

# Sensorbaserade tillväxtmätningar i sockerbetor

Otto Nielsen, NBR Nordic Beet Research

**Som odlare är det viktigt att veta hur bra ens gröda växer. Att veta att allt är som det ska vara. I betodlingen beskriver vi oftast tillväxten genom tre nyckeltal: datum för uppkomst, datum för radtäckning och avkastning.**

Datum för uppkomst och avkastning kan mätas rätt precist men radtäckning är en mer osäker variabel som påverkas av varifrån man betraktar betorna. Ett luftfoto avslöjar ofta att rad- eller marktäckningen inte är så fullständig som man lätt vill tro stående i fältet. I realiteten har vi därför mycket få data som mer exakt beskriver tillväxten från uppkomst till skörd.

I försöksmässiga sammanhang gör vi en del tillväxtmätningar i betor. Men dessa är mycket arbetskrävande. De innebär uppgrävning och tvätt-

ning av plantmaterialet och därefter helst att växtens torrsubstanshalt bestäms. Hela proceduren betyder åtgång av extra areal till den löpande skörden av betorna.

Det vore därför önskvärt att både i praktiska och försöksmässiga sammanhang kunna kvantifiera tillväxten på ett smidigare sätt. Under de senaste årtiondena har man i många grödor letat efter en bra alternativ metod utan att lyckas särskilt bra. Lösningarna har varit kostbara, tekniskt besvärliga och inte tillräckligt kvantitativa.

## Se ljuset

Det var på 50-talet som forskarna bokstavligt talat började se ljuset. Man kom nämligen på att växter skiljer sig klart från jord vad gäller vilket ljus de reflekterar. Reflektionsmönstret (reflektansen) från en yta änd-

rar sig därför efterhand som den mer och mer täcks av någon slags växtlighet.

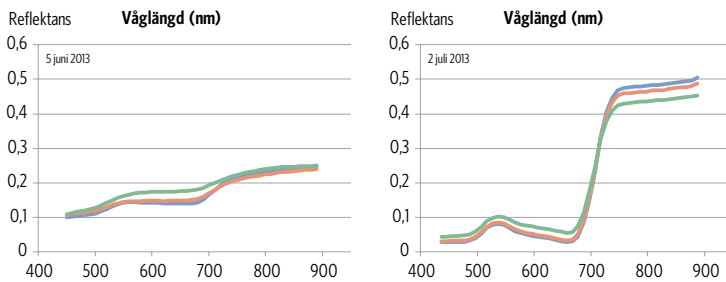
Det är speciellt mängden infrarött ljus som förändras. Därför behövs infraröda sensorer för att kvantifiera mängden växtmassa på en viss yta. Ett exempel visas i figur 1 där vi med en Yara N-sensor har mätt reflektansen på tre olika platser med sockerbetor dels den 5 juni, dels den 2 juli. Den 5 juni var plantorna ännu mycket små, medan de den 2 juli täckte en stor del av markytan (foto 1–2). Man kan se att den största förändringen skett i det infraröda området. Detta används till att beräkna olika biomassa – eller vegetationsindex (tabell 1). Ett allmänt använt sådant index är NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), som bland annat används



Detta projekt har finansierats med medel från SLF



Foto 1-2. Så här såg betorna ut den 5 juni och den 2 juli. Skillnaden i reflektansen kan ses som blå linjer i figur 1.



Figur 1. Reflektansprofil mätt med Yara N-sensor på tre platser med sockerbeter den 5 juni och den 2 juli 2013. Med dessa data som grund kan olika vegetationsindex beräknas (tabell 1) och genom att kontinuerligt mäta över hela växtsäsongen kan tillväxtprofiler tas fram (figur 4). Betorna på platsen markerad med grön kurva såddes senare än på de båda andra platserna och var vid båda mättpunkterna mindre. Det är bara ljus i området 350–750 nm, som är synligt för ögat. Ljus med våglängder under 350 nm kallas UV-ljus och över 750 nm kallas det infrarött.

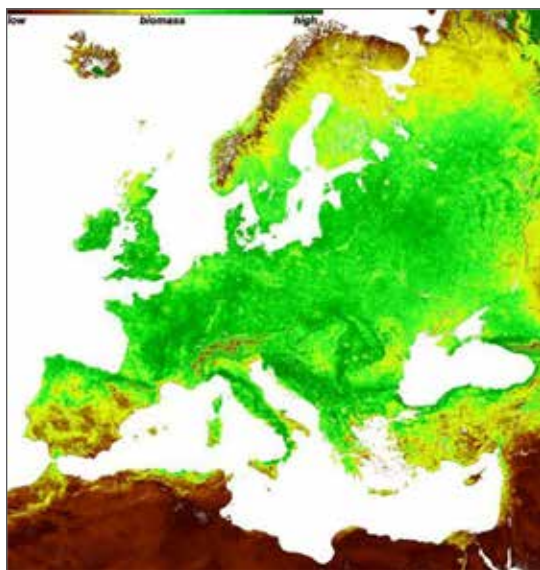
Tabell 1. Exempel på beräkning av vegetationsindex

Vegetationsindex	Formel	Referens
RVI	$\text{NIR}/R$	Pearson & Miller, 1972
NDVI	$(\text{NIR}-R)/(\text{NIR}+R)$	Rouse m.fl., 1974
SAVI	$(\text{NIR}-R)/(\text{NIR}+R+L) \cdot (1+L)$ ; $L=0,5$	Huete, 1988

R anger andelen av reflekterat rött ljus och NIR anger andelen av reflekterat närainfrarött ljus. Vid beräkning av SAVI försöker man kompensera för reflektionen från markytan genom att utvidga formeln. Detta får speciellt betydelse när plantorna är små.

för att via satelliter uppskatta den globala livsmedelproduktionen (figur 2). På samma sätt

kan man med en Yara N-sensor producera markkartor som visar fördelningen av biomassa



Figur 2. Biomassemätning baserad på NDVI mätt via satellit över Europa. Källa: [http://www.site-similarity-certification.com/en/worth\\_knowing/satelliteimagery](http://www.site-similarity-certification.com/en/worth_knowing/satelliteimagery)

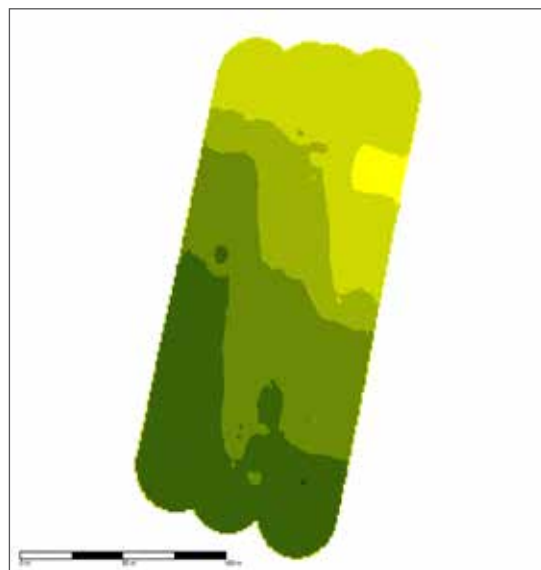
över en given areal (figur 3).

### Sensorteknik

2013 provade NBR att mäta reflektansen med tre typer av sensorer (tabell 2). Produkterna skiljer sig åt vad gäller antal sensorer och skanningsvinkel, hur många data som samlas in och hur data hanteras.



**Yara N-sensor** har redan varit på marknaden flera år. Ursprungligen utvecklades den för att kunna mäta kvävebehovet i syfte att maximera utnyttjandegrad och avkastning i spannmålsodling. På senare tid har man upptäckt fler användningsområden som att optimera svampbekämpningen i spannmål eller att göra generella biomassamätningar (figur 3).

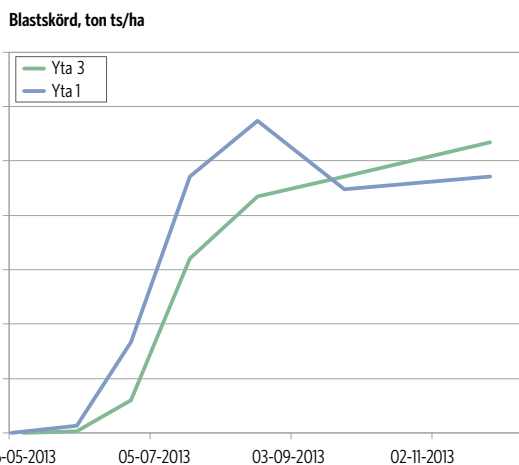
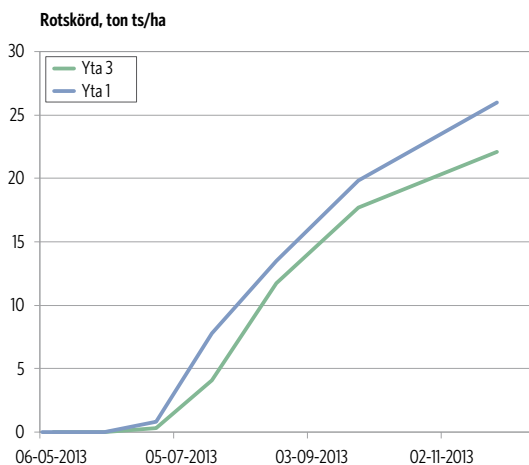
**GreenSeeker** är en handburen mätare som varit på marknaden ett par år. Den skannade ytan är rätt liten men å andra



Figur 3. Markkarta över biomassa i betfält framtagen med Yara N-sensor. I övre hörnet av fältet fanns problem med rotbrand och därmed mindre biomassa.

Tabell 2. Använda sensorer för mätning i sockerbetsfält

Sensorer	Mätprincip och användning	
<p><b>Yara N-sensor</b></p> <p>Monteras normalt på taket av en traktor</p> <p>Hos NBR var sensorn monterad på en ATV</p>	<p>Fyra nedåtvända sensorer som skannar av marken framför och bakom, på bägge sidor om traktorn. En uppåtvänd sensor mäter instrålningen.</p> <p>Sensornerna mäter vid alla våglängder mellan 450 och 900 nm (10 nm intervall) och det kan därför effektivt samlas in stora mängder data. Data loggas på PC tillsammans med GPS-kordinater. Härifrån kan sedan genereras markkartor (figur 3).</p> <p>Sensorn kan användas tillsammans med olika redskap, bland annat för att styra mängden av tillförd växtnäring och ogräsmedel.</p>	
<p><b>GreenSeeker</b></p> <p>Handburen mätare. Finns också i annan modell för montering på redskap m.m.</p>	<p>Den handburna mätaren skickar själv ut rött (660 nm) och infrarött ljus (780 nm). Reflektionen av detta mäts av sensorn.</p> <p>Mätaren ska hållas 60-120 cm över grödan. Den skannar då av ett cirkelformat område på ¼ - ½ kvadratmeter.</p> <p>Man kan antingen göra en punktmätning eller ett löpande genomsnitt, t.ex. när man förflyttar sig över en viss yta. Det är möjligt att använda mobiltelefon för loggning av data.</p>	
<p><b>Skye Instruments</b></p> <p>Hos NBR var sensorerna monterade på en ATV</p>	<p>Två nedåtvända sensorer placerade på bom och en uppåtvänd sensor som mäter instrålning. Den ena nedåtvända sensorn är monterad så den mäter över betraden, medan den andra mäter mellan betraderna. De två sensorerna skannar tillsammans en yta på cirka 0,5 kvadratmeter, men genom att köra längs raderna kan en betydligt större areal skannas.</p> <p>Sensornerna mäter rött (655 nm) och infrarött ljus (810 nm) och data loggas på PC.</p>	

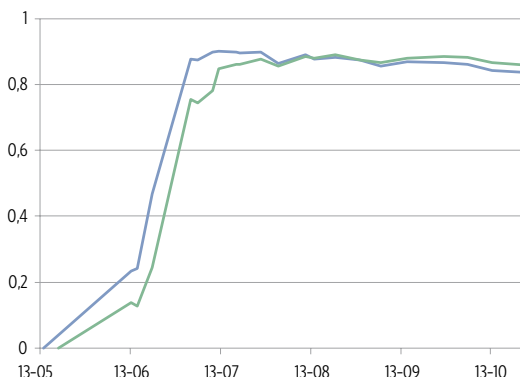


Figur 4. Rot- och blastskörd på två av ytorna där reflektansen mättes (figur 5). Sockersköörden på yta 3 och yta 1 blev 16,9 resp. 20,3 ton per hektar.

sidan kan den generera ett medelvärde för en valfritt stor yta. Man rör sig helt enkelt över vald yta med aktiveringsknappen intryckt. Den är mycket

enkel att använda och skickar själv ut ljus och kan därför användas under skiftande ljusförhållanden. Mätvärdet påverkas av hur mätaren hålls men vårt

intryck är att värdena är stabila från person till person. GreenSeeker finns också i en version avsedd för montering på redskap. Genom att montera flera



Figur 5. NDVI mätt med Yara N-sensorn på ytorna 1 och 3. Tillväxten på ytan visas i figur 4.

sensorer på en sprutbom är det t.ex. möjligt att punktbehandla eller behovsanpassa dosen på en stubbmark.

Den tredje sensorn vi provat är byggd med hjälp av tre sensorer från **Skye instruments**. Dessa sensorer har ett mycket snävt synfält och passar därför bra i försöksparceller eller andra mindre ytor. Men man kan också skanna större arealer genom att köra över dem med utrustningen monterad på en ATV.

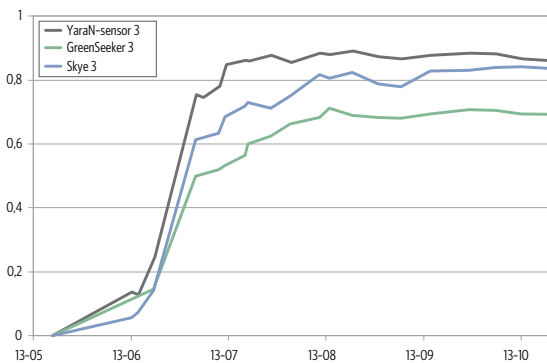
### Tillväxt och reflektans

I figur 4 och 5 visas tillväxt och reflektans (NDVI) för två av de sex platser som följdes under växtsäsongen 2013. Sockerskörden varierade betydligt, från 20,3 ton per hektar på yta 1 till 16,9 på yta 3, även om alla ytorna låg i samma fält. Man kan se att rotskörden på yta 1 var högst av alla genom hela växtsäsongen, medan blastskörden fram till mitten av september var störst på yta 1 och därefter på yta 3.

Reflektansmätningarna avspeglar skillnaden i tillväxt fram till mitten av juli (figur 5). Därefter ligger värdet på

samma nivå för de båda platserna. Praktiskt innebär det att reflektansen ökar fram till full radtäckning. Därefter uppfattar mätaren hela ytan som grön. Men värdet kan sjunka igen till följd av torkstress, svampangrepp, kvävebrist eller annat som ger mindre blast eller försämrad blastkvalitet. Figur 5 visar att reflektansen generellt sett är i avtagande under den senare delen av växtsäsongen.

Figur 6 redovisar resultat från de tre mätare vi provade på yta 3. Det är stor skillnad i uppmätt NDVI-nivå mellan Yara N-sensorn och GreenSeekern, medan utrustningen från Skye placerar sig mitt emellan. Det är förmodligen ett resultat av sensorernas placering och skanningsvinkel. Eftersom N-sensorn från Yara mäter snett neråt mot grödan kommer den tidigare i utvecklingen att uppfatta hela ytan som grön. GreenSeekern däremot som mäter rakt neråt kommer i större utsträckning också att mäta otäckt yta mellan plantorna. En annan viktig iakttagelse är att kurvorna inte är parallella. Det ses tydligast i



Figur 6. NDVI mätt med tre olika typer av reflektansmätare på yta 3. Tillväxten på ytan visad i figur 4.

den allra första delen av växtsäsongen samt från början av augusti och framåt. Det innebär att det blir svårt att räkna om ett NDVI-värde mätt med en mätare av ett fabrikan till ett annat.

### På gång 2014

NBR dokumenterar under 2014 tillväxten i betorna på våra 5T-gårdar genom reflektansmätningar. Dessa data tillsammans med väderdata och våra mätningar från 2013 tror vi ska kunna bidra till en bättre beskrivning och förståelse av betornas tillväxt. Till dessa mätningar använder vi GreenSeekern. Den är minst känslig för skiftande instrålning då den själv skickar ut ljus. Vidare är den lätt att ta med sig till 5T-gårdarna och slutligen är den efterföljande databehandlingen ganska okomplicerad.

### Tack

Avslutningsvis vill vi rikta ett tack till Yara Danmark och den danska firman Geoteam för lån av Yara N-sensorn respektive GreenSeeker.

Översättning Robert Olsson, NBR