ytterligare anpassa den till varierande odlingsförutsättningar, olika kornsorter och i förlängningen olika spannmålsslag.

För att prognosmodellen skall kunna användas i praktiken behöver beräkningsmodellen införlivas i ett användarvänligt verktyg som är anpassat för dator och telefon. Då kan lantbrukare utifrån sina egna förutsättningar använda prognosen för att planera skörden under växtodlingssäsongen samt lägga upp strategier för helsädesproduktion utifrån behov och förväntade odlingsförutsättningar kommande år.

9. Ekonomisk sammanställning

Upparbetade totala kostnader ligger i nivå med sökta medel enligt sammanställning nedan. Analyser har kostat mer än beräknat, beroende på att fler prover än beräknat samlats in samt mer omfattande analyser än som var planen från början. Samtliga prover har analyserats på smältbarhet (VOS – vomvätskelöslig organisk substans), enligt synpunkter från granskare av ansökan, och proverna från år tre har dessutom analyserats på stärkelseinnehåll, vilket inte heller var med i urspungsplanen.

Resekostnaderna har varit betydligt lägre än kalkylerat eftersom de flesta möten skett på distans, till stor del på coronapandemin. Kostnad för publicering är begränsad till tryckning av en poster. Den kommande artikeln publiceras avgiftsfritt i tidskrift där ramavtal finns mellan NIBIO/SLU och aktuellt förlag.

	Enligt ansökan	Förbrukade medel
Löner	950 000	937 848
Fältförsök	256 000	278 220
Analys	40 000	136 380
Resor	30 000	2 051
Publicering	15 000	665
Övrigt		257
Omkostnadspålägg, inkl.lokal	192 666	124 826
totalt	1 483 666	1 480 247

10. Referenser

Hao, S., Ryu, D., Western, A., Perry, E., Bogena, H., Franssen, H.J.H., 2021. Performance of a wheat yield prediction model and factors influencing the performance: A review and meta-analysis. *Agric. Syst.* 194, 103278.

Kolberg, D., Persson, T., Mangerud, K., Riley, H., 2019. Impact of projected climate change on workability, attainable yield, profitability and farm mechanization in Norwegian spring cereals. *Soil and Tillage Research* 185, 122-138.

Mahli et al. 2006. Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of wheat, barley and oat on a Black Chernozem soil in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 86, 1005-1014.

Mäkinen, H., Kasevab, J., Virkajärvi, P., Kahiluoto, H., 2015. Managing resilience of forage crops to climate change through response diversity. *Field Crops Research* 183, 23–30.

Persson, T., Höglind, M., Gustavsson, A.-M., Halling, M., Jauhiainen, L., Niemeläinen, O., Thorvaldsson, G., Virkajärvi, P., 2014. Evaluation of the LINGRA timothy model under Nordic conditions. *Field Crops Research* 161, 87-97.

Persson, T., Höglind, M., Van Oijen, M., Korhonen, P., Palosuo, T., Jégo, G., Virkajärvi, P., Bélanger, G., Gustavsson, A.M., 2019. Simulation of timothy nutritive value: A comparison of three process-based models. *Field Crops Research* 231, 81-92.

Rustas, B.-O., Bertilsson, J., Martinsson, K., Elverstedt, T., Nadeau, E., 2011. Intake and digestion of whole-crop barley and wheat silages by dairy heifers. *Journal of animal science* 89, 4134-4141.

Rustas, B.-O., Nørgaard, P., Jalali, A., Nadeau, E., 2010. Effects of physical form and stage of maturity at harvest of whole-crop barley silage on intake, chewing activity, diet selection and faecal particle size of dairy steers. *Animal* 4, 67-75.

Rustas B.-O., Nadeau E., Johnsson S. 2008. Performance of dairy steers fed whole-crop barley silages harvested at different stages of maturity. *Grassland Science in Europe* vol 13, 852-854.

Wallsten, J. 2008. Whole-crop cereals in dairy production – Digestibility, feed intake and milk production. Doktorsavhandling 56. Sveriges lantbruksuniversitet. Arkitektkopia AB, Umeå.