

Odlingssystemets effekt på mullförråd och kolinlagring i jordbruksmark

Thomas Kätterer

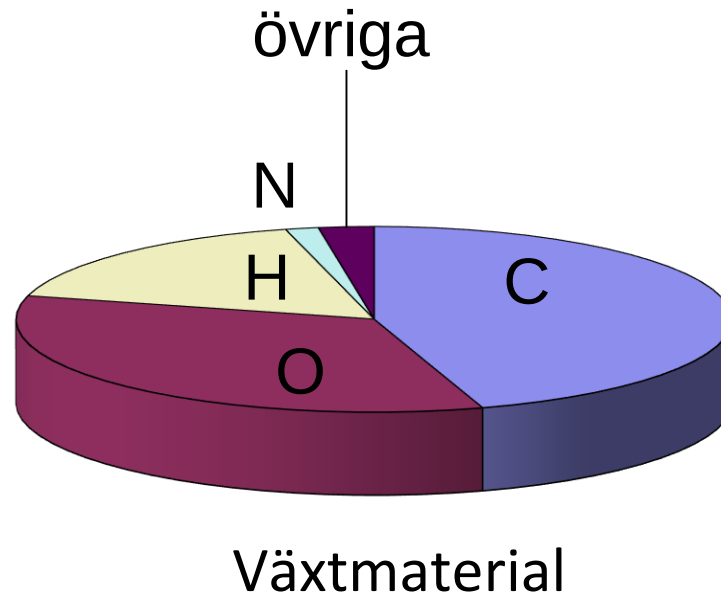
Sveriges Lantbruksuniversitet

Disposition

- Markens roll i den globala kolcykeln
- Hur mäter man kolinlagring
- Kolbalanser i svensk jordbruksmark
- Resultat från långliggande försök
- Hur vi kan påverka kolinlagringen

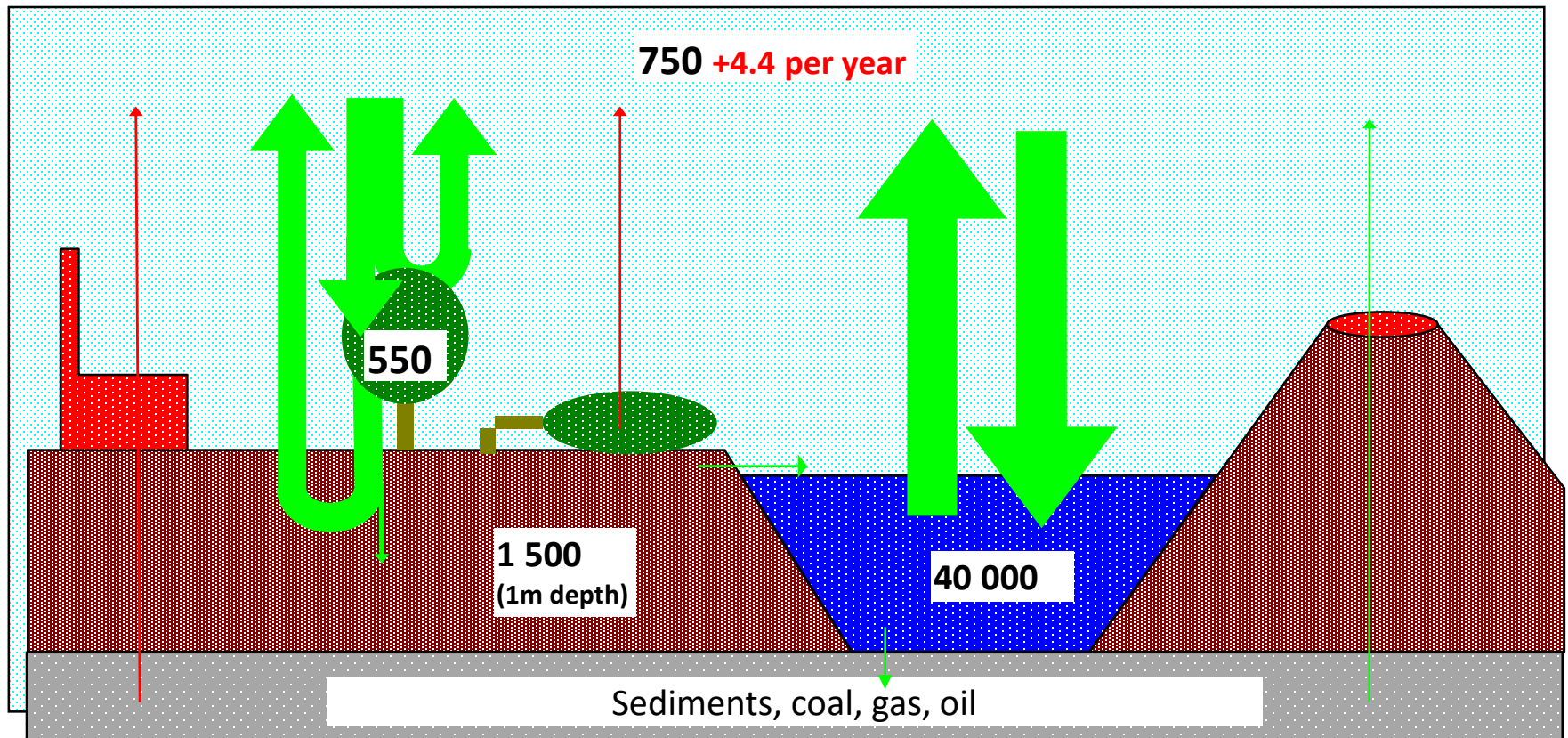
Att höja kolhalten i marken är en kostnadseffektiv klimatåtgärd

- ökar bördigheten (produktionen)
- fastlägger kol i marken som växterna fixerar



- Mull innehåller ca. 58% kol (42% i växter)
- Matjorden innehåller 5-10 kg C per m² (0-25 cm)
- 1 kg C motsvarar 3,67 kg CO₂ (molvikt CO₂ vs. C; 44/12)

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



Kätterer, 1998

Antropogenic CO₂ emissions and sinks (2005-2014)

3,4 Pg/yr



Deforestation

+

33 Pg/yr



16 Pg/yr

44%



10,9 Pg/yr

30%



C sequestration

9,5 Pg/yr

26%



Svenska skogar är en kolsänka

Skogen

Årlig tillväxt:	110 Mm ³	42 Mton C
Årlig avverkning:	90 Mm ³	35 Mton C
Ökad skogsvolym:	20 Mm ³	7 Mton C
Inlagring i skogsmark:		3 Mton C
Total fastläggning skog:		10 Mton C

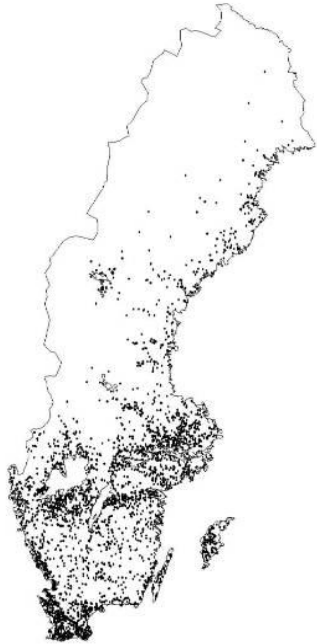
Som motsvarar cirka 37 Mton CO₂-ekv.

(varierade mellan 31 - 45 Mton under de senaste 20 åren)

Åkermark (ungefär i balans)

Utsläpp från dränerade organogena marker kompenseras av fastläggning i mineraljordar : ca 2,4 Mton CO₂-ekv.

Nationell inventering av åkermark visar ökande kolhalter i mineraljordar

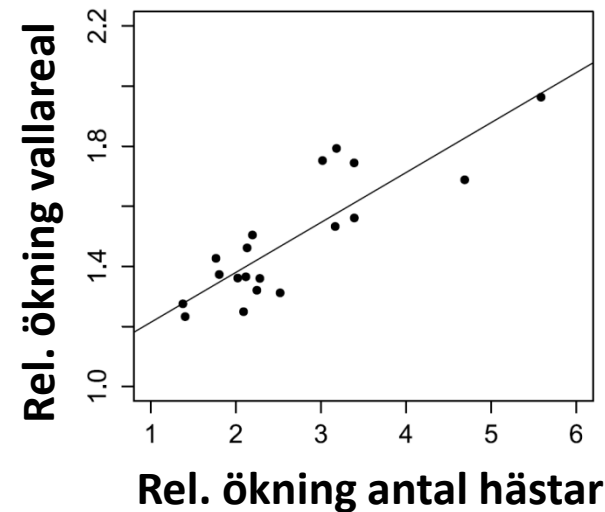
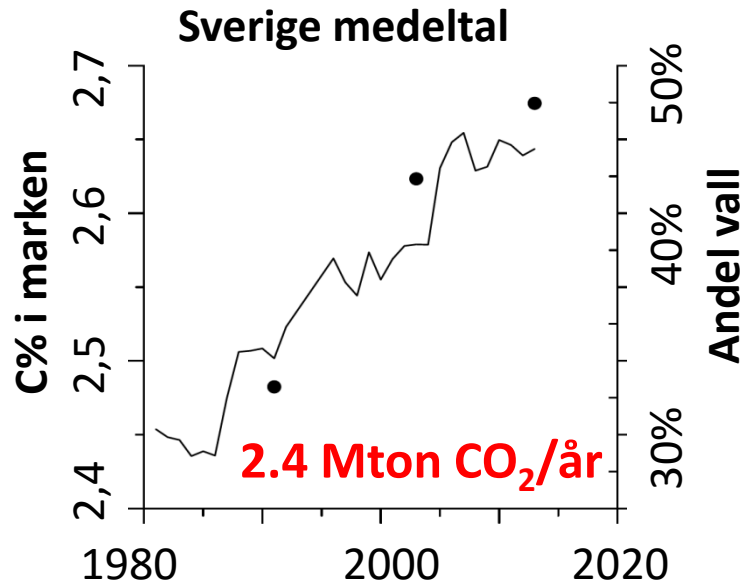
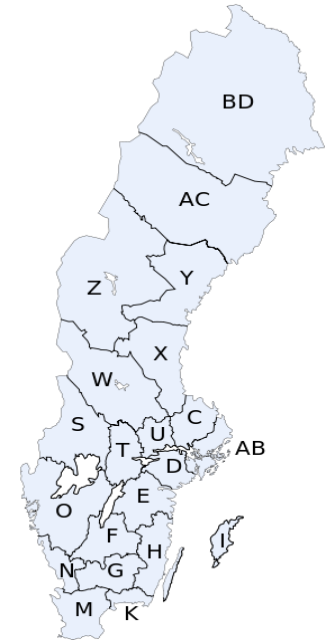
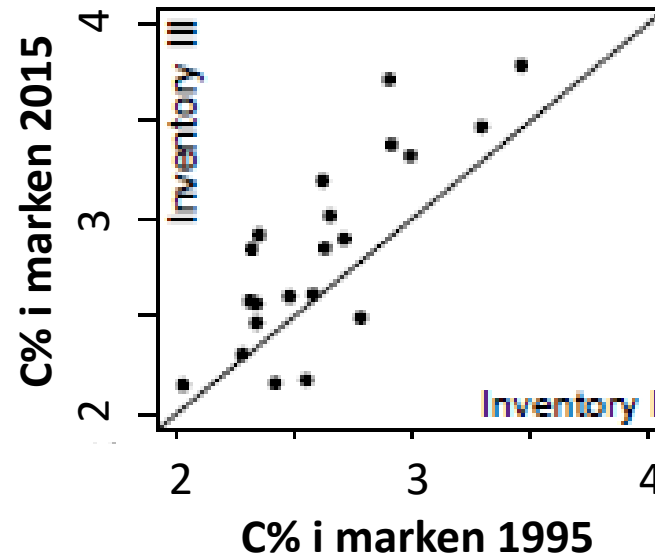


Markinventering:

I (1988-97),

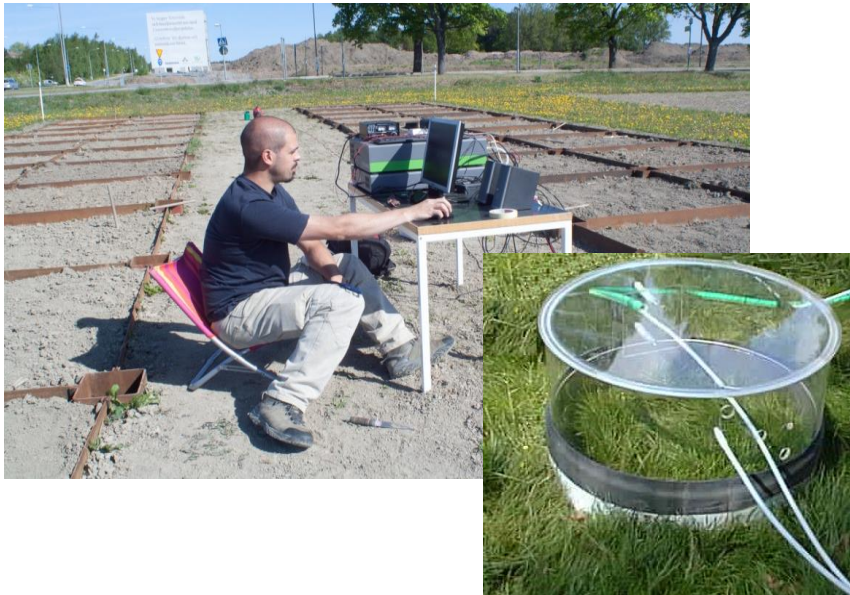
II (2001-07),

III (2010-17)

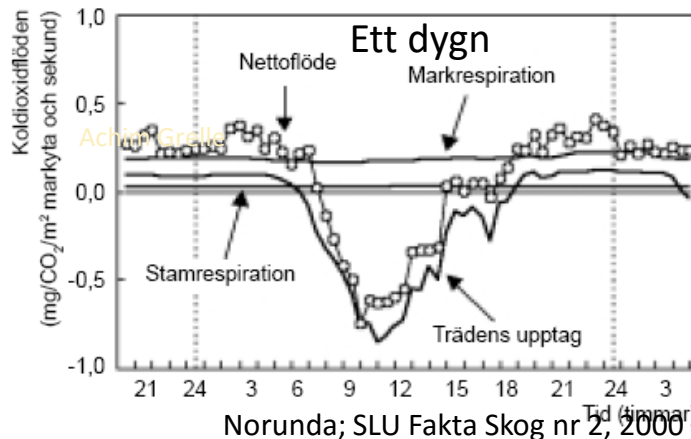


Hur mäter man förändringar i kolförråd?

- 1) **Flöden:** Mikrometeorologiska metoder (eddy flux) eller kammare
- 2) **Förändringar i förråd** - långliggande försök eller åtkommande inventeringar



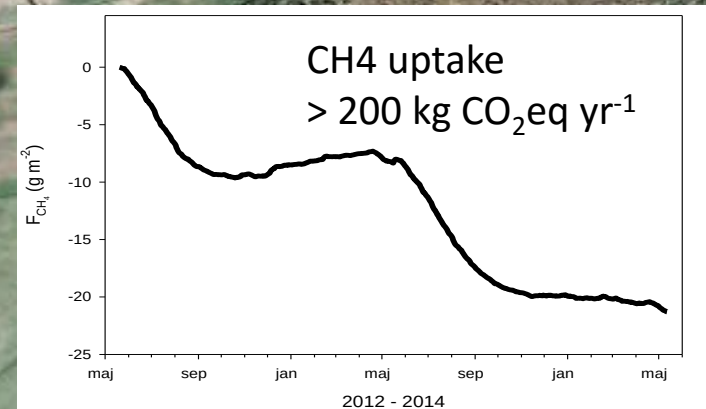
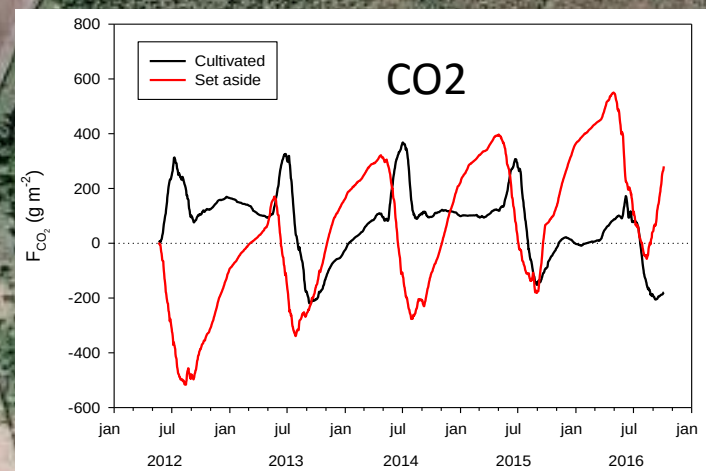
Eddy-flux mäter hela ekosystemet
Bra för förståelsen – hög tidsupplösning.
Relativt korta tidsserier tillgängliga



Harbo, Uppland

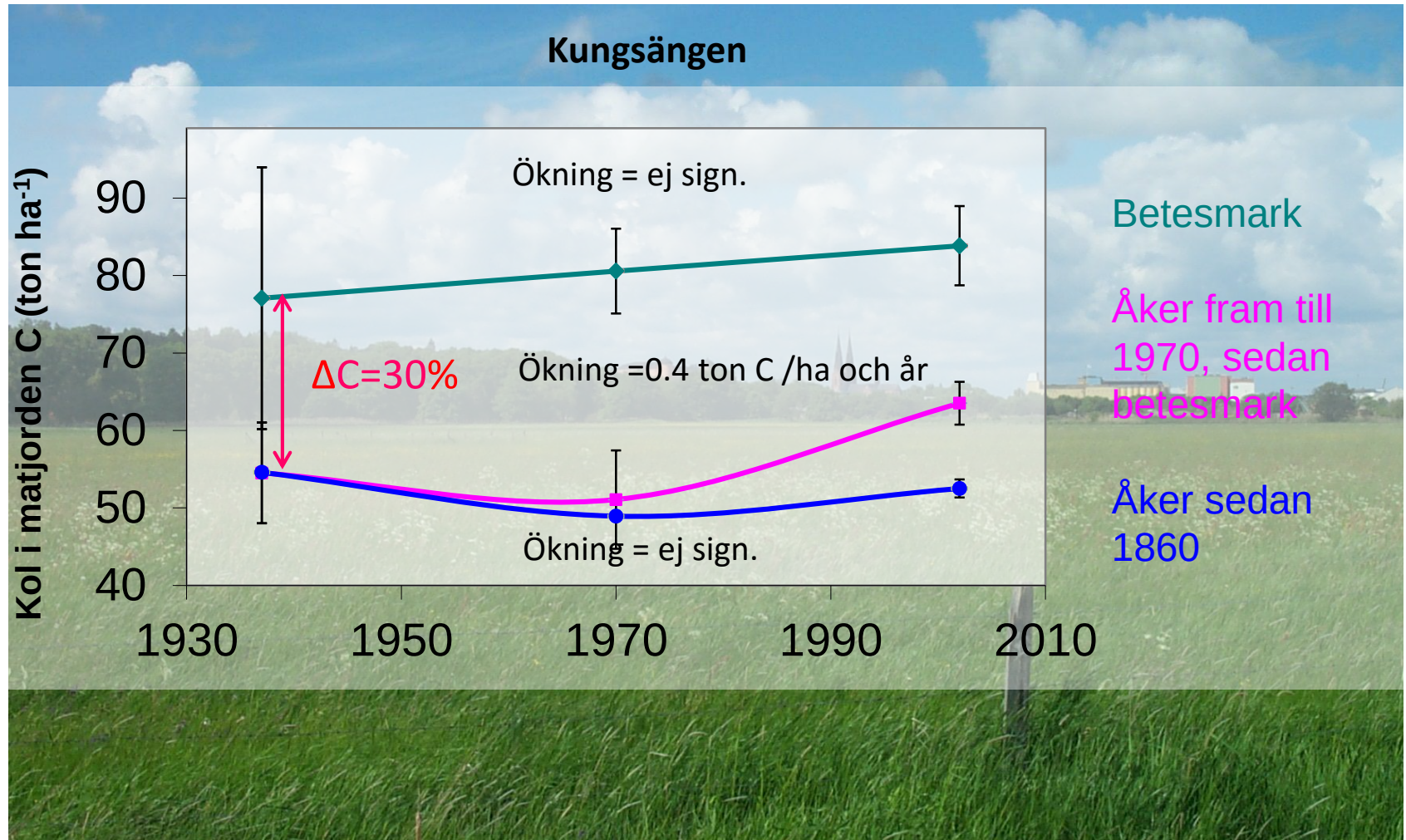
Cultivated

Set aside



Hur mäter man förändringar i kolförråd?

2) Förändringar i förråd - långliggande försök eller åtkommande inventeringar



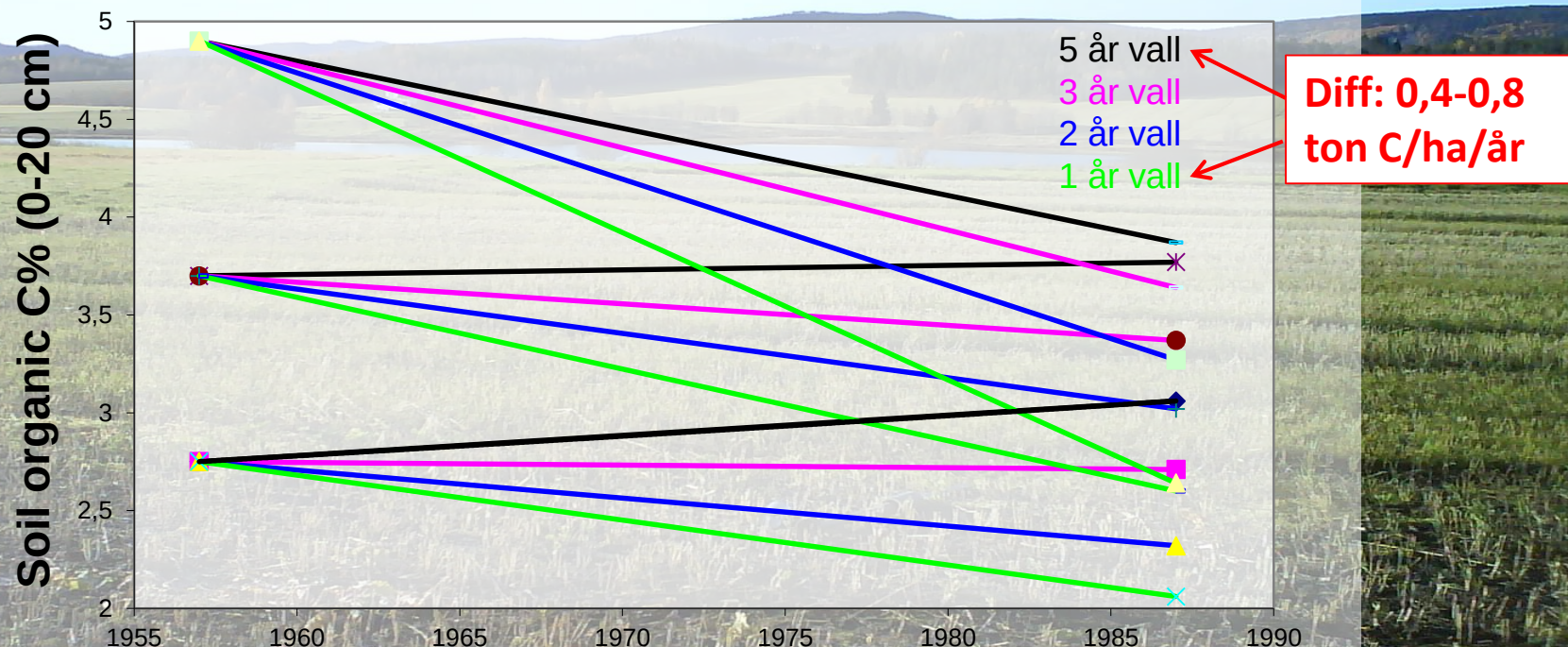
Grönytor i städer och golfbanor kan lagra in kol



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

Fleråriga växter satsar mera på rotsystemet och leder därför till mera positiva kolbalanser än ettåriga växter

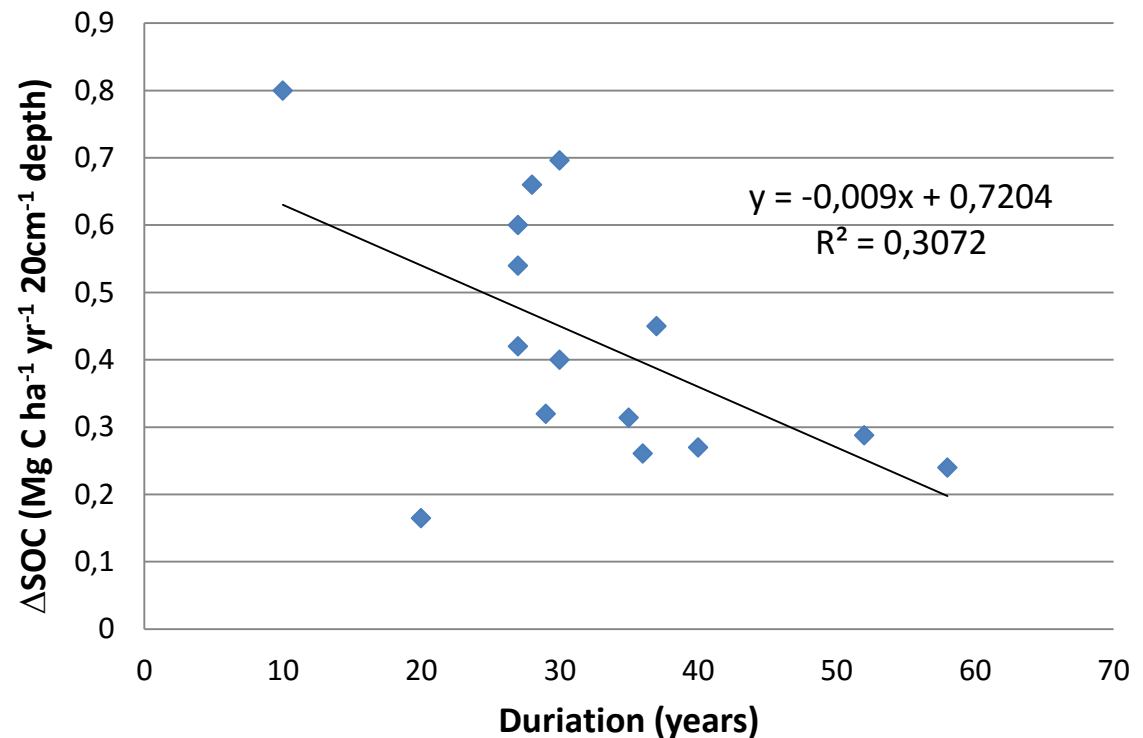
3 platser i Norrland 6-åriga växtföljder: vall och ettåriga grödor



Förändringar i markkol i växtföljder med eller utan vall I 15 långliggande försök (några med stallgödsel)

Site	Country	Duration	Depth	ΔC^a	Reference
		(years)	(cm)	(Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹)	
Saint-Lambert	Canada				
Elora	Canada				
Woodslee	Canada				
Erika I	Estonia				
Erika II ^b	Estonia				
Ås	Norway				
Röbäck I ^c	Sweden				
Offer ^c	Sweden				
Ås ^c	Sweden				
Röbäck II	Sweden				
Lanna	Sweden				
Lönnstorp	Sweden				
Säby	Sweden				
Rothamsted	UK				
Woburn	UK				

SOC affected by rotations with ley vs. annual cropping



^a Only one or two figures are quoted indicating the uncertainty of the calculations

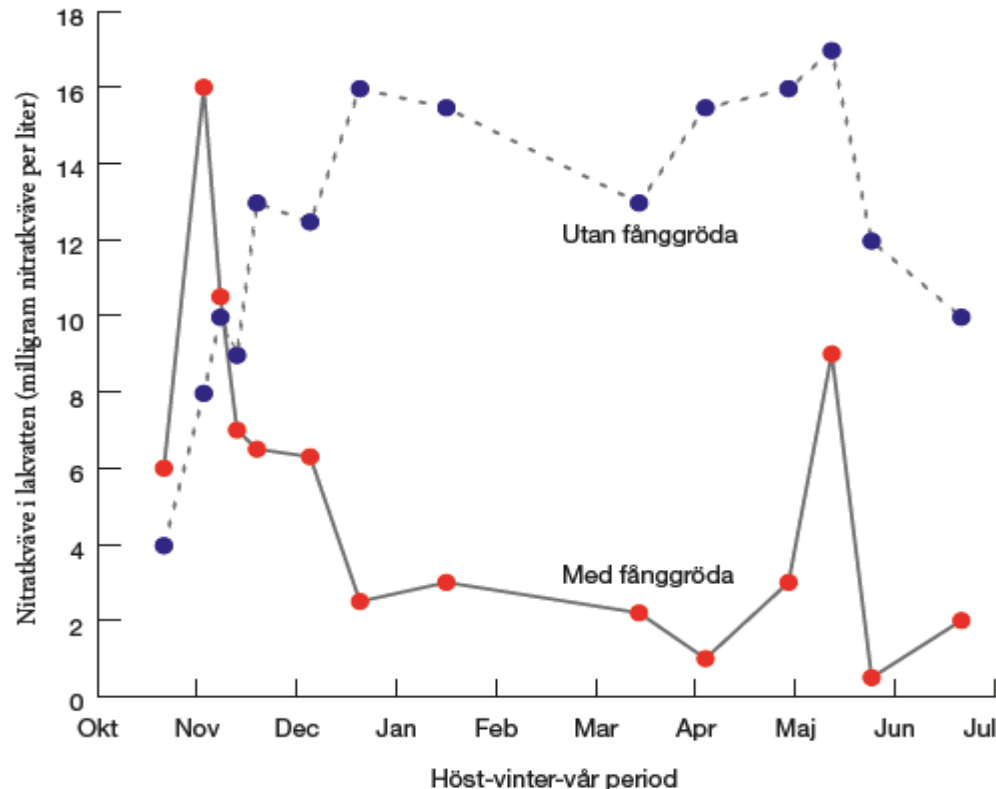
^b Difference between barley receiving no N fertilizer and grass/clover + faeces + green manure

^c Farmyard manure was applied in ley rotations but not in arable cropping system

Median $\Delta C = 0.4 \text{ ton ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$

Effektiva åtgärder mot näringsläckage:

Fånggrödor och bevuxna åkerkanter minskar näringsläckage och leder till kolfastläggning i marken



Resultat från 4
långliggande svenska
försök visar en
kolinbindning på **0,3
ton C per hektar** för
varje år fånggrödor
odlas

Poeplau et al. (2015)
Geoderma Regional

Sandjord i södra Sverige

Bergström & Jokela (2001) J Environ Qual 30, 1659-1667

Sker det en kolfastläggning i svenska betesmarker?



Available online at www.sciencedirect.com



Agriculture, Ecosystems and Environment 121 (2007) 121–134

**Agriculture
Ecosystems &
Environment**

www.elsevier.com/locate/agee

Full accounting of the greenhouse gas (CO_2 , N_2O , CH_4) budget of nine European grassland sites

J.F. Soussana^{a,1,*}, V. Allard^{a,1}, K. Iilegaard^b, P. Ambus^b, C. Amman^c, C. Campbell^d,
E. Ceschia^{a,2}, J. Clifton-Brown^{e,3}, S. Czobel^f, R. Domingues^g, C. Flechard^c, J. Fuhrer^c,
A. Hensen^h, L. Horvathⁱ, M. Jones^e, G. Kasper^g, C. Martinⁱ, Z. Nagy^f, A. Neftel^c,
A. Raschi^k, S. Baronti^k, R.M. Rees^l, U. Skiba^d, P. Stefani^m, G. Manca^j,
M. Sutton^d, Z. Tuba^f, R. Valentini^m

Tract distribution



One year
sample

Nationell markinventering

30 000 permanenta rutor

383 rutor på betesmark

Förändringar i kolförråd 1990-2006 (Karlton et al., 2010)

- Kolfastläggning i svenska betesmarker är förmodligen försumbar
- Högre intensitet (gödsling) kunde öka förråden – men har negativa effekter på biodiversitet

Markvård i Island

Restauration of degraded grassland resulted in soil sequestration of **0.6 Mg C /ha /year** in average during 50 years (Arnalds et al., 2000)

Undvik bar mark

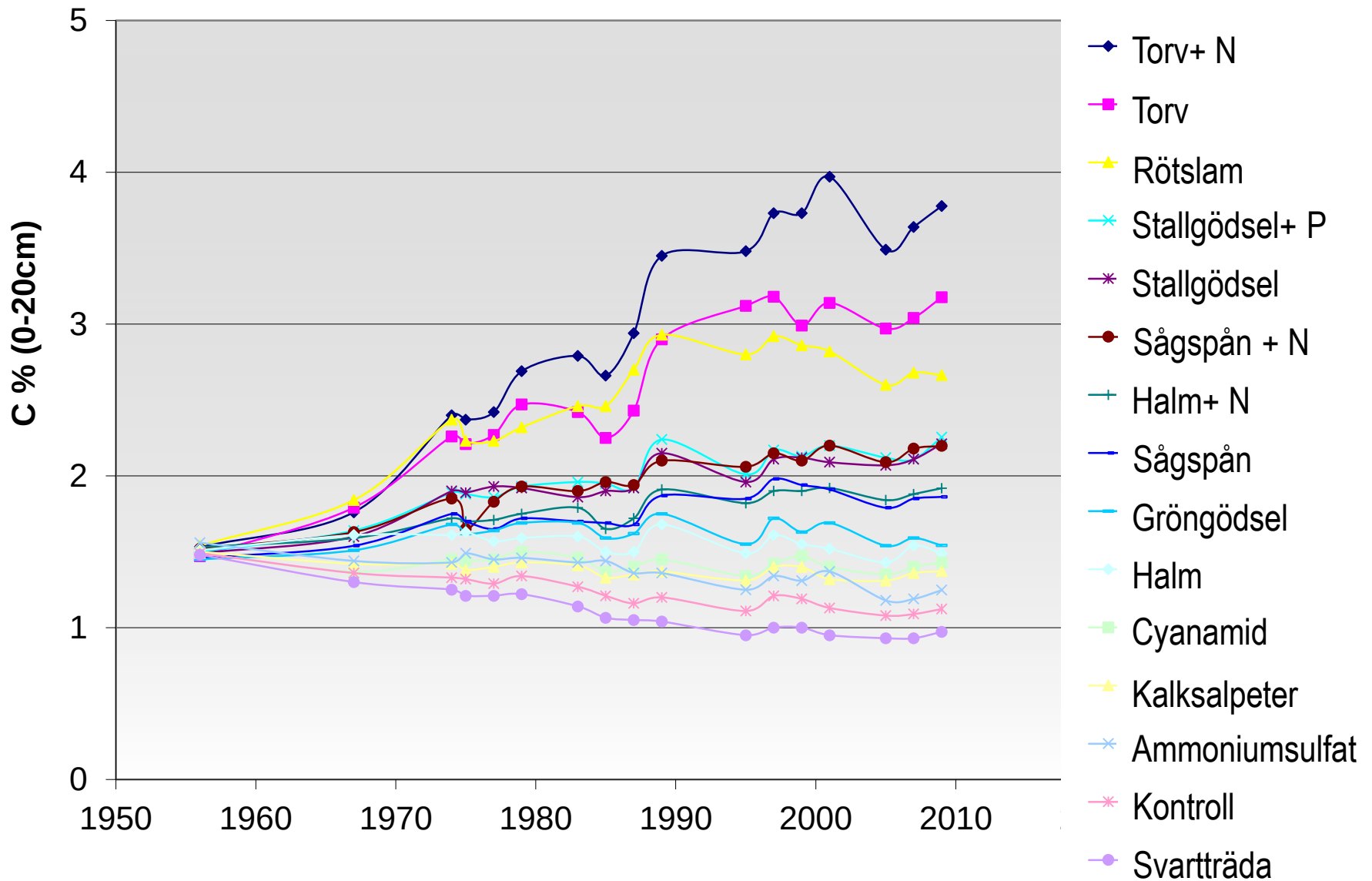


Ultuna Ramförsök, sedan 1956



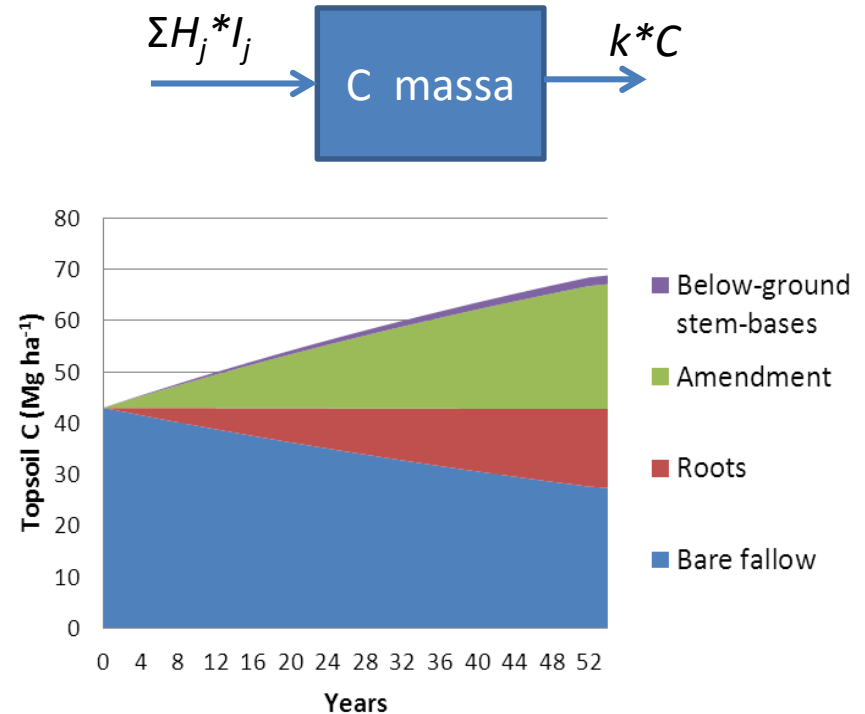
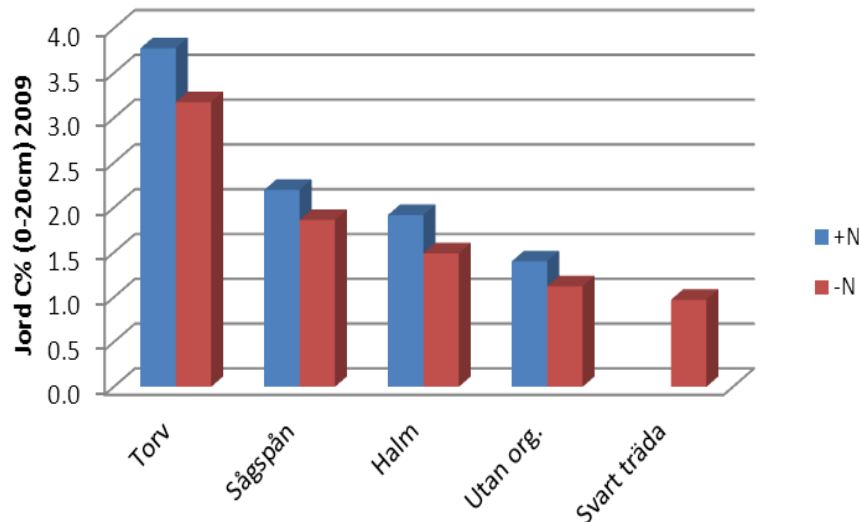
Samma mängd kol tillförsel i olika material vartannat år +/- N gödsling
15 behandlingar x 4 block

Markkol i ramförsöket



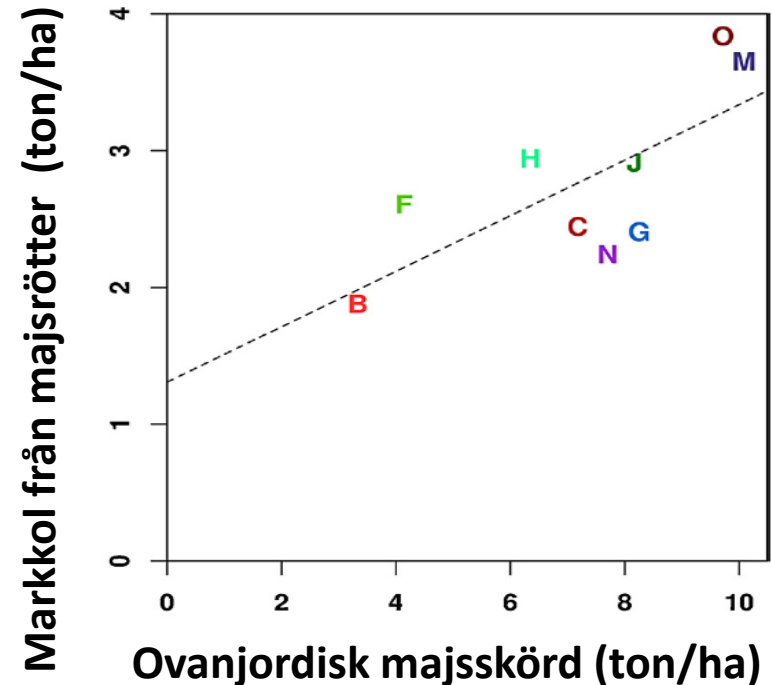
Tillförsel av organiskt material och kvävegödsling leder till högre kolförråd i marken

Ultuna Ramförsök



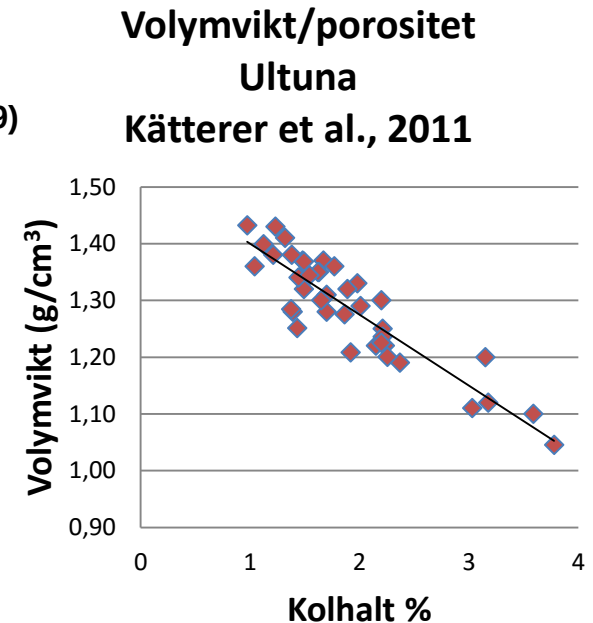
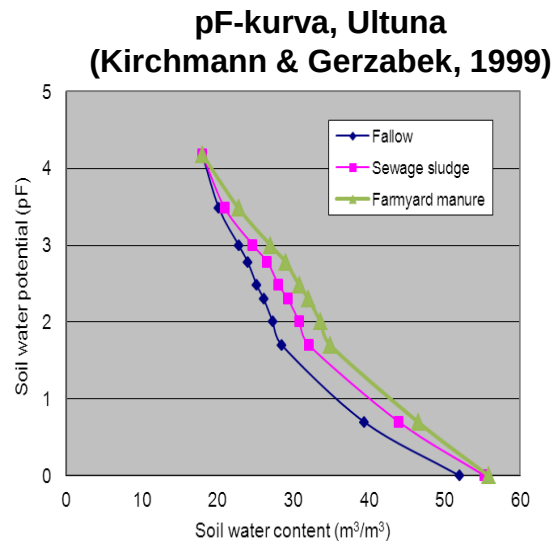
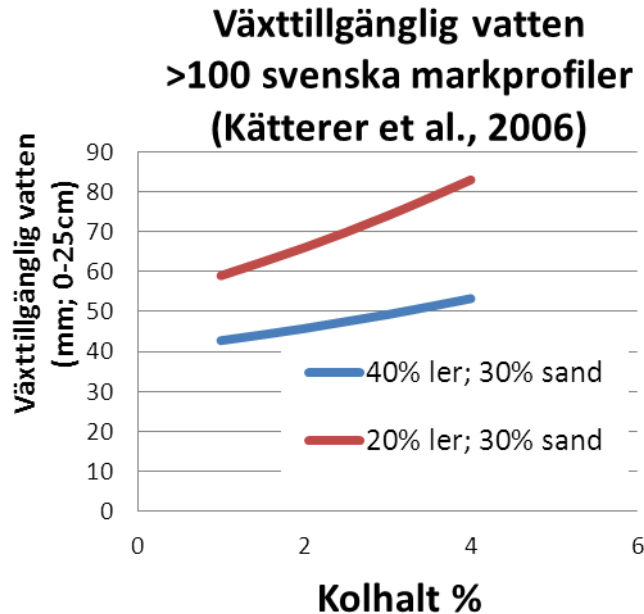
- Kolinlagringen skiljer sig mellan de tillförda organiska materialen
- Kvävegödsling leder till högre rotproduktion och därför till kolinlagring
- Rötter är effektivare att bygga kol jämfört med skörderester
- Långliggande försök är viktiga för kvantifiera effekterna

^{13}C signalen från majs följs i ramförsöket



- 4-8% av markkolet kommer från majsrötter efter 10 år
- 30% av C tillfört via majsrötterna finns kvar
- Bekräftar tidigare resultat från massbalansstudier att rötterna bygger mera mull än ovanjordiska växtdelar

Mullen påverkar markens fysikaliska egenskaper



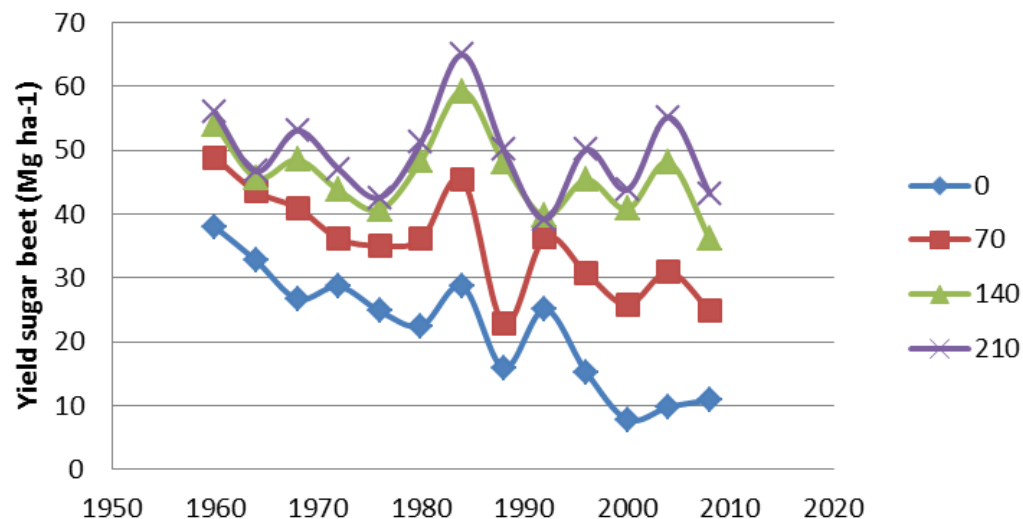
En fördubbling av mullhalten

- ökar mängden växttillgänglig vatten med ca. 10%
- minskar volymvikten med ca. 10%
- påverkar markens hydrauliska egenskaper
- effekten är större i grövre jordar

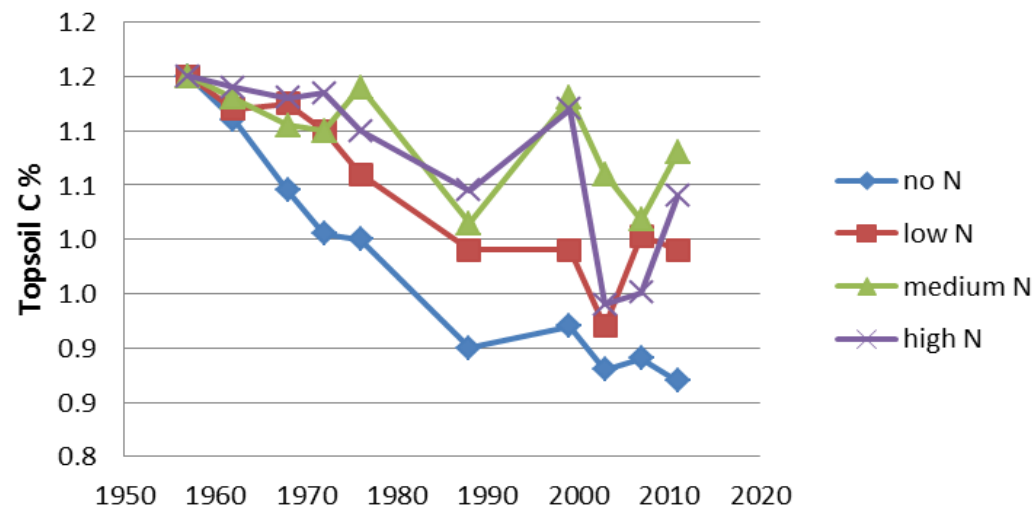
Skördar och markkol i Bördighetsförsöken t.ex. Örja



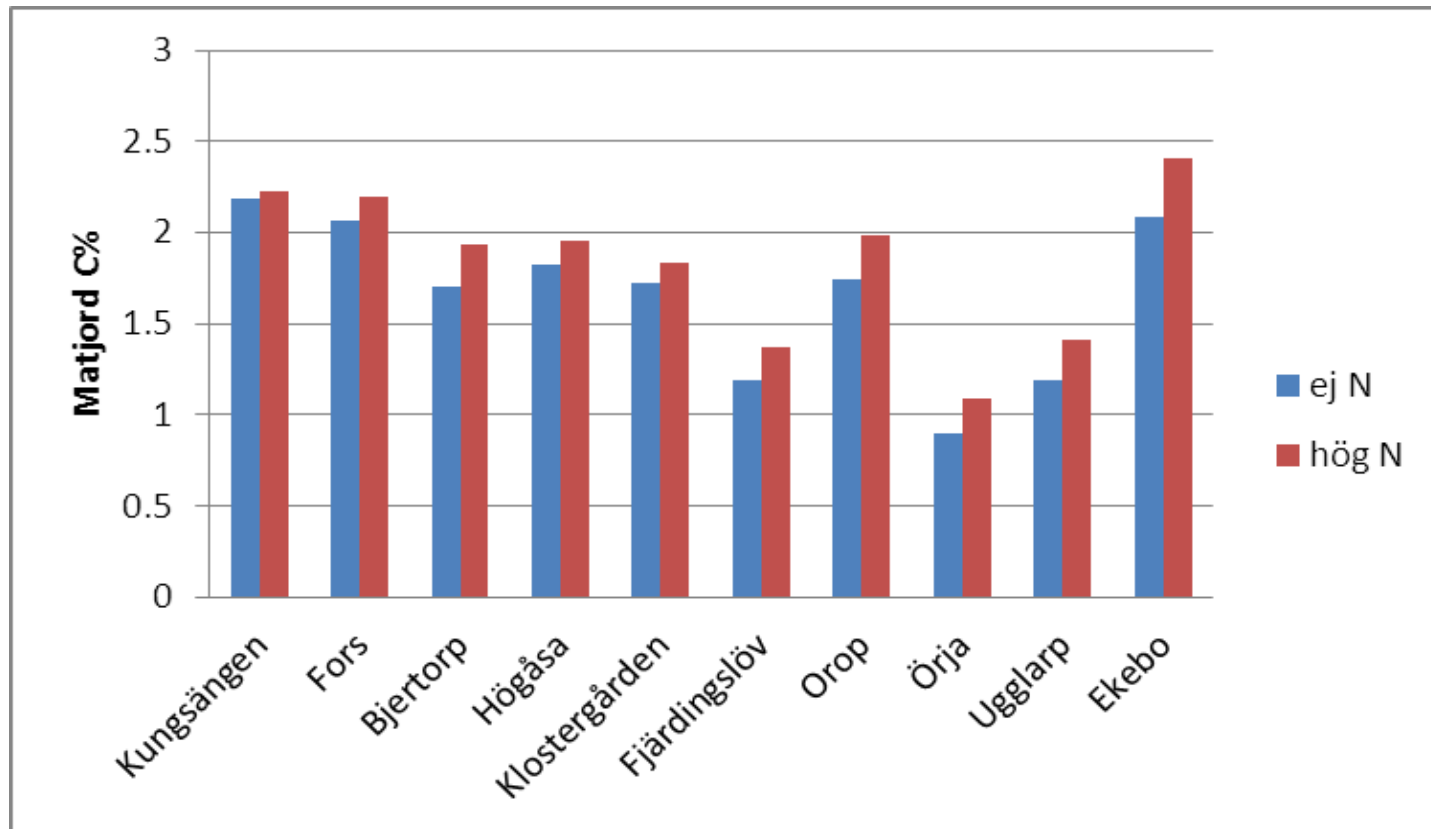
Sugar beet, Örja rot. II, high PK



Örja, rot. II, high PK

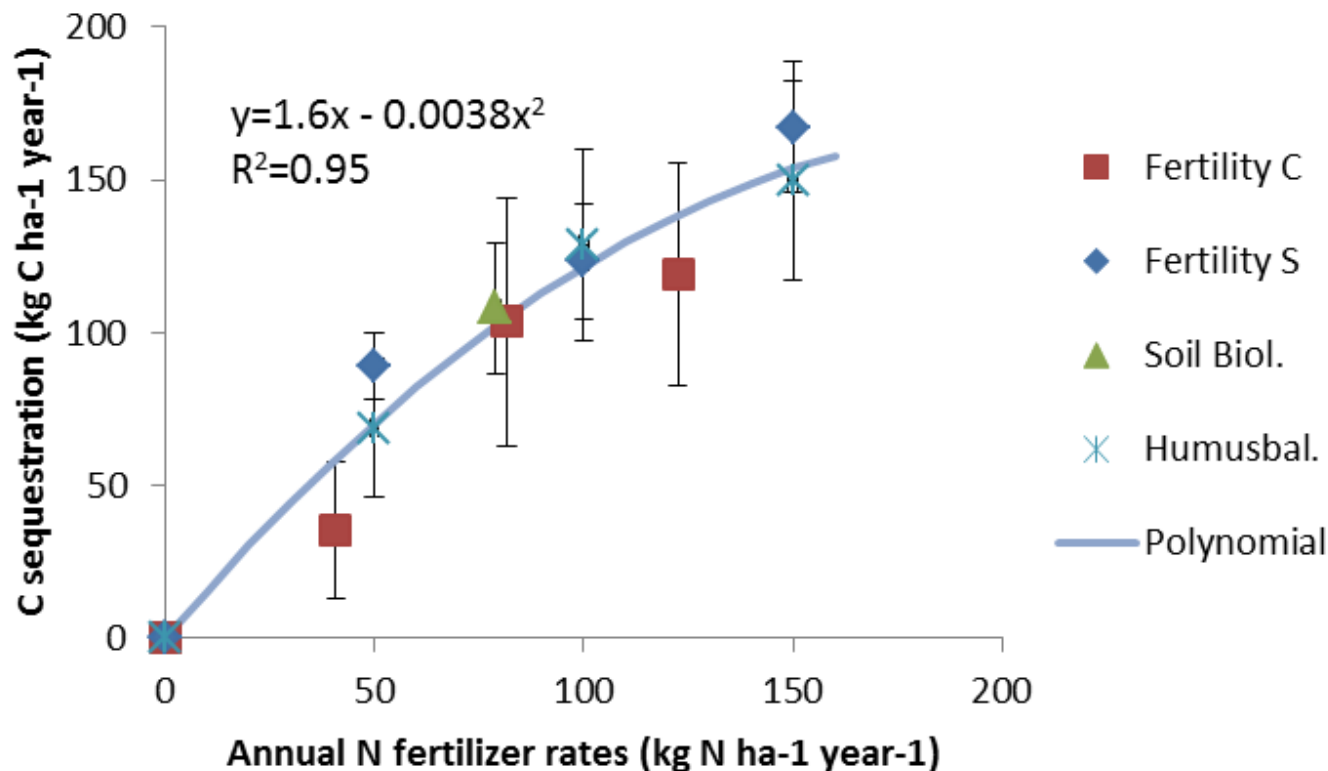


Kvävegödslingens effekt på markens kolhalt (efter 50 år i Bördighetsförsöken, vf. 2)



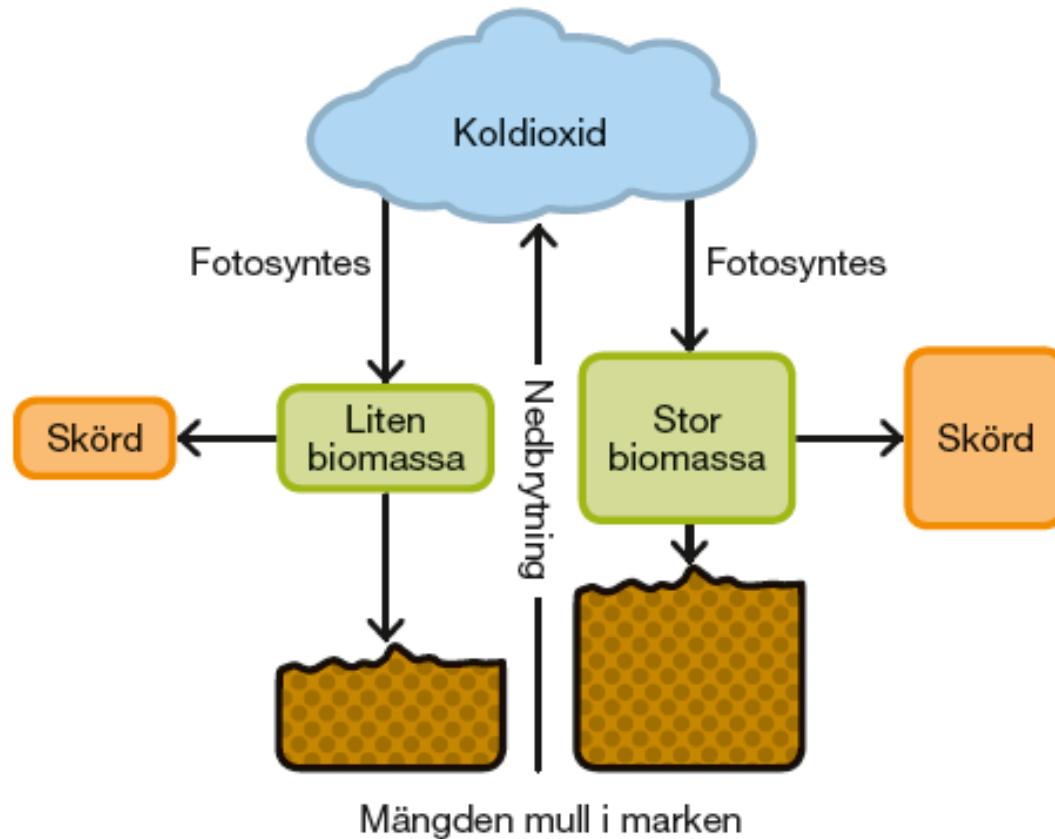
N-gödsling höjer kolförrådet i marken på alla platser
främst pga. högre (rot)produktion

Resultat från 16 långliggande försök (4 serier):
**Varje kilo N höjer kolförrådet i marken med
drygt 1 kg C i matjorden (0-20 cm)**

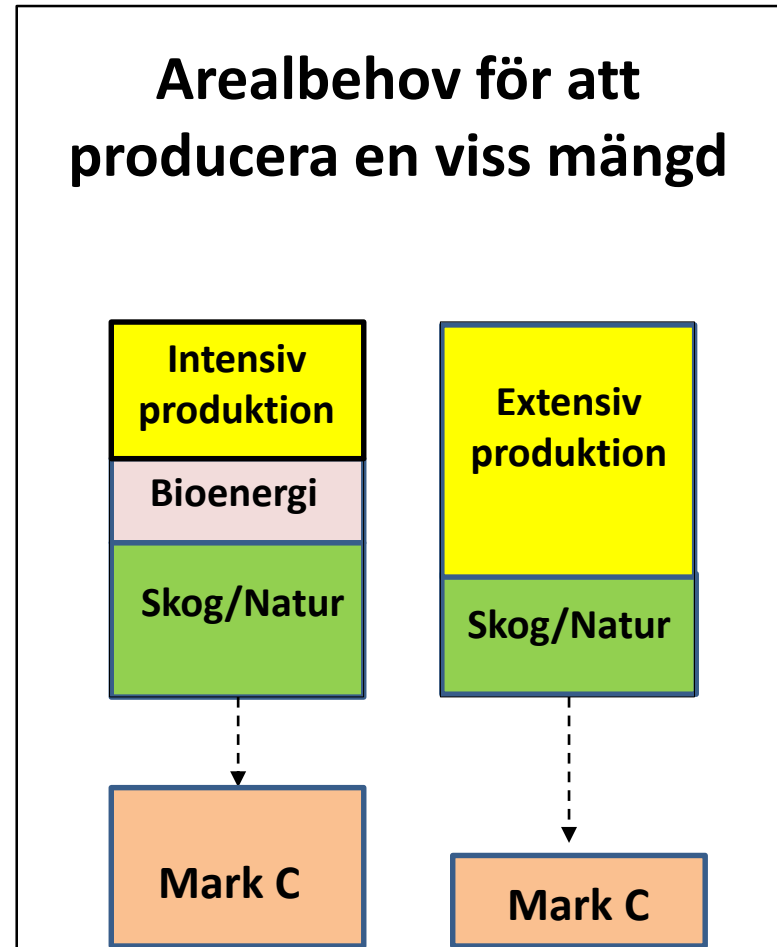


Tillkommer: kolfastläggning i alven: cirka 0.5 kg C kg⁻¹ N
Total kolfastläggning : 1.5 kg C kg⁻¹ N (5,5 kg CO₂-equ.)

Hög produktion leder till hög kolförråd och vice versa



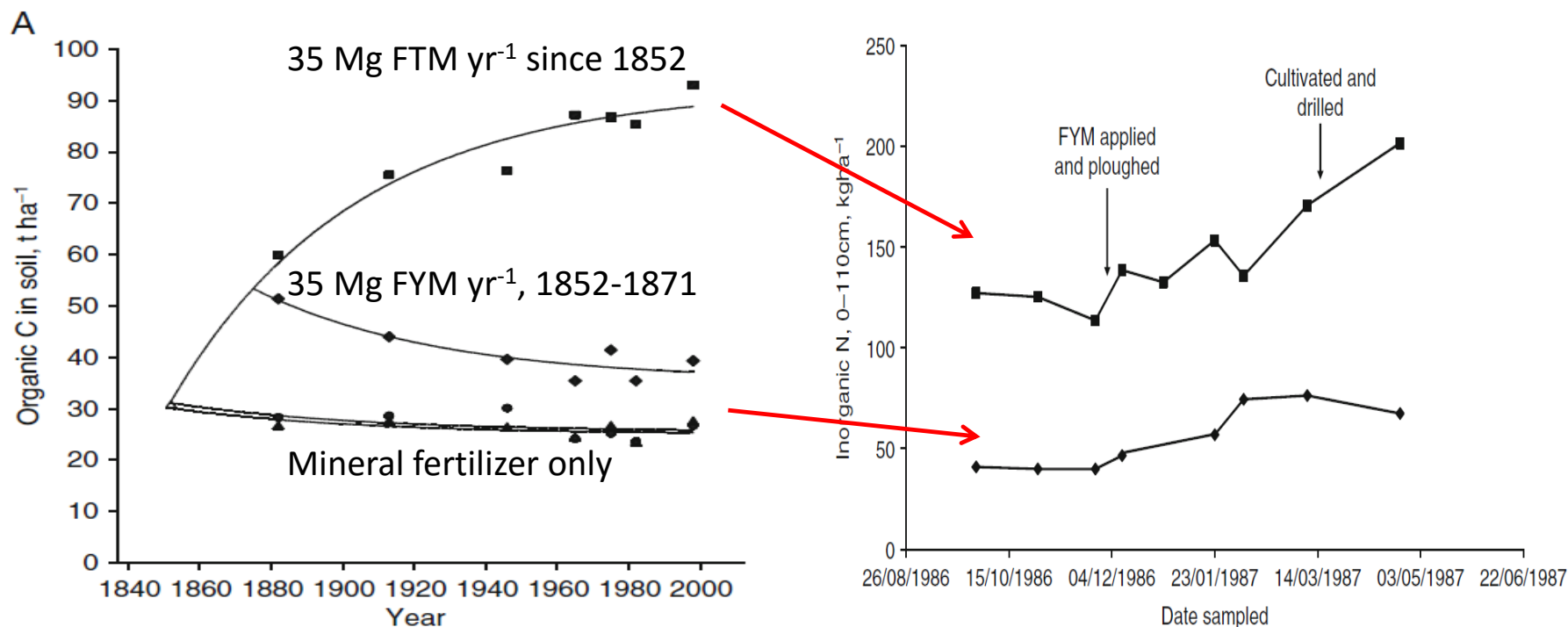
Låga skördar (t.ex. ekologisk odling) ökar arealbehovet
-> avskogning -> lägre kolförråd i marken även någon annanstans



Produktionen per yta måste öka för att försörja en växande befolkning

Hög multhalt har mest fördelar – men inte bara

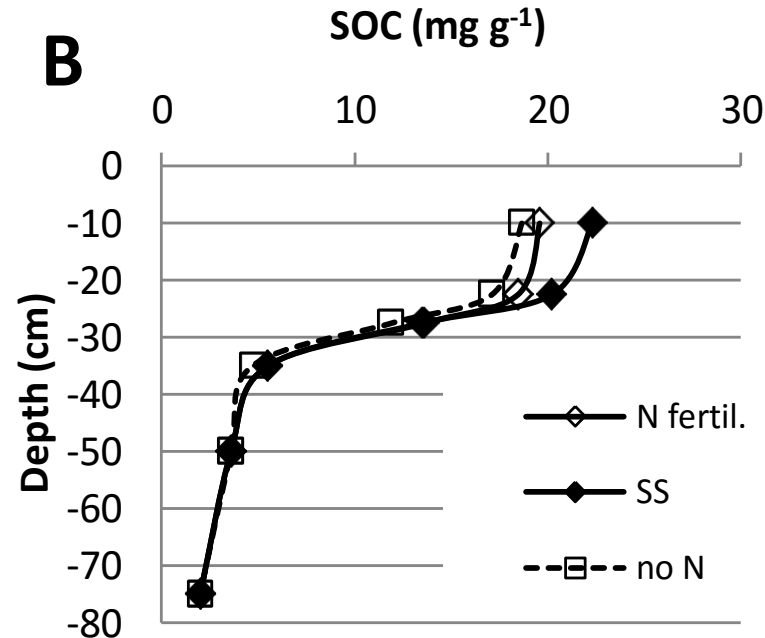
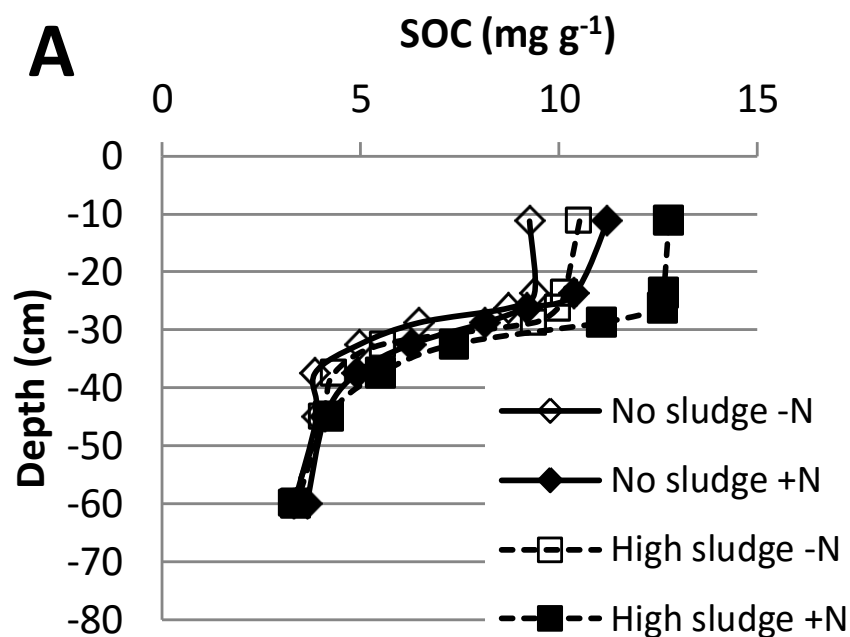
Hoosfield Continuous Barely, Rothamsted



3 x SOC → 3 x nitrat under höst/vinter → 3 x risk för N-läckage

Försök med rötslam

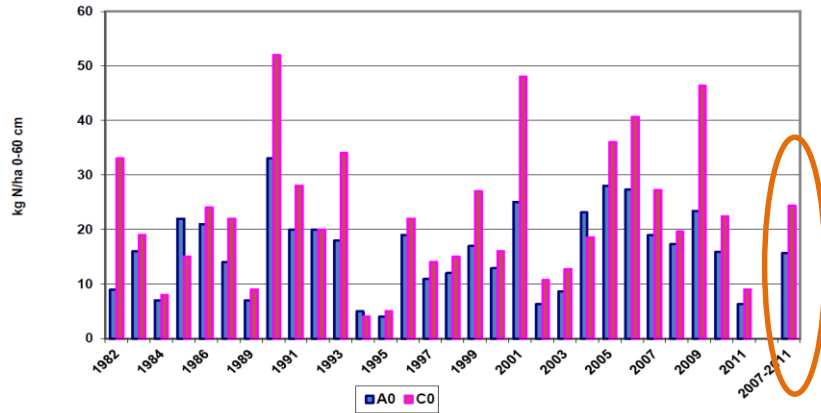
4 platser (13 - 53 år)



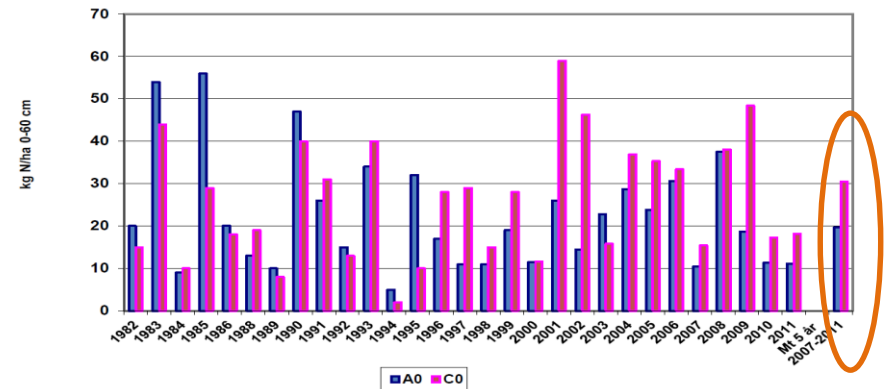
- 16 and 32% av tillfört slam har stabiliserats i marken
- Om man skulle sprida all rötslam som produceras i Sverige (214 000 ton/år) jämt över all åkermark (24 kg C/ha/år), skulle kolförrådet öka med 4-8 kg C ha⁻¹

Organiska gödselmedel ökar risken för utlakning (slamförsök i Skåne)

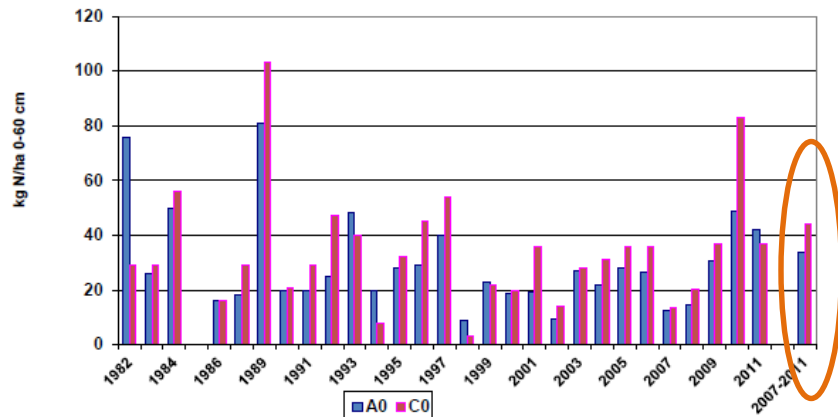
N-profiler Igelösa, höstprovtagning



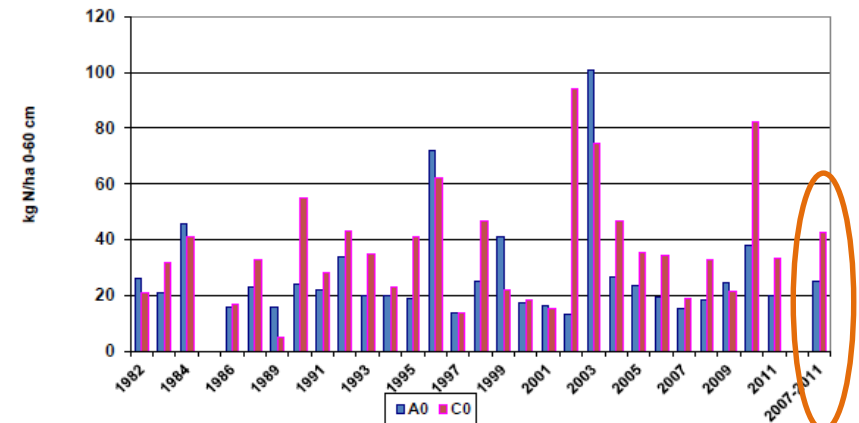
N-profiler Petersborg, höstprovtagning



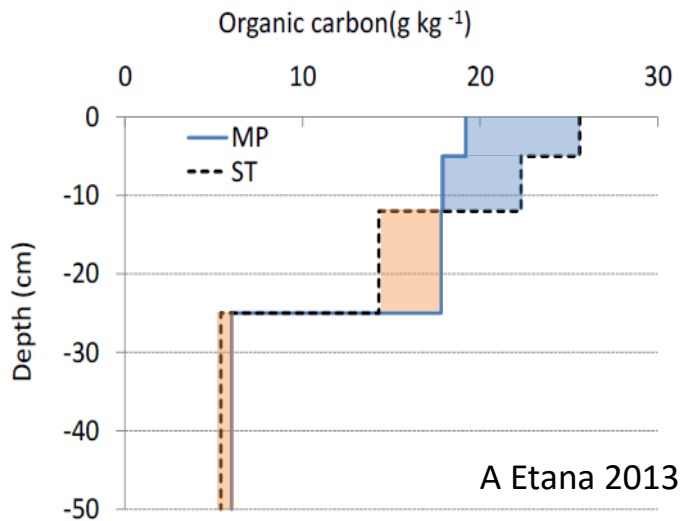
N-profiler Igelösa, vårvtagning



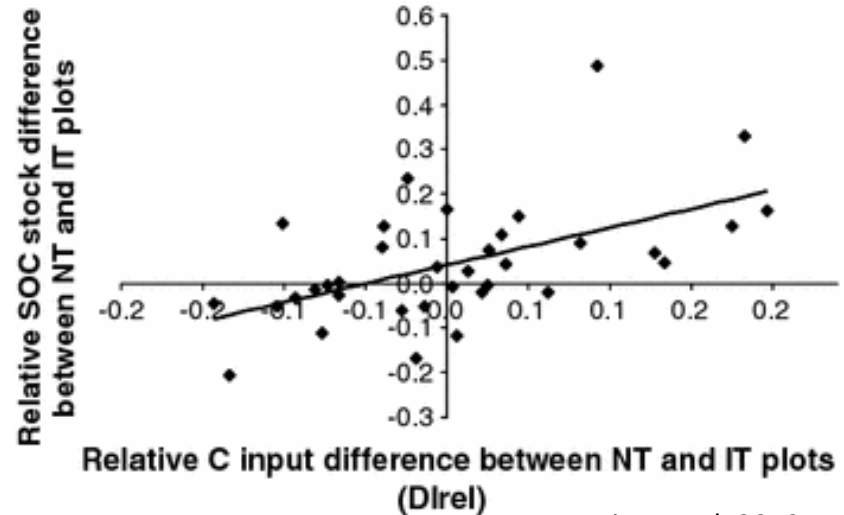
N-profiler Petersborg, vårvtagning



Reducerad jordbearbetning?



- Grund bearbetning jämfört med plöjning leder till högre kolhalt i översta lagret.
- Inga skillnader i hela kolförrådet efter 35 år på Ultuna (1974-2009)



Virto et al. 2012
Biogeochem. 108:17-26

Effekten beror på:

- Hur skörden påverkas
- Klimat – större effekt i torra områden

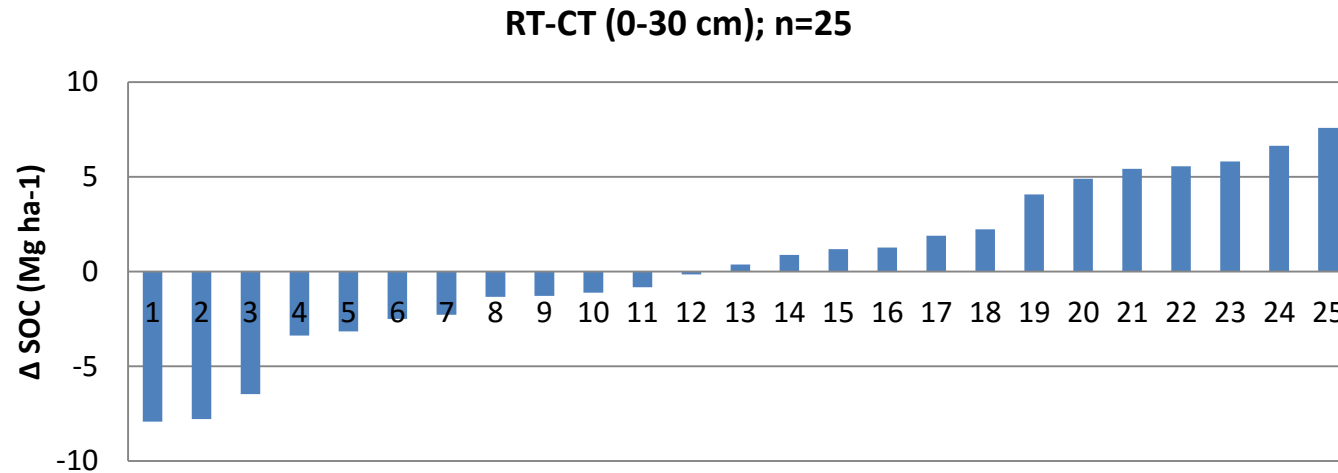
Men

- Dieselanvändningen minskar
- Erosionen minskar (P-förluster)

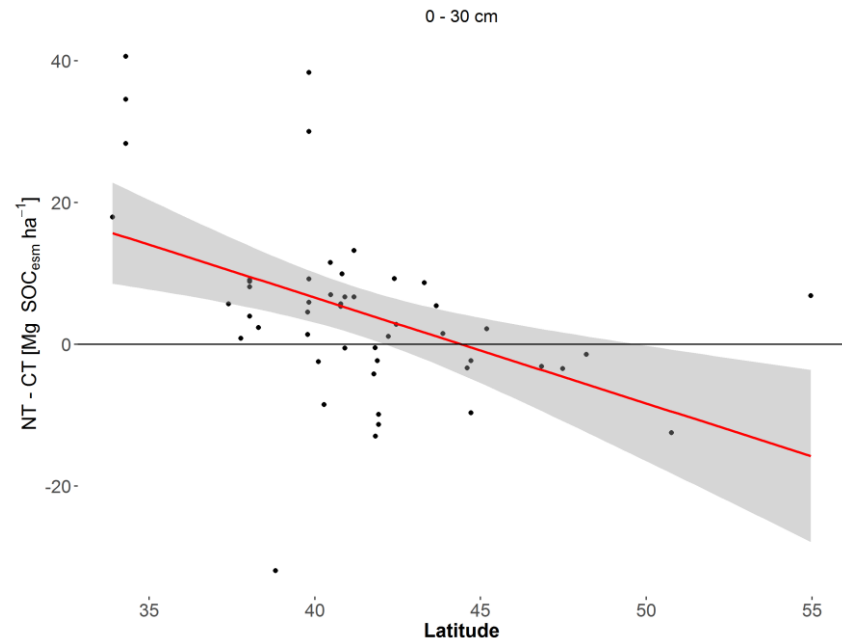
Däremot

- Lustgasemissioner kan bli högre

I genomsnitt - ingen effect av reducerad bearbetning (enligt 25 långliggande fältförsök i tempererat klimat)



**Effekten av
plöjningsfri styrs
delvis av klimatet**



Djupplöjning till 1 meter i östra Tyskland



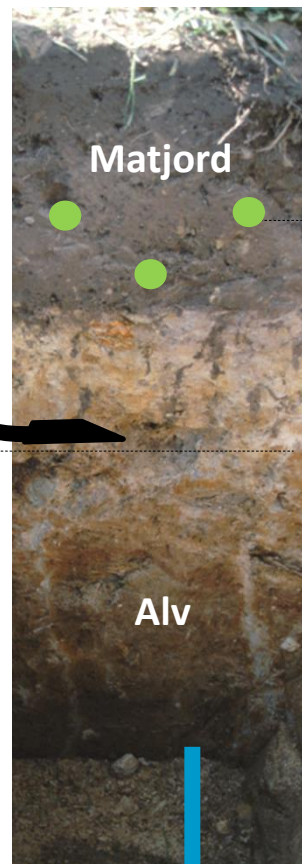
- 42% högre kolförråd efter 45 ner till 1 m djup.
- 15% lägre C% i matjorden – potential för att lagra mera C finna alltså.

Framtid: Förbättrade jordbruksmetoder – uthållig intensifiering



Photo: Johan Arvidsson

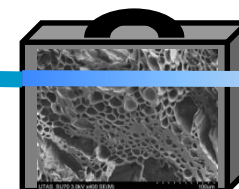
Alvluckring och injicering av organiskt material för bättre markstruktur, genomrotning, effektivare upptag av vatten och näring, kolfastläggning



Växtanpassad placering av grön mineralgödsel

Biokolfilter som fälla för fosfor och bekämpningsmedel

Sedimentering och N-reduktion i våtmarker



Framtid: Växtförädling – flerårigt vete, bra näringsinnehåll, resistent mot sjukdomar

Vete   Wheatgrass

Jerry Glover (Land Institute, Kansas) visar rotsystemet av “intermediate wheatgrass”

Problem: lägre skörd, ogräs, växtskydd

Glover et al. 2010. AGEE 137: 3–12

Framtid: Ett fossilfritt jordbruk

- Fånggrödor – råvara för biogas
- Energin i halmen från ett hektar höstvetete räcker till för att producera 1600 kg kväve. Motsvarande energi från en hektar salix ger 3900 kg kväve.
- Förgasning av skörderester ersätter diesel och restprodukten (biokol) används t.ex. för vattenrening.
- Fleråriga energigrödor ökar kolförrådet i marken
- Flera buskar och träd i träd i jordbrukslandskapet (kolsänka, biologisk mångfald)

Sammanfattning:

Hur kan öka kolförrådet i marken

- Hög produktion (1-2 kg C extra per kg N)
- Rötter är viktiga för kolinlagring
- Grön mark året om (fånggrödor, åkerkanter)
- Fleråriga växter (bioenergi), fånggrödor
- Rester från samhället (biokol, rötter, kompost, slam)? Nettoeffekten beror på alternativanvändning.
- Stallgödsel leder inte till kolfastläggning eftersom nästan 100% används redan idag.
- Växtförädling – större rotbiomassa, svårnedbrytbara skörderester, flerårig stråsäd
- Minskad jordbearbetning? Marginell effekt i Sverige – men minskad dieselförbrukning – kanske ökade lustgasutsläpp?
- Djupplöjning eller pumpa ner skörderester i alven?
- Stoppa avskogningen på södra halvkoltet
- Forskning, teknikutveckling, rådgivning och utbildning

Tack för din uppmärksamhet!

