

Kolinlagring i jordbruksmark – för bördigheten och klimatet

Thomas Kätterer
Alnarp 2019-06-17



Jordbruk – klimat - produktion

Globalt

- Nästan hälften av jordens bevuxna landareal består av jordbruksmark, varav 1/3 är åkermark och 2/3 är betesmark
- Årligen förstörs ca. 10 Mha genom erosion, försaltning, infrastruktur m.m. och 10 Mha tillkommer via avskogning
- Jordbruk och avskogning står för 25% av de antropogena VHG-utsläppen
- Efterfrågan på livsmedel kommer att öka pga. befolkningsökning och ökande medelklass
- Uthållig intensifiering av produktionen och minskat matsvinn för att förhindra ytterligare avskogning

Sverige

- 50% av maten importeras och drygt 60% av VHG-utsläppen för att producera maten vi konsumerar sker utomlands
- Negativa emissioner genom kolinlagring i jordbruksmark är en del av lösningen – kostnadseffektiv och leder till högre bördighet

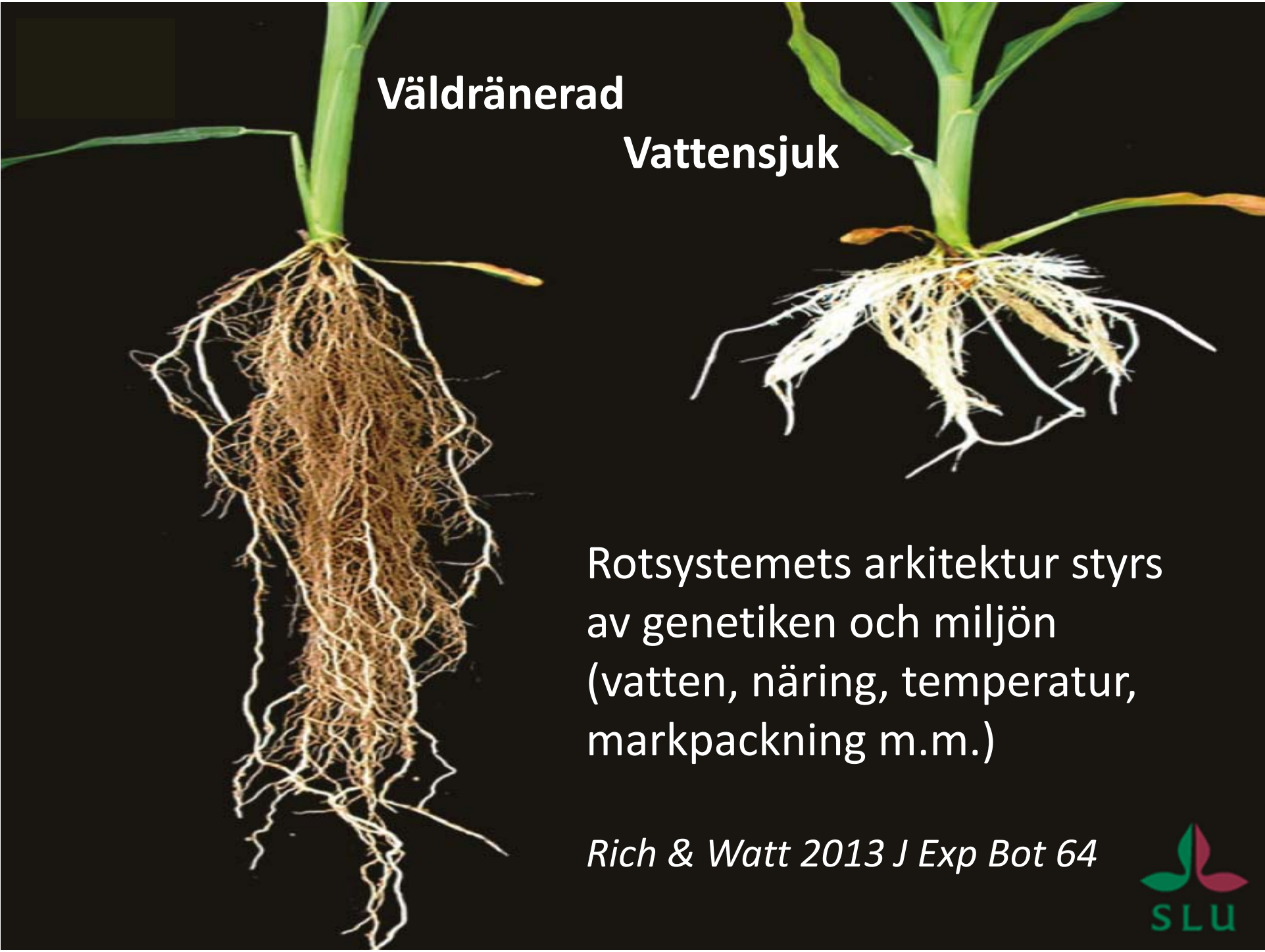


Kolinlagring – bra för bördighet och klimatet



Varför ökar kolinlagringen i vallar?





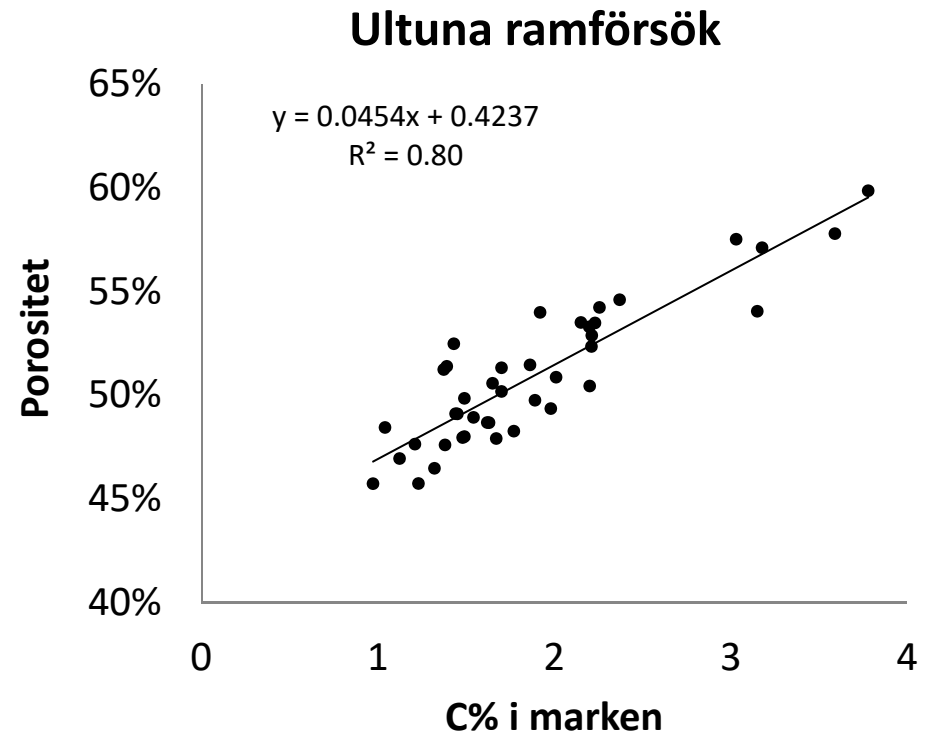
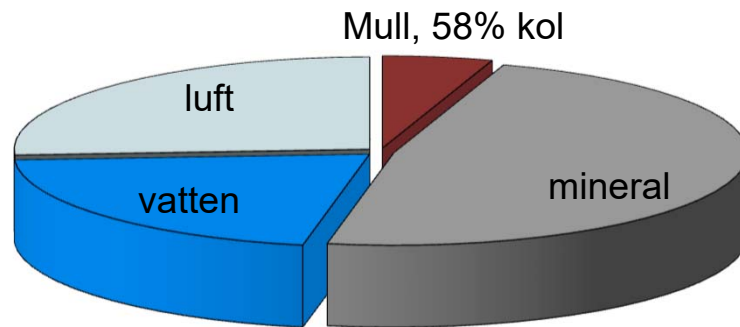
Välldränerad

Vattensjuk

Rotsystemets arkitektur styrs
av genetiken och miljön
(vatten, näring, temperatur,
markpackning m.m.)

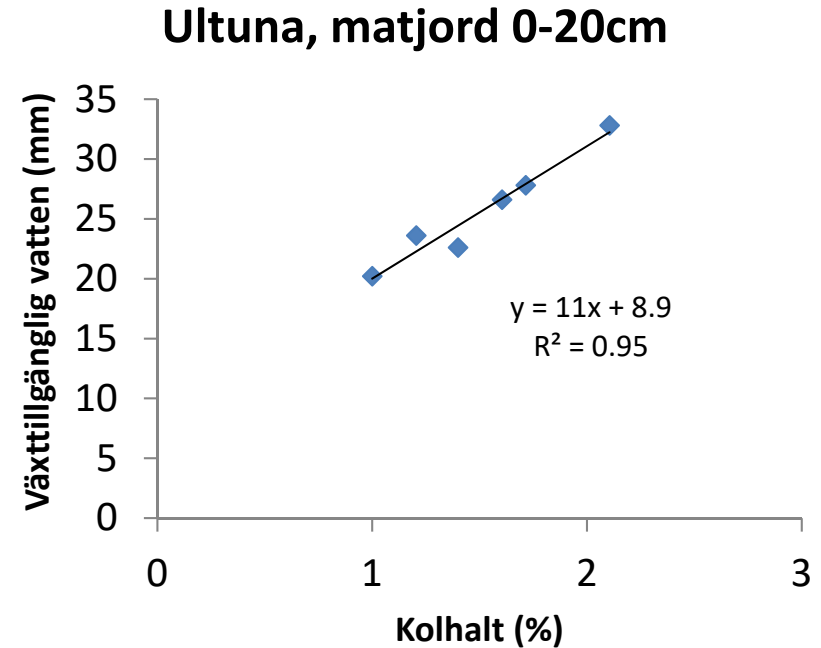
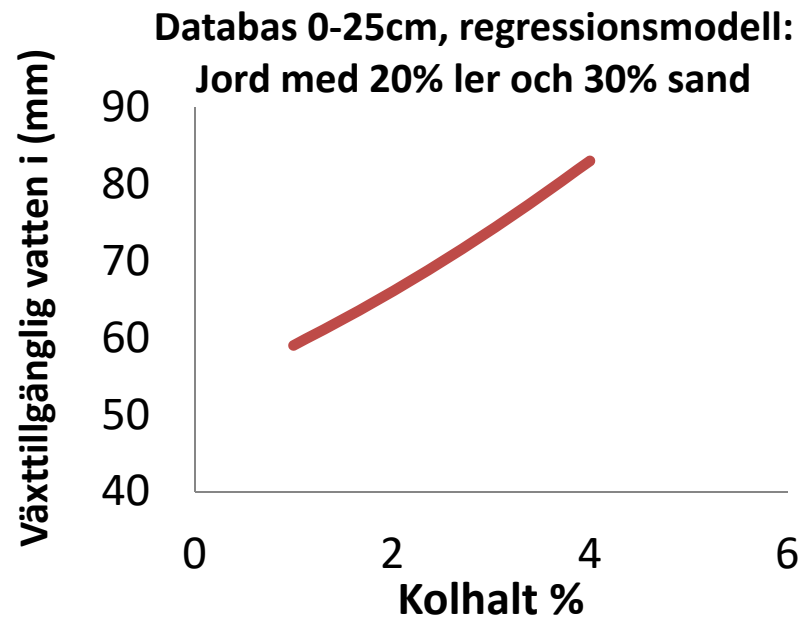
Rich & Watt 2013 J Exp Bot 64

Markens porositet ökar med kolhalten



Lucker mark gynnar rotutveckling

Markens vattenhållandeförmåga ökar med kolhalten



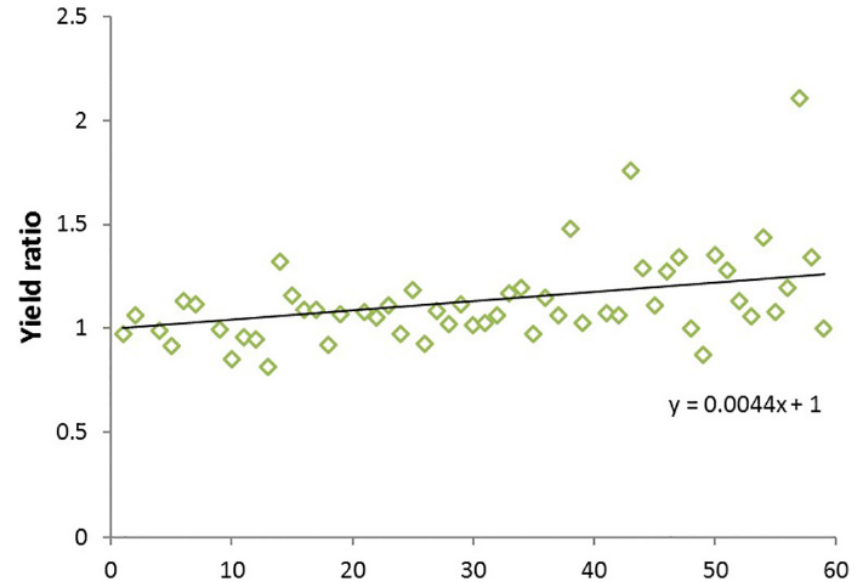
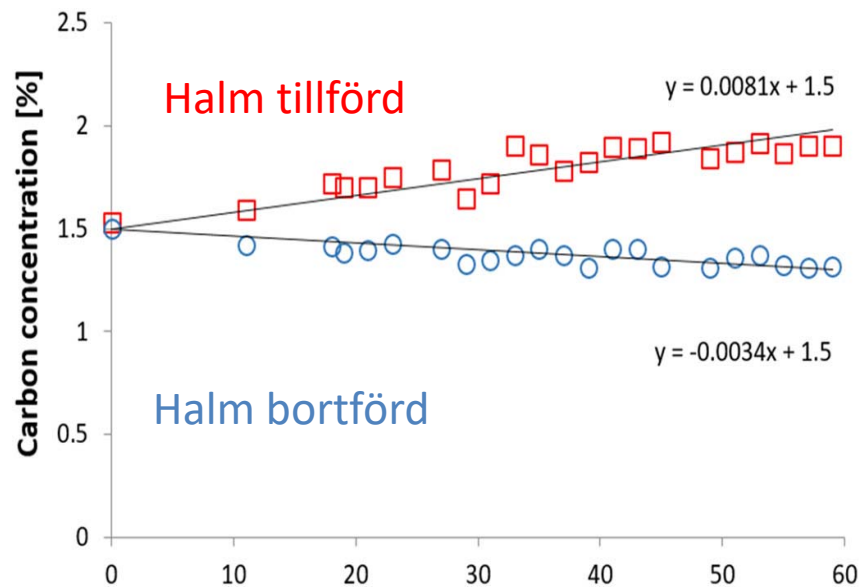
En ökning av kolhalten med en procentenhet

- Ökar mängden växttillgänglig vatten med 5-15 mm
- Ökar infiltrationen
- Minskar erosionen

Skördepotentialen ökar med multhalten

Ultuna ramförsök:

Skörden ökar med 3,8 procentenheter för varje 0.1 procentenhet ökning av kolhalten i marken



Henryson m fl. 2018. Agric Sys 164:185-192.

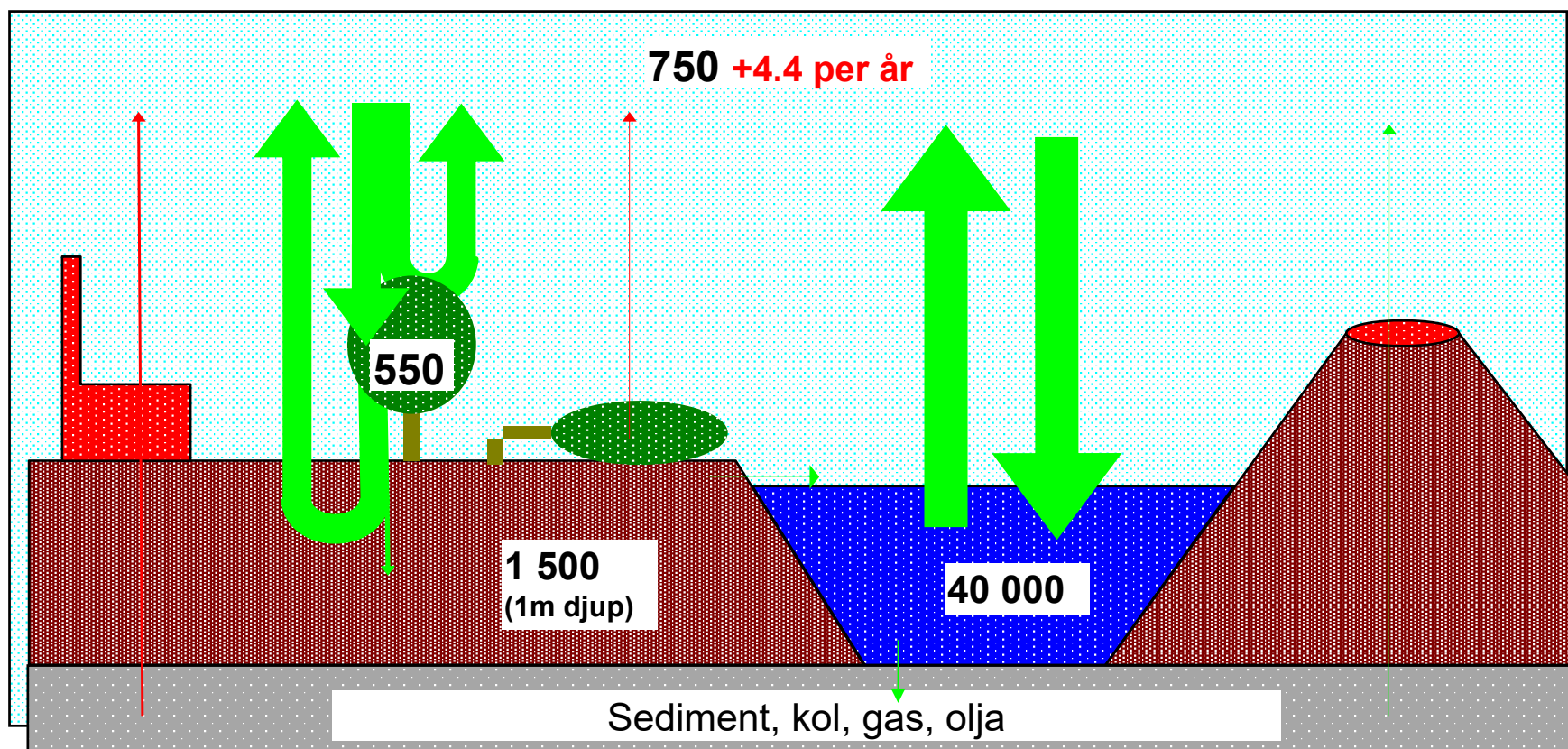
Halm för bioenergi? Exempel

- Värdet av NPK i halmen: 20 öre/kg
- Effekter på multhalten (höstvete; 8 ton kärnskörd; 6,46 ton halmskörd; 2,77 ton stubb)

	ton C/ha	Andel kol kvar efter 20 år	Ton kol/ha kvar efter 20 år
Rötter	1,4	0,18	0,26
Stubb	1,2	0,08	0,10
Halmskörd	2,9	0,08	0,23
Mellangröda			0,33
Biokol (från halm)	0,58	0,9	0,52

Att skörda halmen är möjlig utan att tära på mulfförrådet om man lyckas etablera en bra mellangröda eller för tillbaka resterna som biokol från pyrolyserad halm

Marken spelar en central roll i den globala kolcykeln (Pg C; miljarder ton)



Kätterer, 1998

Projektion av källor och sänkor

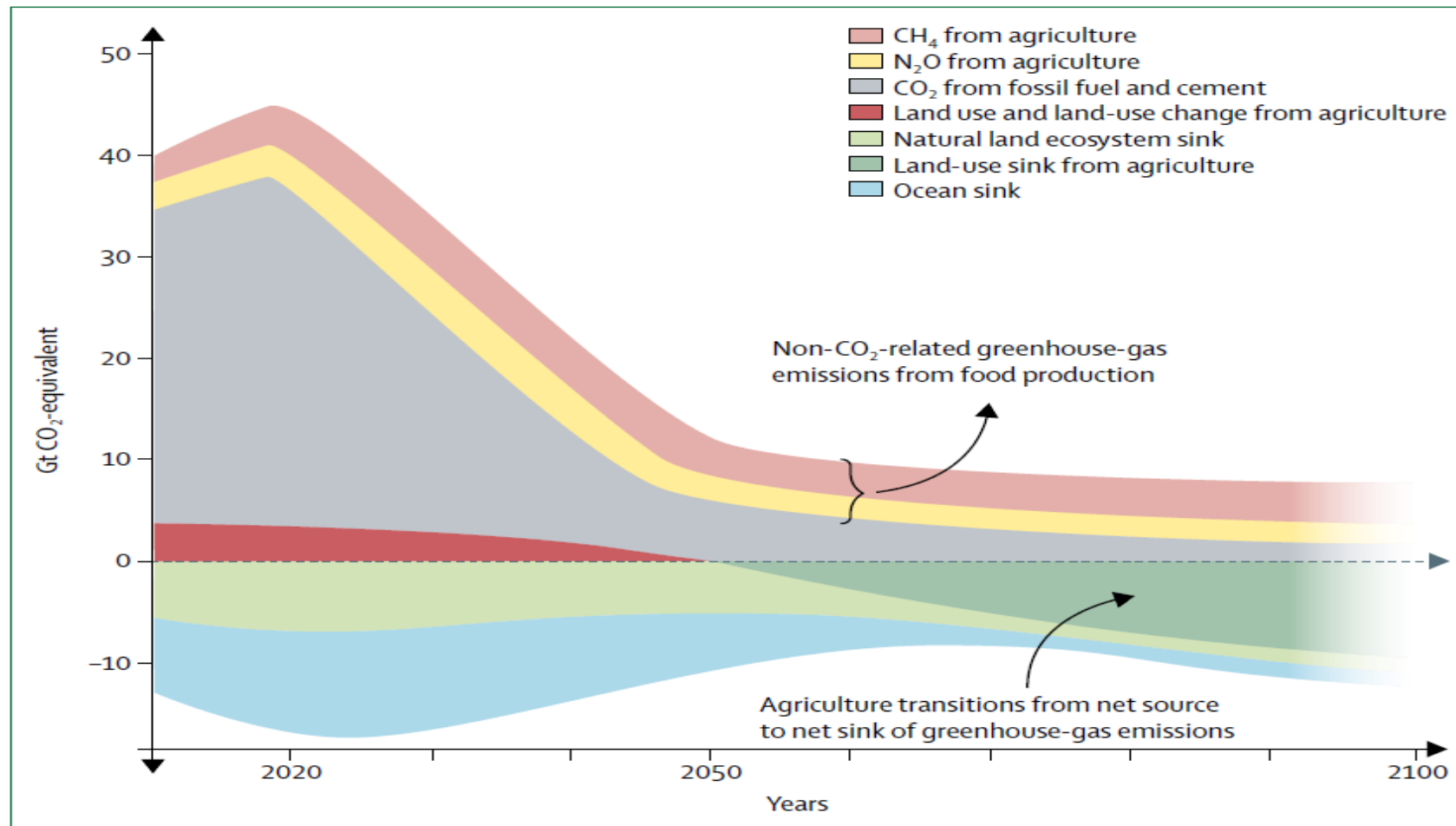
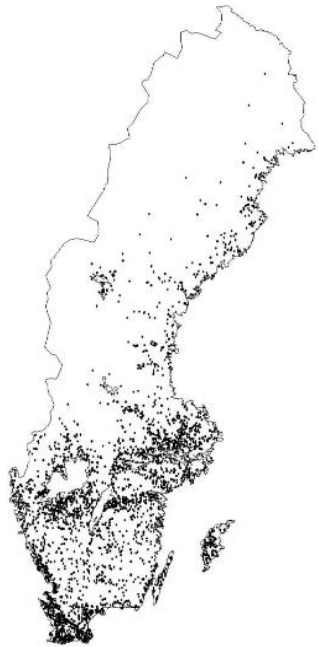


Figure 2: Projections of global emissions to keep global warming to well below 2°C, aiming for 1.5°C
Data are from Intergovernmental Panel on Climate Change fifth assessment report (RCP2.6 data for nitrous oxide and methane) and Rockström and colleagues²⁸ (for fossil-fuel emissions, land use, land-use change, and forestry, and biosphere carbon sinks).

Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)



Kol i svensk jordbruksmark

Poeplau et al. 2015 Biogeosciences 12: 3241–3251

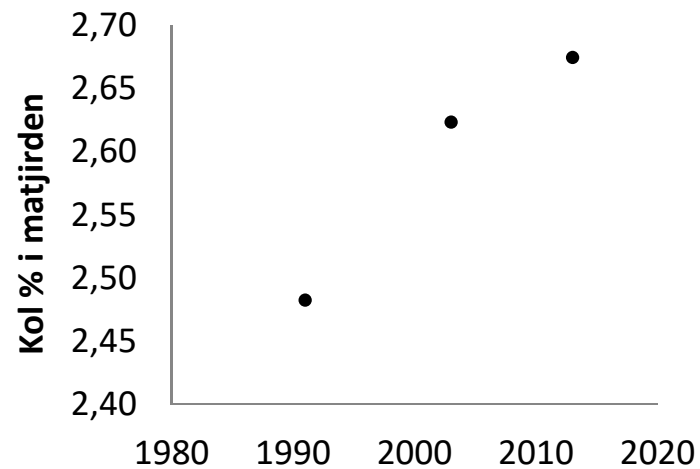
Markinventering:

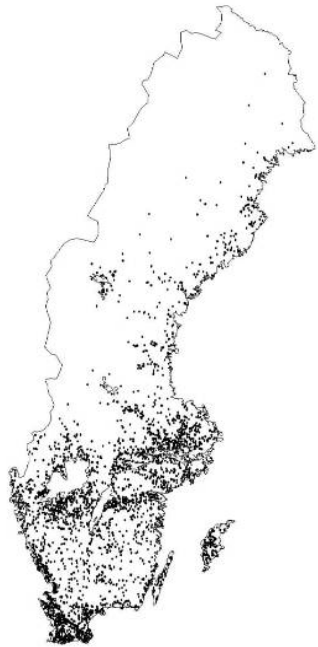
I (1988-97),

II (2001-07),

III (2010-17)

Sverige medeltal





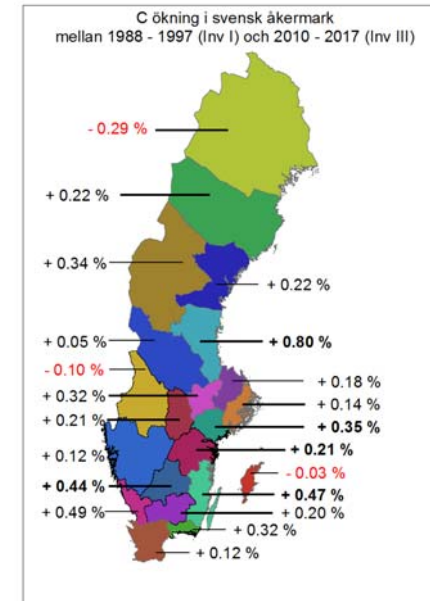
Markinventering:

I (1988-97),
II (2001-07),
III (2010-17)

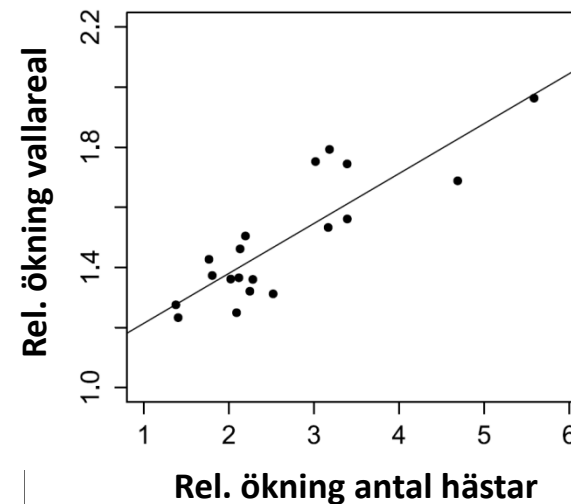
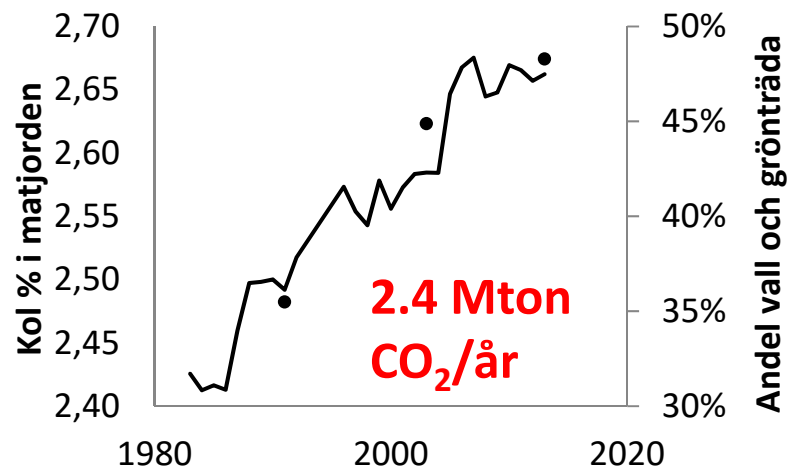
Kol i svensk jordbruksmark

Poeplau et al. 2015 Biogeosciences 12: 3241–3251

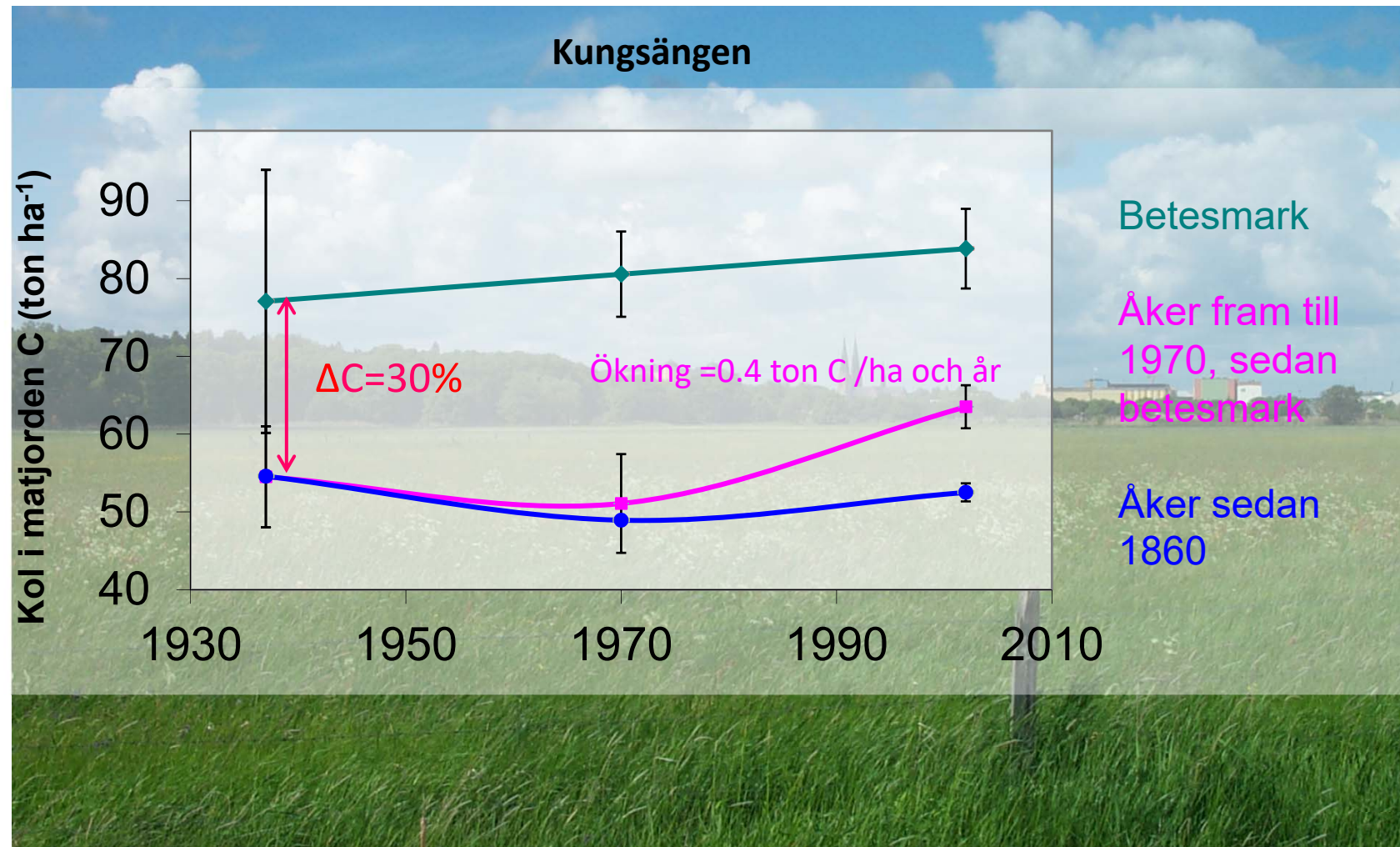
Förändring under
ca 25 år:
**Signifikant ökning
i 5 län**



Sverige medeltal



Högre kolhalter i betesmark (fleråriga växter) än i åkermark (ettåriga växter)



Grönytor i städer och golfbanor kan lagra in kol



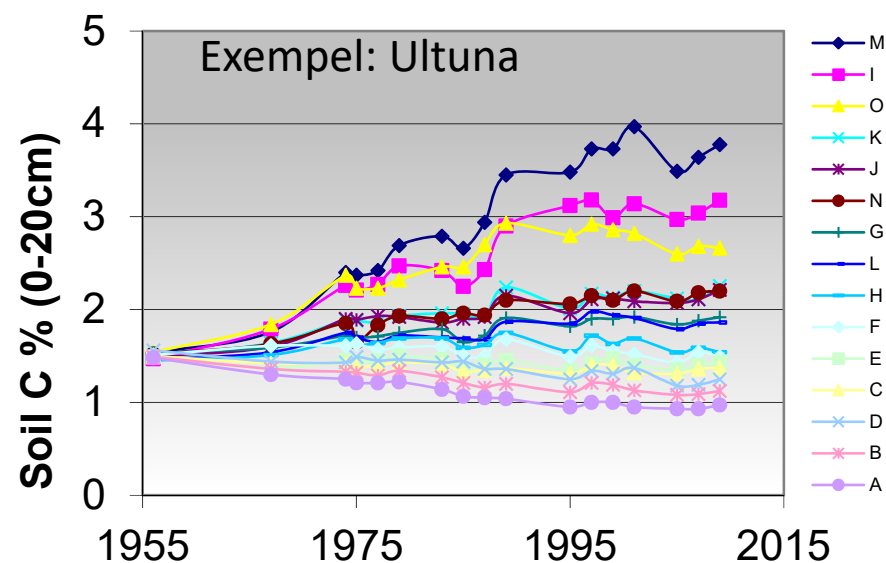
Foto: Maria Ignatieva

**Projekt i 3 svenska städer: 55% högre kolförråd i gräsmattor ,
35% högre i ängsmarker jämfört med närliggande jordbruksmark.**

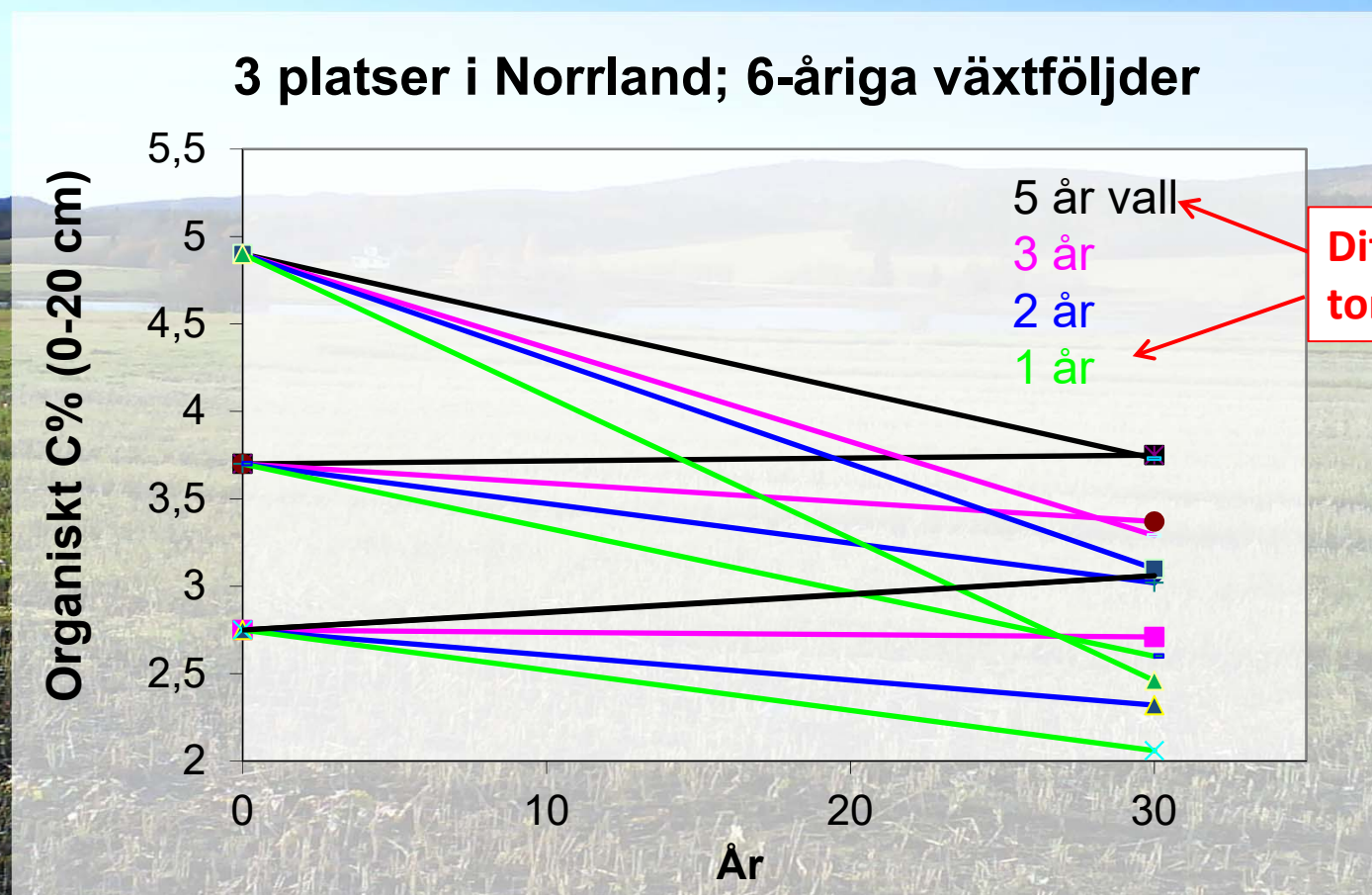
Långliggande fältförsök – viktiga för att kvantifiera effekter av odlingsåtgärder på marken



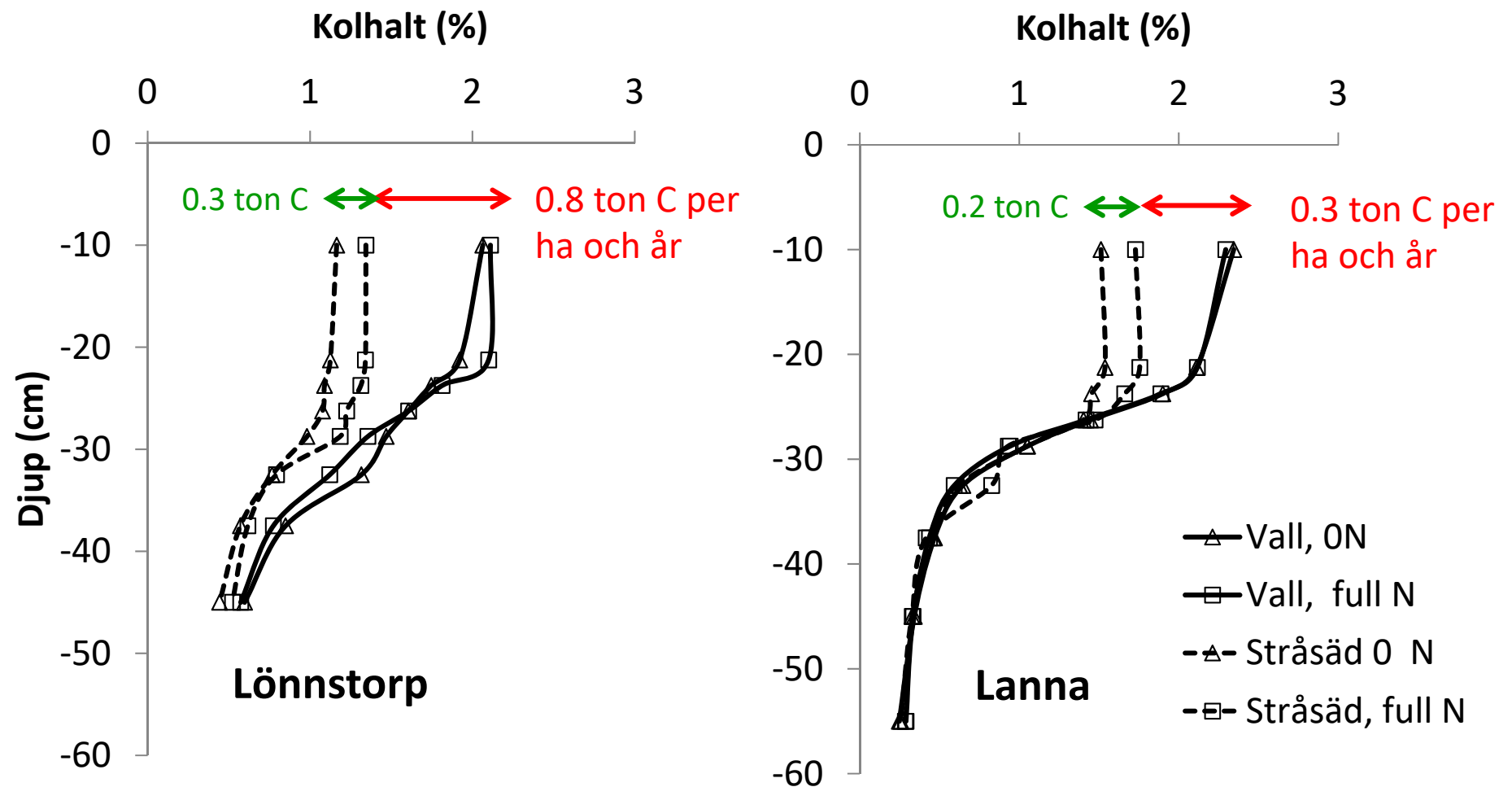
- Ungefär 50 försök > 20 år
- Effekter av gödsling, kalkning, växtföljder, jordbearbetning, m.m.
- Viktiga för kalibrering och validering av modeller



Fleråriga växter (vallar) bygger upp kolförrådet



Markkol (vall vs. stråsäd) på 2 försöksplatser efter 35 år



Effektens storlek beror på platsspecifika förutsättningar

Grön mark året om – kolinlagring genom fånggrödor, agroforestry, energiskog och kantzoner



Resultat från svenska försök (16-24 år):

0,3 ton C per hektar och år med fånggröda



Inlagringspotential i Sverige för 0,5 Mha:
0,6 Mton CO₂ per år

Dessutom:
Ökad albedo (markens reflektion av strålning)



Poeplau et al., Geoderma Regional 2015
Global review: Poeplau and Don., AGEE 2015

Grön mark för kolinlagring och minskad erosion



Markvård i Island

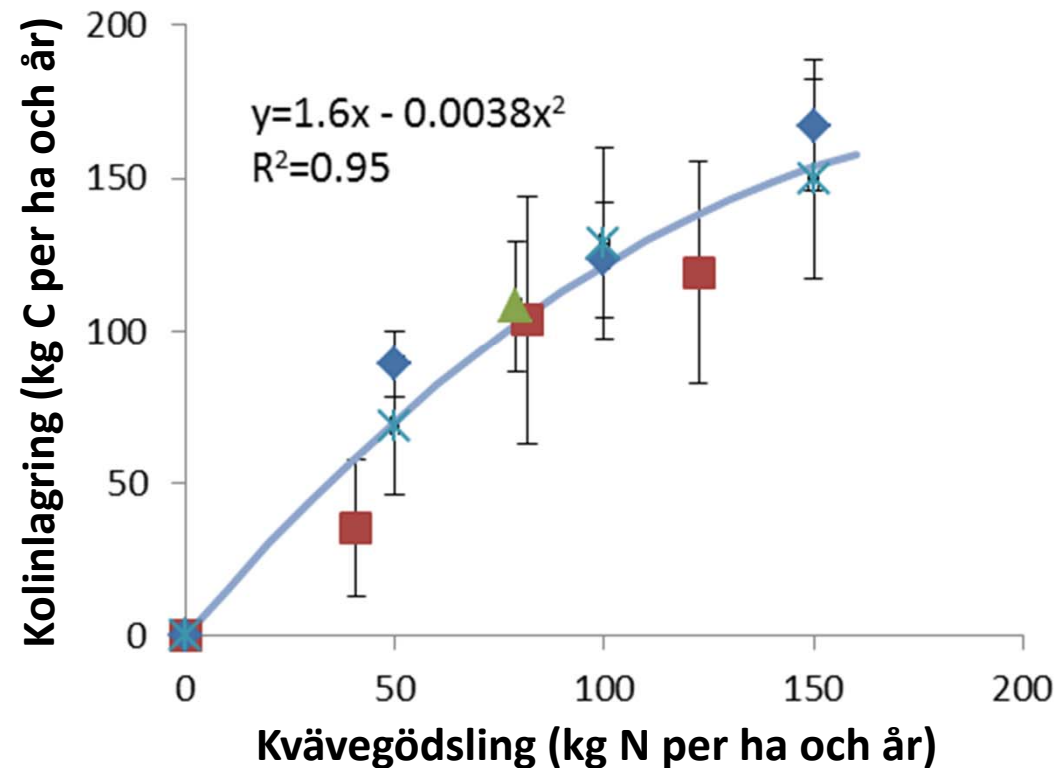
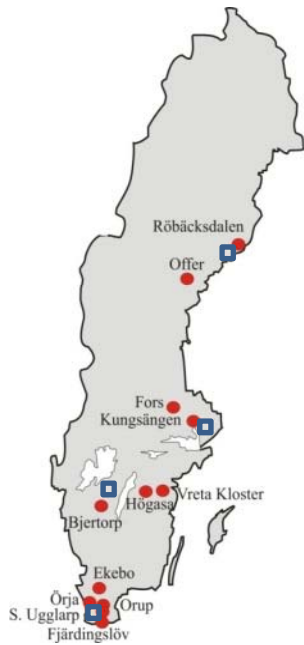


Restaurering av degraderade marker resulterade i kolinlagring,
0.6 Mg C /ha /år under 50 years (Arnalds et al., 2000)



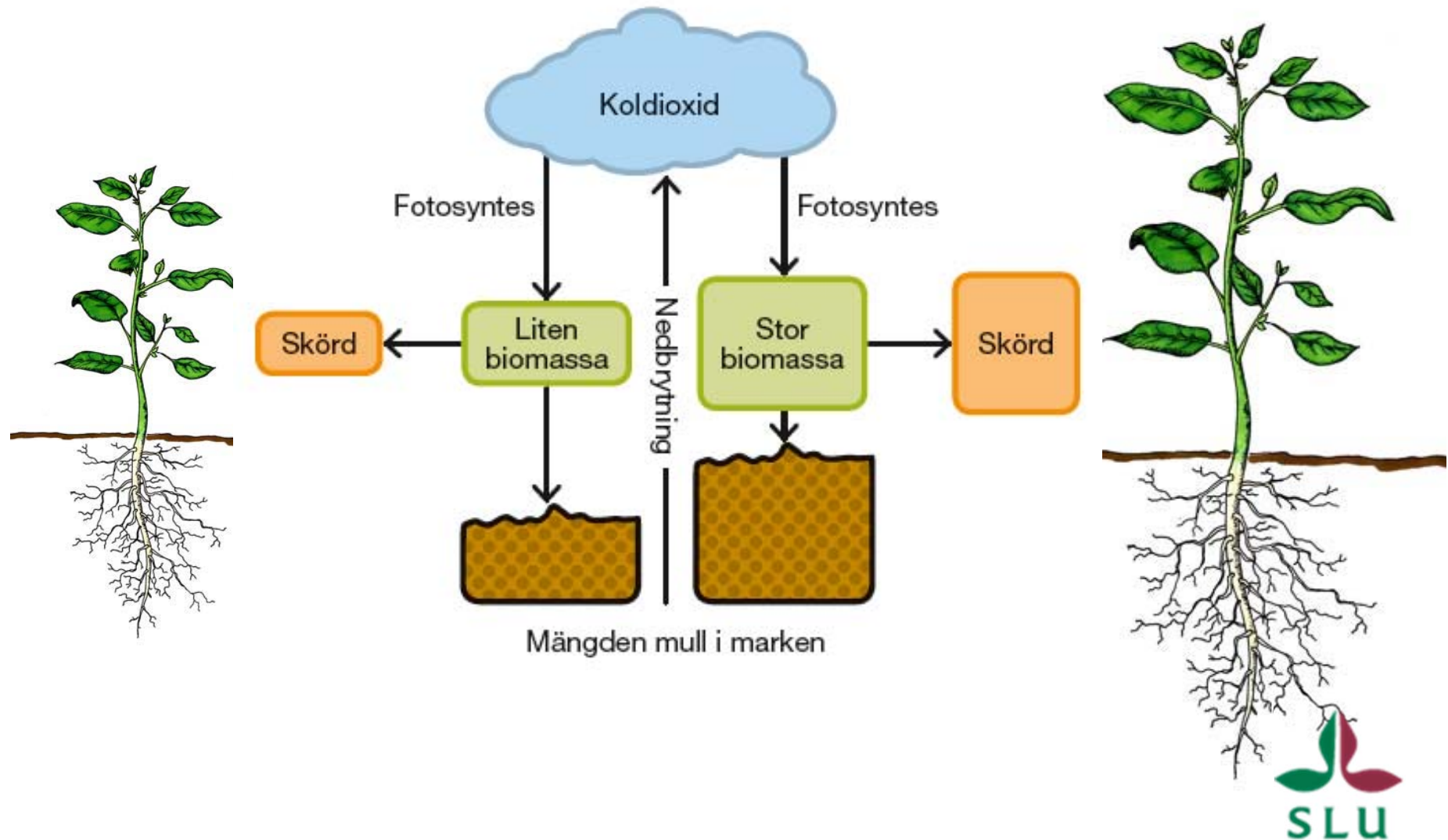
Kolinlagring gynnas av hög produktion

Resultat från 16 långliggande fältförsök (4 serier):



Varje kilo N höjer kolförrådet i matjorden med drygt 1 kg C

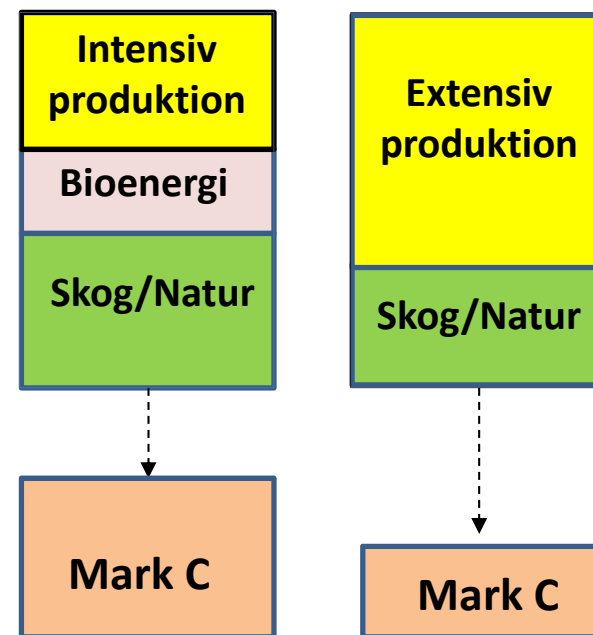
Hög produktion leder till hög kolförråd och vice versa



Låga skördar (eko-odling) ökar arealbehovet och leder till avskogning och därmed till lägre kolförråd i marken även någon annanstans



Arealbehov för att producera en viss mängd



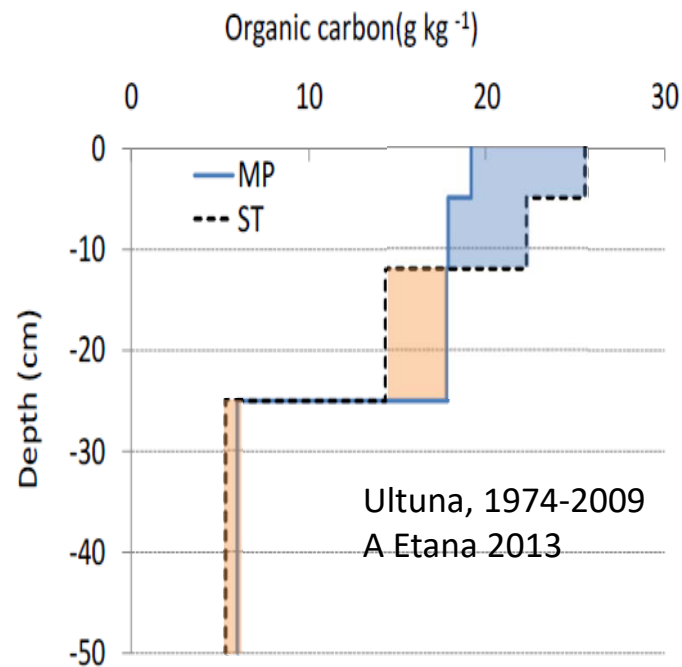
Bra jordbruksmark är en begränsad resurs. Uthållig intensifiering behövs för att försörja en växande befolkning med mat, energi, kläder etc.

Reducerad jordbearbetning?

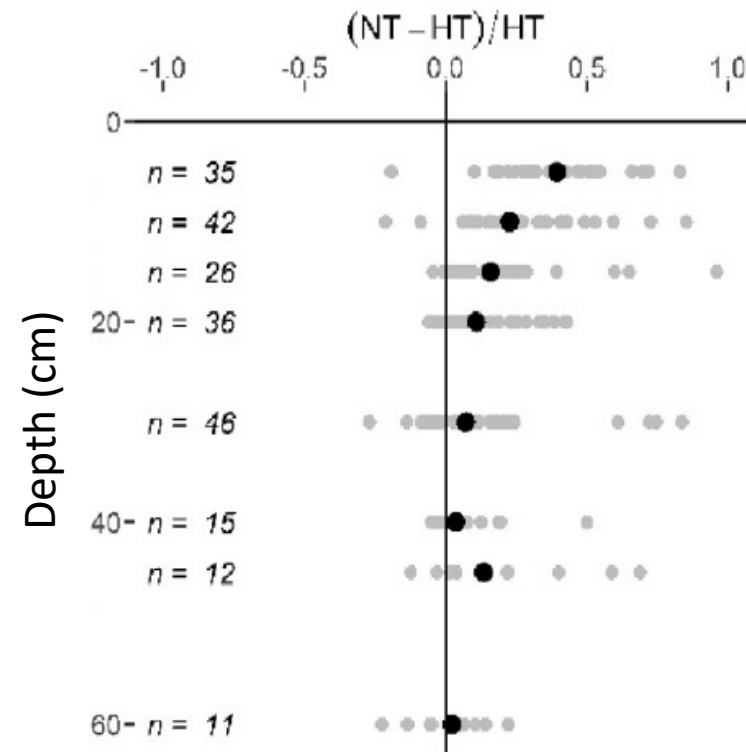


Resultat från 101 försök i tempererad klimat:
Över hela profilen (0-60 cm) ingen effekt av (no-till; NT) jämfört med plöjning (HT).

Meurer mlf., 2018. Earth-Science Reviews



Jordbearbetning leder till en omfördelning av kol i markprofilen



**Stor variation!
NT har många andra fördelar**

Djupplöjning till 1 meter ökade kolförrådet med 42% i genomsnitt över 10 lokaler i Tyskland efter 35-50 år



Alcántara et al., GCB 2016

Framtid: Förbättrade jordbruksmetoder – uthållig intensifiering



Alvluckring och injicering av organiskt material för bättre markstruktur, genomrotning, effektivare upptag av vatten och näring, kolfastläggning

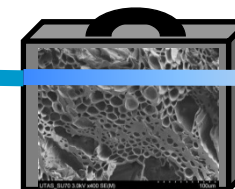


Växtanpassad placering av grön mineralgödsel

Djupare gödselplacering minskar N_2O -avgång (Rychel m.fl., manuscript)

Biokolfilter som fälla för fosfor och bekämpningsmedel

Sedimentering och N-reduktion i våtmarker



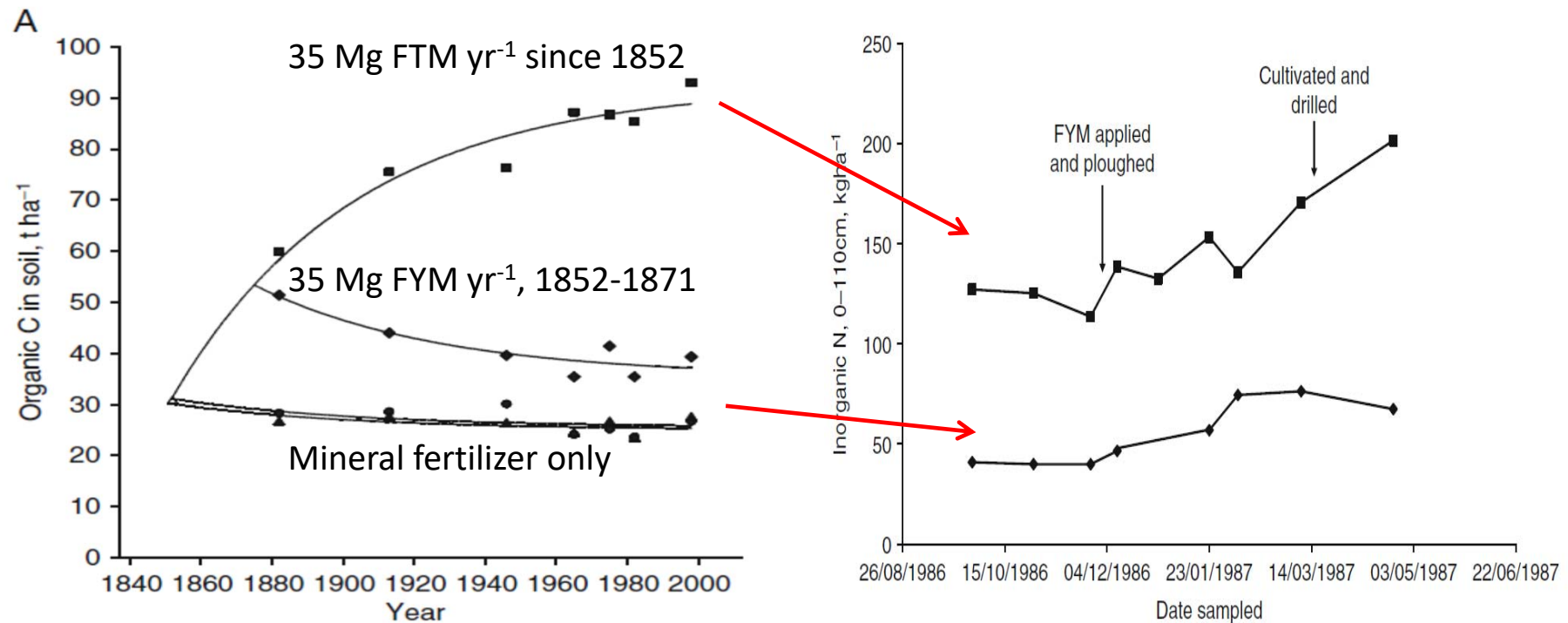
Forskningsrådet Formas

Formas främjar framstående forskning för hållbar utveckling

Demonstration 18/6, Orup!

Hög multhalt har mest fördelar – men inte bara

Hoosfield Continuous Barely, Rothamsted



3 x högre kolhalt → 3 x nitrat under höst/vinter → 3 x risk för N-läckage och lustgasavgång

Johnston m.fl., 2009; Powlson et al, 1989

Dränerade mulljordar – stor källa för VHG

Sverige: 0.2 Mha brukade organogena jordar, 7% av jordbruksmarken



Möjliga åtgärder:

- Undvik nydränering av våtmarker
- Våtmarker eller torvbrytning på lågproduktiva marker
- Se till att avkastningen är hög på bördiga marker



Subsidens, bortodling,
Bälinge: 2 m under 90 år

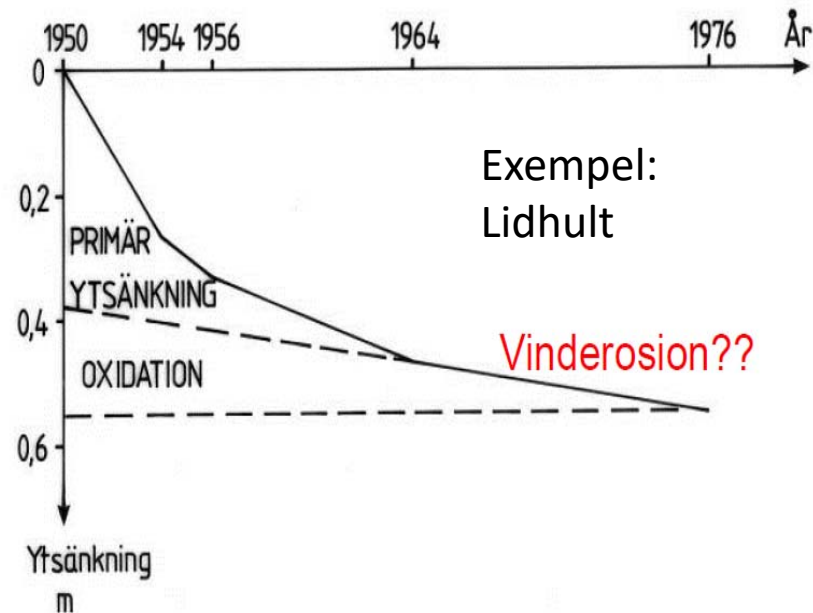


Dränerade mulljordar (ca 7% av jordbruksarealen) förlorar kol

Ytsänkning i långliggande försök

Plats	cm/år
Örke	0,7
Kälkestad (omdränerat)	0,7
Lidhult (mosstorv)	0,8
Martebo (nydränerat)	2,7
Majnegården	1,0
Ytterby	1,3
Kukkola (vall/stråsäd)	0,5
Kukkola (vall)	0,2
Majnegården (stråsäd)	0,8
Majnegården (betesvall)	0,2

Källa: Kerstin Berglund



- Stor variation i subsidens
- Osäkert hur mycket som beror på oxidation av organiskt material

Klimatrapporteringen bygger på ett tunt dataunderlag

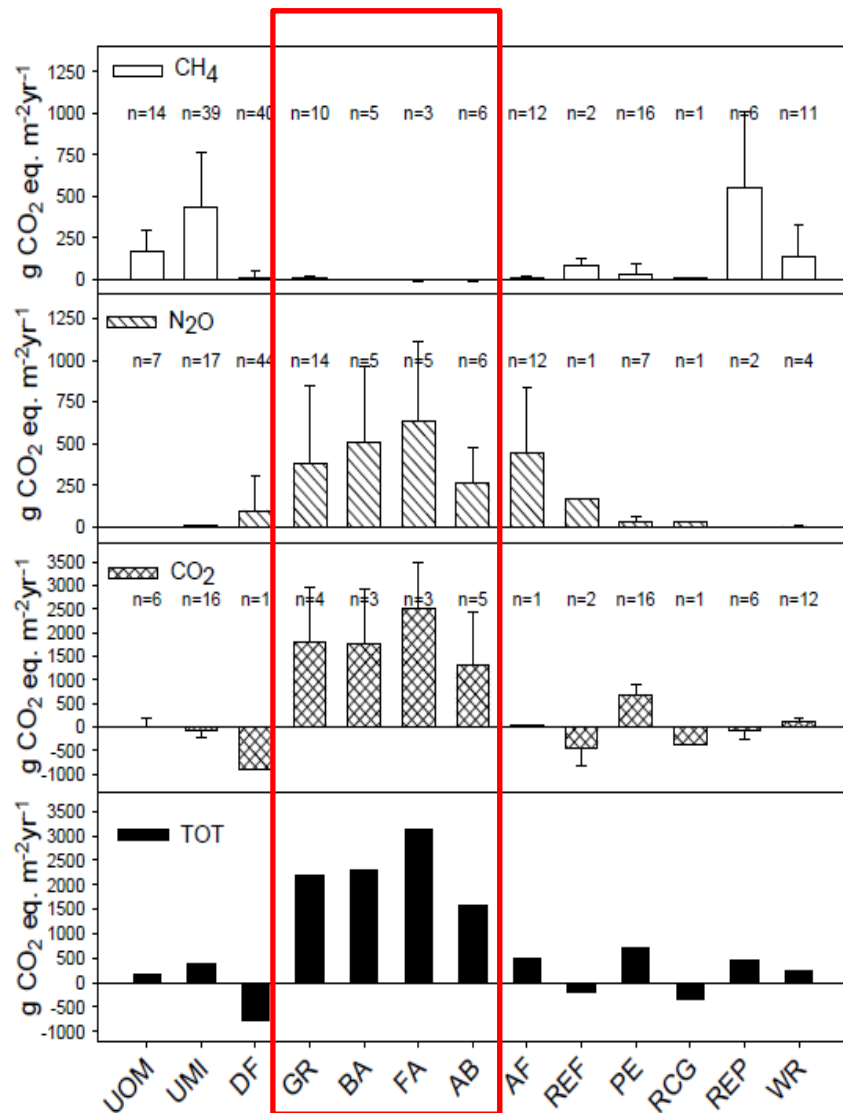


Fig. 1. The mean values of reported annual net fluxes of CH₄, N₂O and CO₂ exchange and the net effect of these gases as g CO₂ equivalents m⁻² (100-year time horizon) from different peatland categories in the Nordic countries (UOM=undrained ombrotrophic peatlands and UMI=undrained minerotrophic peatlands (from Saarnio et al., 2007), DF=ombrotrophic and minerotrophic sites drained for forestry, GR=drained for agriculture – grass, BA=agriculture – barley, FA=agriculture – fallow, AF=agriculture – afforested, AB=agriculture – abandoned, REF=forestry – restored, PE=drained for peat extraction, PEF=peat extraction – afforested, RCG=abandoned peat extraction – cultivation of reed canary grass, REP=drained for peat extraction – restored, WR=water reservoirs). A negative value indicates uptake by the ecosystem and a positive value net emission, *n* = number of sites, error bars indicate standard deviation between sites.

GR = grass
BA = barley
FA = fallow
AB = abandoned

Dränerade mulljordar (Harbo, Uppland)

Spannmål

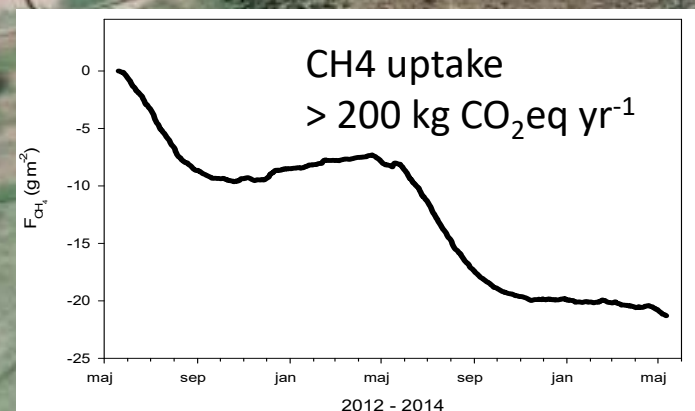
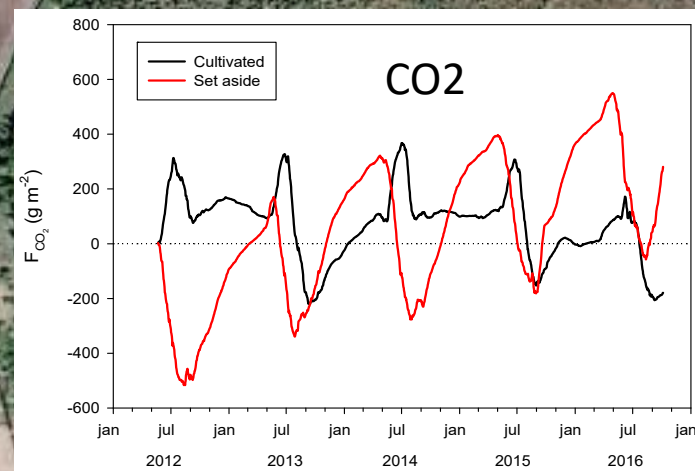
Grönträda

Årliga CO₂-utsläpp enligt klimatrappporten NIR är
mycket högre än våra mätningar:

Åkermark: 22 t CO₂ ha⁻¹ år⁻¹

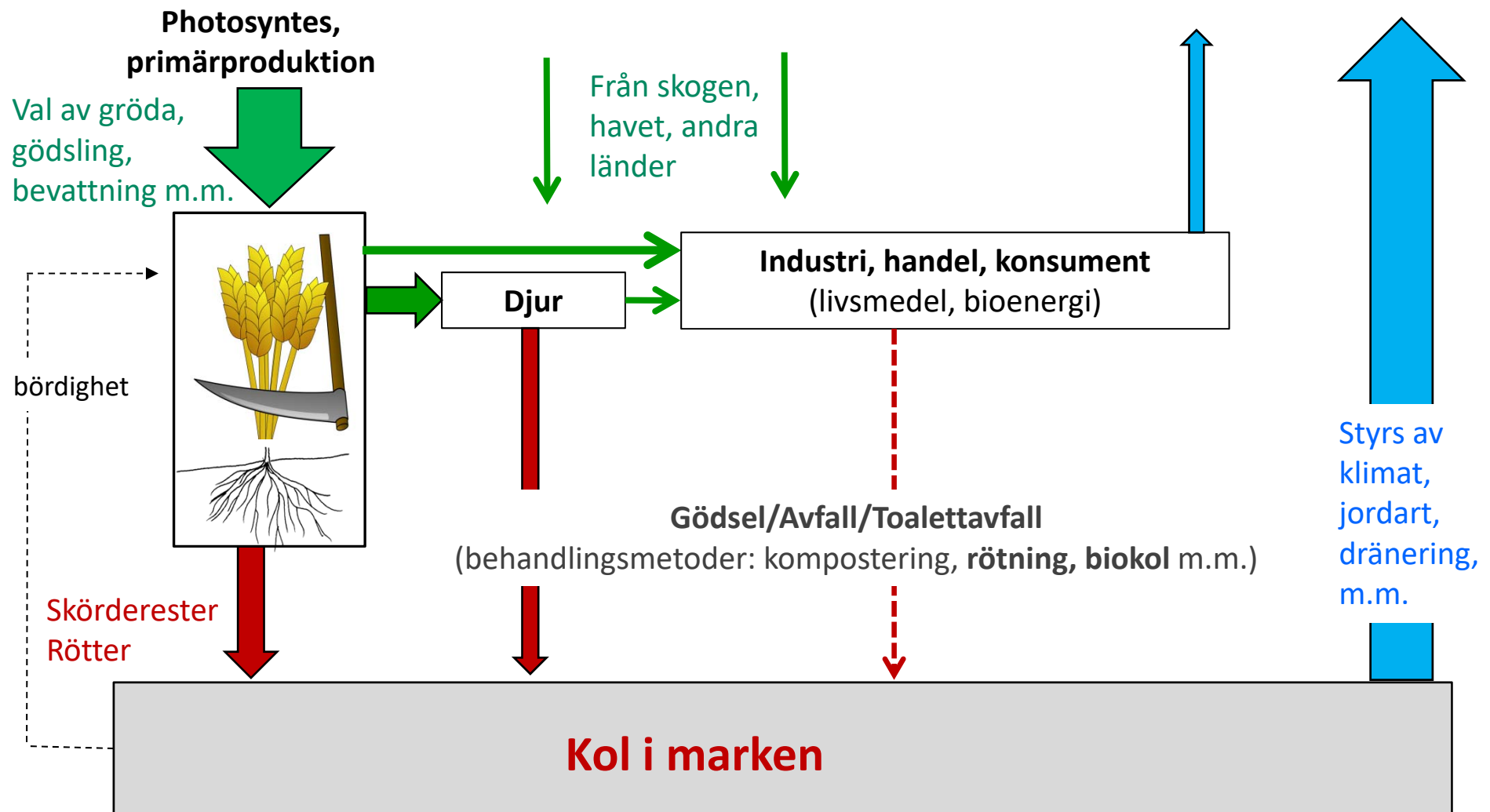
Betesmark: 9,5 t CO₂ ha⁻¹ år⁻¹

Vi behöver fler mätningar på mulljordar



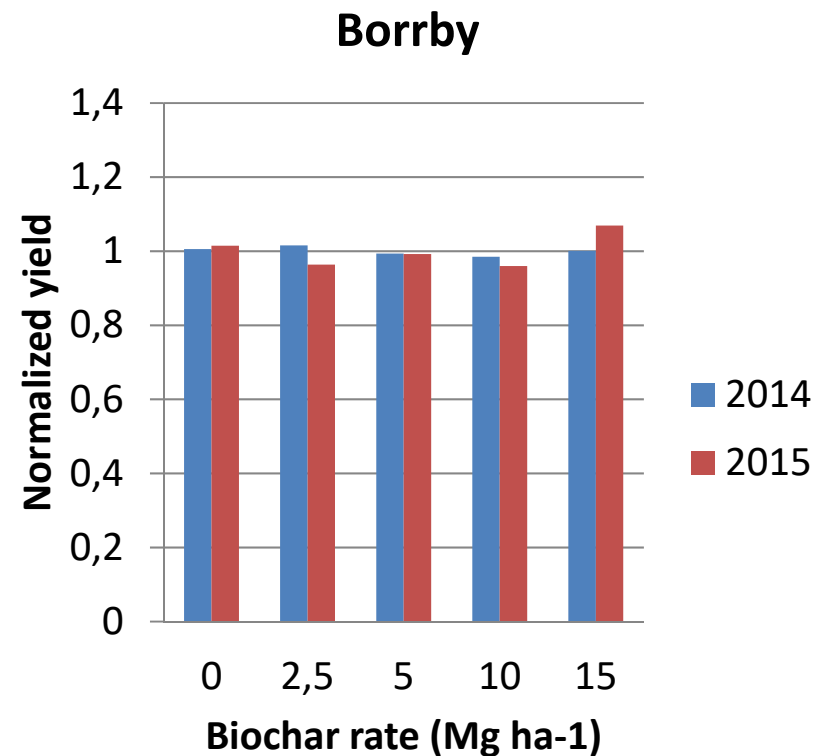
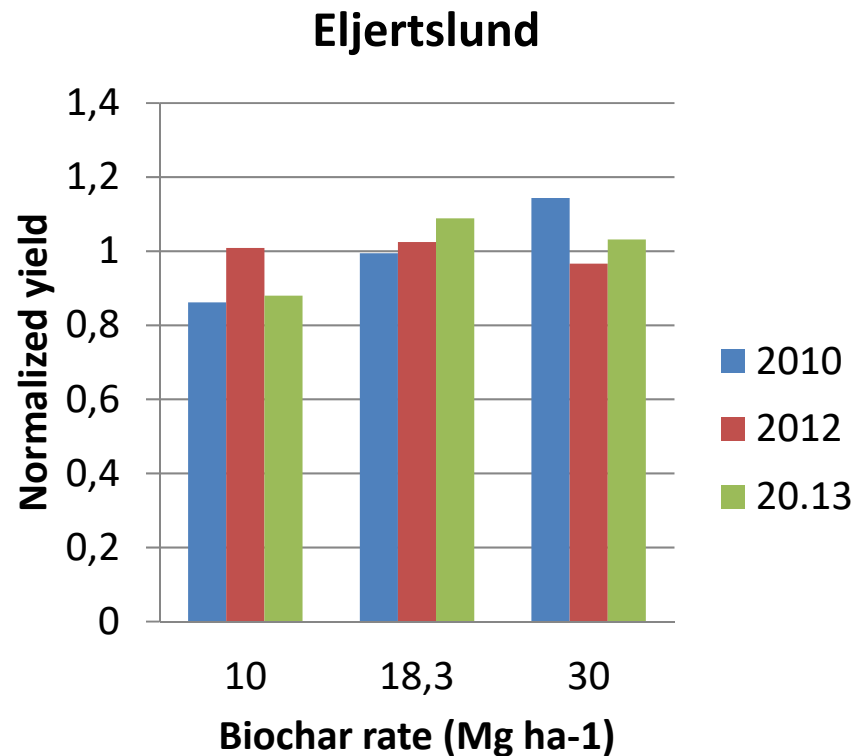
Hadden & Grelle, 2017

Markens kolbalans kan påverkas, främst genom primärproduktion



Biokolförsök i Sverige

Sandjordar i Skåne (Elin Laxmar 2017 kandidatarbete SLU)



30% skördeökning 2018 i ett försök (muntlig. Uppgift från Sven-Olof Bernhoff, Skånefrö AB)

Biochar: 9 trials in 3 regions in Kenya, maize monoculture

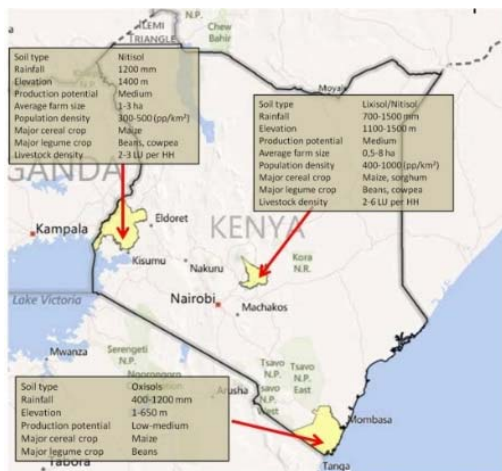
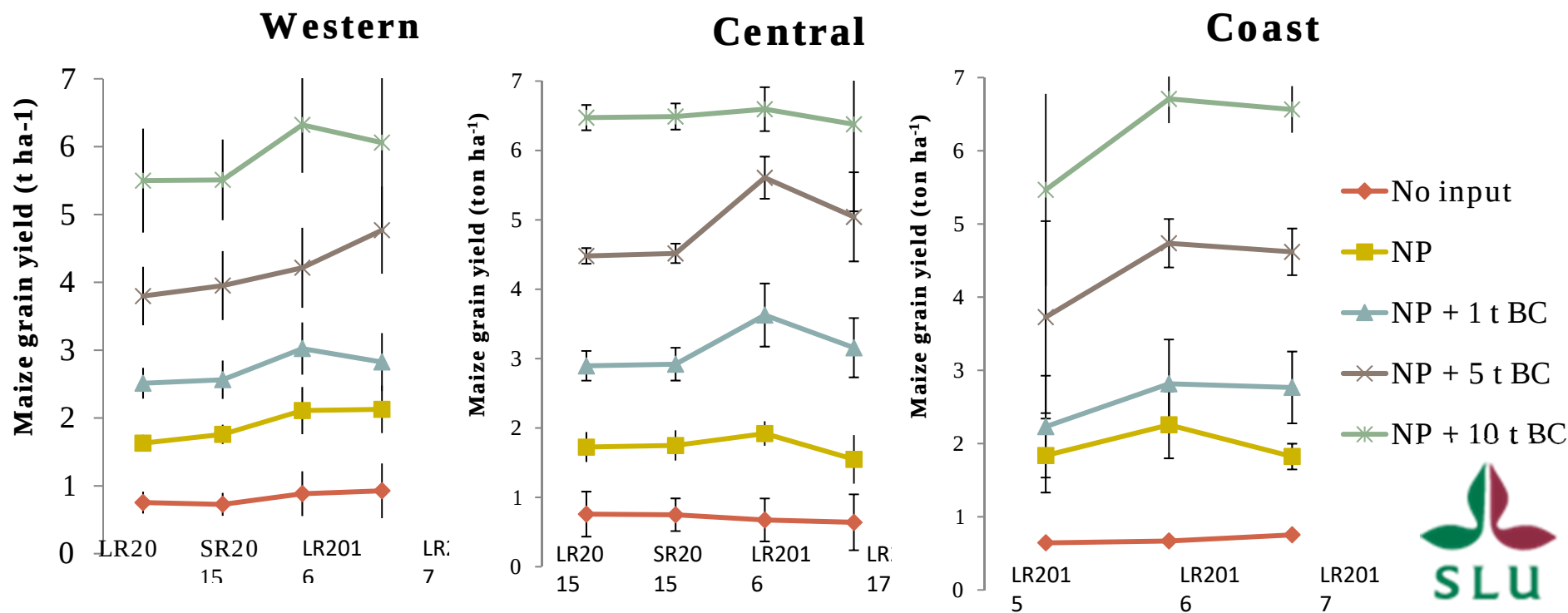


Figure 1. Some site characteristics for Western, Central and Eastern Kenya benchmark areas.

Region	Feedstock
Western	Maize stover+cob
Central	Coffee husk
Eastern	Coconut shell



Åtgärder för kolinlagring enligt - ammanställning av långliggande försök (Bolinder et al., submitted)

Management	N (trials)	SOC change (Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹)
Perennial vs. annual crops	15	0.52
Recycled organic matter (ROM)	217	0.41
Cover crops	176	0.33
N-fertilization	183	0.23
Crop residue retention	279	0.12
Tillage intensity	101	<0.1

**Vi vet ganska mycket om den genomsnittliga effekten av olika åtgärder
Utmaningen är att bättre förstå vad som styr variationen mellan olika fält**



Sammanfattning

- Uthållig intensifiering (växtförädling, teknikutveckling, FoU) ökar kolförrådet och minskar avskogningen
- Det sker f.n. kolinlagring i mineraljordar och ungefär motsvarande CO₂-utsläpp från mulljordar
- Potential: Permanent grön mark (fleråriga växter, mellangrödor, agroforestry m.m.)
- Potential: Mera bionergi från jordbruket (rötresten, biokol till mark).
- Undvik nydränering av organogena marker, anlägg våtmarker
- Potentialen för kolinlagring är stor i ett globalt perspektiv
- Risker: Kolinlagring är reversibel – beror på landanvändning och skötsel som snabbt kan ändras
- Utmaningar: Effektiva styrmedel för att öka en uthållig produktion av svensk mat, energi och råvaror för industrin

Tack för er uppmärksamhet!

Tack till alla kollegor som har bidragit

Tack till våra finansiärer, främst Formas och SLF

Foto: G Börjesson