



Börje Lindén, Lena Engström, Helena Aronsson, Katinka Hessel Tjell,
Arne Gustafson, Maria Stenberg och Tomas Rydberg

KVÄVEMINERALISERING UNDER OLIKA ÅRSTIDER OCH UTLAKNING PÅ EN MOJORD I VÄSTERGÖTLAND

**Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltill-
försel och insådd fånggröda**

*Nitrogen mineralization during different seasons and leaching losses
on a loamy sand soil in Västergötland, southwest Sweden
Impact of soil tillage times, application of pig slurry and an undersown catch crop*

Ekohydrologi 51

Uppsala 1999

Avdelningen för vattenvårdslära

Swedish University of Agricultural Sciences

ISRN SLU-VV-EKOHYD--51--SE

Division of Water Quality Management

ISSN 0347-9307

KVÄVEMINERALISERING UNDER OLIKA ÅRSTIDER OCH UTLAKNING PÅ EN MOJORD I VÄSTERGÖTLAND

Inverkan av jordbearbetningstidpunkter, flytgödseltillförsel och insådd fånggröda

Nitrogen mineralization during different seasons and leaching losses on a loamy sand soil in Västergötland, southwest Sweden

Impact of soil tillage times, application of pig slurry and an undersown catch crop

Börje Lindén

Lena Engström

Avd. för mark-växter

Rolf Tunared, Lanna försöksstation

Inst. för jordbruksvetenskap SLU,

Skara

Helena Aronsson

Katinka Hessel Tjell

Arne Gustafson

Avd. för vattenvårdslära

Inst. för markvetenskap, SLU, Uppsala

Maria Stenberg

Tomas Rydberg

Avd. för jordbearbetning

Inst. för markvetenskap

SLU, Uppsala

ABSTRACT

During a seven-year period (1993-1999) studies were made on the effects on soil nitrogen dynamics, utilization ratio of nitrogen in crops and leaching losses by different soil tillage times, application of pig slurry and undersown perennial ryegrass as a catch crop. The experimental field was situated on a loamy sand soil in Västergötland, in western Sweden. The field was divided into eight separate tile-drained plots, each with an area of 840 m². The amount of drainage water was measured and water samples were collected twice a month. The water samples were analyzed for pH, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus and potassium. Soil samples were taken periodically from the 0-90 cm soil layer for analysis of mineral nitrogen. Plant material was sampled in late summer, late autumn and early spring to measure plant growth and nutrients in crops, weeds and plant residues.

The crop sequence was: oats (1993 and 1994), spring barley (1995), potatoes (1996), oats (1997) and spring barley (1998).

The fertilizer regimes were commercial fertilizer according to normal recommendations (90 kg N/ha) or half the dose of commercial fertilizer (45 kg N/ha) supplemented with pig slurry (on average, 94 kg tot-N/ha) applied before sowing in spring. The treatments with catch crop were ploughed either in April-May or in early November, whereas other treatments without a catch crop were stubble cultivated in August-September and ploughed in November, or only ploughed in April-May.

The catch crop didn't impact negatively on the yield; instead incorporation of catch crop material seemed to increase the amount of nitrogen available for the next crop, due to increased nitrogen mineralization. Further, the catch crop reduced nitrogen leaching during the cold seasons to half when the catch crop was left to grow until spring ploughing. In late autumn, the amount of nitrogen in catch crop, including other green vegetation, was 15-17 kg N/ha, which were in the same range as the decrease of nitrogen leaching in treatments with spring ploughing and an undersown ryegrass.

When tillage was delayed from early autumn to spring (without a catch crop), nitrogen leaching decreased with 25%, due to lower mineralization during autumn and winter. Ploughing in spring did not result in increased nitrogen delivery from the soil during the growing season, compared with tillage in early autumn.

When pig slurry was used, nitrogen leaching increased somewhat, compared with treatments with commercial fertilizer nitrogen, due to increased nitrogen mineralization. The amount of plant available soil nitrogen during the growing season was also larger in treatments with pig slurry application.

Balances of nitrogen were positive in all treatments, especially in treatments with catch crop and spring ploughing. By spring ploughing and using a catch crop it seems to be possible to manipulate the mineralization to be lower wintertime and increase during the growing season. This also seemed to conserve nitrogen in soil organic matter.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	5
2. MATERIAL OCH METODER	6
2.1. FÖRSÖKSPLATS OCH VÄXTFÖLJD	6
2.2. FÖRSÖKSPLAN OCH ODLINGSÅTGÄRDER	7
2.3. DRÄNERINGSSYSTEM SAMT PROVTAGNING OCH ANALYS AV DRÄNERINGSVATTEN	9
2.4. PROVTAGNINGAR OCH ANALYSER AV VÄXTMATERIAL OCH AV JORD	10
2.4.1. Skördar samt bestämning av växtnäringsinnehåll i skördeprodukterna	10
2.4.2. Torrsubstansproduktion och kväveupptag hos huvud- och fånggrödor samt hos annan vegetation... 10	
2.4.3. Mineralkväve i marken	11
2.5. VÄXTTILLGÄNGLIGT JORDKVÄVE SAMT KVÄVEMINERALISERING	12
2.6. VÄDERFÖRHÅLLANDEN	13
3. RESULTAT OCH DISKUSSION	14
3.1. SKÖRDAR	14
3.2. KVÄVE I KÄRN- OCH KNÖLSKÖRDARNA SAMT KVÄVEUTBYTTE AV GÖDSLINGEN	15
3.3. FOSFOR I KÄRN- OCH KNÖLSKÖRDARNA SAMT FOSFORUTBYTTE AV GÖDSLINGEN	17
3.4. GRÖDORNAS SAMLADE KVÄVEUPPTAG	18
3.5. GÖDSELKVÄVETS UTNYTTJANDEGRAD	18
3.6. ODLINGSÅTGÄRDERNAS INVERKAN PÅ GRÖDORNAS FÖRSÖRJNING MED UTNYTTJABART JORDKVÄVE	21
3.7. FÅNGGRÖDORNAS OCH ANNAN GRÖN VEGETATIONS TILLVÄXT OCH KVÄVEUPPTAG	21
3.8. SKÖRDERESTER	24
3.9. KOL-KVÄVEKVOTER I NEDBRUKAT VÄXTMATERIAL	26
3.10. MINERALKVÄVEDYNAMIKEN I MARKEN	29
3.10.1. Mineralkväverester i marken då huvudgrödans N-upptagning avslutats under sensommaren eller förhösten	29
3.10.2. Mineralkväve i marken på hösten	29
3.10.3. Mineralkväve i marken tidigt på våren	30
3.10.4. Växttillgängligt mineralkväve tidigt på våren	30
3.10.5. Mineralkväve i marken vid grödornas uppkomst	33
3.11. UTLAKNING AV KVÄVE, FOSFOR OCH KALIUM	34
3.11.1. Avrinning	34
3.11.2. Årliga ämneskoncentrationer och utlakningsförluster	35
3.11.3. Kväveutlakning under olika årstider	38
3.12. KVÄVEMINERALISERING UNDER OLIKA ÅRSTIDER	41
3.13. KVÄVE-, FOSFOR- OCH KALIUMBALANSER	43
3.13.1. Kväve	43
3.13.2. Fosfor och kalium	44
4. ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER	45
4.1. SKÖRDAR OCH ODLINGSSYSTEM	45
4.2. GRÖDORNAS KVÄVEUTNYTTJANDE	45
4.3. ODLINGSÅTGÄRDERNAS INVERKAN PÅ TILLGÅNGEN PÅ UTNYTTJABART JORDKVÄVE	46
4.4. FÅNGGRÖDORNAS OCH ANNAN GRÖN VEGETATIONS TILLVÄXT OCH KVÄVEUPPTAG	47
4.5. KVÄVEDYNAMIK OCH KVÄVEUTLAKNING I MARKEN UNDER OLIKA ÅRSTIDER	48
4.6. KVÄVE-, FOSFOR- OCH KALIUMBALANSER	51
5. SAMMANFATTNING	52
6. TILLKÄNNAGIVANDEN	53
7. REFERENSER	54
8. PERSONLIGT MEDDELANDE	56

1. INLEDNING

Utlakningen av kväve från åkermark under höst, vinter och tidig vår betingas dels av den mängd outnyttjat gödselkväve, som finns kvar i marken sedan grödans N-upptagning avslutats på sensommaren, och dels av kvävemineraliseringens storlek under det efterföljande vinterhalvåret. I utlakningsbegränsande syfte måste därför åtgärder vidtas som påverkar dessa förhållanden. Utöver anpassning av N-gödslingen till grödan, så att bästa möjliga kväveutnyttjande uppnås, kan anhopningen av nitratkväve i markprofilen under vinterhalvåret motverkas genom etablering av en fånggröda, som tar upp eventuellt överblivet gödselkväve och kväve som frigörs på hösten (se t.ex. Lewan, 1990; Jensen, 1991; Andersen & Olsen, 1992; Lindén et al., 1993a och b; Hansen, 1994; Wallgren & Lindén, 1994; Breland, 1996a; Lyngstad & Børresen, 1996; Ohlander et al., 1996; Torstensson, 1998). En annan åtgärd är jordbearbetningssystem som verkar konserverande på det organiskt bundna kvävet i marken under vinterhalvåret.

Styrning av jordbearbetningen på hösten som utlakningsbegränsande åtgärd har aktualiserats under senare år, då utebliven eller senarelagd jordbearbetning under denna årstid visat sig minska kväveutlakningsrisken, om än i varierande grad (Andersen & Olsen, 1992; Lindén et al., 1994; Hansen & Djurhuus, 1997; Stenberg et al., 1999). Orsaken är uppenbarligen att man undviker stimulering av kvävemineraliseringen i marken på hösten, särskilt om jordbearbetning under tidig höst utesluts, då jorden är varm och den mikrobiella aktiviteten således större.

I jämförelse med tidig höstplöjning visade sig i ett fältförsök på sandig mojord vid Mellby i Halland den utlakningsbegränsande effekten bli särskilt stor där marken plöjdes först på våren (Stenberg et al., 1999). Anhopning av mineraliserat kväve i marken på hösten blev då mindre. Även där stubbearbetning efter skörden utelämnades och där plöjningen skedde först sent på hösten blev nitratansamlingen mindre än efter tidig bearbetning, vilket bekräftas av danska erfarenheter (Andersen & Olsen, 1992). Som en ny åtgärd för att minska utlakningen har detta och liknande resultat, bl.a. data från undersökningen i den föreliggande rapporten (se t.ex. Aronsson, 1995), bidragit till att man i tillägg till höstsådda grödor, fånggrödor m.m. nu godkänner obearbetad mark på hösten efter spannmåls- och oljeväxtodling som "grön mark" i bestämmelserna om höst- eller vinterbevuxen mark (SJVFS 1999:79).

Ettåriga försök tyder på en såväl något negativ, neutral som något positiv inverkan på efterföljande grödans kväveförsörjning, när rajgräs som fånggröda plöjts ned på hösten (se t.ex. Andersen & Olsen, 1994; Wallgren & Lindén, 1994; Breland, 1996b; Lindén et al., 1997), men neutral till negativ kväveverkan tycks dominera efter nedplöjning eller annan inarbetning på våren (Andersen & Olsen, 1992; Wallgren & Lindén, 1994; Lyngstad & Børresen, 1996). I fleråriga försök, där rajgräs har odlats flera år i rad, har det dock tenderat att bidra till förbättrad kväveförsörjning även efter vårplöjning (Lindén et al., 1993a; Beck-Friis et al., 1994; Torstensson, 1998). Mer eller mindre negativ verkan av nedplöjning på våren kan i nämnda undersökningar förklaras med mindre mineralkväve inom rotzonen vid denna tidpunkt, men N-immobilisering eller alltför sen frigörelse av kväve från fånggrödematerialet i jämförelse med grödans behov har också framhållits (jmf. Torstensson, 1998). Nedplöjning av rajgräs på våren tycks dock ge bäst utlakningsbegränsande verkan (Beck-Friis et al., 1994; Wallgren & Lindén, 1994). Det är troligt, att dessa effekter på gröda och utlakning inte bara orsakas av rajgräset utan delvis är ett resultat av den uppskjutna jordbearbetningens konserverande inverkan på markens organiska material. Det är bl.a. därför viktigt att beskriva, hur olika jordbearbetningstidpunkter, med eller utan inbrukning av fånggröda, påverkar kvävemineraliseringen under olika årstider och därmed kväveutlakningen.

Tillförsel av stallgödsel på våren anbefalles framför spridning under andra årstider för att minska kväveutlakningsriskerna. Trots förbättrat kväveutnyttjande visade sig i ettåriga flytgödsel försök i Halland vårspridning dock leda till ökad kväve mineralisering på hösten därefter med större utlakning som följd (Lindén et al., 1998a). Det är vidare troligt, att den ökade N-mineralisering och den förbättrade kvävetillgång för grödorna, som med åren brukar uppkomma där stallgödsel återkommande tillförts, även leder till tilltagande höst- och vinter mineralisering av kväve och därmed ökad utlakningsrisk.

I avsikt att undersöka hur de nämnda odlingsåtgärderna (jordbearbetning under höst eller vår, odling av rajgräs som fånggröda och flytgödseltillförsel) inverkar på kväve mineraliseringen och -utlakningen under olika årstider samt på grödornas kväveförsörjning, kväveutnyttjande och avkastning startades ett fältförsök 1992/93 på en mojord vid Fotegården ca 7 km sydost om Lidköping i Västergötland. Försöket genomförs av SLU (Avdelningarna för vatten- vårdslära och jordbearbetning vid Institutionen för markvetenskap i samarbete med Lanna försöksstation och Institutionen för jordbruksvetenskap Skara). Föreliggande rapport omfattar åren 1993/94-1998/99 med avseende på utlakningsdata, medan kväveomsättningarna i jord- och växtmaterial redovisas t.o.m. 1997/98.

2. MATERIAL OCH METODER

2.1. Försöksplats och växtföljd

Försöksplatsen är som nämnts belägen ca 7 km sydost om Lidköping (figur 1). Försöket startades våren 1993. Följande växtföljd tillämpades sedan 1992, dvs. året före försöksstarten:

1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Potatis	Havre	Havre	Korn	Potatis	Havre	Korn	Havre

Markprofilen utgöres av en lerig sandig mo, som är måttligt mullhaltig i matjorden (tabell 1a). Matjorden hade vid provtagning på hösten 1996 ett pH-värde på ca 5,7 samt fosfor- och kaliumtillstånd motsvarade P-AL-klass IV resp. K-AL-klass III (tabell 1b).

Tabell 1. Markegenskaper på försöksplatsen vid Fotegården
a. Jordartssammansättning i matjord och alv (provtagning den 23/1 1992)

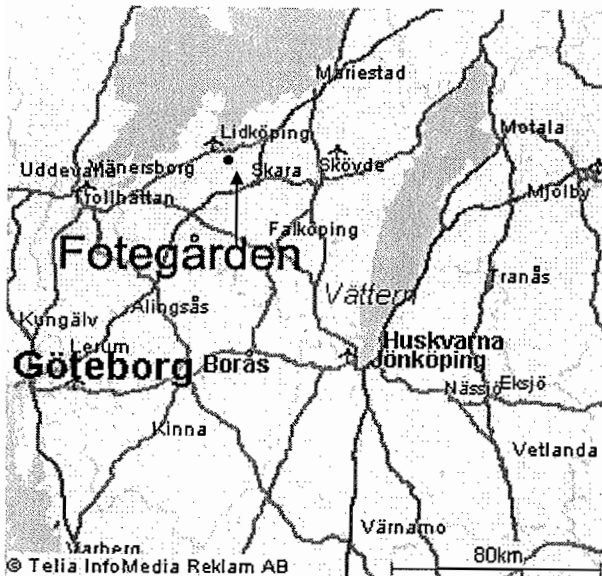
Markdjup (cm)	Texturell sammansättning (%), partikelstorlek (mm)				Mullhalt (%)
	Ler <0,002	Mjåla 0,002-0,02	Mo 0,02-0,2	Sand 0,2-2	
0-30	6,9	4,6	78,2	11,0	5,3
30-60	4,8	2,4	79,4	13,3	2,2
60-90	4,0	3,1	83,3	10,2	0,5

b. Kemiska egenskaper i matjorden (0-30 cm)

Led	pH(H ₂ O)*	P-AL*	K-AL*	mg/100 g jord			Totalkol** % av ts	Totalkväve** % av ts
				Mg-AL*	P-HCl*	K-HCl*		
A	5,6	14,2	10,0	5,8	51	30	3,45	0,17
B	5,6	13,3	9,0	5,6	49	28	3,19	0,16
C	5,8	12,9	14,0	7,7	53	40	3,37	0,17
D	5,7	10,9	11,0	6,0	56	35	3,14	0,17
E	5,7	11,0	9,0	5,0	50	25	3,08	0,16
F	5,7	11,2	7,0	4,9	46	20	3,17	0,17
G	5,6	13,8	9,0	5,8	45	20	3,45	0,18
H	5,7	13,9	10,0	6,7	43	25	3,47	0,17

*) Provtagning den 16/10 1996.

***) Provtagning den 23/1 1992 (före försöksstarten).



Figur 1. Fotevärdens geografiska läge.

2.2. Försöksplan och odlingsåtgärder

År 1992 anlades på försöksplatsen dräneringssystem för rutvis uppsamling av dräneringsvatten (se avsnitt 2.3). Härtill byggdes en mätstation för provtagning av dräneringsvattnet från rutorna och bestämning av vattenflödet. Under odlingssäsongen 1993 infördes den försöksplan som framgår av tabell 2. I planen ingick åtta led med olika behandlingar med avseende på gödsling, jordbearbetning under höst och vår samt förekomst av fånggröda. På grund av rutstorleken ($28 \times 30 \text{ m} = 840 \text{ m}^2$) kunde inte upprepningar införas i de olika leden. De led som enligt planen skulle vårplöjas var redan höstplöjda, när försöket påbörjades våren 1993. Fr.o.m. denna vår genomfördes de i tabell 2 ingående behandlingarna med avseende på gödsling och insädd av fånggröda, och fr.o.m. hösten detta år sattes jordbearbetningsåtgärderna in.

Kvävegödslingen i tabell 2 avser den planerade kvävetillförseln, som avsågs att bli i nivå med de mängder som under praktiska förhållande skulle bli aktuella på denna växtplats. I leden med svinflytgödsel (B, D, F och H) var målet att det växttillgängliga kvävet i denna gödsel tillsammans med kompletterande mängd mineralgödselkväve (handelsgödselkväve) skulle motsvara kvävetillförseln i leden med enbart mineralgödselkväve. I praktiken uppkom dock smärre avvikelser från detta mål. Den exakta gödslingen med kväve, fosfor och kalium framgår av tabell 3. Kväve tillfördes 1993 som kalkkammonsalpeter i samband med vårbruket,

Tabell 2. Försöksplan vid Fotevärdens försöksfält vad gäller gödsling, bearbetning samt markytans tillstånd under vintern

Led, ruta	Svinflytgödsel*, total-N, kg/ha	Mineralgödsel-N, kg/ha	Tidpunkt för stubbearbetning	Plöjningstidpunkt	Förekomst av fånggröda
A-1	-	90	Tidig höst	Sen höst	-
B-2	90	45	Tidig höst	Sen höst	-
C-3	-	90	-	Sen höst	Engelskt rajgräs
D-4	90	45	-	Sen höst	Engelskt rajgräs
E-5	-	90	-	Tidig vår	-
F-6	90	45	-	Tidig vår	-
G-7	-	90	-	Tidig vår	Engelskt rajgräs
H-8	90	45	-	Tidig vår	Engelskt rajgräs

*) Svinflytgödseln sprids och myllas ned på våren i samband med vårbruket.

Tabell 3. Använda gödselmedel och tillförda givor av kväve, fosfor och kalium (kg/ha) i olika led. Svinflytgödsels kväveinnehåll avser endast ammoniumkvävet

Led	A			B			C			D			E			F			G			H		
	Jordbearbetning						Sen höstplöjning						Vårplöjning						Vårplöjning					
	Tidig stubbearbetning			Sen höstplöjning			rajgräs			rajgräs			rajgräs			rajgräs			rajgräs			rajgräs		
Fånggröda	-			-			-			-			-			-			-			-		
Handelsgödsel	90			45			90			45			90			45			90			45		
Flytgödsel, vår	-			+			-			+			-			+			-			+		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1993, havre																								
Mineralgödsel	90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45		
Svinflytgödsel*				50	26	38				50	26	38				50	26	38				50	26	38
summa:				95	26	38				95	26	38				95	26	38				95	26	38
1994, havre																								
Mineralgödsel	90	15	29	45			90	15	29	45			90	15	29	45			90	15	29	45		
Svinflytgödsel*				55	29	46				55	29	46				55	29	46				55	29	46
summa:				100	29	46				100	29	46				100	29	46				100	29	46
1995, korn																								
Mineralgödsel	90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45		
Svinflytgödsel*				67	25	43				67	25	43				67	25	43				67	25	43
summa:				112	25	43				112	25	43				112	25	43				112	25	43
1996, potatis																								
Mineralgödsel	90	56	202	45	28	167	90	56	202	45	28	167	90	56	202	45	28	167	90	56	202	45	28	167
Svinflytgödsel*				55	16	26				55	16	26				55	16	26				55	16	26
summa:				100	44	193				100	44	193				100	44	193				100	44	193
1997, havre																								
Mineralgödsel	90	20	30	45			90	20	30	45			90	20	30	45			90	20	30	45		
Svinflytgödsel*				44	22	42				44	22	42				44	22	42				44	22	42
summa:				89	22	42				89	22	42				89	22	42				89	22	42
1998, korn																								
Mineralgödsel	90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45			90	22	42	45		
Svinflytgödsel*				49	21	22				49	21	22				49	21	22				49	21	22
summa:				94	21	22				94	21	22				94	21	22				94	21	22
Medeltal, alla år	90	26	65	98	28	64	90	26	65	98	28	64	90	26	65	98	28	64	90	26	65	98	28	64

*)Totalkväve i tillförd svinflytgödsel 1993: 90 kg/ha, 1994: 97 kg/ha, 1995: 110 kg/ha, 1996: 90 kg/ha, 1997: 101 kg/ha, 1998: 74 kg/ha (medeltal: 94 kg N/ha).

men år 1994, 1995, 1997 och 1998 användes kalksalpeter, som övergödslades efter sådden. Fr.o.m. 1997 tillfördes kalksalpeter med svavel. Till potatisen 1996 spreds kväve, fosfor och kalium i form av NPK 8-5-18. Till stråsåd i de led som ej tillfördes flytgödsel (A, C, E och F) spreds fosfor och kalium som PK 11-21).

Sådden av huvudgrödan ägde i medeltal rum en vecka efter vårplöjning och flytgödselspridning. Fånggrödan utgjordes av engelskt rajgräs, som såddes in i stråsådesgrödorna ungefär 6 dagar efter såddes av dessa (tabell 4). Utsädesmängden var 8-10 kg per ha. År 1996, då potatis odlades, etablerades ingen fånggröda på våren. Istället såddes höstråg (200 kg utsäde per ha) i led G och H (led med vårplöjning) den 10 oktober efter skörden av potatisen en dag tidigare. Vid skörden av huvudgrödorna hackades halmen och lämnades kvar på marken. Likaså kvarlämnades potatisblasten. Växtresterna brukades sedan ned vid de följande jordbearbetningstillfällena.

Jordbearbetningstidpunkterna avsågs motsvara normala förhållanden i området. Stubbearbetning efter skörden utfördes i led A och B normalt vid två tillfällen (medeldatum: 11 och 24 september under stråsådesåren), det första tillfället i medeltal 13 dagar efter skörden. Efter potatisskörden 1996 tallriksharvades led A och B den 10 oktober. Medeldatum för höstplöjningen var den 8 november (tabell 4) och för vårplöjningen under åren med stråsåd den 27 april. Under potatisåret 1996 utfördes vårplöjningen den 23 maj. Plöjningen på våren ägde rum samma dag som eller någon dag efter spridningen av flytgödseln.

Tabell 4. Grödor, datum för gödsling och andra odlingsåtgärder samt tidpunkter för vissa utvecklingsstadier hos grödorna

Åtgärd, tidpunkt m.m.	År Gröda	1993	1994	1995	1996	1997	1998
		Havre	Havre	Korn	Potatis	Havre	Korn
Handelsgödsel, N:		8 apr	3 maj	12 maj	28 maj	13 maj	19 maj
Flytgödsel:		8 apr	21 apr	24 apr	23 maj	21 apr	8 maj
Huvudgröda:							
sort		Freja	Freja	Svani	K.Edward	Freja	Kinnan
sådatum		13 apr	27 apr	8 maj	28 maj	22 apr	11 maj
uppkomst		26 apr	7 maj	20 maj		7 maj	20 maj
gulmognad		6 aug	31 jul	7 aug		8 aug	20 aug
skörd		19 aug	12 aug	22 aug	9 okt	21 aug	3 okt
Fånggröda (eng. rajgräs):							
sort		Tove	Tove	Tove	Amilo, råg	Helmer	Helmer
utsädesmängd, kg/ha		10	8	8	200	10	8
sådatum		21 apr	3 maj	12 maj	10 okt	28 apr	19 maj
Stubbearbetning, tidig höst, 1-2 ggr:							
led A och B		24 aug	29 aug	5 sep	14 okt	16 sep	14 okt
		27 sep	12 sep	27 sep	-	1 okt	-
Höstplöjning: led A, B, C och D		9 nov	1 nov	1 nov	12 nov	14 nov	13 nov
Stubbearbetning, vår, 1 ggr*:							
led E, F, G och H		-**	21 apr	24 apr	23 maj	21 apr	8 maj
Vårplöjning: led E, F, G och H		-**	22 apr	26 apr	23 maj	21 apr	8 maj
Ogräsbekämpning:	datum	19 maj	2 jun	6 jun	ogräsfritt!	30 maj	12 maj
(vid behov)	preparat	MCPA	Actril P	Express		Express	Express

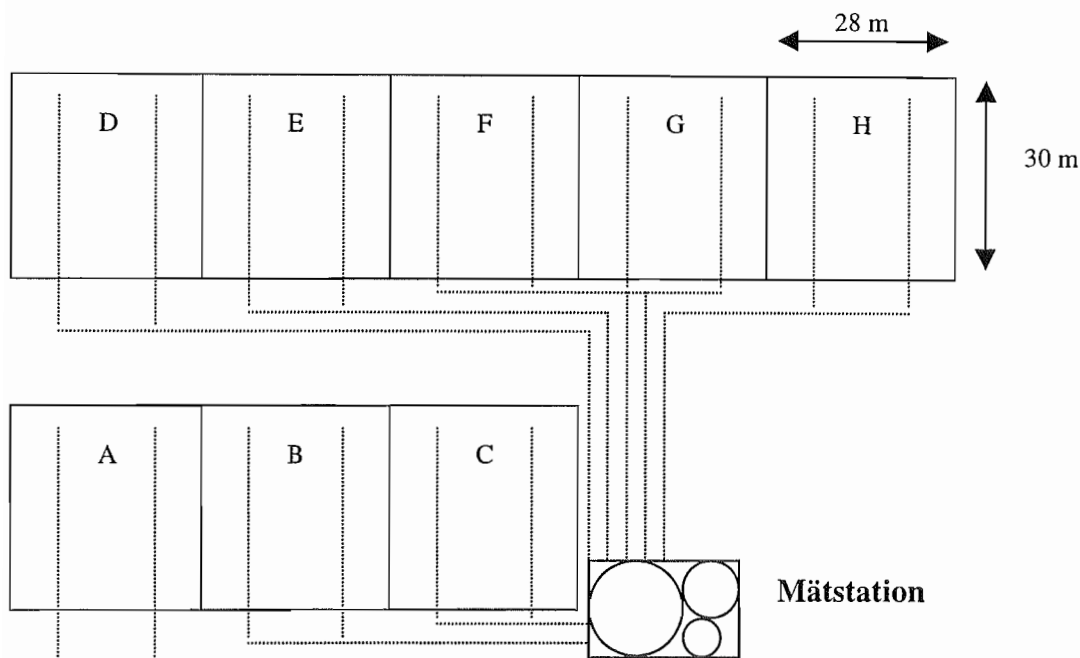
*) Stubbearbetning 2 ggr på våren 1994

***) Samma jordbearbetning i alla led hösten 1992 och våren 1993 före försöksstarten.

För att mylla flytgödseln och bryta upp fånggrödan gjordes en till två bearbetningar med tallriksredskap eller stubbkultivator före vårplöjningen i led F och H. Tallrikscharvning utfördes även i de andra leden (E och G) som vårplöjdes. I led B och D, som plöjts på hösten, nedmyllades flytgödseln med vanlig harv. Även led A och C, som ej tillfördes flytgödsel, harvades två gånger vid denna tidpunkt.

2.3. Dräneringssystem samt provtagning och analys av dräneringsvatten

Försöksfältet består av åtta separat täckdikade rutor (30 x 28 m), figur 2. Den sammanlagda avrinningen från rutorna mäts i ett V-överfall, med en tryckgivare kopplad till datalogger. Prov på dräneringsvatten från varje ruta tas genom flödesstyrd provtagning (1 portion vatten/0,25 mm avrinning). Vattnet samlas i en dunk som töms varje vecka. Detta analyseras med avseende på pH, konduktivitet, NH₄-N, NO₃-N, Tot-N, PO₄-P och Tot-P. För komplett beskrivning av provbehandling och analysmetoder se Ulén (1984).



Figur 2. Försöksrutor med dräneringssystem.

2.4. Provtagningar och analyser av växtmaterial och av jord

2.4.1. Skördar samt bestämning av växtnäringsinnehåll i skördeprodukterna

Stråsådens avkastning bestämdes genom parcellvis skördetröskning med fem drag per ruta. Vid tröskningen av spannmålen uttogs ledvisa kärnprover. Utöver vattenhalt och renhet vid skörden fastställdes innehållet av totalkväve genom reguljär Kjeldahl-analys och totalfosfor genom ICP-analys. Fr.o.m. 1995 bestämdes dock totalkväve med en Leco CNS 2000 (Leco, S:t Joseph, Michigan, USA). År 1996, då potatis odlades, bestämdes knölskörden inom tre områden per ruta genom skörd av vardera två bredvidliggande, 20 m långa rader. Även i potatisskörden bestämdes kväve- och fosforinnehållet. Kväve- och fosforanalyserna i skördeprodukterna användes bl.a. till beräkning av bortförseln av dessa växtnäringsämnen med skördarna.

2.4.2. Torrsubstansproduktion och kväueupptag hos huvud- och fånggrödor samt hos annan vegetation

Ovanjordiskt växtmaterial provtogs i följande avseenden:

- Fånggröda och ogräs på våren före stubbearbetning och vårplöjning (led E-H).
- Växtrester på våren före stubbearbetning och vårplöjning (led E-H).
- Stråsådesgrödor på sensommaren när deras kväueupptagning beräknades ha avslutats: vid gulgrodnad, stadium 87 (Zadoks et al., 1974). År 1996, då potatis odlades, provtogs knölar och blast med vidhängande rötter före blastdödning.
- Fånggröda och ogräs i stråsåd på sensommaren, när huvudgrödans (stråsådens) kväueupptagning beräknades ha avslutats: vid gulgrodnad, stadium 87 hos huvudgrödan.
- Spillsådesgrönska och ogräs före den första stubbearbetningen efter skörd (led A och B).
- Växtrester före den första stubbearbetningen efter skörd (led A och B).

- Fånggröda, ogräs och grodd spillsäd på senhösten i led C-H före höstplöjningen. Hösten 1996 provtogs höstrågbrodden och förekommande ogräs i led G och H.
- Växtrester på senhösten före höstplöjningen (led C och D).

Under hösten efter potatisskörden 1996 provtogs dock inte skörderesterna och ej heller förekommande ogräs m.m., eftersom skörderester och ogräs blandades in i jorden vid potatisupptagningen.

Två rutvisa prover av ovanjordiskt växtmaterial av dessa olika slag (utom potatis) togs ut i varje ruta genom avklippning av plantorna vid markytan inom två skilda delområden. Vid provtagning av växtresterna uppsamlades också löst liggande material på markytan. Varje delprov innehöll växtmaterial från fyra slumpmässigt fördelade, kvadratiska ytor om 0,25 m². På detta sätt provtogs en total yta om 2,0 m² per led. Vid provtagning av fånggrödorna togs förekommande ogräs med i proverna, och på hösten även spillsädesgrönka. Provtagningsdatum framgår av de tabeller nedan där resultaten redovisas. Vid provtagningen av potatisgrödan före blastdödning grävdes 30 potatisstånd upp per ruta, vilka slogs ihop 10 och 10 till tre delprover med uppdelning på knölar och blast med vidhängande rötter.

Växtproverna torkades och vägdes, varefter totalkväveinnehållet bestämdes genom reguljär Kjeldahl-analys. Fr.o.m. 1995 gjordes denna analys med en Leco CNS 2000 (Leco, S:t Joseph, Michigan, USA). Vidare bestämdes ts-halten för beräkning av torrsubstansproduktionen. För beräkning av stråsädesgrödornas samlade N-upptag antogs att kväveinnehållet i rötterna utgjorde 25 % av grödornas totala kväveinnehåll (jmf. Jansson, 1966; Hansson et al., 1987). För potatisgrödan gjordes antagandet, att kväveandelen i rötterna motsvarade 10 % av den sammanlagda N-mängden i blast och rötter, således oräknat innehållet i knölar. I rajgräs som fånggröda antogs att andelen kväve i rötterna utgjorde 25 % av det totala innehållet i hela växten. För beräkning av kol-kväveknoten i det ovanjordiska växtmaterialet från växtresterna, fånggrödorna, ogräset och spillsädesgrönkan, som plöjdes eller stubbearbetades ned i jorden vid de olika jordbearbetningstillfällena, bestämdes även innehållet av totalkol. Detta gjordes med samma Leco CNS 2000 (Leco, S:t Joseph, Michigan, USA) som för totalkvävebestämningen.

2.4.3. Mineralkväve i marken

Markprofilens innehåll av mineralkväve (ammonium- och nitratkväve) inom 90 cm djup bestämdes genom provtagningar vid följande tidpunkter:

- Tidigt på våren: före spridning av flytgödsel och vårplöjning.
- Omedelbart efter flytgödelspridningen i leden med flytgödsel (B, D, F och H): endast 0-10 cm.
- Vid huvudgrödornas uppkomst (vid sättnings och före spridning av mineralgödsel under potatisåret 1996).
- Vid avslutad N-upptagning hos stråsädesgrödorna (vid gultmognad) på sensommaren (samtidigt med att prov av huvud- och fånggrödorna togs ut) och vid blastningen under potatisåret 1996.
- Vid tidpunkten för den första stubbearbetning efter skörden.
- Vid tidpunkten för plöjning på senhösten.

Rutvisa jordprover togs härvid ut till 90 cm djup med indelning i tre skikt: 0-30, 30-60 och 60-90 cm djup. I matjorden gjordes 24 borrhstick per ruta med Trekanten-borr (Lindén, 1977)

och i alven 12 stick med Ultuna-borr (Lindén, 1979). I led B, D, F och H uppdelades matjorden i delskikten 0-10 och 10-30 cm vid provtagningen före flytgödselspridningen, medan endast ytskiktet 0-10 cm provtogs omedelbart efter denna spridning. Proverna inom 0-10 cm djup togs ut med s.k. ramprovtagare (G. Torstensson, pers. medd.).

Delproverna slogs ihop till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna förvarades djupfryssta, varefter de homogeniserades genom frysmalning. De extraherades med 2 M KCl i jordvätskeförhållandet 100 g: 250 ml (jmf. Bremner & Keeney, 1966), varefter ammonium- och nitratkväve bestämdes kolorimetriskt med en autoanalysator (TRAACS 800, metod nr. ST9002-NH₄D och ST9002-NO₃D). Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av aktuella vattenhalter och under antagande att volymvikten i matjorden (0-20 cm) var 1,25 kg/dm³ och 1,50 kg/dm³ i skikten därunder.

2.5. Växttillgängligt jordkväve samt kvävemineralisering

I syfte att bestämma odlingssystemens fleråriga inverkan på huvudgrödornas kväveförsörjning utlades i alla led under stråsådesåren ettåriga smårutor, "ON-parceller", som ej tillfördes gödselkväve under året i fråga. Grödornas N-upptag i ON-parcellerna utgör den samlade effekten dels av kväveefterverkan av fånggrödorna, huvudgrödorna och tidigare års gödslingar samt dels av jordbearbetningsåtgärdernas inverkan på kvävetillgången i marken, utan att effekterna överskuggas av årets kvävegivor. Under potatisåret 1996 utlades emellertid inte några ON-parceller.

Två ON-parceller om vardera ca 30 m² lades ut på våren i varje "ordinarie" ruta. Varken gödselkväve eller flytgödsel spreds inom ON-parcellerna, och fånggröda såddes ej heller in. ON-parcellerna flyttades varje år. Härigenom kom de alltid att ha samma odlingsbakgrund som de ordinarie rutorna. Jordprover enligt ovan för mineralkvävebestämning togs ut vid stråsådens uppkomst och vid avslutad kväveupptagning (gulmognad) under sensommaren. Omedelbart före jordprovtagningen vid gulmognad provtogs också huvudgrödorna i ON-parcellerna för bestämning av kväveupptaget. Samtidigt härmed uttogs gröd- och jordprover på motsvarande sätt i de ordinarie rutorna. Provtagningarna i ON-parcellerna utnyttjades bl.a. för beräkning av kvävemineraliseringen under växtsäsongen enligt följande formel:

$$N_{\text{net}} = N_{\text{växt}} + N_{\text{ms}} - N_{\text{mb}} + N_{\text{u}}$$

där N_{net} = Beräknad nettomineralisering av kväve under perioden
 $N_{\text{växt}}$ = Kväve upptaget i gröda och ogräs under perioden
 N_{ms} = Mineralkväve i marken vid periodens slut
 N_{mb} = Mineralkväve i marken vid periodens början
 N_{u} = Beräknad nitratkväveutlakning under perioden

Formeln användes även för beräkning av kvävemineraliseringen under andra årstider, då motsvarande provtagningar i de ordinarie rutorna utnyttjades. Faktorn $N_{\text{växt}}$ avser i dessa fall kväve i fånggröda, ogräs och spillsädesgrönka. Den beräknade nettomineraliseringen av kväve kan tolkas som ett nettomineraliseringstillskott minskat med förekommande förluster genom denitrifikation och annan gasformig avgång av kväve från systemet mark-växter.

2.6. Väderförhållanden

Uppgifter om temperatur och nederbörd under försöksåren 1993-95 har hämtats från SMHI:s meteorologiska station vid Lanna. Månadsmedeltemperaturen var tydligt högre än medeltalet för jämförelseåren 1961-90 bara under vintrarna 1994/95 och 1997/98 (tabell 5a). Vintrarna 1993/94, 1995/96 och 1996/97 var kallare än normalt under längre perioder men med avbrott för tövädersperioder, då förekommande snötäcke också försvann. Längre mildvädersperioder under samtliga vintrar medförde således, att snötäcke normalt bara förekom kortvarigt. Jorden måste vintertid generellt ha varit frusen under kortare perioder än vanligt, vilket kan ha ökat både N-mineraliseringen och N-förlusterna. År 1994 och 1996 var totalt sett nederbördsfattigare än normalt (tabell 5b). Vårarna och försomrarna 1995-99 kan betraktas som fuktigare än vanligt. Hög- och sensomrarna 1994-97 var dock torrare än normalt. Sommarvädret 1998 blev svalt. Nederbörden var mycket hög under sommaren och hösten detta år men i stort sett normal under vintern 1998/99.

Tabell 5. Temperatur och nederbörd vid SMHI:s meteorologiska station Lanna 1993-99

a) Månadsmedeltemperaturer i grader Celsius

År	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
1993	-1	-1	0	5	12	11	13	11	8	4	0	-1
1994	-2	-8	0	6	9	12	18	15	10	5	2	0
1995	-3	0	0	3	8	13	15	16	11	8	0	-5
1996	-4	-7	-1	4	7	13	13	16	8	7	2	-5
1997	-4	-1	1	2	8	14	16	18	11	4	1	-1
1998	0	1	0	3	9	12	13	12	11	5	-1	-2
1999	-	-	0	5	8	13	15	14				
Medeltal	-2	-3	0	4	9	13	15	15	10	6	1	-2
Normal månadsmedeltemperatur*	-3	-3	0	4	11	15	16	15	11	7	2	-1

b) Månadsnederbörd i mm

År	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Summa
1993	64	32	5	13	22	50	91	106	20	78	8,8	57	545
1994	64	14	32	24	7	58	5	64	111	53	60	50	541
1995	38	49	5	60	27	134	30	9	131	51	49	13	596
1996	6	19	10	16	84	27	30	57	59	26	108	30	473
1997	9	54	21	29	92	84	30	92	50	48	39	59	607
1998	54	41	15	41	25	107	63	99	84	97	22	52	699
1999	67	26	46	60	45	81	34	39					
Medeltal	43	34	19	35	43	77	40	67	76	59	48	43	577
Normalnederbörd*	37	24	29	30	41	51	63	62	65	61	56	39	558

*) Avser perioden 1961-1990.

3. RESULTAT OCH DISKUSSION

3.1. Skördar

Avkastningen av de olika grödorna fr.o.m. 1994, dvs. under de år då tillväxten påverkats av alla tre faktorerna gödsling, fånggröda och jordbearbetningssystem, framgår av tabell 6. Skördenivåerna var normala för motsvarande jordar i trakten. En indelning av leden i grupper med avseende på jordbearbetning visar, att vårplöjning i det närmaste gav samma skördar som höstplöjning. Ej heller syntes engelskt rajgräs som insådd fånggröda nämnvärt påverka avkastningen. Fånggröda och höstplöjning (led C och D) medförde sålunda som årsmedeltal bara 1 % lägre skörd än stubbearbetning efter skörden och plöjning på senhösten (A och B). Likaså gav i medeltal led E och F med vårplöjning men utan fånggröda 1 % mindre avkastning, medan rajgräs i kombination med vårplöjning (G och H) ökade skörden med i genomsnitt 1 %. Alla dessa skördeskillnader kan dock betraktas som osäkra.

I leden med flytgödselspridning (B, D, F och H), där hälften av kvävet i mineralgödsel ersattes med kväve från svinflytgödsel, blev avkastningen större än i leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G), med 440 kg/ha högre kärnskörd som medeltal under stråsådesåren. Meravkastningen synes delvis bero på totalt större N-giva (summan av kväve i mineralgödsel och ammoniumkväve i flytgödseln) i flytgödselleden (tabell 3) och delvis på verkan av det organiska kvävet i flytgödseln, särskilt genom ökad kväveleverans från marken med åren (se avsnitt 3.6). De större kärnskördarna i leden med flytgödsel var dock förenade med mindre stråstyrka hos stråsåden än i leden med enbart mineralgödseltillförsel (tabell 6), särskilt under den regniga sommaren 1998.

Tabell 6. Skördar och stråstyrka

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning		Tidig stubbearbetning							
		Sen höstplöjning		Sen höstplöjning	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	
Fånggröda		-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel		90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår		-	+	-	+	-	+	-	+
Skördar, kg/ha (stråsådeskärna: 15 % vattenhalt, potatisknölar: färskvikt) och relativtal (led A = 100)									
1993	Havre	4970	4840	4860	5030	5010	5660	4730	5410
1994	Havre	3680	3560	3170	3740	3680	4170	3990	4130
1995	Korn	3960	5320	2820	5120	3670	4990	3790	5210
1996	Potatis	40500	44300	42500	40800	36400	39900	39600	44800
1997	Havre	4970	5410	5580	5470	5000	5570	5020	5170
1998	Korn	4730	5160	5380	5070	4530	4910	4750	5050
Medeltal av relativtal:									
1994-98		100	112	98	110	96	111	101	113
Stråsäd 1994-98		100	112	96	112	97	114	101	114
AB, CD, EF, GH		100		99		99		101	
Stråstyrka, 100 = helt upprättstående gröda, 0 = fullständig liggsäd									
1993	Havre	100	100	100	100	100	100	100	100
1994	Havre	100	100	100	100	100	100	100	100
1995	Korn	100	95	100	95	100	95	100	95
1996	Potatis								
1997	Havre	100	80	100	80	95	75	100	90
1998	Korn	55	45	40	45	50	40	50	40
Medeltal 1994-98		89	80	85	80	86	78	88	81

3.2. *Kväve i kärn- och knölskördarna samt kväveutbyte av gödslingen*

I leden med enbart tillförsel av kväve i mineralgödsel gav odling av fånggröda i kombination med höstplöjning (led C) samt vårplöjning, med och utan fånggröda (led E resp. G), i medeltal för åren 1994-98 något lägre totalkvävehalt i stråsådeskärna än stubbearbetning och plöjning på senhösten (led A), se tabell 7. I led A bortfördes i medeltal 64 kg N/ha med kärn- och knölskördarna (tabell 7). Detta motsvarar ett genomsnittligt *kväveutbyte* på 71 %, beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve i skördeprodukterna och kväve tillfört genom gödsling (tabell 8). De lägre kvävehalterna i stråsådeskärnan i led C, E och G medförde dock endast, att kvävemängderna i skördeprodukterna blev 2-4 kg N/ha mindre än i led A med stubbearbetning och plöjning på senhösten (tabell 7). Motsvarade kväveutbyten blev 67-70 %, inräknat potatisåret (tabell 8).

I flytgödselleden B (stubbearbetning och höstplöjning), D (med fånggröda, höstplöjning), F (utan fånggröda, vårplöjning) och H (med fånggröda, vårplöjning) blev de ledvisa totalkvävehalterna i skördeprodukterna i genomsnitt högre än i leden med enbart tillförsel av mineralgödsel. Kväveskördarna blev därför något större och uppgick som medeltal för 1994-98 till 70, 69, 71 resp. 74 kg N/ha (tabell 7), motsvarande 72, 71, 73 resp. 76 % kväveutbyte (tabell 8) med avseende på kväve tillfört med mineralgödsel och som ammoniumkväve i flytgödseln. Tas emellertid hänsyn till totalkvävet i flytgödseln (tabell 3), blev kväveutbytet betydligt sämre än i leden utan flytgödseltillförsel (jmf. avsnitt 3.5. Gödselkvävet utnyttjandegrad).

Under år 1994 och 1995, då avkastningen av stråsådesgrödorna i försöket var förhållandevis låg, var bortförelsen av kväve med kärnskördarna liten, bara omkring 50 kg N/ha jämfört med 75-90 kg N/ha under åren med bättre skördar (1993, 1997 och 1998). Möjligen kan införseln av svavelgödsling fr.o.m. 1997 ha medverkat till större skördar och därmed bättre kväveutbyte. Bortförelsen av kväve med knölskördarna blev större än under något av åren med stråsåd. Med potatisskörden 1996 bortfördes i leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G) 82-96 kg N/ha (i medeltal 91 kg N/ha) efter gödsling med 90 kg N/ha till grödan. Detta motsvarar ett genomsnittligt kväveutbyte på drygt 100 %.

Tabell 7. Halter av total-N och total-P i spannmålskärna och potatisknölar samt bortförel av dessa ämnen med skördeprodukterna

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning								
	Sen höstplöjning			Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs	
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45	
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+	
Halter av total-N i kärn- och knölskördarna (% av ts)									
1993	Havre	1,97	1,86	2,03	1,98	1,86	1,90	1,65	1,86
1994	Havre	1,54	1,57	1,49	1,58	1,59	1,54	1,48	1,48
1995	Korn	1,18	1,39	1,22	1,28	1,19	1,39	1,24	1,48
1996	Potatis	1,04	1,04	1,03	1,14	1,09	1,10	1,11	1,15
1997	Havre	1,87	1,63	1,64	1,70	1,74	1,74	1,74	1,77
1998	Korn	1,68	1,81	1,72	1,86	1,70	1,91	1,69	1,81
Medeltal 1994-98		1,46	1,49	1,42	1,51	1,46	1,54	1,45	1,54
Medeltal, stråsäd		1,57	1,60	1,52	1,61	1,56	1,65	1,54	1,64
1994-98									
Kväve bortfört med kärn- och knölskördarna (kg/ha)									
1993	Havre	83	77	84	85	79	91	66	86
1994	Havre	48	48	40	50	50	55	50	52
1995	Korn	40	63	29	56	37	59	40	66
1996	Potatis	86	87	74	82	86	80	81	99
1997	Havre	79	75	78	79	74	82	74	78
1998	Korn	68	79	79	80	66	80	68	78
Medeltal 1994-98		64	70	60	69	62	71	63	74
Medeltal, stråsäd		59	66	56	66	57	69	58	68
1994-98									
Halter av total-P i kärn- och knölskördarna (% av ts)									
1993	Havre								
1994	Havre	0,40	0,40	0,39	0,41	0,37	0,42	0,39	0,42
1995	Korn	0,36	0,39	0,39	0,36	0,36	0,38	0,38	0,40
1996	Potatis	0,15	0,16	0,17	0,15	0,16	0,18	0,16	0,19
1997	Havre	0,50	0,44	0,46	0,46	0,43	0,46	0,43	0,49
1998	Korn	0,35	0,38	0,37	0,37	0,37	0,38	0,39	0,41
Medeltal 1994-98		0,35	0,35	0,36	0,35	0,34	0,36	0,35	0,38
Medeltal, stråsäd		0,40	0,40	0,40	0,40	0,38	0,41	0,40	0,43
1994-98									
Fosfor bortfört med kärn- och knölskördarna (kg/ha)									
1993	Havre								
1994	Havre	15	14	12	15	14	18	16	17
1995	Korn	14	21	11	18	13	19	14	21
1996	Potatis	13	15	15	13	12	15	13	18
1997	Havre	21	20	22	21	18	22	18	22
1998	Korn	14	17	17	16	14	16	16	18
Medeltal 1994-98		15	17	15	17	14	18	15	19
Medeltal, stråsäd		16	18	16	18	15	19	16	19
1994-98									

Tabell 8. Kväve- och fosforutbyte beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve respektive fosfor bortfört med skördeprodukterna (spannmålskärna och potatisknölar, tabell 6) och kväve eller fosfor tillfört med mineralgödsel och flytgödsel (tabell 3). Kvävet i flytgödseln avser endast ammonium-N

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning		Tidig stubbearbetning							
		Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda		-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel		90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår		-	+	-	+	-	+	-	+
Kväveutbyte, %									
1993	Havre	92	81	93	89	88	96	74	90
1994	Havre	54	48	45	50	55	55	56	52
1995	Korn	44	56	33	50	41	53	44	59
1996	Potatis	96	87	82	82	95	80	90	99
1997	Havre	88	85	86	89	82	93	82	88
1998	Korn	75	84	87	85	73	85	76	83
Medeltal 1994-98		71	72	67	71	69	73	70	76
Medeltal, stråsäd 1994-98		65	68	63	69	63	71	65	70
Fosforutbyte, %									
1993	Havre								
1994	Havre	95	50	81	52	88	61	101	60
1995	Korn	65	82	50	73	60	75	65	83
1996	Potatis	23	34	27	29	22	34	24	41
1997	Havre	96	104	99	110	83	112	83	110
1998	Korn	64	79	77	76	65	76	72	84
Medeltal 1994-98		69	70	67	68	64	72	69	76
Medeltal, stråsäd 1994-98		80	79	77	78	74	81	80	84

3.3. Fosfor i kärn- och knölskördarna samt fosforutbyte av gödslingen

Fosforhalterna i skördeprodukterna från de olika grödorna uppvisade ganska obetydliga variationer mellan leden (tabell 7). Detta innebär att de ledvisa skördeskillnaderna var den faktor som fick störst betydelse för de mängder fosfor som bortfördes med skördarna (tabell 7). Skördeprodukterna i de olika leden innehöll 14-19 kg P/ha som medeltal 1994-98, varav 14-15 kg i leden med enbart tillförsel av mineralgödsel och 17-19 kg P/ha i leden med flytgödselspridning. I flytgödselleden tillfördes årligen i medeltal 2 kg mer fosfor per ha än i leden med enbart mineralgödsel (tabell 3). De något större P-skördarna i flytgödselleden torde dock främst bero på högre avkastning i dessa led (tabell 6).

Fosforutbytet, beräknat som det procentuella förhållandet mellan fosfor i skördeprodukterna och fosfor tillförd genom gödsling, blev 64-69 % i leden med enbart tillförsel av mineralgödsel (A, C, E och F) och 68-76 % i leden med flytgödsel (B, D, F och H) som medeltal för åren 1994-98 (tabell 8). Det största ledvisa P-utbytet (76 %) erhöles i led H med flytgödseltillförsel, fånggröda och vårplöjning, där också skördarna och kväveutbytet blev bäst. Det sämsta P-utbytet fastställdes hos potatisskörden (22-41 %), uppenbarligen beroende på den enligt gällande rekommendationer kraftiga P-gödslingen till denna gröda (tabell 3). Eftersom fosfortillförseln generellt översteg bortförseln med skörden och den årliga fosfortlakningen (avsnitt 3.11) var mycket liten (i storleksordningen 0,05 kg P/ha), innebär

resultaten att en upplagring av fosfor måste ha ägt rum i marken (jmf. avsnitt 3.13 Kväve-, fosfor- och kaliumbalanser).

3.4. Grödornas samlade kväveupptag

Gödslingsens, jordbearbetningens och fånggrödornas inverkan på huvudgrödornas samlade kväveupptag bestämdes genom grödprovtagning i de "ordinarie" rutorna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten (tabell 9). I beräkningarna ingår skattade N-mängder i rötterna på grödorna (se ovan).

Som framgår av tabell 9 innehöll grödorna i genomsnitt för åren 1994-98 drygt 100 kg N/ha i leden med tillförsel enbart av mineralgödsel (A, C, E och G), men med en tendens till något mindre N-upptag efter vårplöjning (led E och G) än efter höstplöjning (led A och C). I leden med flytgödseltillförsel (B, D, F och H) fastställdes ett genomsnittligt innehåll i grödorna på 116 kg N/ha, men med något större N-upptag i leden med fånggröda (D och H) än utan sådan (led B och F). Merupptaget av kväve i jämförelse med de rena mineralgödselleden torde i hög grad bero på ackumulerad efterverkan av flytgödselns organiska kväveinnehåll med ökad kväveminerisering som följd (se även avsnitt 3.6 och 3.12).

Det samlade N-upptaget hos potatisgrödan 1996 blev i genomsnitt 15 kg N/ha större än stråsädens (tabell 9). Eftersom kvävegödslingen praktiskt taget var densamma (tabell 3), förefaller potatisen ha utnyttjat kvävet i marken minst lika väl som stråsådesgrödorna (jmf. avsnitt 3.2).

3.5. Gödselkvävet utnyttjandegrad

Det kväveutbyte som redovisas i tabell 8 avser de N-mängder som bortfördes med kärn- och knölskördarna i relation till gödselgivornas storlek. Frågan är emellertid även, i hur hög grad gödselkvävet bidragit till grödornas *kväveförsörjning*. Detta kan uttryckas med hjälp av gödselkvävet andel av grödornas samlade N-upptag. Det senare har i tabell 9 redovisats på basis av bestämningar av grödornas totalkväveinnehåll i de ordinarie rutorna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten (vid gulmognad eller blastdödning). Samtidigt fastställdes grödornas tillgång på utnyttjbart jordkväve genom grödprovtagningar i 0N-parcellerna, som redovisas separat i tabell 10. Med hjälp härav beräknades på följande sätt *gödselkvävet utnyttjandegrad* som gödselkvävet andel av grödans totala N-upptag i relation till kvävegivans storlek (jmf. Lindén et al., 1993 a och b):

$$U = \frac{100 (N_{cg} - N_{co})}{N_g}$$

- där U = gödselkvävet utnyttjandegrad, %
N_{cg} = totalkväve i grödan i ordinarie ruta (med gödsel-N), kg N/ha
N_{co} = totalkväve i grödan i 0N-parcellerna (utan gödsel-N under året i fråga), kg N/ha
N_g = tillfört gödselkväve, kg N/ha

I den tillförda flytgödseln (led B, D, F och H) avser faktorn N_g endast innehållet av ammoniumkväve. Eftersom 0N-parceller inte lades ut under potatisåret 1996, kan gödselkvävet utnyttjandegrad här endast redovisas för stråsädesåren.

I leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G) erhöles bäst kväveutnyttjandegrad (68 %) i led A med stubbearbetning och höstplöjning (tabell 9). Detta avspeglar skördeskillnaderna mellan dessa led, utom i led G med fånggröda och vårplöjning. Tillgången på utnyttjbart jordkväve synes dock också spela en viss roll för utnyttjandegraden till följd av odlingsåtgärdernas inverkan på kvävemineraliseringen i marken (tabell 10). Detta kommer i formeln ovan till uttryck som den mängd kväve som grödan tagit upp i 0N-parcellerna. I led G blev kväveutnyttjandegraden lägst (56 %) trots god skörd (tabell 6), uppenbarligen på grund av förhållandevis stor jordkvävetillgång.

I leden med flytgödseltillförsel blev utnyttjandegraden för tillfört gödselkväve, i form av mineralgödsel och ammoniumkväve i flytgödseln, 67-69 % som ledvisa medeltal (tabell 9), med små variationer med avseende på jordbearbetningssystem och förekomst av fånggröda. Utnyttjandet blev något bättre än i leden med enbart mineralgödselkväve, trots att t.ex. förluster genom avdunstning av ammoniakkväve kan ha ägt rum efter flytgödselspridningen. Tas emellertid även hänsyn till tillförseln av organiskt bundet kväve i flytgödseln, försämras kväveutnyttjandegraden i flytgödselleden. I led B, D, F och H blir då utnyttjandegraden 48, 46, 48 resp. 47 % som medeltal för åren med stråsäd fr.o.m. 1994.

Tabell 9. Huvudgrödornas totala kväveinnehåll (kg N/ha) i de gödslade ordinarie rutorna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten (stråsäd: vid gultmognad, potatis: vid blastdödning), samt gödselkvävet utnyttjandegrad (% av tillförd kvävemängd). Kväveutnyttjandegraden har beräknats som grödornas totala kväveupptag i ordinarie ruta minskat med kväveupptaget i motsvarande ON-parcell och i relation till tillförd kvävemängd. I grödans kväveinnehåll ingår beräknad kvävemängd i rötterna. I den tillförda kvävemängden har förutom kväve i mineralgödseln endast flytgödselns innehåll av ammonium-N beaktats

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning								
	Sen höstplöjning			Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs	
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45	
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+	
Grödornas N-innehåll, inkl. rötter (kg N/ha)									
1993	Havre	110	118	128	126	134	126	76	93
1994	Havre	97	106	99	97	102	108	94	95
1995	Korn	82	102	78	109	70	88	66	121
1996	Potatis	126	124	108	130	121	111	113	136
1997	Havre	117	124	112	128	105	122	105	116
1998	Korn	102	111	128	128	101	132	128	134
Medeltal 1994-98		105	114	105	118	100	112	101	120
Medeltal, stråsäd		99	111	104	115	94	112	98	116
1994-98									
Gödselkvävet utnyttjandegrad (%)									
1993	Havre	75	73	74	54	85	61	23	30
1994	Havre	71	69	64	52	80	68	61	54
1995	Korn	50	54	43	62	43	45	18	63
1996	Potatis								
1997	Havre	89	95	68	86	72	82	67	86
1998	Korn	63	58	68	66	68	76	80	69
Medeltal 1994-98,									
stråsäd		68	69	61	67	66	68	56	68

Tabell 10. Odlingsåtgärdernas inverkan på stråsädesgrödornas tillgång på utnyttjbart jordkväve mätt som dessa grödors totala kväveinnehåll (kg N/ha) i ON-parcellerna vid avslutad kväveupptagning under sensommaren (vid gultmognad). I grödornas kväveinnehåll ingår beräknad kvävemängd i rötterna

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning								
	Sen höstplöjning			Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs	
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45	
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+	
1993	Havre	43	49	62	75	57	67	55	65
1994	Havre	33	38	41	45	30	40	39	41
1995	Korn	37	42	39	40	31	38	50	50
1996	Potatis								
1997	Havre	36	39	51	52	40	49	45	39
1998	Korn	45	56	67	66	39	60	56	69
Medeltal 1994-98,									
stråsäd		38	44	49	51	35	47	48	50

3.6. Odlingsåtgärdernas inverkan på grödornas försörjning med utnyttjbart jordkväve

Det för grödorna utnyttjbara jordkvävet kan anses bestå av två komponenter: (1) den utnyttjbara delen av det övervintrande mineralkvävet inom rotzonen tidigt på våren och (2) tillskott av mineraliserat kväve under den efterföljande växtsäsongen. För uppskattning av den samlade mängden sådant utnyttjbart jordkväve användes 0N-parcellerna, som ej tillförts gödselkväve under året i fråga. Grödans N-upptag i dessa parceller avspeglar renodlat inverkan på N-tillgången av tidigare års odlingsåtgärder (gödsling, jordbearbetning, odling av fånggröda samt även förfrukter). Eftersom 0N-parceller ej anlades under potatisåret 1996, belyses jordkvävetillgången enbart under stråsådesåren, där dock 1993 och 1998 utgör år med potatis som förfrukt.

Som medeltal för åren 1994, 1995, 1997 och 1998 samt alla led kunde stråsådesgrödorna utnyttja 45 kg jordkväve per ha med ledvisa variationer från 35 till 50 kg N/ha (tabell 10). Detta är mindre mängder än normalt (jmf. t.ex. Lindén et al., 1992a; Lindén et al., 1993b, Wallgren & Lindén, 1994). För de enskilda åren erhöles följande ledvisa medeltal: 1993: 59 kg N/ha (förfrukt potatis), 1994: 38 kg N/ha, 1995: 41 kg N/ha, 1997: 44 kg N/ha (förfrukt potatis) och 1998: 57 kg N/ha. Någon tydlig inverkan av nederbördens storlek (tabell 5b) på N-mineraliseringen under växtsäsongen under dessa år (tabell 25) och därmed på jordkvävetillgången under torrare eller fuktigare somrar kan dock inte fastställas.

I leden med flytgödsel (B, D, F och H) blev tillgången på utnyttjbart jordkväve i medeltal årligen 5 kg N/ha större än i leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och F). Denna ökning motsvarar i genomsnitt 13 % av det organiska kvävet i flytgödseln.

I leden utan fånggröda syntes jordbearbetningstidpunkten inte nämnvärt påverka tillgången på utnyttjbart jordkväve. Således utnyttjade stråsådesgrödorna i led A och B (stubbearbetning och höstplöjning) under åren 1994-98 i medeltal 38 resp. 44 kg jordkväve per och år samt i led E och F (vårplöjning) 35 resp. 47 kg N/ha. Ej heller påverkades jordkvävetillgången i leden med fånggröda av jordbearbetningssystemen. Sålunda fanns i såväl led C och D (höstplöjning) som led G och H (vårplöjning) ca 50 kg N/ha till förfogande för grödorna. Som synes medförde emellertid odlingen av engelskt rajgräs som insådd fånggröda ökad jordkvävetillgång. Fånggrödan förbättrade grödornas N-försörjning med i genomsnitt 9 kg N/ha i jämförelse med leden utan fånggröda.

3.7. Fånggrödornas och annan grön vegetations tillväxt och kväveupptag

I tabell 11 och 12 redovisas fånggrödans (det engelska rajgräsets), ogräsets och annan höstväxande vegetations ovanjordiska biomassa (kg ts/ha) och totalkväveinnehåll (kg N/ha) dels vid den tidpunkt under sensommaren, då huvudgrödornas kväveupptagning kan anses vara avslutad (provtagning av stråsåden vid gulmognad), dels vid tiden för plöjning under senhösten och dels före plöjningen tidigt på våren. Rajgräs som fånggröda såddes dock inte in under potatisåret 1996. Istället såddes som nämnts höstråg i led G och H den 10 oktober efter potatisskörden.

Vid den tidpunkt då huvudgrödornas kväveupptagning upphört (medeldatum för provtagning: 10/8) hade fånggrödan och förekommande ogräs i led C, D, G och H nått en genomsnittlig tillväxt på ca 300-400 kg ts/ha för åren med stråsåd 1993-98 (tabell 11). Torrsubstansproduktionen varierade från som minst 100-200 kg ts/ha i korngrödan 1998 till som mest 450-600 kg

ts/ha i havre 1993. Den svaga tillväxten under sommaren 1998 synes bero på stark konkurrens från huvudgrödan. Även 1994 och 1995 var tillväxten delvis svag, troligen p.g.a. torra somrar. Rajgräsets ovanjordiska delar innehöll i genomsnitt 5 kg N/ha med variationer från 2 till 8 kg N/ha (tabell 12). Medelmängden kan anses motsvara 6-7 kg N/ha i hela fånggrödan inklusive rötterna. Detta kväve måste ha tagits upp i konkurrens med huvudgrödans N-upptagning.

Ogräset hade vid provtagningen vid denna tidpunkt en ovanjordisk växtmassa på i genomsnitt för 20-40 kg ts/ha under åren med stråsäd, med något större mängder i led E och F med vårplöjning än i led C och D med höstplöjning (tabell 11). Kväveinnehållet motsvarade 0-2 kg N/ha (tabell 12). Normal ogräsbekämpning hade utförts under växtsäsongen (tabell 4).

Från sensommaren till plöjningen på senhösten (medeldatum för provtagning: 4/11) blev rajgräsets tillväxtökning i genomsnitt ganska liten (300-400 kg ts/ha), se tabell 11. På senhösten hade en genomsnittlig totalproduktion på 650-750 kg ts/ha uppnåtts. I detta inkluderas förekommande levande ogräs och grodd spillsäd. En bidragande orsak till den ganska ringa genomsnittstillväxten på hösten kan vara att rajgräset i viss mån kapades vid tröskningen, varför nettotillväxten fram till senhösten blev mindre än den kunde ha blivit. Minst tillväxt på hösten fastställdes 1998, då en ts-mängd på 100-400 kg/ha uppmättes på senhösten. Den sena skörden detta år torde ha hämmat rajgräsets utveckling under hösten. Störst torrsubstansmängd (800-1100 kg ts/ha) uppmättes hösten 1997, då mycket spillsädesgrönka också ingick i den gröna höstvegetationen.

De ovanjordiska delarna av fånggrödorna med förekommande levande ogräs och grodd spillsäd innehöll på senhösten under åren med stråsäd 1993-98 i medeltal 11-13 kg N/ha (tabell 12). Detta kan anses motsvara 15-17 kg N/ha i hela fånggrödan inklusive rötterna. Den genomsnittliga ökningen av N-innehållet från sensommaren uppgick dock bara till 6-9 kg N/ha, med som minst 1-7 kg N/ha hösten 1998 och som mest 5-13 kg N/ha hösten 1997.

I led E och F (utan fånggröda, vårplöjning) provtogs levande ogräs och grodd spillsäd på senhösten. Detta växtmaterials ovanjordiska biomassa motsvarade då omkring 100 kg ts/ha, med ca 200 kg som högsta värde (tabell 11). Kväveinnehållet motsvarade 2-4 kg N/ha med variationer från 0 till 7 kg N/ha (tabell 12). Det är uppenbart att man under de här rådande odlingsbetingelserna normalt inte kan räkna med att spillsädesgrönkan tar upp större N-mängder under hösten.

I led G och H såddes hösten 1996 (den 10 oktober) som nämnts höstråg som fånggröda omedelbart efter skörden av potatisen. Vid provtagning den 8 november uppgick rågens ovanjordiska biomassa till 60 resp. 70 kg ts/ha (tabell 11) med ett kväveinnehåll på 4 resp. 5 kg N/ha (tabell 12). Detta är ungefär samma mängd som i det använda utsädet.

Från senhösten till tiden för vårplöjningen ökade emellertid höstrågens växtmassa till ca 350 kg ts/ha med ett innehåll av omkring 10 kg N/ha i de ovanjordiska delarna. Då provtagningen ägde rum den 16 april och höstråg börjar växa redan tidigt på våren, torde huvuddelen av tillväxten sedan senhösten ha skett under våren, då den största utlakningsrisken dock redan borde ha varit över. Sammantaget synes därför så pass sen sådd av höstråg som i början av oktober inte ge någon påtaglig utlakningsbegränsande effekt på hösten och vintern under de väderförhållanden som rådde på försöksplatsen.

Från senhösten till tidig vår fanns den gröna vegetationen kvar i leden med vårplöjning (E-H, med fånggröda i G och H). Avsikten var att provta denna växtlighet, innan någon påtaglig tillväxt kommit i gång. Medeldatum för provtagning var den 23/4 under stråsädesåren. I allmän-

het fastställdes mindre torrsubstansmängder i fånggrödan (rajgräs) på våren än på senhösten, i genomsnitt drygt 600 kg ts/ha jämfört med drygt 700 kg på senhösten (tabell 11). En del av växtmaterialet bröts tydligen ned under vintern. Däremot ökade kväveinnehållet något fram till vårprovtagningen, i led G och H från 12 resp. 13 kg på senhösten till 14 resp. 17 kg N/ha på våren som medeltal för stråsådesåren 1993/94 - 1997/98 (tabell 12). Ökningen torde bero på nytillväxt under tiden närmast före provtagningen på våren. Detta kväveupptag torde därför inte påtagligt ha bidragit till att minska N-utlakningsrisken.

Tabell 11. Fånggrödornas och ogräsets tillväxt mätt som torrsubstans i ovanjordiskt material (kg/ha) vid tre tidpunkter: (I) då huvudgrödans kväveupptag avslutats under sensommaren eller förhösten (gulmognad hos stråsäd), (II) före plöjning på senhösten och (III) före plöjning tidigt på våren. I fånggrödeleden C, D, G och H ingår ogräs och förekommande spillsådesgrönka i växtmaterialet. Istället för insädd av rajgräs som fånggröda såddes 1996 höstråg i led G och H efter skörden av potatis. I led A, B, E och F ingår förutom ogräs även spillsådesgrönka vid provtagningen före höstplöjningen

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Gulmognad, 4/8	38	15	581	449	34	67	462	547
Före höstplöjning, 9/11			854	1095			608	831
1994, Havre								
Före vårplöjning, 20/4							499	598
Gulmognad, 2/8	14	84	332	370	57	24	353	160
Före höstplöjning, 27/10			971	710	154	178	927	755
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4					38	66	575	608
Gulmognad, 10/8	9	9	231	216	9	9	743	442
Före höstplöjning, 30/10			864	491	63	105	657	578
1996, Potatis								
Före vårplöjning, 22/5							398	318
Före höstplöjning, 8/11 (råg)*							57	72
1997, Havre								
Före vårplöjning, 16/4 (råg)*							368	348
Gulmognad, 18/8	20	36	514	456	20	0	400	304
Före höstplöjning, 12/11			842	932	143	219	1047	1122
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5					24	20	937	980
Gulmognad, 18/8	34	57	86	119	29	110	172	196
Före höstplöjning, 4/11			114	95	19	48	415	381
Medeltal 1993-98								
Före vårplöjning (ej -97)					31	43	602	626
Gulmognad (ej -96)	23	40	349	322	30	42	426	330
Före höstplöjning (ej -96)			729	664	95	138	731	733

*) Höstråg såddes den 10 oktober som fånggröda efter skörd av potatisgrödan den 9 oktober.

Tabell 12. Fånggrödornas och ogräsets kväveinnehåll mätt som totalkväve i ovanjordiskt växtmaterial (kg N/ha) vid tre tidpunkter: (I) då huvudgrödans kväveupptag avslutades under sensommaren eller förhösten (gulmognad hos stråsåd), (II) före plöjning på senhösten och (III) före plöjning tidigt på våren

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Gulmognad, 4/8	0	0	8	7	1	1	4	7
Före höstplöjning, 9/11			13	17			10	13
1994, Havre								
Före vårplöjning, 20/4							10	12
Gulmognad, 2/8	0	2	5	5	1	0	4	2
Före höstplöjning, 27/10			15	12	3	3	13	12
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4					1	2	13	14
Gulmognad, 10/8	0	0	3	3	0	0	7	4
Före höstplöjning, 30/10			13	9	2	4	11	11
1996, Potatis								
Före vårplöjning, 22/5							8	7
Före höstplöjning, 8/11 (råg)*							4	5
1997, Havre								
Före vårplöjning, 16/4 (råg)*							11	10
Gulmognad, 18/8	0	1	7	8	0	0	6	5
Före höstplöjning, 12/11			12	16	4	7	16	18
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5					1	1	20	25
Gulmognad, 18/8	1	1	2	3	1	2	3	3
Före höstplöjning, 4/11			3	3	1	1	10	10
Medeltal 1993-98								
Före vårplöjning (ej -93, -97)					1	1	14	17
Gulmognad (ej -96)	0	1	5	5	1	1	5	4
Före höstplöjning (ej -96)			11	11	2	4	12	13

*) Höstråg såddes den 10 oktober som fånggröda efter skörd av potatisgrödan den 9 oktober.

3.8. Skörderester

Som nämnts provtogs skörderesterna efter stråsådesgrödorna i de olika leden vid följande tillfällen: före första stubbearbetning i led A och B, före plöjningen på senhösten i led C och D samt före vårplöjningen i led E-H. Skörderesterna avser halm, stubb och boss samt döda ogräs. Som framgår av tabell 13 uppgick i led A och B mängden ovanjordiska växtrester efter stråsådesgrödorna till i medeltal 2,5 resp. 2,8 ton ts/ha före stubbearbetningen. I de led som ej

Tabell 13. Ovanjordiska skörderester, kg ts/ha, vid tre tidpunkter: (I) före stubbearbetning i led A och B, (II) före plöjning på senhösten (provtagning i led C-H) och (III) före plöjning på våren i led E-H. Dött ogräs ingår i växtmaterialet.

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Före stubbearb., 24/8	2780	2910						
Före höstplöjning, 9/11			2140	1920				
1994, Havre								
Före vårplöjning, 24/8					1740	2040	1310	1440
Före stubbearb., 23/8	3090	3630						
Före höstplöjning, 27/10			800	1080				
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4					1040	1410	720	990
Före stubbearb., 4/9	2450	3670						
Före höstplöjning, 30/10			440	990				
1996, potatis								
Före vårplöjning, 3/5							260	180
Vid blastdödning, 13/9	2300	2200	1950	2610	2070	1820	1580	1980
Före höstplöjning								
1997, Havre								
Före vårplöjning								
Före stubbearb., 9/9	1700	1670						
Före höstplöjning, 12/11			1240	1520				
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5					2000	2020	1380	1360
Före stubbearb., 12/10	2520	2250						
Före höstplöjning, 5/11			1340	1330				
Medeltal 1993-98 (ej efter skörd av potatis 1996)								
Före vårplöjning					1590	1820	920	990
Före stubbearbetn.	2510	2830						
Före höstplöjning			1190	1370				

stubbearbetades föreföll sedan mängderna växtrester på markytan att minska fram till senhösten och våren därefter, såsom framgår av provtagningarna i led C och D resp. E-F, uppenbarligen genom de pågående nedbrytningsprocesserna. Skörderesterna innehöll i storleksordningen 6-11 kg N/ha (tabell 14).

Vid tidpunkten för blastdödning under potatisåret 1996 (den 13/9) provtogs potatisgrödan. Dess blast hade en torrsubstansmängd på 1,6-2,6 ton/ha (tabell 13) med ett kväveinnehåll motsvarande 30-40 kg N/ha (tabell 14). Jämfört med innehållet av kväve i potatisskörden (75-100 kg N/ha, se tabell 7) är det således en ganska liten del av potatisgrödans totala kväveinnehåll som återfinns i växtresterna, rötterna ej medräknade.

Tabell 14. Totalkväve (kg N/ha) i ovanjordiska skörderester provtagna vid tre tidpunkter: (I) före stubbearbetning i led A och B, (II) före plöjning på senhösten (provtagning i led C-H) och (III) före plöjning på våren i led E-H

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Före stubbearb., 24/8	14	13						
Före höstplöjning, 9/11			13	11				
1994, Havre								
Före vårplöjning, 24/8					7	10	6	6
Före stubbearb., 23/8	8	10						
Före höstplöjning, 27/10			2	2				
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4					5	5	3	4
Före stubbearb., 4/9	8	14						
Före höstplöjning, 30/10			2	3				
1996, Potatis								
Före vårplöjning, 3/5							9	7
Vid blastdödning 13/9	34	32	29	41	30	27	27	30
Före höstplöjning								
1997, Havre								
Före vårplöjning								
Före stubbearb., 9/9	7	5						
Före höstplöjning, 12/11			6	6				
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5					12	15	10	11
Före stubbearb., 12/10	15	16						
Före höstplöjning, 5/11			10	9				
Medeltal 1993-98 (ej efter skörd av potatis 1996)								
Före vårplöjning					8	10	6	7
Före stubbearbetn.	10	11						
Före höstplöjning			7	6				

3.9. Kol-kvävekvoter i nedbrukat växtmaterial

Fånggrödan och annan förekommande grön vegetation i led C, D, G och H hade vid tidpunkten för plöjning på senhösten C/N-kvoter på 25, 23, 25 resp. 24 som ledvisa medeltal (tabell 15). I led G och H, som vårplöjdes, minskade kol-kvävekvoten fram till våren till 19 resp. 18. Alla dessa genomsnittskvoter var relativt låga och antyder att nettomineralisering av kväve kunnat inträffa en relativt kort tid efter nedplöjningen av materialet på senhösten (led C och D) eller tidigt på våren (led G och H), jmf. Jenkinson (1981).

Tabell 15. Kol-kvävekvoter (C/N) i fånggrödor, ogräs och förekommande spillsädesgrönka vid tre tidpunkter: (I) före stubbearbetning i led A och B, (II) före plöjning på senhösten (provtagning i led C-H) och (III) före plöjning på våren i led E-H

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidlig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Före stubbearb.								
Före höstplöjning, 9/11			26	27			25	27
1994, Havre								
Före vårplöjning, 20/4								
Före stubbearb. 9/9							22	22
Före höstplöjning, 27/10			27	24	21	21	30	27
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4								
Före stubbearb. 9/9	16	18			13	11	19	18
Före höstplöjning, 30/10			26	23	14	11	26	23
1996, Potatis								
Före vårplöjning, 22/5								
Före höstplöjning, 8/11							20	19
							8	16
1997, Havre								
Före vårplöjning, 16/4								
Före stubbearb. 9/9	14	14					15	15
Före höstplöjning, 12/11			31	26	15	13	28	27
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5								
Före stubbearb. 9/9					12	12	20	17
Före höstplöjning, 4/11			16	15			17	17
Medeltal 1993-98 (ej efter skörd av potatis 1996)								
Före vårplöjning								
Före stubbearbetn.	15	16			13	12	19	18
Före höstplöjning			25	23	17	15	25	24

Ogräset i led A och B hade vid stubbearbetningen efter skörden C/N-kvoter på i medeltal ca 15 (tabell 15). På senhösten var kvoten för prov innehållande ogräs och spillsädesgrönka också ca 15 (led E och F) men lägre på våren: 12 och 13 i led G resp. H. Eftersom mängderna biomassa var små, torde dock inverkan på kväveomsättningen i marken under vinterhalvåret ha varit marginell.

I skörderesterna efter stråsädesgrödorna i led A och B varierade C/N-kvoterna före den första stubbearbetningen efter skörd från 65 till 184 med ett medeltal på 119 (tabell 16). På senhösten var kol-kvävekvoterna av samma storlek (led C och D). I de led där skörderesterna låg kvar på markytan fram till våren minskade kvoterna till knappt 100 före vårplöjningen. En viss nedbrytning av växtresterna ägde således rum ovanpå markytan.

Tabell 16. Kolkvävekvoter (C/N) i ovanjordiska skörderester provtagna vid tre tidpunkter: (I) före stubbearbetning i led A och B, (II) före plöjning på senhösten (provtagning i led C-H) och (III) före plöjning på våren i led E-H

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre								
Före stubbearb., 24/8	92	106						
Före höstplöjning, 9/11			74	83				
1994, Havre								
Före vårplöjning, 24/8					108	97	100	104
Före stubbearb., 23/8	184	164						
Före höstplöjning, 27/10			184	205				
1995, Korn								
Före vårplöjning, 21/4					101	143	117	105
Före stubbearb., 4/9	140	119						
Före höstplöjning, 30/10			133	147				
1996, Potatis								
Före vårplöjning, 3/5							13	11
Vid blastdödning, 13/9	65	65	60	57	64	64	55	62
Före höstplöjning								
1997, Havre								
Före vårplöjning								
Före stubbearb., 9/9	102	142						
Före höstplöjning, 12/11			103	117				
1998, Korn								
Före vårplöjning, 6/5					76	68	68	63
Före stubbearb., 12/10	76	65						
Före höstplöjning, 5/11			63	72				
Medeltal 1993-98 (ej efter skörd av potatis 1996)								
Före vårplöjning					95	103	95	91
Före stubbearb.	119	119						
Före höstplöjning			111	125				

Blasten på potatisgrödan 1996 hade vid blastdödning den 13/9 C/N-kvoter på 55-65, varför omedelbar nedbrukning av sådan blast borde ha medfört viss kväveimmobilisering. Potatisen skördades dock först den 9 oktober, och en viss nedbrytning av blasten torde ha skett från blastdödningen till skörden, då ju en del av växtresterna kom att nedbrukas. Med hänsyn till stråsädeshalmens höga C/N-kvoter efter skörden borde nettomineralisering av kväve i marken inträffa på ett tidigare stadium efter nedbrukning av potatisblast än efter stråsädeshalm.

3.10. Mineralkvävedynamiken i marken

3.10.1. Mineralkväverester i marken då huvudgrödans N-upptagning avslutats under sensommaren eller förhösten

Stråsädesgrödornas N-upptagning kan såsom tidigare diskuterats antas ha avslutats vid gulmognad och potatisgrödans vid blastdödning. De mineralkvävemängder som vid dessa tidpunkter (medeldatum för provtagning i stråsäd: 9/8, potatis 1996: 17/9) fanns i markprofilen (0-90 cm djup) kan därför betraktas som outnyttjbara rester, vilka huvudgrödorna och förekommande fånggröda således inte kunnat ta tillvara.

Som ledvisa medeltal för åren 1993-98 fanns inom 0-90 cm markdjup 18-24 kg mineralkväve per ha, med en tendens till mer kväve i leden med flytgödsel än där enbart mineralgödsel tillförts (tabell 17). Skillnaderna mellan behandlingarna och mellan potatis och stråsäd var i övrigt obetydliga. Det var generellt sett också små mängder, som väl överensstämmer med resultaten från andra försök (jmf. Lindén et al., 1993a och b).

I avsnitt 3.5 om gödselkvävet utnyttjandegrad fastställdes, att en betydande del av det tillförda gödselkvävet inte utnyttjades av grödan. Frågan är då, om en del därav fanns kvar outnyttjat i form av mineralkväve vid avslutad kväveupptagning, med risk för ökad N-utlakning under det efterföljande vinterhalvåret. Av resultat från provtagning i ON-parcellerna, som ej tillfördes gödselkväve under året i fråga, framgår att mineralkväveresterna inom 0-90 cm markdjup vid avslutad kväveupptagning under stråsädesåren uppgick till 17-22 kg N/ha som ledvisa årsmedeltal (tabell 18). Det fanns dock i genomsnitt 1-3 kg mer mineralkväve per ha kvar i de ordinarie rutorna (tabell 17 och 18), som ju N-gödslats under året. Dessa små skillnader tyder på att de outnyttjade mineralkväveresterna, som kan sägas ha uppkommit till följd av det aktuella årets N-gödsling, inte nämnvärt bidrog till kväveutlakningen under det efterföljande vinterhalvåret (jmf. Lindén et al., 1993a och b).

3.10.2. Mineralkväve i marken på hösten

Från avslutad kväveupptagning till tidpunkten för den första stubbearbetningen tidigt på hösten (medeldatum för provtagning: 9/9) ökade mineralkvävemängderna likartat i alla led. Det fanns dock en tendens till något mindre mängder i led C, D, G och H med fånggröda (i medeltal 24 kg N/ha inom 0-90 cm djup) än i led A, B, E och F utan fånggröda (i genomsnitt 32 kg N/ha), se tabell 17.

Från den första stubbearbetningen och fram till tiden för plöjningen på senhösten (medeldatum för provtagning: 3/11) ökade mineralkväveförråden ytterligare något i led A och B, där i medeltal 33 resp. 39 kg mineralkväve per ha fanns inom 0-90 cm djup vid plöjningen alla åren 1993-98. I de led utan fånggröda som ännu ej bearbetats (E och F) blev däremot förråden i stort sett oförändrade. Där fanns i medeltal 23 resp. 35 kg N/ha. En påtagligare minskning ägde rum i fånggrödeleden (C, D, G och H), där i genomsnitt drygt 20 kg N/ha fastställdes på senhösten. Även om en viss N-utlakning kan ha ägt rum dittills under hösten (jmf. tabell 24), torde minskningen främst vara en effekt av fånggrödornas kväveupptag under hösten (tabell 12), medan ogräset och spillsädesgrönskan i led E och F måste ha haft obetydlig inverkan på mineralkväveförrådets storlek.

På senhösten fanns mest mineralkväve i leden med flytgödsel (B, D, F och H), i medeltal 30 kg N/ha jämfört med 24 kg i leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G). Differensen var störst i leden utan fånggröda. Skillnaderna tyder på större höstmineralisering i leden med flytgödsel (jmf. tabell 25) och därmed ökad N-utlakningsrisk (tabell 21 och 24), som dock motverkades av fånggrödan.

3.10.3. Mineralkväve i marken tidigt på våren

Fram till tiden för plöjning under efterföljande vår (medeldatum för provtagning: 21/4) ökade mineralkväveförråden i de höstplöjda leden A, B, C och D (tabell 17) till 34-42 kg N/ha under åren fr.o.m. 1994, trots den förekommande N-utlakningen (tabell 21 och 24). Uppenbarligen hade en viss kvävemineralisering ägt rum från senhöst till tidig vår. I led E och F utan fånggröda men med vårplöjning steg mängderna till 31 resp. 36 kg, medan förråden i led G och H med kvarvarande fånggröda i stort sett blev oförändrat små från senhöst till tidig vår, samtidigt som utlakningen blev mindre. Kvävemineraliseringen borde här således ha varit mindre (jmf. avsnitt 3.12).

3.10.4. Växttillgängligt mineralkväve tidigt på våren

Det övervintrande mineralkvävet kan betraktas som delvis utnyttjbart av grödorna under den efterföljande växtsäsongen. Differensen mellan vårförrådet (tabell 17) och den utnyttjade mineralkväveresten vid avslutad N-upptagning på sensommaren eller förhösten i 0N-parcellerna (tabell 18) kan ses som en sådan potentiellt utnyttjbar kvävemängd, förutsatt att förluster av sådant kväve ej ägt rum under växtsäsongen.

Ju större mineralkväveförråden på våren var (tabell 17), desto större blev de utnyttjbara kvävemängderna, som här dock ej redovisas i tabellform. I led A och B med stubbearbetning och plöjning på senhösten fanns 19 resp. 21 kg utnyttjbart mineralkväve per ha tidigt på våren som medeltal för åren 1994-98. I led B och C med fånggröda och plöjning på senhösten blev motsvarande värden 21 och 25 kg. I led E och F (utan fånggröda, vårplöjning) fanns i medeltal 16 resp. 17 kg och i led G och H (med fånggröda, vårplöjning) bara 2 resp. 4 kg utnyttjbart kväve per ha.

Vårplöjning och odling av rajgräs som fånggröda medförde således minst mängd mineralkväve i markprofilen tidigt på våren och gav därmed det minsta tillskottet av sådant kväve till grödornas N-försörjning. Minskad N-utlakningsrisk erhöles således på bekostnad av mängden växttillgängligt kväve. I led G och H kunde dock detta mer än väl uppvägas genom ökad N-mineralisering under sommaren (jmf. tabell 10 och 25). Eftersom det under våarna efter potatisåren 1992 och 1996 fanns mer mineralkväve än efter stråsådesåren, blev de utnyttjbara kväveförråden störst efter potatisen.

Tabell 17. Mineralkväve (kg N/ha) inom 0-90 cm markdjup i de ordinarie rutorna tidigt på våren före flytgöd-selspridning och vårplöjning, vid avslutad kväveupptagning (stråsåd: vid gultmognad, potatis: vid bladdödning), vid tidpunkten för stubbearbetning efter skörden och vid tidpunkten för plöjning på senhösten

Led		A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning								
	Sen höstplöjning			Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs	
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45	
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+	
Tidig vår, medeldatum 21/4									
1993	Havre	65	68	59	61	53	84	55	72
1994	Havre	24	23	20	20	25	24	9	12
1995	Korn	28	31	26	28	20	24	9	15
1996	Potatis	28	53	33	37	35	41	24	32
1997	Havre	52	55	66	61	42	52	31	29
1998	Korn	40	49	38	39	32	40	12	16
Medeltal 1994-98		34	42	37	37	31	36	17	21
Medeltal, stråsåd		36	39	37	37	30	35	15	18
1994-98									
Vid gultmognad (bladdödning), medeldatum 9/8									
1993	Havre	27	32	34	35	28	36	24	31
1994	Havre	20	21	16	13	17	18	11	12
1995	Korn	17	20	21	13	14	17	16	23
1996	Potatis	23	25	18	21	18	22	26	22
1997	Havre	18	22	19	16	15	19	20	20
1998	Korn	22	24	19	17	20	29	13	16
Medeltal 1993-98		21	24	21	19	18	24	18	21
Medeltal, stråsåd		21	24	22	19	19	24	17	20
1994-98									
Före stubbearbetning, medeldatum 14/9									
1993	Havre	33	33	30	29	29	38	21	23
1994	Havre	31	35	21	25	24	29	20	21
1995	Korn	24	25	21	16	15	21	12	16
1996	Potatis	31	34	30	40	25	32	34	41
1997	Havre	25	34	18	21	27	42	18	22
1998	Korn	36	48	34	42	32	51	26	39
Medeltal 1993-98		30	35	26	29	25	35	22	27
Medeltal, stråsåd		30	35	25	26	25	36	19	24
1994-98									
Före höstplöjning, medeldatum 3/11									
1993	Havre	29	28	14	16	20	34	10	16
1994	Havre	30	31	15	13	18	27	12	15
1995	Korn	34	39	10	17	24	33	16	17
1996	Potatis	37	45	33	37	30	38	43	43
1997	Havre	32	51	20	12	17	35	12	15
1998	Korn	35	43	27	32	31	41	24	34
Medeltal 1993-98		33	39	20	21	23	35	20	23
Medeltal, stråsåd		32	38	17	18	22	34	15	19
1994-98									

Tabell 18. Mineralkväve (kg/ha) inom 0-90 cm markdjup i ON-parcellerna (utan N-gödsling och utan insådd av fånggröda under året i fråga) vid avslutad kväveupptagning under sensommaren eller förhösten. Under potatisåret 1996 utlades inga ON-parceller. Medeldatum för provtagningarna var den 8/8. Mineralkvävemängderna jämförs med motsvarande värden i de ordinarie, N-gödslade rutorna (se tabell 17)

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993, Havre, provtagning 5/8								
Utan gödsel-N	20	38	31	28	29	29	30	32
Med gödsel-N	+6	-6	+3	+6	-1	+7	-5	0
1994, Havre, provtagning 3/8								
Utan gödsel-N	17	16	12	10	11	12	10	9
Med gödsel-N	+3	+5	+4	+3	+6	+6	+1	+3
1995, Korn, provtagning 10/8								
Utan gödsel-N	16	20	16	13	11	16	15	12
Med gödsel-N	+1	-1	+5	0	+3	+1	+1	+11
1997, Havre, provtagning 6/8								
Utan gödsel-N	15	17	20	13	15	19	14	19
Med gödsel-N	+3	+5	-1	+3	0	0	+6	+1
1998, Korn, provtagning 18/8								
Utan gödsel-N	22	21	17	14	18	26	14	17
Med gödsel-N	+1	+3	+2	+3	+2	+2	-1	-1
Medeltal 1993-98 (ej -96)								
Utan gödsel-N	18	22	19	16	17	21	17	18
Med gödsel-N	+3	+1	+3	+3	+2	+3	+1	+3

Tabell 19. Mineralkväve (kg/ha) inom 0-90 cm markdjup i ON-parcellerna (utan N-gödsling och utan insådd av fånggröda under året i fråga) vid grödornas uppkomst (medeldatum för provtagning: 16/5) samt förändring av mineralkvävemängderna från tidig vår (medeldatum för provtagning: 21/4) till uppkomsten

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1994, Havre								
Uppkomst, 10/5	44	58	33	65	37	58	51	42
Förändring t. vår-uppk.	+20	+35	+13	+44	+12	+34	+42	+30
1995, Korn								
Uppkomst, 17/5	33	54	33	43	24	54	26	42
Förändring t. vår-uppk.	+4	+23	+7	+15	+4	+31	+17	+27
1997, Havre								
Uppkomst, 12/5	52		64		53		42	
Förändring t. vår-uppk.	+1		-2		+11		+11	
1998, Korn								
Uppkomst, 25/5	52	66	52	71	43	72	37	47
Förändring t. vår-uppk.	+12	+17	+15	+32	+11	+33	+25	+31
Medeltal 1994-98								
Uppkomst	45	59	45	60	39	62	39	44
Förändring t. vår-uppk.	+9	+25	+8	+30	+9	+33	+24	+29

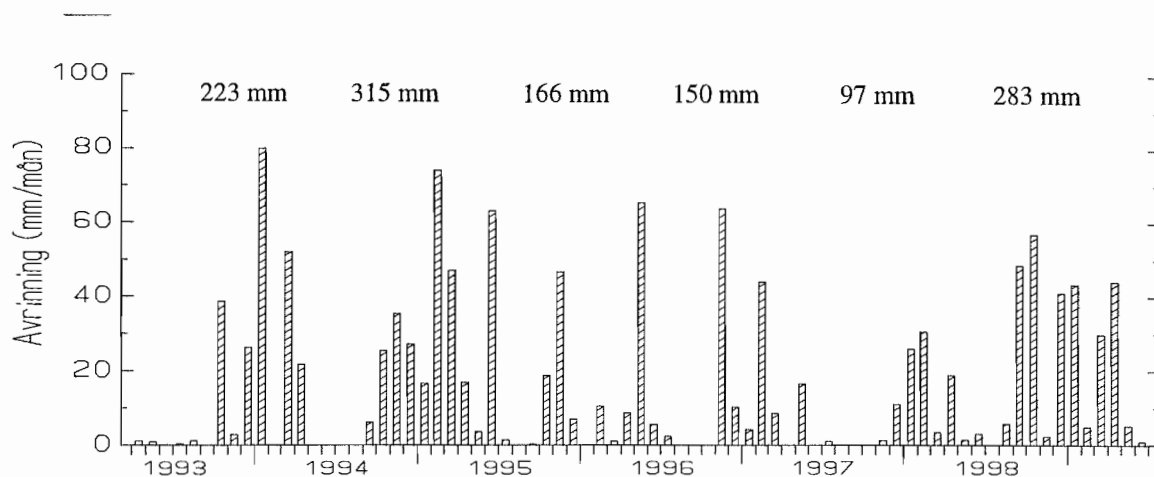
3.10.5. Mineralkväve i marken vid grödornas uppkomst

Utöver det övervintrande, utnyttjbara mineralkvävet i markprofilen tidigt på våren påverkas som antytts grödans försörjning med jordkväve av kvävemineriseringen under växtsäsongens olika delar. I tabell 19 belyses, hur de växttillgängliga kvävemängderna i ON-parcellerna, som ej tillförts gödselkväve under året i fråga, förändrades från tidig vår till grödans uppkomst (medeldatum för provtagning: 21/4 resp. 16/5) i relation till jordbearbetningstidpunkter, tidigare års flytgödseltillförsel och föregående fånggrödor.

Bland leden med enbart tillförsel av mineralgödsel A (stubbearbetning och höstplöjning), C (med fånggröda, höstplöjning) och E (utan fånggröda, vårplöjning) ökade mineralkväveföråden under denna period med genomsnittligt 8-9 kg N/ha, men i led G (med fånggröda, vårplöjning) blev tillskottet av kväve betydligt större, i medeltal 24 kg N/ha. Det ganska ringa kvävemineriseringstillskottet i led A, C och E under den 25 dagar långa perioden mellan provtagningarna under tidig vår och uppkomst är i överensstämmelse med den kvävefrigörelse under motsvarande tid som redovisats av Lindén et al. (1992a). I leden med flytgödselspridning blev anhopningen av mineraliserat kväve i storleksordningen 25-33 kg N/ha, utan påtaglig inverkan av föregående fånggröda. Ökningen efter vårplöjning var lika stor som efter höstplöjning. Den ökade kväveminerisering som var en följd av flytgödselns N-efterverkan blev således märkbar redan i början av växtsäsongen.

3.11. Utlakning av kväve, fosfor och kalium

3.11.1. Avrinning



Figur 3. Månadsavrinning samt summerad årsavrinning (1/7 –30/6) vid Fotegårdens försöksfält.

Det var stor skillnad i avrinning åren emellan, figur 3. Årsavrinningen varierade från 97 mm 1997/1998 till 315 mm 1994/1995. Nederbördsmängden under hösten/vintern 1994/1995 var stor, vilket avspeglas i den höga avrinningen denna period. Februari och maj 1997 var de enda månaderna som gav några större mängder avrinning det året.

De aritmetiska årsmedeltalen för pH i dräneringsvattnet varierade mellan 6,2 och 6,9. Ingen systematisk variation mellan leden eller skillnad med tiden kan konstateras vad gäller pH och ledningstal, tabell 20.

Tabell 20. Årsmedelvärden för pH och ledningstal (mS/m) i dräneringsvatten

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
	Sen höstplöjning		rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Fånggröda	-	-	90	45	90	45	90	45
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytfödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
pH								
1993/94	6,6	6,6	6,6	6,3	6,5	6,5	6,5	6,6
1994/95	6,5	6,7	6,7	6,3	6,4	6,4	6,4	6,5
1995/96	6,4	6,7	6,7	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4
1996/97	6,6	6,6	6,9	6,3	6,4	6,5	6,6	6,5
1997/98	6,6	6,5	6,8	6,2	6,5	6,5	6,5	6,9
1998/99	6,7	6,7	6,9	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8
Ledningstal								
1993/94	39	37	36	43	41	41	40	39
1994/95	32	36	33	31	27	29	29	30
1995/96	32	39	31	28	28	26	26	27
1996/97	42	41	41	34	37	36	36	35
1997/98	41	40	41	34	38	33	31	32
1998/99	27	28	29	26	26	26	24	25

3.11.2. Årliga ämneskoncentrationer och utlakningsförluster

Årsvisa medelkoncentrationer av nitrat- och totalkväve samt beräknad kväveutlakning redovisas i tabell 21 samt figur 4 och 5. Avrinningens stora variation mellan åren hade avgörande betydelse för kväveläckagets storlek. I det handelsgödslade ledet med tidig höstbearbetning varierade kväveutlakningen mellan ca 10 och 40 kg N/ha. Kvävekoncentrationerna varierade mellan 11 och 15 mg/l. Nitratkvävet utgjorde minst 75 % av totalkvävet.

Valet av gröda tycktes inte inverka nämnvärt på kväveläckaget. Potatisen orsakade ingen förhöjd utlakning, trots kväverika skörderester. Det goda kväveutbytet hos potatisen hade troligen betydelse för detta. Vidare hade den måttliga höst- och vinternederbörden samt den kalla vintern generellt ha medfört mindre utlakning.

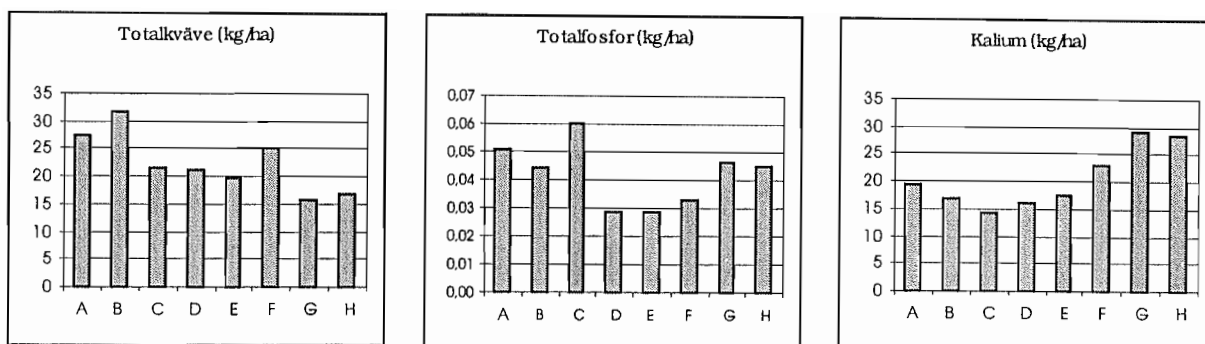
Från A och B som stubbearbetades strax efter skörd och plöjdes på senhösten var kväveläckaget störst alla åren, vilket berodde på en ökad frigörelse av kväve i marken efter bearbetning. Motsvarande led med vårplöjning (E och F) visade på i medeltal 25 % lägre läckage av totalkväve. Odling av fånggröda som vårplöjdes minskade utlakningen med ytterligare 15 % i handelsgödslat led (G) och 25 % i stallgödslat led (H).

I leden med fånggröda som plöjdes ner sent på hösten (C och D) var däremot effekten på utlakningen inte lika stor. Under flera år var utlakningen till och med större än från de vårplöjda leden utan fånggröda. Trots att bearbetningen skedde först i November orsakade nedbrukningen av fånggröda tydligen ändå en viss mineralisering av kväve redan under senhösten och vintern.

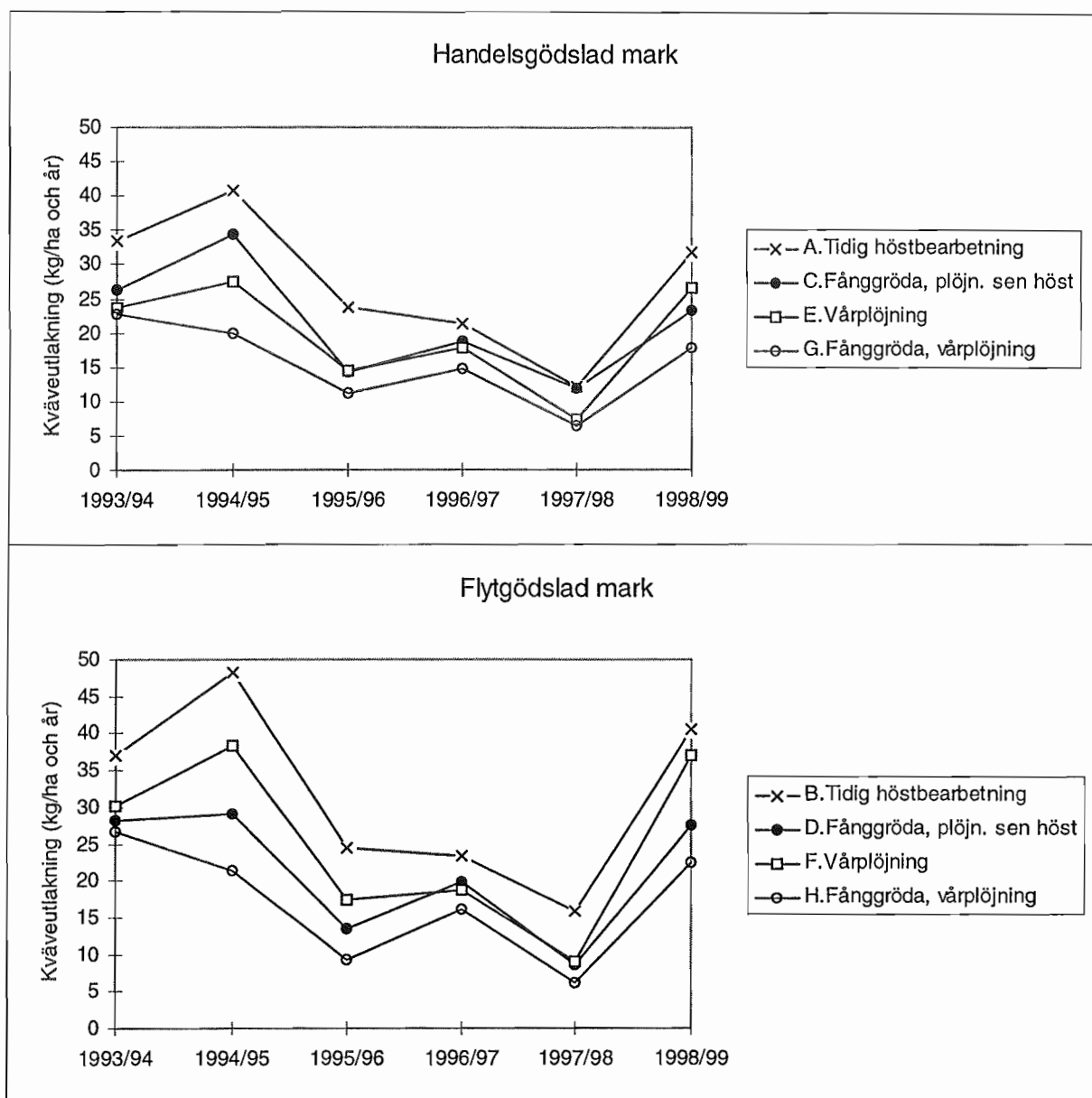
Tillförseln av stallgödsel ökade kväveläckaget något jämfört med handelsgödsling, särskilt i leden utan fånggröda. Led B och F, stallgödslade led utan fånggröda, visade på ca 20 % högre utlakning av totalkväve än motsvarande led med endast handelsgödsel (A och E). Visserligen var den totala givan av oorganiskt kväve i medeltal något större än i handelsgödslade led, men huvudorsaken var sannolikt den ökade mineraliseringen av kväve i stallgödslade led. När fånggröda odlades tycktes fånggrödan ta hand om eventuellt merkväve i marken till följd av stallgödslingen.

Fosforförlusterna från försöksfältet var mycket små, 0,03-0,05 kg P/ha och år (tabell 22 och figur 4). Tendenser fann till större utlakning från höstplöjda led än vårplöjda.

Kaliumförlusterna var däremot omfattande, särskilt i vårplöjda led med fånggröda (tabell 23 och figur 4). Där varierade kaliumutlakningen mellan 14 och 46 kg K/ha och år. I led C och D med samma behandling men höstplöjning var kaliumutlakningen endast hälften så stor. Det är osäkert vad som är orsaken till dessa stora skillnader mellan leden.



Figur 4. Ledvisa medeltal för åren 1993-99 av uttransporterad mängd (kg/ha) totalkväve, totalfosfor samt kalium.



Figur 5. Årlig uttransporterad mängd (kg/ha) totalkväve odlingsåren 1993 - 1998.

Tabell 21. Årsmedelkoncentrationer (mg/l) samt uttransporterad mängd (kg/ha) av total- respektive nitratkväve odlingsåren 1993 – 1998, (agrohydrologiska år, 1/7 – 30/6)

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
	Sen höstplöjning		rajgräs	rajgräs			rajgräs	rajgräs
Fånggröda	-	-			-	-		
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytfödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993/94								
Tot-N (mg/l)	15	17	12	13	11	14	10	12
Tot-N (kg/ha)	34	38	26	29	24	31	23	27
NO3-N (mg/l)	14	15	11	12	10	13	9	11
NO3-N (kg/ha)	31	35	24	26	22	28	20	24
1994/95								
Tot-N (mg/l)	13	15	11	9	9	12	6	7
Tot-N (kg/ha)	41	48	34	29	28	39	20	21
NO3-N (mg/l)	11	14	9	8	8	11	5	5
NO3-N (kg/ha)	36	44	29	25	24	34	14	16
1995/96								
Tot-N (mg/l)	14	15	9	8	9	11	7	6
Tot-N (kg/ha)	24	24	14	13	14	17	11	9
NO3-N (mg/l)	13	13	8	7	8	9	5	4
NO3-N (kg/ha)	21	22	12	12	13	16	9	7
1996/97*								
Tot-N (mg/l)	14	16	13	13	12	13	10	11
Tot-N (kg/ha)	21	23	19	20	18	19	15	16
NO3-N (mg/l)	13	14	11	12	11	11	8	9
NO3-N (kg/ha)	19	21	16	18	16	16	13	14
1997/98								
Tot-N (mg/l)	12	16	12	9	8	9	7	7
Tot-N (kg/ha)	12	16	12	9	7	9	6	6
NO3-N (mg/l)	11	15	11	8	7	8	5	5
NO3-N (kg/ha)	10	14	11	8	6	8	5	5
1998/99								
Tot-N (mg/l)	11	14	8	10	9	13	6	8
Tot-N (kg/ha)	32	41	23	27	27	37	18	22
NO3-N (mg/l)	10	13	7	8	8	12	5	7
NO3-N (kg/ha)	27	35	20	23	23	33	14	18
Medeltal 93-98								
Tot-N (mg/l)	13	16	11	10	10	12	8	9
Tot-N (kg/ha)	27	32	21	21	20	25	16	17
NO3-N (mg/l)	12	14	10	9	9	11	6	7
NO3-N (kg/ha)	24	29	19	19	17	23	13	14

* 1996/97 var höstråg fånggröda.

Tabell 22. Årsmedelkoncentrationer (mg/l) samt uttransporterad mängd (kg/ha) av total- respektive fosfatfosfor odlingsåren 1993 – 1998, (agrohydrologiska år, 1/7 – 30/6)

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
		Sen höstplöjning	Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytfödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993/94								
Tot-P (mg/l)	0,013	0,014	0,019	0,005	0,008	0,01	0,011	0,016
Tot-P (kg/ha)	0,030	0,032	0,042	0,010	0,018	0,022	0,025	0,037
PO4-P (mg/l)	0,0007	0,002	0,002	0,0006	0,002	0,002	0,0005	0,002
PO4-P (kg/ha)	0,002	0,006	0,005	0,001	0,005	0,003	0,001	0,005
1994/95								
Tot-P (mg/l)	0,028	0,021	0,039	0,019	0,019	0,021	0,03	0,03
Tot-P (kg/ha)	0,087	0,066	0,124	0,059	0,061	0,068	0,096	0,095
PO4-P (mg/l)	0,007	0,002	0,007	0,003	0,005	0,007	0,006	0,006
PO4-P (kg/ha)	0,023	0,006	0,022	0,011	0,016	0,021	0,02	0,02
1995/96								
Tot-P (mg/l)	0,042	0,038	0,048	0,026	0,021	0,022	0,033	0,034
Tot-P (kg/ha)	0,07	0,062	0,079	0,042	0,034	0,037	0,055	0,057
PO4-P (mg/l)	0,017	0,009	0,012	0,005	0,005	0,003	0,008	0,013
PO4-P (kg/ha)	0,029	0,014	0,02	0,008	0,008	0,005	0,013	0,021
1996/97*								
Tot-P (mg/l)	0,042	0,033	0,02	0,017	0,016	0,021	0,022	0,02
Tot-P (kg/ha)	0,063	0,049	0,03	0,025	0,023	0,032	0,033	0,03
PO4-P (mg/l)	0,007	0,003	0,005	0,0009	0,002	0,003	0,004	0,006
PO4-P (kg/ha)	0,01	0,004	0,007	0,001	0,003	0,005	0,006	0,009
1997/98								
Tot-P (mg/l)	0,017	0,014	0,027	0,01	0,015	0,009	0,016	0,015
Tot-P (kg/ha)	0,017	0,014	0,026	0,01	0,014	0,008	0,016	0,015
PO4-P (mg/l)	0,002	0,001	0,004	0,002	0,002	0,002	0,004	0,005
PO4-P (kg/ha)	0,002	0,001	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004	0,004
1998/99								
Tot-P (mg/l)	0,013	0,014	0,022	0,01	0,008	0,011	0,018	0,013
Tot-P (kg/ha)	0,037	0,041	0,061	0,027	0,021	0,03	0,052	0,037
PO4-P (mg/l)	0,004	0,006	0,009	0,002	0,003	0,002	0,002	0,004
PO4-P (kg/ha)	0,01	0,016	0,026	0,005	0,008	0,006	0,005	0,011
Medeltal 93-98								
Tot-P (mg/l)	0,026	0,022	0,029	0,015	0,015	0,016	0,022	0,021
Tot-P (kg/ha)	0,051	0,044	0,060	0,029	0,029	0,033	0,046	0,045
PO4-P (mg/l)	0,006	0,004	0,007	0,002	0,003	0,003	0,004	0,006
PO4-P (kg/ha)	0,013	0,008	0,014	0,005	0,007	0,007	0,008	0,012

* 1996/97 var höstråg fånggröda.

3.11.3. Kväveutlakning under olika årstider

Som framgår av tabell 24, som avser de agrohydrologiska åren 1993/94 - 1997/98 samt hösten 1998, blev utlakningen av totalkväve under perioden från gulfmognad (eller blastdödning 1996) till senhöst (medeldatum: 8/8 - 4/11) i genomsnitt bara ett par kg totalkväve per ha. Ett undantag utgör den fuktiga sensommaren och hösten 1998 (jmf. tabell 5), då utlakningen fram till tiden för plöjningen på senhösten uppgick till 9-24 kg totalkväve per ha. De största förlusterna uppstod då i leden med stubbearbetning efter skörden (19 och 20 kg i led A resp. B), medan minst utlakning ägde rum där marken låg obearbetad under perioden. I leden med flytgödsel blev kväveutlakningen i medeltal 5 kg N/ha större än i leden med enbart mineralgödselkväve. Kväveminaliseringen från gulfmognad till senhösten 1998 (som ej redovisats i någon tabell) var större än under andra år och tycks tillsammans med en omfattande avrinning vara orsaken till den ökade utlakningen denna höst.

Tabell 23. Årsmedelkoncentrationer (mg/l) samt uttransporterad mängd (kg/ha) av kalium odlingsåren 1993 – 1998, (agrohydrologiska år, 1/7 – 30/6)

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytfödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993/94								
K (mg/l)	7	7	5	7	7	9	11	12
K (kg/ha)	17	15	12	15	16	21	25	27
1994/95								
K (mg/l)	9	7	7	7	8	10	13	13
K (kg/ha)	27	23	21	23	24	33	40	40
1995/96								
K (mg/l)	10	8	7	7	8	10	14	12
K (kg/ha)	16	13	12	11	13	17	23	19
1996/97*								
K (mg/l)	11	9	7	8	9	13	17	16
K (kg/ha)	16	14	11	11	14	20	26	25
1997/98								
K (mg/l)	11	10	7	9	11	12	15	15
K (kg/ha)	10	9	7	9	11	12	14	15
1998/99								
K (mg/l)	11	9	8	9	10	12	16	16
K (kg/ha)	30	26	23	27	28	34	46	44
Medeltal 93-98								
K (mg/l)	10	8	7	8	9	11	14	14
K (kg/ha)	19	17	14	16	18	23	29	28

* 1996/97 var höstråg fånggröda.

N-utlakningen var i normalfall naturligt nog störst under perioden senhöst - tidig vår (medeldatum för perioden: 4/11 - 18/4), med variationer från som minst ca 10 kg N/ha i led G och H med fånggröda och vårplöjning till ca 20 kg i led A och B med stubbearbetning och höstplöjning. Under var och en av perioderna tidig vår - uppkomst eller potatissättning (medeldatum för perioden: 18/4 - 17/5) och uppkomst - gultmognad (medeldatum för perioden: 17/5 - 8/8) utlakades bara 1-3 kg totalkväve per ha.

Vårarna och/eller försomrarna under åren 1995-98 var emellertid nederbördsrikare än normalt. Ökad utlakning uppkom under perioderna tidig vår - uppkomst (potatissättning) och uppkomst (potatissättning) - gultmognad dock bara 1995 och 1996, då de ledvisa förlusterna uppgick till 5-12 kg N/ha resp. 3-11 kg N/ha under tiden från tidig vår till gultmognad. Det är knappast troligt att N-gödslingen under våren i fråga nämnvärt påverkade dessa förluster. Orsaken torde istället främst vara djupare beläget mineralkväve i marken, eftersom N-utlakningen blev minst i led G och H (fånggröda och vårplöjning) med små mineralkväveförråd på våren samt störst i led A och B (stubbearbetning och höstplöjning) med mest mineral-N på våren (jmf. tabell 17).

Tabell 24. Utlakning av totalkväve (kg/ha) under olika perioder: (I) avslutad kväveupptagning (vid gulmognad eller blastdödning) - sen höst (medeldatum: 8/8 - 4/11), (II) sen höst - tidig vår (medeldatum: 4/11 - 18/4), (III) tidig vår - uppkomst (stråsåd) eller sättnings av potatis (medeldatum: 18/4 - 17/5) och (IV) uppkomst (stråsåd) eller sättnings av potatis - avslutad kväveupptagning (medeldatum: 17/5 - 8/8)

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993/94, havre/havre								
gulmognad - senhöst	7	8	5	6	6	7	7	7
senhöst - tidig vår	27	29	22	22	17	23	16	20
tidig vår - uppkomst	0	0	0	0	0	0	0	0
uppkomst - gulmognad	0	0	0	0	0	0	0	0
1994/95, havre/korn								
gulmognad - senhöst	4	4	3	2	3	4	3	3
senhöst - tidig vår	27	33	22	18	17	23	11	14
tidig vår - uppkomst	1	2	1	1	1	1	1	1
uppkomst - gulmognad	9	10	8	8	6	10	5	4
1995/96, korn/potatis								
gulmognad - senhöst	2	2	1	2	2	2	1	1
senhöst - tidig vår	10	11	7	5	6	7	4	5
tidig vår - sättnings	9	9	5	5	6	7	4	2
sättnings - blastdödning	2	2	1	1	1	1	1	1
1996/97, potatis/havre								
blastdödning - senhöst	2	2	2	1	2	2	1	1
senhöst - tidig vår	17	18	15	16	14	15	12	13
tidig vår - uppkomst	2	2	2	2	2	2	1	1
uppkomst - gulmognad	0	0	0	0	0	0	0	0
1997/98, havre/korn								
gulmognad - senhöst	0	0	0	0	0	0	0	0
senhöst - tidig vår	12	15	11	8	7	8	6	6
tidig vår - uppkomst	0	0	0	0	0	0	0	0
uppkomst - gulmognad	1	1	1	0	0	1	0	0
1998/99 korn/havre								
gulmognad - senhöst	19	24	12	14	15	23	9	12
Medeltal 1993/94-1997/98								
gulmognad - senhöst	3	3	2	2	3	3	2	2
senhöst - tidig vår	18	21	15	14	12	15	10	11
tidig vår - uppkomst	3	3	2	2	2	2	1	1
uppkomst - gulmognad	2	3	2	2	2	3	1	1
Totalt för hela året	26	30	21	20	18	23	15	16
Medeltal för AB, CD, EF och GH	28		20		20		15	

3.12. Kvävemineralisering under olika årstider

I tabell 25 åskådliggöres nettomineraliseringen av kväve under följande perioder under året:

- I Från kväveupptagningens avslutning under sensommaren (gulmognad under stråsådes-åren, blastdödning under potatisåret 1996) till senhösten (medeldatum för perioden: 15/8 - 5/11). Perioden avser tiden fram till plöjning på hösten i led A-D.
- II Från senhösten till tidig vår (medeldatum för perioden: 5/11 - 23/4). Perioden avser den tid då det i allmänhet inte pågår någon nämnvärd tillväxt eller ingen tillväxt alls hos förekommande markvegetation.
- III Under "växtsäsongen", räknat från jordprovtagningen under tidig vår till gulmognad, dvs. till dess att huvudgrödans N-upptagning kan anses ha upphört (medeldatum för perioden: 23/4 - 15/8). Perioden avser den säsong, under vilken övervintrande mineralkväve och kväve som då mineraliseras kan tas tillvara av grödan.

Period I och II avser de årstider då det efter odling av vårsådda grödor (i detta försök vårsäd och potatis) inte finns någon levande vegetation, fränsett ogräs och grodd spillsäd, som kan ta tillvara kvävet i marken, såvida ingen fånggröda eller höstsäd etablerats. Det mineralkväve som under denna "vegetationslösa" tid finns i marken eller tillkommer genom mineralisering utgör komponenter i det kväve som kan utsättas för utlakning eller denitrifikation.

Beräkningar av kvävemineraliseringen under de nämnda perioderna redovisas i tabell 24, som avser de agrohydrologiska åren 1993/94 - 1997/98. Värdena för växtsäsongen baseras som nämnts på data från 0N-parcellerna. Eftersom sådana inte lades ut under potatisåret 1996, ingår ej denna växtsäsong i redovisningen.

I led A och B, som normalt stubbearbetades vid två tillfällen efter skörden, uppgick den beräknade N-mineraliseringen under perioden gulmognad (blastdödning) - senhöst till i medeltal 14 resp. 18 kg N/ha. Betydligt mindre med kväve frigjordes i allmänhet i de övriga leden, som låg obearbetade under denna period. Det är tydligt att stubbearbetningen gynnade kväveomsättningarna i marken och påverkade frigörelsen av kväve mer än kvävefastläggningen i samband med växtresternas nedbrytning. Den ökade kvävefrigörelsen genom stubbearbetningen i led A och B synes vara en viktig orsak till att N-utlakningen under vinterhalvåret blev störst i dessa led (se avsnitt 3.11).

Under perioden senhöst - tidig vår stimulerade uppenbarligen höstplöjningen N-frigörelsen i led C och D (med fånggröda, höstplöjning) mer än i de led som låg obearbetade fram till våren (E-H) men även mer än i led A och B, som stubbearbetats och sedan höstplöjts. Medan N-frigörelsen under denna period uppgick till i medeltal ca 30 kg N/ha i led C och D, blev den knappt hälften så stor i led G och H med fånggröda och vårplöjning. Det förefaller som om de båda faktorerna fånggröda och vårplöjning verkade konserverande på det organiskt bundna kvävet i marken. Utlakningen blev här också minst (tabell 21 och 24). Den ökade N-frigörelsen i led C och D genom höstplöjningen kan dock till stor del tänkas ha ägt rum först tidigt på våren, när marktemperaturen börjat stiga och jorden börjat torka upp. Ett sådant N-mineraliseringstillskott behöver då icke ha lett till ökad utlakning utan till stor del kommit grödorna till godo.

Tabell 25. Nettomineralisering av kväve (kg/ha) under olika perioder: (I) avslutad kväveupptagning (vid gulmognad eller blastdödning) - sen höst (medeldatum: 15/8 - 5/11), (II) sen höst - tidig vår (medeldatum: 5/11 - 23/4) och (III) tidig vår - avslutad kväveupptagning (medeldatum: 23/4 - 15/8). I perioden tidig vår - avslutad kväveupptagning ingår inte året med potatis

Led	A	B	C	D	E	F	G	H
Jordbearbetning	Tidig stubbearbetning							
	Sen höstplöjning		Sen höstplöjning		Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.	Vårplöjn.
Fånggröda	-	-	rajgräs	rajgräs	-	-	rajgräs	rajgräs
Handelsgödsel	90	45	90	45	90	45	90	45
Flytgödsel, vår	-	+	-	+	-	+	-	+
1993/94, havre/havre								
gulmognad - senhöst	9	3	-16	-12	-2	5	-8	-9
senhöst - tidig vår	22	25	27	26	22	13	16	15
tidig vår - gulmognad	26	30	33	34	16	28	40	39
1994/95, havre/korn								
gulmognad - senhöst	14	14	15	11	4	13	3	5
senhöst - tidig vår	25	33	33	33	19	19	8	17
tidig vår - gulmognad	34	42	39	34	30	41	62	53
1995/96, korn/potatis								
gulmognad - senhöst	20	21	4	14	14	22	6	4
senhöst - tidig vår	3	25	29	25	16	16	10	16
tidig vår - blastdödning								
1996/97, potatis/havre								
blastdödning - senhöst	16	22	17	17	13	18	33	37
senhöst - tidig vår	32	28	49	41	26	29	-1	-3
tidig vår - gulmognad	2		7		15		30	
1997/98, havre/korn								
gulmognad - senhöst	14	29	6	6	8	25	6	13
senhöst - tidig vår	12	17	15	32	11	33	25	31
tidig vår - gulmognad	27	30	46	41	26	48	57	71
Medeltal 1993/94-1997/98								
gulmognad-senhöst	14	18	5	7	8	17	8	10
senhöst-tidig vår	19	26	30	31	19	22	11	15
tidig vår-gulmognad	23	34	31	37	22	39	48	54
Totalt för hela året	56	78	67	75	48	78	67	79
Medeltal för AB, CD, EF och GH	67		71		63		73	

Som medeltal för alla led och år uppgick nettomineraliseringen av kväve under "växtsäsongen", dvs. från tidig vår till gulmognad, till 36 kg N/ha (tabell 25). Detta är ett ganska lågt värde i jämförelse med andra jordar och odlingssituationer (se t.ex. Lindén et al., 1992a och 1993a; Wallgren & Lindén, 1994).

Vårplöjningen syntes leda till minst lika stor kvävefrigörelse under växtsäsongen som höstplöjningen. I led E och F (utan fånggröda, vårplöjning) uppgick nettomineraliseringstillskottet av kväve i medeltal till 22 resp. 39 kg N/ha jämfört med 23 och 34 kg i led A och B (utan fånggröda, med stubbearbetning och höstplöjning). Fånggrödan syntes ytterligare öka kväve-

frigörelsen under växstsäsongen, särskilt efter vårplöjning. Sålunda frigjordes ca 50 kg N/ha i led G och H (med fånggröda, vårplöjning) jämfört med ca 35 kg under växstsäsongen efter nedplöjning av fånggrödan på hösten (led C och D). Vidare blev kvävemineralskotten under växstsäsongen större i flytgödselleden B, D, F och H (i medeltal för dessa led 41 kg N/ha) än i leden med enbart kväve i mineralgödsel (A, C, E och G), i genomsnitt 31 kg N/ha.

3.13. Kväve-, fosfor- och kaliumbalanser

För att belysa hur väl gödsling och övriga behandlingar i de olika odlingssystemen i försöket anpassats med hänsyn till hushållning med växtnäringsämnen har ledvisa växtnäringsbalanser upprättats (tabell 26 och appendix 1). I balanserna ingår dels *tillförsel* av kväve, fosfor och kalium genom gödsling samt för kväve även genom atmosfäriskt nedfall och dels *bortförsel* av dessa ämnen med skördeprodukterna och genom utlakning. I tabell 26 visas ledvisa medeltal för de agrohydrologiska åren 1993/94 - 1997/98. Vad gäller kvävet i svinflytgödseln har endast ammoniumdelen beaktats i tabell 26 och appendix 1.

3.13.1. Kväve

Balanserna uppvisar överskott av kväve på 4-20 kg N per ha och år som ledvisa medeltal för alla åren 1993/94 - 1997/98. Överskotten blir något större, om bara stråsädesåren beaktas. I led A och B med stubbearbetning och höstplöjning, där N-utlakningen var störst (tabell 21), erhöles årsbalansvärden på +8 resp. +4 kg N/ha som medeltal för alla år. Kvävebalansen blev här mindre positiv än i led C och D (med fånggröda, höstplöjning), E och F (utan fånggröda, vårplöjning) samt G och H (med fånggröda, vårplöjning). Dessa led hade balansvärden på +10...+20 kg N/ha, samtidigt som kväveutlakningen blev mindre än i led A och B.

Den mer positiva N-balansen i led C, E och G än i led A, som alla avser led med tillförsel av enbart mineralgödsel, kan bara till en liten del förklaras med den något mindre bortförsln av kväve med skördeprodukterna (1-4 kg N/ha mindre än i led A) till följd av obetydligt lägre skördar och/eller totalkväveinnehåll i skördeprodukterna (tabell 7). Tillförsln av kväve med gödsel och atmosfäriskt nedfall var densamma i led A, C, E och G (enbart mineralgödsel), se tabell 3. Utlakningsförlusternas storlek och de odlingsåtgärder (jordbearbetning och fånggröda) som styr dem synes därför vara de faktorer som mest påverkat skillnaderna mellan dessa odlingssystem i fråga om bortförsel av kväve och därmed också skillnaderna i kväveöverskottets storlek i balanserna. Mellan leden med flytgödseltillförsel (B, D, F och H) gäller samma förhållanden.

I leden med flytgödsel (B, D, F och H) blev som medeltal för alla åren 1993/94 - 1997/98 de ledvisa balanserna 2-7 kg N/ha mindre positiva än i leden med tillförsel av enbart mineralgödsel. I beräkningarna har med avseende på flytgödseln som nämnts bara dess ammoniumkväveinnehåll beaktats, men ändå tillfördes med detta beräkningssätt 6 kg/ha mer gödselkväve i flytgödselleden (tabell 3). I medeltal blev kväveutlakningen bara 2 kg N/ha större i flytgödselleden under dessa år. Med skördarna bortfördes dock i genomsnitt 6-11 kg N/ha mer kväve än i leden med enbart mineralgödsel. N-bortförsln med de ökade skördarna synes därför vara den viktigaste förklaringen till de mindre kväveöverskotten i leden med flytgödsel än i leden med enbart mineralgödsel.

Tas emellertid det organiska kvävet i flytgödseln (tabell 3) med i balanserna, uppkommer ett betydande N-överskott i leden med flytgödsel (B, D, F och H). För alla år erhöles i dessa led i tur och ordning balansvärden på i medeltal +31, +40, +35 och +43, medan de motsvarande värdena i leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G) uppgick till +8, +17, +17 resp. +20.

3.13.2. Fosfor och kalium

I genomsnitt tillfördes 26 kg P/ha och år i leden med enbart mineralgödsel och 28 kg i leden med flytgödsel. Med skördarna bortfördes i genomsnitt 14-19 kg P/ha årligen fr.o.m. 1994. Under åren med stråsåd uppkom ledvisa årsöverskott av fosfor på 3-7 kg N/ha (tabell 26). P-gödslingen till potatisen 1996 var betydligt större än till stråsåd. Beaktas även potatisåret blir fosforöverskottet i medeltal 9-12 kg P per ha och år. Då utlakningen av total-P i stort sett uppgick till 0,05 kg/ha, beror fosforöverskotten huvudsakligen på att P-gödslingen blev större än bortförsele med skördeprodukterna.

I medeltal spreds årligen 68-69 kg K/ha i de olika leden. Med skördeprodukterna bortfördes i genomsnitt årligen 49-61 kg K/ha, enligt beräkningar baserade på tabellvärden för K-innehållet från programmet STANK 3.0. Utlakningen av K uppgick till 13-26 kg K/ha (tabell 23) som ledvisa medeltal för åren 1993/94 - 1997/98.

Ett kaliumöverskott på några få kg K/ha uppkom i balanserna för de höstplöjda leden (A-D) och för led E med vårplöjning men utan fånggröda (tabell 26). I övriga vårplöjda led uppstod K-underskott, uppenbarligen beroende på större kaliumutlakning, särskilt i leden med flytgödselspridning (F och H).

Tabell 26. Medeltal av årsbalanser för kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) för åren 1993/94-1997/98 med avseende på tillförel och bortförsele av dessa ämnen (kg/ha år). I tillförelsele ingår växtnäring i tillförd mineralgödsel och svinflytgödsel samt uppskattat kvävenedfall. Kvävet i flytgödseln avser endast ammoniumkväve. I bortförselele ingår växtnäring bortförd med skördeprodukterna spannmålskärna och potatisknölar samt utlakning (från gulmognad till gulmognad). Kaliuminnehållet i havre- och kornkärna är satt till 3,2 % resp. 4 % eftersom inga analysvärden finns. Årliga balanser redovisas i appendix 1.

Led	A			B			C			D			E			F			G			H					
	Tidig stubbearbetning			Sen höstplöjning			Sen höstplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning								
Jordbearbetning							rajgräs			rajgräs									rajgräs			rajgräs					
Fånggröda	-			-									-			-			rajgräs			rajgräs					
Handelsgödsel	90			45			90			45			90			45			90			45					
Flytgödsel, vår	-			+			-			+			-			+			-			+					
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Tillförel																											
Min.gödsel + svinflytg.	90	26	69	96	28	68	90	26	69	96	28	68	90	26	69	96	28	68	90	26	69	96	28	68	96	28	68
Kvävenedfall*	8			8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	26	69	104	28	68	98	26	69	104	28	68	98	26	69	104	28	68	98	26	69	104	28	68	104	28	68
Bortförsele																											
Skörd	64	15	50	70	17	56	60	15	53	69	17	53	62	14	49	71	18	55	63	15	53	74	19	61	74	19	61
Utlakning	26	0	17	30	0	15	21	0	13	20	0	14	18	0	16	23	0	21	15	0	26	16	0	25	16	0	25
Summa	90	15	68	100	17	71	81	15	65	89	17	67	81	14	64	94	18	76	78	15	78	90	19	86	90	19	86
Differens:																											
Tillfört-bortfört (1993/94-1997/98)	8	11	5	4	11	-3	17	11	4	15	12	1	17	12	5	10	11	-8	20	11	-9	14	9	-19	14	9	-19
Tillfört-bortfört (1993/94-1997/98, stråsåd)	12	3	1	6	7	2	19	3	6	16	7	2	22	4	3	10	6	-5	24	3	-8	18	5	-10	18	5	-10

*) Källa STANK 3.0, Jordbruksverket.

4. ÖVERGRIPANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER

4.1. Skördar och odlingssystem

Som framgått av avsnitt 3.1 påverkades skördenivåerna endast obetydligt av den insådda fånggrödan (engelskt rajgräs). En orsak kan vara att rajgräset såddes först ca 6 dagar efter sådden av huvudgrödan. Vidare kan skördeutfallet i hög grad bero på att i ett odlingssystem med årligen återkommande fånggröda som i detta försök motverkar fånggrödans kväveefterverkan dess konkurrens gentemot huvudgrödan. Visserligen konkurrerade rajgräset något med huvudgrödorna om kvävet i marken, men fram till dess att huvudgrödorna avslutat sin kväveupptagning (vid gulmognad) hade fånggrödan i allmänhet bara tagit upp 6-7 kg N/ha (se avsnitt 3.7). Samtidigt förbättrade rajgräset grödornas N-försörjning med i genomsnitt 9 kg N/ha i jämförelse med leden utan fånggröda (avsnitt 3.6). Någon sådan positiv verkan kunde dock inte fastställas i undersökningar med rajgräs som fånggröda på lerjord vid Lanna (Lindén et al., 1993a) och Östad (Lindén et al., 1997), båda platserna också belägna i Västergötland.

Vårplöjning gav praktiskt taget samma skördar som höstplöjning men med svagt lägre totalkvävehalter i kärnskördarna. Att vårplöjning på jordar upp till 15-20 % ler inte behöver leda till sänkt avkastning har belysts i flera undersökningar i de nordiska länderna (Rasmussen, 1974; Njøs & Ekeberg, 1980; Nilsson, 1983; Ekeberg & Riley, 1997; Lindén et al., 1998b; Riley & Ekeberg, 1998). Eftersom vårplöjning visade sig minska kväveutlakningen (tabell 21) genom mindre N-mineralisering under hösten och vintern (tabell 25), är det önskvärt med en övergång till vårplöjning på lättare jordar i så stor utsträckning som möjligt. Man måste dock beakta risken för uppförökning av fleråriga ogräs (Stenberg et al., 1999). Ny teknik såsom tilt-packning och plogsådd underlättar omställning till vårplöjning. Man kan också tänka sig positiva kombinationseffekter av vårplöjning och andra åtgärder. Detta gäller exempelvis vid stallgödselspridning på våren. Sådan spridning på oplöjd mark för att minska skadorna på markstrukturen, omedelbart följd av plöjning, möjliggör effektiv nedbrukning av gödseln för att minimera ammoniakavdunstningen.

Slutsatser:

Fånggrödans kväveupptag fram till huvudgrödans gulmognad var 6-7 kg N/ha, vilket föga påverkade skörden av denna.

Vårplöjning gav ingen skördesänkning, dock något lägre kvävehalter i kärnan.

4.2. Grödornas kväveutnyttjande

Kväveutbytet med kärnskördarna, beräknat som det procentuella förhållandet mellan kväve i skördeprodukterna och kväve tillfört genom gödsling, blev i leden med enbart mineralgödsel bäst efter stubbearbetning och höstplöjning (71 %) och något lägre i leden med fånggröda och/eller vårplöjning (67-70 %), se tabell 8. I flytgödselleden blev kväveutbytet 71-76 % med avseende på kväve tillfört med mineralgödsel och som ammoniumkväve i flytgödseln. Tas emellertid hänsyn till totalkvävet i flytgödseln (tabell 3), blir kväveutbytet betydligt sämre än i leden utan flytgödseltillförsel (se även avsnitt 4.6).

Det anses eftersträvansvärt att uppnå kväveutbyten på närmare 100 %, vilket innebär att lika mycket kväve i stort sett bortförs med skördeprodukterna som tillförs med gödslingen (Bertilsson, 1999). Detta mål kunde inte uppnås med stråsädesskördarna i försöket men däremot i potatisen, där ett genomsnittligt kväveutbyte på drygt 100 % fastställdes. Resultatet

gäller visserligen bara ett år, men potatis är en gröda som normalt sköts väl med bekämpningar och bevattning vid behov. Det jämförelsevis stora kväveupptaget behöver därför inte vara något undantag.

Gödselkvävet utnyttjandegrad, beräknad som grödornas totala upptag av gödselkväve (i kärna, halm och rötter) i relation till tillförd kvävemängd, uppgick till 58-68 % i leden med enbart tillförsel av mineralgödsel och till 67-69 % i leden med flytgödsel, där dock endast det kväve som tillförts med mineralgödsel och som ammonium-N i flytgödseln tagits med i beräkningen (tabell 9). Bäst utnyttjandegrad erhöles efter stubbearbetning och plöjning på hösten. Utnyttjandegraden för gödselkvävet blev relativt sett sämre i leden med fånggröda än i leden utan sådan.

För leden med enbart mineralgödsel kan resultaten tolkas så, att 32-44 % av tillfört gödselkväve inte går att redovisa. I flytgödselleden uppgår det saknade kvävet till 31-33 % av det tillförda, om enbart mineralgödseln och flytgödselns ammoniumkväveinnehåll beaktas, men till 52-54 % om även innehållet av organiskt kväve medräknas.

Det kan tyckas vara anmärkningsvärt, att i storleksordningen 30-55 % av gödselkvävet inte blir utnyttjat i växtproduktionen som i dessa fall. Det tillförda gödselkvävet "öde" kan dock här bara delvis belysas. Visserligen uppkom en viss mindre utlakning under växtsäsongen, särskilt under två nederbördsrikare vårar och försomrar (tabell 24), men dessa förluster torde bara i liten utsträckning eller ej alls bero på utlakning av årets gödselkväve (se avsnitt 3.11). Genom bestämning av skillnaderna i mineralkväveförrådets storlek (0-90 cm markdjup) mellan de gödslade ordinarie rutorna och ON-parcellerna, som ej tillförts gödselkväve under året i fråga, "återfanns" i medeltal 1-3 kg N/ha av det saknade gödselkvävet vid den tidpunkt, då grödornas N-upptagning avslutats på sensommaren (tabell 17 och 18). Denna diffensmetod visar outnyttjat kväve i mineralisk form, som kan sägas härstamma från gödseln. Dessa outnyttjade mineralkväverester måste ha påverkat kväveutlakningen under vinterhalvåret i mycket liten utsträckning. Det synes istället ha varit kvävemineraliseringens storlek från höst till tidig vår (tabell 24) som främst inverkat på N-utlakningens storlek.

Det organiskt bundna kväve som ingick i flytgödseln torde delvis ha kommit att mineraliseras under åren närmast efter spridningen. Ökad kvävemineralisering uppkom också i flytgödselleden under såväl under de kalla årstiderna, då utlakningen huvudsakligen ägde rum, som under växtsäsongen (tabell 10 och 25). Detta synes ha bidragit både till ökade N-förluster och till förbättrad kväveförsörjning för grödorna.

Slutsatser:

Kväveutbytet varierade mellan 67-76% för stråsädesgrödorna, men potatisen gav ett utbyte på 100%.

Gödselkvävet utnyttjandegrad var i medeltal 65%, inräknat ammonium-N i flytgödseln.

4.3. Odlingsåtgärdernas inverkan på tillgången på utnyttjbart jordkväve

Jordbearbetningstidpunkterna tycktes inte nämnvärt påverka tillgången på utnyttjbart jordkväve (tabell 10). Sålunda utnyttjade stråsädesgrödorna i de höstplöjda leden i medeltal 46 kg N/ha som härstammade från marken, medan motsvarande tal i leden med vårplöjning blev 45 kg N/ha. Jordkvävetillgången blev emellertid bättre i leden med flytgödseltillförsel än i leden med enbart mineralgödselkväve. Rajgräs som insådd fånggröda förbättrade grödornas N-för-

sörjning med i genomsnitt 9 kg N/ha i jämförelse med leden utan fånggröda. I leden med fånggröda fanns härigenom ca 50 kg N/ha till förfogande för grödorna efter både höst- och vårplöjning. Totalt sett blev dock tillgången på utnyttjbart kväve relativt begränsad jämfört med andra jordar (jmf. t.ex. Lindén et al., 1992a, 1993a och b; Wallgren & Lindén, 1994).

Som framgår av avsnitt 3.12 blev den del av växttillgängliga jordkvävet som uppkommit genom nettomineralisering av kväve under växtsäsongen i de flesta fall större efter vår- än efter höstplöjning, särskilt där fånggrödan plöjdes ned på våren (tabell 25). Detta uppvägde helt eller i det närmaste helt de mindre övervintrande mineralkväveförråd som fanns i markprofilen (0-90 cm djup) tidigt på våren i leden med vårplöjning, speciellt där fånggrödan då plöjts ned (tabell 17). Att nettomineraliseringen av kväve blev förhållandevis stor redan under ett tidigt skede under växtsäsongen efter vårplöjning, med eller utan nedbrukning av fånggröda, framgår av tabell 19 som visar mineralkväveförråden vid huvudgrödans uppkomst. Mineralkvävemängderna var då i allmänhet visserligen fortfarande mindre i leden med vårplöjning (med och utan fånggröda) än efter höstplöjning, men ökningen av förråden sedan tidig vår genom mineraliseringsstillskott var minst lika stor.

Storleken på N-mineraliseringen i leden med fånggröda och vårplöjning från tidig vår till uppkomst är oväntad, eftersom N-efterverkan av rajgräs som fånggröda av många forskare ansetts vara obetydlig eller rent av negativ (se t.ex. Martinez & Guiraud, 1990; Jensen, 1991; Wallgren & Lindén, 1994). Den relativt låga C/N-kvoten i rajgräset (i medeltal 19, se tabell 15) före nedplöjningen på våren tyder dock på att nettofrigörelse av kväve vore möjlig inom en kortare tid (jmf. Jenkinson, 1981).

I leden med flytgödseltillförsel under de föregående åren blev ökningen i mineralkvävemängd från tidig vår till uppkomst i storleksordningen 25-33 kg som ledvisa medeltal, vilket är betydligt mer än i leden med enbart tillförsel av mineralgödsel. Det är tydligt att efterverkan av tidigare års spridning av flytgödsel, och även av tidigare fånggrödor, bl.a. yttrade sig i form av större N-mineralisering redan i början av växtsäsongen.

Slutsatser:

Jordbearbetningstidpunkten påverkade inte hur mycket jordkväve som blev tillgängligt för grödan under den efterföljande odlingsäsongen.

Flytgödseltillförsel och fånggröda inverkar positivt på kväveförsörjningen till den efterföljande grödan genom efterverkan i form av ökad kvävemineralisering. Fånggrödans N-efterverkan motsvarade 9 kg N/ha och flytgödselns 13 % av dess innehåll av organiskt kväve.

4.4. Fånggrödornas och annan grön vegetations tillväxt och kväveupptag

Fånggrödornas tillväxt från tidpunkten för huvudgrödans gulmognadsstadium och fram till senhösten (vid tidpunkten för höstplöjning) blev i allmänhet ganska liten, i medeltal 300-400 kg ts/ha i de ovanjordiska växtdelarna. Kväveupptaget i dessa delar ökade i genomsnitt med 6-9 kg N/ha under denna tid (tabell 12). På senhösten hade en genomsnittlig totalproduktion på 650-750 kg ts/ha uppnåtts. De ovanjordiska delarna av fånggrödorna, inklusive förekommande levande ogräs och grodd spillsäd, innehöll vid denna tidpunkt under åren med stråsäd fr.o.m. 1993 i medeltal 11-13 kg N/ha. Denna mängd kan anses motsvara 15-17 kg N/ha i hela fånggrödan inklusive rötterna. Talen motsvarar i stort sett den minskning av kväveutlakningen som fastställdes i leden med vårplöjning och fånggröda i jämförelse med leden med stubbearbetning efter skörd och plöjning på senhösten.

Tillväxten och kväveupptaget hos rajgräset fram till senhösten var av samma storleksordning som i ett försök på Lanna och ett vid Östad, båda i Västergötland (Lindén et al. 1993b resp. 1997). Det är dock troligt att detta odlingsområde (norra Västergötland) ligger nära en nordgräns för godtagbar tillväxt och utlakningsbegränsande förmåga i praktiken hos engelskt rajgräs som insådd fånggröda. Nordgränsen sträcker som förmodligen bort mot de norra Mälardalskapen, där Ohlander et al. (1996) rapporterade god hösttillväxt i ett försök i Uppsala-trakten. Enligt resultat från ett fältförsök med engelskt rajgräs i södra Dalarna blev däremot hösttillväxten och N-upptaget mycket ringa (Lindén et al. 1998b).

I leden utan fånggröda men med vårplöjning provtogs levande ogräs och grodd spillsäd på senhösten. Detta växtmaterials ovanjordiska biomassa innehöll då i genomsnitt bara 2-4 kg N/ha (tabell 12). Det är därför uppenbart att man under de odlingsbetingelser som rådde på försöksplasten normalt inte kan räkna med att spillsädesgrönka tar upp större N-mängder under hösten och därmed begränsar N-utlakningen påtagligt. Trots detta blev totalkväveutlakningen i de led utan fånggröda som förblev obearbetade till våren omkring en tredjedel mindre än där marken stubbearbetades och plöjdes på hösten (tabell 21 och 24). Effekten torde främst bero på mindre N-mineralisering på hösten och vintern genom utebliven jordbearbetning under denna tid och bara till en liten del på spillsädesgrönkans och ogräsets kväveupptag på hösten.

I led A och B grönskade marken ofta rikligt efter den första stubbearbetningen (medeldatum: 11/9). Detta torde i hög grad bero på att spillsäd gynnades att gro genom jordbearbetningen. Efter den andra stubbearbetningen (medeldatum: 24/9) brukades dock denna vegetation ned i marken i stor utsträckning. Under mellantiden kan spillsädesgrönkan knappast ha tagit upp mer kväve än det som redan fanns i de grodda kärnorna. Denna vegetation torde därför ha påverkat N-utlakningen mycket lite.

Den höstråg som såddes den 10 oktober efter potatisskörden 1996 kunde bara ta upp 4-5 kg N/ha i de ovanjordiska växtdelarna (tabell 12). Detta är ungefär lika mycket kväve som i det använda utsädet. En sent sådd höstsädesgröda kan under de rådande klimatförhållandena således inte ta upp nämnvärda kvävemängder på hösten. Det synes därför vara svårt att på detta sätt minska N-utlakningen efter senpotatis.

Slutsatser:

Rajgräsfånggrödan innehöll 15-17 kg N/ha på senhösten.

Höstråg som fånggröda efter potatis innehöll 4-5 kg N/ha på senhösten och fungerade således inte tillfredsställande som fånggröda under rådande klimatförhållanden.

I led med senarelagd bearbetning utan fånggröda var kväveinnehållet i ogräs och spillsädesgrönka endast 2-4 kg N/ha, vilket troligtvis inte begränsade utlakningen nämnvärt.

4.5. Kvävedynamik och kväveutlakning i marken under olika årstider

Där marken stubbearbetades (normalt vid två tillfällen) och plöjdes på senhösten blev N-utlakningsförlusterna som störst och uppgick till ca 30 kg totalkväve per ha som medeltal för åren 1993/94 - 1998/99 (tabell 21). Med fånggröda och vårplöjning halverades dock i stort sett N-utlakningen, till drygt 15 kg N/ha. Vidare blev kväveutlakningen i storleksordningen bara

20 kg total-N per ha, där marken låg obearbetad till plöjningen på våren men ingen fånggröda såtts.

Med fånggröda och höstplöjning reducerades kväveutlakningen ungefär lika mycket. Kväveutlakningens storlek i de olika leden tycks kunna förklaras av jordbearbetningens och övriga odlingsåtgärders inverkan på N-mineraliseringen under de olika årstiderna. Under hösten blev som nämnts kväveminaliseringen större, där marken stubbearbetats (normalt två gånger) efter skörden än där den låg obearbetad fram till plöjningen på senhösten eller till våren (tabell 25). I led A och B med stubbearbetning och höstplöjning mineraliserades därför som ledvisa medeltal 33 resp. 44 kg N/ha totalt under de årstider (gulfmognad - senhöst - tidig vår), då utlakningen var som störst. Detta motsvarar 59 resp. 56 % av årsmineraliseringen. Efter nedplöjning av fånggrödan på senhösten ökade uppenbarligen kväveminaliseringen från senhöst till tidig vår och därmed anhopningen av mineraliserat kväve i marken (jmf. Beck-Friis et al., 1993). Minst blev kväveminaliseringen under vintern i de led som låg obearbetade fram till våren. I led E och F med vårplöjning men utan fånggröda frigjordes från gulfmognad till tidig vår i genomsnitt 27 resp. 39 kg N/ha, samtidigt som kväveutlakningen blev mindre (tabell 21 och 24). I led G och H med fånggröda och vårplöjning blev kvävefrigörelsen som medeltal för dessa kalla årstider så liten som 19 resp. 25 kg N/ha, motsvarande ca 30 % av årsmineraliseringen, och utlakningen blev minst i dessa led. I de odlingssystem där vårplöjning med eller utan fånggröda ingick blev således hushållningen med det organiska kvävet i marken bäst.

Kväveminaliseringen under hela året uppgick under åren 1993/94 - 1997/98 till 69 kg N/ha som medeltal för alla år och led, oräknat sommaren under potatisåret 1996 (tabell 25). Frigörelsen blev några kg N/ha större i leden med fånggröda än utan sådan. I leden med enbart mineralgödsel (A, C, E och G) blev årsvärdet i genomsnitt 60 kg N/ha jämfört med 78 kg i flytgödselleden (B, D, F och H). Från avslutad kväveupptagning på sensommaren till tidig vår, dvs. under de årstider då utlakningen var som störst, blev nettomineraliseringen av kväve i leden med enbart mineralgödselkväve i medeltal 29 kg N/ha och i leden med flytgödsel 37 kg N/ha. Den större N-mineraliseringen under hösten och vintern i flytgödselleden, som också yttrades sig som större mineralkväveförråd särskilt på senhösten (tabell 17), torde ha medverkat till de något större N-utlakningsförlusterna i dessa led (tabell 21 och 24). Rajgräs som fånggröda motverkade dock dessa förluster.

Det är uppenbarligen också så, att man med rajgräs som fånggröda och genom vårplöjning kan styra kväveminaliseringen, så att den blir mindre under de årstider då kväveutlakning normalt äger rum men ökar under växtsäsongen, då det frigjorda kvävet kan utnyttjas av grödan (jmf. Lindén et al., 1993a och 1994). Detta var fallet i leden med fånggröda och vårplöjning. I leden med vårplöjning men utan fånggröda blev kvävefrigörelsen under de kalla årstiderna också mindre, men någon ökning av kväveleveransen under växtsäsongen kunde inte fastställas i jämförelse med konventionellt höstbruk, dvs. stubbearbetning och höstplöjning.

Den ökade N-frigörelsen dels efter stubbearbetningen och dels efter plöjningen på senhösten ägde rum trots att de nedbrukade stråsådesgrödornas växtrester uppvisade kol-kvävekvoteer på 65 till 184 med ett medeltal på ca 120 (tabell 16). Det är således tydligt att bearbetningen och luckringen av jorden gynnade kväveminaliseringen mer än den kväveimmobilisering som måste ha ägt rum i samband med växtresternas nedbrytning. Detta avspeglas också i de större mineralkväveförråden på hösten i de stubbearbetade leden, och tidigt på våren även i de höstplöjda leden (tabell 17).

Även efter nedplöjning av rajgräs som fånggröda på senhösten stimulerades uppenbarligen kvävemineraliseringen från höst till tidig vår (tabell 25). Kol-kväveknoten i rajgräsets ovanjordiska delar var på senhösten ca 25. Vid nedbrytning av växtmaterial med sådan C/N-kvot torde nettomineralisering av kväve komma till stånd en relativt kort tid efter nedbrukningen (jmf. Jenkinson, 1981). Efter nedplöjning på hösten av rajgräs som fånggröda kan man uppenbarligen inte förvänta, att kväveimmobilisering vid nedbrytningen av växtresterna efter rajgräset påtagligt skall motverka den genom jordbearbetningen stimulerade N-mineraliseringen. Motsvarande synes gälla efter nedplöjning på våren (se ovan).

Jordbearbetningens stimulerande inverkan på kvävemineraliseringen tycks sammanhännga bl.a. med sönderdelning av jordklumpar, aggregat och växtrester samt ökad genomluftning av marken. Härtill nedbrukas och dödas växter och andra organismer, som sedan börjar nedbrytas. Särskilt i obearbetad jord ligger emellertid en del av det organiska materialet skyddat i utrymmen i marken med mycket liten porvolym, som inte är tillgängliga för mikrober (Rovira & Greacen, 1957). Sådant fysiskt skydd inne i små markporer kan enligt Breland & Hansen (1996) medföra minskad kvävemineralisering i tät jord genom nedsatt omsättning av organiskt material och mikrobbiomassa. I studier där sammanpackad jord bröts upp, så att nya ytor blottades, uppmätte emellertid Rovira & Greacen (1957) ökad syreförbrukning, vilket tolkades som en biologisk effekt orsakad av förbättrad substrattillgång för mikroorganismerna. Adu & Oades (1977) visade likaledes, att organiskt material inne i aggregat skyddades mot nedbrytning. Ökad koldioxidbildning efter sönderdelning av aggregaten togs även här som bevis på, att förstörelse av aggregat och omfördelning av jordpartiklarna medför ökad mikrobiell nedbrytning av organiskt material i marken. Sådan stegrad biologisk aktivitet leder också till ökad kvävemineralisering, vilket i inkubationsförsök klassiskt belysts som en effekt av jordprepareringen med åtföljande sönderdelning av aggregat (se t.ex. Waring & Bremner, 1964).

Effekten på N-mineraliseringen genom sönderdelning av aggregat vid jordbearbetning borde som en följd av det citerade vara störst i leriga jordar och lerjordar. I matjorden på Fotegården uppgick lerhalten bara till 7 %, men trots detta uppkom stimulering av kvävefrigörelsen genom jordbearbetning. Så tycks även ha varit fallet i ett försök på sandig mojord vid Mellby i Halland (Stenberg et al., 1999), där lerhalten i matjorden var likartad. En förklaring kan vara, att en viss aggregering av jorden kommit till stånd även vid så låga lerhalter.

Slutsatser:

Genom att undvika tidig höstbearbetning och istället plöja på våren minskade utlakningen med ca 25 %. Orsaken var nedsatt frigörelse av kväve i marken under hösten och vintern. Om dessutom insådd fånggröda odlades minskade utlakningen ytterligare 15-25 %.

Tillförsel av flytgödsel medförde generellt något större kväveutlakning än mineralgödsel, vilket berodde på större mineralisering av organiskt bundet kväve.

Tidpunkten för plöjning (utan fånggröda) hade ingen påtaglig inverkan på mängden växttillgängligt kväve under växtsäsongen.

Nedbrukning av fånggröda, på hösten och våren, ökade mineraliseringen och kvävetillgången för den efterföljande grödan. Bäst effekt på utlakning nåddes dock vid vårplöjning av fånggrödan.

Genom vårplöjning och insådd fånggröda kan kvävemineraliseringen i väsentlig grad styras så att den minskar under vinterhalvåret, då kväveutlakningen sker, och istället ökar under växtsäsongen.

4.6. Kväve-, fosfor- och kaliumbalanser

I växtnäringsbalanserna, som gjordes på årsbasis (appendix 1) och redovisas i form av medeltal för alla år i tabell 26, ingår dels tillförsel av kväve, fosfor och kalium genom gödsling, och vad gäller kväve även atmosfäriskt nedfall, och dels bortförsel av dessa ämnen med skördeprodukterna och genom utlakning.

För kväve visade balanserna överskott i alla led. Kväveöverskotten blev generellt sett större där utlakningen blev mindre. I leden med enbart tillförsel av mineralgödsel erhöles genomsnittliga årsbalansvärden på +8...+20 kg N/ha och i leden med flytgödsel +4...+17 kg N/ha. De något mindre överskotten i flytgödselleden sammanhänger med högre avkastning och därmed större N-bortförsel med skördeprodukterna. I leden med flytgödsel har dock bara tillförseln av kväve med mineralgödsel och som ammoniumkväve i flytgödseln beaktats i beräkningarna. Tas emellertid även hänsyn till flytgödselns innehåll av organiskt bundet kväve, uppkommer överskott på 31-43 kg N/ha i leden med flytgödsel.

Från ett hushållningsperspektiv är det inte tillfredsställande i det långa loppet med så stora N-överskott som balanserna i flytgödselleden uppvisar. Det kan här inte förklaras, vad som hänt med det kväve som redovisas som överskott i de olika leden. En viss mullhaltssupplebyggnad med åtföljande inlagring av kväve är trolig, vilket Blombäck (1998) visade vid simulering av kol- och kvävedynamiken i ett försök vid Mellby i Halland med rajgräs som fånggröda. Sammantaget kan dock också större kväveförluster ha förekommit. Tillfört flytgödselkväve, som vid spridningen befann sig i organisk form eller senare lagrats in i organiskt material, kan vid senare mineralisering ha medfört ökade kväveförluster. Större sådan mineralisering konstaterades också i leden med flytgödsel, inte bara under växtsäsongen utan även under de årstider då N-utlakningen var stor (jmf. avsnitt 4.5). Vidare kan kväveförluster genom ammoniakavdunstning vid flytgödselspridningen och genom denitrifikation m.m. ha ägt rum.

I leden med fånggröda och plöjning på senhösten liksom i leden med vårplöjning, med och utan fånggröda, var kvävemineraliseringen under vinterhalvåret eller delar därav mindre än i leden med stubbearbetning och höstplöjning (tabell 25), och utlakningen reducerades som nämnts. Samma gäller mineralkväveförråden i marken vid motsvarande provtagningstillfällen (tabell 16). Odling av fånggröda och/eller vårplöjning verkade således mer konserverande på det organiskt bundna kvävet under de kalla årstiderna än stubbearbetning i kombination med höstplöjning. Detta talar för en upplagring av kväve i organisk form i marken med åren, där dessa utlakningsbegränsande åtgärder vidtagits.

Fosforbalanserna uppvisade i genomsnitt årliga P-överskott på 3-7 kg P/ha under stråsådesåren och ännu mer (9-12 kg), om året med potatis inräknas. Detta beror på den kraftigare fosforgödslingen till denna gröda. Att P-gödslingen i försöksplanen var så stor i förhållande till P-bortförseln beror på att mineralgödselkvävet i flytgödselleden, som motsvarade hälften av N-givan i leden med enbart mineralgödsel, avsågs att kompletteras med ammoniumkväve upp till en för grödorna utnyttjbar N-mängd av samma storlek som i leden med enbart mineralgödsel. Skall uppgödsling av marken med fosfor undvikas, måste i sådana situationer en större del av flytgödselkvävet ersättas med mineralgödselkväve. Eftersom matjorden hade P-AL-klass IV (tabell 1), kan uppgödsling anses ha varit obehövlig.

Kaliumbalanserna uppvisade ett mindre överskott i leden med höstplöjning och generellt ett underskott i leden med fånggröda och vårplöjning. Det är svårt att finna någon förklaring till dessa skillnader. K-utlakningen uppgick i medeltal till 14-26 kg K/ha för åren 1993/94 - 1997/98. Under det agrohydrologiska året 1998/99, som ej medtagits i balanserna, blev kaliumförlusterna ovanligt stora, särskilt i leden med vårplöjning och fånggröda, där ca 45 kg K/ha utlakades. I dessa led var emellertid kväveutlakningen minst. Generellt tycks det inte finnas något entydigt samband mellan N- och K-utlakningarnas storlek i detta försök.

Den årliga K-utlakningen på denna mojord kan jämföras med 4-8 kg K/ha på en mellanlera på Lanna försöksstation i Västergötland (Lindén et al., 1993b). Matjorden på försöksplatsen hade ett kaliumtillstånd motsvarande K-AL-klass III och K-HCl-klass 1, dvs. ett högst medelmåttligt tillstånd (tabell 1). Eftersom K-utlakningen var så pass stor, är det troligt att större K-givor för att förbättra kaliumtillståndet skulle leda till ökad kaliumutlakning och därmed inte medge någon långsiktigt uthållig förbättring av K-tillgången.

Slutsatser:

Kvävebalansen visade på överskott i alla led, särskilt i led med fånggröda och vårplöjning. En upplagring av organiskt kväve i marken tycks därmed ske i led där utlakningsbegränsande åtgärder vidtagits.

Fosforbalansen visade på ett överskott på 3-7 kg P/ha, vilket bl.a. berodde på onödigt stor fosfortillförsel med flytgödsel.

Kalium visade på ett mindre överskott i höstplöjda led och ett underskott i vårplöjda led med fånggröda. Omfattande utlakning av kalium var främsta orsaken till detta.

5. SAMMANFATTNING

Under sju odlingsår (1993-1999) med samma behandling varje år i respektive försöksled på en mojord vid Fotegården i Västergötland har studier bedrivits på hur olika jordbearbetnings-tidpunkter och odling med och utan fånggröda påverkar kväveutlakning och kvävedynamik i marken i odlingsssystem med och utan stallgödseltillförsel.

I leden med stallgödseltillförsel används flytgödsel från svin i kombination med handelsgödsel. All gödsling sker på våren, före sådd. Marken stubbearbetas strax efter skörd (augusti-september) i två led, och plöjs på senhösten (november) eller under tidig vår (april-maj). Engelskt rajgräs sås in som fånggröda både i led med sen höstplöjning och med vårplöjning. Undantaget är 1996 då höstråg såddes efter potatisskörden i led som vårplöjdes.

De grödor som hittills odlats är: havre 1993 och 1994, vårkorn 1995, potatis 1996, havre 1997 och vårkorn 1998.

Fånggrödans kväveupptag och konkurrens i övrigt under växtsäsongen påverkade ringa skörden av huvudgrödan. Nedbrukning av fånggrödan tycktes istället öka N-mineraliseringen och kvävetillgången för den efterföljande grödan. Där marken var bevuxen med fånggröda under vintern minskade kväveutlakningen till hälften i jämförelse med höstbearbetning (inklusive stubbearbetning) och utan fånggröda. Vårplöjning och utan odling av fånggröda reducerade kväveutlakningen med 25 %.

Kväveupptaget i fånggröda och övrig vegetation på senhösten var 15-17 kg N/ha, vilket är i samma storleksordning som utlakningsminskningen i leden med vårplöjning och fånggröda.

Plöjningstidpunkten tycktes ej nämnvärt påverka mängden växttillgängligt jordkväve under påföljande växtsäsong.

Kväveutlakningen ökade något i de flytgödslade odlingssystemen som en följd av större mineralisering av organiskt bundet kväve. Mängden växttillgängligt jordkväve i dessa behandlingar var också något större under växtsäsongen.

Kvävebalansen var positiv i alla behandlingar, vilket indikerar överskott av kväve i odlingssystemen, speciellt i leden med vårplöjning samt med och utan fånggröda, genom mindre utlakningsförluster. Det tycks möjligt att styra mineraliseringen till att öka under växtsäsongen och minska under höst och vinter, genom att plöja på våren och använda en fånggröda, vilket också syns verka konserverande på det organiska kvävet i marken.

6. TILLKÄNNAGIVANDEN

Undersökningen har utgjort ett projekt i samarbete mellan avdelningarna för vattenvårdslära, jordbearbetning och växtnäringslära vid Institutionen för markvetenskap samt Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, alla tillhörande Sveriges lantbruksuniversitet. Studierna har bekostats med medel från Statens Jordbruksverk.

Distriktsförsöksledare Per-Johan Persson och hans efterträdare Johan Roland samt lantmästare Rolf Tunared med medarbetare på Lanna försöksstation, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, har haft ansvar för skötseln av försöket och all provtagning.

Avdelningen för vattenvårdslära har ansvarat för utlakningsmätningarna. Gunnar Torstensson ansvarade för anläggning av dräneringssystem och installation av mät- och registreringsutrustning. Ansvar för insamling av prover av dräneringsvatten, analyser, flödesmätningar och utlakningsberäkningar samt tolkning av sådana resultat har Helena Aronsson haft, under senare år tillsammans med Katinka Hessel Tjell. Vattenanalyserna har utförts av personalen vid Vattenvårdsavdelningens laboratorium.

Helena Aronsson, Avdelningen för vattenvårdslära och Börje Lindén, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara har tillsammans ansvarat för årliga skötsel- och provtagningsanvisningar för försöket. Börje Lindén har haft ansvaret för insamling och kontroll av jord-, gröd- och skördeprover för att belysa kväveomsättningarna i odlingssystemen, bl.a. kvävemine-
raliseringen under olika årstider. Uttagna växt- och jordprover har preparerats och analyserats av laboratoriepersonalen vid Avdelningen för växtnäringslära. Bearbetning och tolkning av dessa resultat har utförts av Lena Engström, också vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, tillsammans med Börje Lindén.

Avdelningen för jordbearbetning har färdigställt fältkort och utfört beräkning av skördarna och härtill hörande grödegenskaper.

Utvärdering av försöksresultaten har gjorts gemensamt av författarna.

- Lewan, L. 1990. Insådd fånggröda: Effekter på utlakningen av näringsämnen. Försök med italienskt rajgräs på en sandjord i södra Sverige. *Ekologi* 27. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 112.
- Lindén, B. 1979. Alyprovtagning med "Ultuna-borren" - för markkartering och framtida N-prognoser. Rapporter från Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, nr 120.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J. Sjøegaard, K. & Kjellerup, V. 1992a. Nitrogen mineralization during the growing season. 1. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 3-12.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J. Sjøegaard, K. & Kjellerup, V. 1992b. Nitrogen mineralization during the growing season. 2. Influence of soil organic matter content, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 49-60.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993a. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmojord i södra Halland med handels- och stallgödslande odlingssystem med och utan insådd fånggröda. *Ekohydrogi* 30. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993b. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. *Ekohydrogi* 33. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Aronsson, H. 1994. Kvävet i markprofilen: Betydelsen av höst- och vintermineraliseringen för kväveutlakningen och grödornas kväveförsörjning. I: *Alvens roll för växtproduktionen. Konferens den 9 mars 1994 anordnad av Stiftelsen Svensk Vaxtnäringsforskning* (red. T. Eriksson), Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 133, nr 5, 1994, 71-84.
- Lindén, B., Roland, J., Carlgren, K., Engström, L. & Tunared, R. 1997. Jämförelser mellan odlingssystem med konventionell och minimerad jordbearbetning, med och utan fånggrödor: växtproduktion, kväveförlustrisker och synpunkter på ekonomi. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 2, serie B Mark och växter.
- Lindén, B., Carlgren, K. & Svensson, L. 1998a. Kväveutnyttjande på en sandjord i Halland vid olika sätt att sprida svinflytgödsel till stråsåd. Rapport 199. Avdelningen för växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén, B., Rydberg, T. & Stenberg, M. 1998b. Jordbearbetningssystem på en mjälltlera i södra Dalarna: Inverkan på växtproduktion, kväveutnyttjande och risker för växtnäringsförluster. I: *Resultat från miljöövervakning och forskning i Mässingsboån, Hedemora kommun. Länsstyrelsen i Dalarnas län, Miljöenheten, rapport 1998:6.*
- Lyngstad, I. & Børresen, T. 1996. Effects of undersown cover crops on yields and soil mineral nitrogen in cereal production in southeast Norway. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10, 55-70.
- Martinez, J. & Guiraud, G. 1990. A lysimeter study of the effects of a ryegrass catch crop, during a winter wheat/maize rotation, on nitrate leaching and on the following crop. *J. Soil Sci.* 41, 5-16.
- Nilsson, N. M. 1983. Höst- eller vårplöjning till vårsåd på kapillära jordar. Resultat från 12 fältförsök under åren 1971-75. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen, nr 66. Institutionen för markvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Njø, A. & Ekeberg, E. 1980. Forsk med pløying til to dybder høst og vår på morenejord i Stange i årene 1969-1975. *Forskning og Forsøk i Landbruket* 31, 221-242.
- Ohlander, L., Bergkvist, G., Stendahl, F. & Kvist, M. 1996. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowing. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci.* 46, 186-191.

- Rasmussen, K. J. 1974. Forskellige pløjetidspunkter og furejævning til byg. Statens Forsøgsvirksomhed i Planteavl, 1189. beretning. Tidsskrift for Planteavl 78, 682-696.
- Riley, H. & Ekeberg, E. 1998. Effects of depth and time of ploughing on yields of spring cereals and potatoes and on soil properties of a morainic soil. Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 48, 193-200.
- Rovira, A. D. & Greacen, E. L. 1957. The effect of aggregate disruption on the activity of organisms in the soil. Australian Jour. Agr. Res. 8, 659-673.
- Statens jordbruksverks författningssamling 1999. Statens jordbruksverks föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket. SJVFS 1999:79, Statens jordbruksverk, 551 82 Jönköping.
- Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T. & Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. Soil & Tillage Research 50, 115-125.
- Torstensson, G. 1998. Nitrogen availability for crop uptake and leaching. Agraria 98. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Ulén, B. 1984. Påverkan på yt-, dränerings- och grundvatten vid Ekenäs. Ekohydrologi nr 18. Avd. f. Vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Wallgren, B. & Lindén, B. 1994. Effects of catch crops and ploughing times on soil mineral nitrogen. Swedish J. agric. Res. 24, 67-75.
- Waring, S. A. & Bremner, J. M. 1964. Effect of soil mesh-size on the estimation of mineralizable nitrogen in soils. Nature 202, 1141.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, 415-421.

8. PERSONLIGT MEDDELANDE

Agr.dr. Gunnar Torstensson, Avd. för vattenvårdslära, Inst. för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Box 7072, 750 07 Uppsala.

Motstående sida:

Appendix I. Årsvisa balanser för kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) för åren 1993/94-1997/98 med avseende på tillförsel och bortförsel av dessa ämnen (kg/ha·år). För 1992/93 finns ej fullständiga uppgifter eftersom försöket påbörjades våren 1993. I tillförseln ingår växtnäring i tillförd mineralgödsel och svinflytgödsel samt uppskattat kvävenedfall. Kvävet i flytgödseln avser endast ammoniumkväve. I bortförseln ingår växtnäring bortförd med skördeprodukterna spannmålskärna och potatisknölar samt utlakning (från gulmognad till gulmognad). Kaliuminnehållet i havre- och kornkärna är satt till 3,2 % resp. 4 % eftersom inga analysvärden finns. Medeltal för alla åren redovisas i tabell 25

Led	A			B			C			D			E			F			G			H		
	Jordbearbetning						Sen höstplöjning						Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning		
	Tidig stubbearbetning						Sen höstplöjning						Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning			Vårplöjning		
	Sen höstplöjning						rajgräs						rajgräs			rajgräs			rajgräs			rajgräs		
Fånggröda	-						-						-			-			-			-		
Handelsgödsel	90						45						90			45			90			45		
Flytgödsel, vår	-						+						-			+			-			+		
1993, havre	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Tillförsel																								
Min.gödsel och svinflyt	90	22	42	95	26	38	90	22	42	95	26	38	90	22	42	95	26	38	90	22	42	95	26	38
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	22	42	103	26	38	98	22	42	103	26	38	98	22	42	103	26	38	98	22	42	103	26	38
Bortförsl																								
Skörd, havre	83	16	20	77	15	19	84	16	19	85	16	20	79	16	20	91	18	23	66	15	19	86	17	22
Utlakning																								
Summa	83	16	20	77	15	19	84	16	19	85	16	20	79	16	20	91	18	23	66	15	19	86	17	22
Tillfört-bortfört	15	6	22	27	11	19	14	6	23	18	10	18	19	6	22	12	8	15	32	7	23	18	9	16
1993/94, havre/havre																								
Tillförsel																								
Min.gödsel och svinflyt	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46
Bortförsl																								
Skörd, havre	48	15	15	48	14	14	40	12	13	50	15	15	50	14	15	55	18	17	50	16	16	52	17	17
Utlakning	33	0	17	37	0	15	26	0	12	28	0	15	24	0	16	30	0	21	23	0	25	27	0	27
Summa	82	15	32	85	14	29	66	12	25	78	15	30	73	14	31	85	18	38	73	16	41	79	17	44
Tillfört-bortfört	17	1	-2	23	15	17	32	3	5	29	14	16	25	2	-1	23	11	9	25	0	-12	29	11	3
1994/95, havre/korn																								
Tillförsel																								
Min.gödsel och svinflyt	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46	90	15	29	100	29	46
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46	98	15	29	108	29	46
Bortförsl																								
Skörd, korn	40	14	16	63	21	21	29	11	11	56	18	20	37	13	15	59	19	20	40	14	15	66	21	21
Utlakning	41	0	27	48	0	23	34	0	21	29	0	23	28	0	24	38	0	33	20	0	40	21	0	40
Summa	81	14	43	111	21	44	64	11	32	85	18	43	65	13	39	97	19	53	60	14	55	87	21	61
Tillfört-bortfört	17	1	-13	-4	8	2	34	4	-3	23	10	3	33	2	-9	10	10	-7	38	1	-26	21	8	-15
1995/96, korn/potatis																								
Tillförsel																								
Min.gödsel och svinflyt	90	56	202	100	44	193	90	56	202	100	44	193	90	56	202	100	44	193	90	56	202	100	44	193
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	56	202	108	44	193	98	56	202	108	44	193	98	56	202	108	44	193	98	56	202	108	44	193
Bortförsl																								
Skörd, potatis	86	13	183	87	15	201	74	15	195	82	13	187	86	12	175	80	15	196	81	13	194	99	18	228
Utlakning	24	0	16	25	0	13	14	0	12	14	0	11	15	0	13	18	0	17	11	0	23	9	0	19
Summa	110	13	183	111	15	214	89	15	207	95	13	198	100	12	188	97	15	213	93	13	217	108	18	247
Tillfört-bortfört	-12	43	19	-3	29	-21	9	41	-5	13	31	-5	-2	44	14	11	29	-20	5	43	-15	0	26	-54
1996/97, potatis/havre																								
Tillförsel																								
Min.gödsel och svinflyt	90	22	42	89	20	30	90	22	42	89	20	30	90	22	42	89	20	30	90	22	42	89	20	30
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	22	42	97	20	30	98	22	42	97	20	30	98	22	42	97	20	30	98	22	42	97	20	30
Bortförsl																								
Skörd, havre	79	21	20	75	20	22	78	22	22	79	21	22	74	18	20	82	22	22	74	18	20	78	22	21
Utlakning	21	0	16	23	0	14	18	0	11	20	0	11	18	0	14	18	0	20	15	0	26	16	0	25
Summa	100	21	36	98	20	36	96	22	33	99	21	33	92	18	34	101	22	42	89	18	46	94	22	46
Tillfört-bortfört	-2	1	6	-1	-1	-6	2	0	9	-3	-2	-3	6	4	8	-4	-2	-12	9	4	-4	3	-2	-16
1997/98, havre/korn																								
Tillförsel, kg/ha																								
Min.gödsel och svinflyt	90	22	42	94	21	22	90	22	42	94	21	22	90	22	42	94	21	22	90	22	42	94	21	22
Kväenedfall	8			8			8			8			8			8			8			8		
Summa	98	22	42	102	21	22	98	22	42	102	21	22	98	22	42	102	21	22	98	22	42	102	21	22
Bortförsl																								
Skörd, korn	68	14	19	79	17	21	79	17	22	80	16	20	66	14	18	80	16	20	68	16	19	78	18	20
Utlakning	12	0	10	16	0	9	12	0	7	9	0	9	7	0	11	10	0	12	7	0	14	6	0	15
Summa	80	14	29	96	17	30	91	17	29	89	16	29	73	14	29	89	16	32	75	16	33	84	18	35
Tillfört-bortfört	18	8	13	6	4	-7	7	5	13	13	5	-7	25	8	13	13	5	-9	23	6	9	18	3	-13

