

Udvaskning af næringsstoffer fra lysimeter ved tilførsel af frugt vand

Leaching of plant nutrients from lysimeters after applying process water from the potatoes industry

Frede Jensen

Resumé

Frugt vand er betegnelsen for det spildevand, der fremkommer ved kartoffelmelsproduktion. Når frugt vandet udbringes på landbrugsjord i store mængder, kan der udvaskes plantenæringsstoffer. I et lysimeterforsøg på Jyndeved forsøgsstation 1970–78 har man søgt at belyse, i hvor høj grad dette sker.

Forsøget løb over 2 forsøgsperioder. I første periode tilførtes fra 60 til 240 mm frugt vand, i anden fra 50 til 100 mm. Forsøgsjordene var hedeslettesand og morænesand. Undersøgelsen omfattede udvaskningen af kvælstof, fosfor, kalium og magnesium. Miljømæssigt er det især udvaskning af kvælstof og fosfor, der har interesse.

Kvælstofudvaskningen i form af nitrat er angivet i $\text{NO}_3\text{-N}$, den var stærk stigende med stigende frugt vandstilførsel. Koncentrationen af kvælstof i frugt vandet var størst i anden forsøgsperiode, her steg $\text{NO}_3\text{-N}$ udvaskningen fra 17,2 g pr. m^2 ved tilførsel af 2×25 mm frugt vand til 40,3 g pr. m^2 ved 4×25 mm. Gennemsnitskoncentrationen steg tilsvarende fra 45,4 mg pr. liter til 97,8 mg pr. liter. Udvaskningen af $\text{NO}_3\text{-N}$ var 20% højere efter korn end efter græs på hedeslettesand og tilsvarende 19% højere på morænesand.

Analyserne for fosfor viste meget små værdier, ofte $< 0,1$ mg pr. liter i gennemsnitsvand.

En sikker beregning på udvaskningens størrelse var ikke mulig.

Itforbruget i gennemsnitsvand var lavt, det viser, at der ikke er passeret uomsat organisk materiale gennem jordlaget til afstrømning. Det kan anbefales at udsprøjte 30–35 mm på bevokset jord og 25–30 mm på ubevokset jord. De mindste mængder på grovsandede jorder.

Nøgleord: Næringsstofudvaskning, lysimeter, frugt vand, kartoffelmelsindustrier.

Summary

During the period 1970–78 lysimeter experiments were carried out with waste water (process water) from potatoes industry.

The aim of the experiments was to determine the leaching of plant nutrients after applying increasing amounts of process water to the soil.

The experiments were carried out over 2 periods. In the first 60–240 mm of water were applied and in the second 50–100 mm.

A coarse sandy soil and a moraine soil were used in both periods. The study of the leaching of nutrients included leaching of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium.

The phosphorus content was very low in drainage water, often below 0.1 mg per litre. A reliable calculation of the leaching of phosphorus has not been possible.

The leaching of nitrate nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) increased with increasing the amount of process water applied. In the second experimental period nitrogen leaching increased from 17.2 g of nitrate nitrogen per m^2 at 50 mm of process water to 40.3 g per m^2 at 100 mm of process water. The nitrogen concentrations in the drain water increased on average from 45.4 mg per litre to 97.8 mg per litre. After a grain crop the leaching of nitrogen was 20% higher than the leaching after a grass crop in coarse sandy soil. The corresponding figure from moraine soil was 19%.

The oxygen requirement of drainage water was low. Therefore it was possible to conclude that organic matter was not leached.

On the basis of the results it is recommended to use 30–35 and 25–30 mm of process water respectively on cropped and uncropped soil. The smaller amount is for coarse sandy soils.

Key words: Leaching of nutrients, lysimeter, process water from potatoes industry.

Indledning

Ved produktion af kartoffelmel fremkommer store mængder spildevand, der kaldes frugtvand. Frugtvandet har et stort indhold af organisk materiale. Det har desuden et stort indhold af plantenæringsstofferne kvælstof, fosfor, kalium og magnesium. Produktion af kartoffelmel på en fabrik af gennemsnitsstørrelse giver en daglig frugtvandsmængde på 1000 m^3 i en kampagneperiode på 3–5 måneder.

Den store daglige frugtvandsmængde i forbindelse med den korte kampagne bevirker, at f.eks. en mekanisk biologisk rensning vil blive meget kostbar i forhold til årsproduktionen.

Samtlige danske fabrikker har derfor valgt, at udsprøjte frugtvandet på landbrugsarealer. Ved udsprøjtning på landbrugsjord nedbryder mikroorganismerne i muldlaget de organiske stoffer, og plantenæringsstofferne i frugtvandet udnyttes som gødning.

For at belyse frugtvandets indflydelse på udvaskning af næringsstoffer, gennemførtes der i årene 1970–78 lysimeterforsøg med stigende mængder frugtvand ved Jynde vad forsøgsstation. Til forsøget blev anvendt frugtvand fra andelskartoffelmelsfabrikken »Sønderjylland« i Toftlund. Fabrikken forarbejder 480 t kartofler pr. døgn, hvilket giver en frugtvandsmængde på ca. 1100 m^3 pr. døgn.

Sideløbende blev der gennemført markforsøg med varierende mængder frugtvand for at under-

søge indflydelse på udbyttet og næringsstoffoptagelsen samt for at følge ændringer i jordens næringsstoffindhold og i reaktionstallet (Jensen, 1981). Tidligere undersøgelser over næringsstoffudvaskning i lysimeterforsøg, vil blive refereret senere i beretningen.

Metodik

Lysimeterkarrenes konstruktion og indretning er beskrevet af Jensen (1982).

Forsøgsjorden var hedeslettesand fra Jynde vad og morænesand fra Toftlund. Jorden blev nedlagt med samme lagdeling som i marken, og der blev tilstræbt samme tæthed. Lagenes tykkelse, reaktionstal og teksturanalyser fremgår af tabel 1. I bunden af karrene blev der lagt udvasket grus.

Resultaterne i 1973 tyder på, at enkelte kar ikke var helt vandtætte. Forsøgsjorden blev derfor taget op, og karrene tætnet. Ved ilægning af ny jord blev anvendt hedeslettesand fra Jynde vad og morænesand fra Frøslev. Analysetal for disse jorder ses også i tabel 1. Humusbestemmelserne er lavet som glødetab.

Det anvendte frugtvand blev som nævnt hentet på kartoffelmelsfabrikken i Toftlund. Tapningen af frugtvandet skete på fødeledningen fra bassin til udsprøjtningens anlæg. Ved hver afhentning blev der udtaget prøver til analyser. Årsgennemsnit af disse analyser er vist i tabel 2. Stigningen i koncentrationen i 1975 og 1976 skyldes en modernise-

Table 1. Teksturanalyser og ombytningskapacitet
Texture and cation exchange capacity

Dybde <i>Depth, cm</i>	Ler <i>Clay</i>	Silt <i>Silt</i>	Finsand <i>Fine sand</i>	Grovsand <i>Coarse sand</i>	Humus <i>Humus</i>	Rt	Symbol**
1969 Hedeslettesand, Jynde vad							
0- 30	2,4	2,4	20,7	71,9	2,6	5,7	GR.S.
30- 90	2,3	1,5	15,2	79,2	1,7	5,7	»
90-150	1,7	1,2	13,2	83,3	0,7	5,6	»
1969 Morænesand, Toftlund							
0- 25	2,2	4,6	38,2	51,4	3,6	6,7	GR.S.
25- 50	2,7	4,0	40,8	50,1	2,4	6,4	»
50- 75	2,2	2,2	36,4	57,8	1,4	6,2	»
75-100	2,0	1,7	41,7	53,7	1,0	6,0	»
100-125	1,5	1,6	39,4	56,6	0,8	5,9	»
125-150	1,6	1,3	36,1	60,1	0,9	5,9	»
1974 Hedeslettesand, Jynde vad							
0- 33	3,0	2,9	19,3	72,2	2,6	6,1	GR.S.
33- 66	3,0	2,6	16,2	76,1	2,2	5,8	»
66-110	3,1	2,2	10,9	83,0	0,8	5,9	»
110-160	4,4	2,8	8,3	85,4	0,4	5,6	»
1974 Morænesand, Frøslev							
0- 43	4,4	5,0	27,4	59,9	3,3	7,2	GR.S.
43- 85	5,4	7,6	36,8	48,1	2,1	6,6	GR.L.S.
85-120	8,1	7,6	37,5	46,5	0,8	6,5	»
120-160	5,2	3,7	29,5	60,5	1,2	6,2	»
Ombytningskapacitet							
	CEC.*	H	mækv. ombyttelig/100 g jord K	Na	Ca	Mg	
1974 Hedeslettesand, Jynde vad							
0- 33	8,48	4,80	0,05	0,04	3,44	0,15	
33- 66	10,63	8,60	0,04	0,03	1,85	0,11	
66-110	5,24	4,75	0,04	0,02	0,40	0,03	
110-160	3,05	2,80	0,03	0,01	0,02	0,01	
1974 Morænesand, Frøslev							
0- 43	11,05	2,90	0,11	0,06	7,83	0,15	
43- 85	7,87	3,60	0,11	0,04	4,04	0,08	
85-120	4,39	2,60	0,05	0,03	1,67	0,04	
120-160	6,28	3,10	0,08	0,09	2,89	0,12	

CEC.* = Kationombytningskapacitet

** = Jordtypebetegnelse ved jordklassificering

ring på fabrikken, der gjorde det muligt at anvende mindre vandmængder pr. t forarbejdede kartofler. Der blev udført de samme analyser i drænvand, men med et mindre antal BIs analyser.

Analysearbejdet blev udført ved Centralanaly-

tisk Laboratorium i Vejle og Jynde vad forsøgsstation.

Frugtvandet måtte nødvendigvis tilføres i fabrikkens kampagneperiode fra midten af september til omkring årsskiftet. For at undgå

Tabel 2. Analyser af frugt vand 1969-76
Analyses of process water 1969-76

År/gns.	pH	Tørstof dry matter g/l	Aske Ash g/l	BI ₅ * BOD ₅ mg O ₂ /l	KMnO ₄ ** mg/l	Total-N mg/l	NO ₃ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	K mg/l	Mg mg/l
1969	5,4	7,8	2,1	4511	3853	769	13	101	62	757	30
1970	5,5	7,1	2,2	4054	3685	430	3	74	61	595	30
1971	5,2	8,0	2,3	5737	3914	490	8	87	77	790	31
1972	4,8	4,9	1,4	3346	2573	304	4	47	41	501	21
1974	5,6	8,1	1,7	5197	3642	496	13	48	68	784	28
1975	5,4	13,9	3,2	9864	5755	837	25	94	103	1562	51
1976	5,4	12,7	3,2	8012	5647	942	15	104	101	1398	54
Gns. 69-72	5,2	7,0	2,0	4412	3506	498	7	77	60	661	28
Gns. 74-76	5,5	11,6	2,7	7692	5015	758	18	82	91	1248	44

* 5-døgns biokemisk iltforbrug.

** Kaliumpermanganat iltforbrug.

frostperioder af længere varighed, blev frugt vandet tilført i oktober-november. Frugt vandet blev indtil 1973 tilført med vandkande som portionsvanding med ca. en halv times mellemrum, og fra 1974 med et vandingsanlæg, der gav den ønskede vandmængde over ca. 1½ time. Opsamlingsperioden for drænvand gik fra 1. oktober til 30. september. Der blev udtaget 10% af afstrømningen til analyse.

Forsøgsplaner

1970-73 (forsøgsperiode 1)

A. Hedeslettesand

B. Morænesand

- 0 mm frugt vand pr. år
 - 60 mm frugt vand pr. år à 2 × 30 mm
 - 120 mm frugt vand pr. år à 4 × 30 mm
 - 180 mm frugt vand pr. år à 6 × 30 mm
 - 240 mm frugt vand pr. år à 8 × 30 mm
- Der var 3 fælleskar med følgende afgrøder:

	kar 1-5	kar 6-10	kar 11-15
1971	Ital. rajgræs	Hundegræs	Kløvergræs
1972	Havre	Hundegræs	Kløvergræs
1973	Rug	Hundegræs	Havre

Gødskning: Kun frugt vand

1974-78 (forsøgsperiode 2)

A. Hedeslettesand

B. Morænesand

- 0 mm frugt vand 0 kunstgødning
- 0 mm frugt vand 1 kunstgødning
- 50 mm frugt vand à 2 × 25 mm
- 100 mm frugt vand à 4 × 25 mm
- 100 mm frugt vand à 2 × 50 mm

Der var 2 fælleskar med følgende afgrøder:

	kar 1-5	kar 6-10
1975	Byg	Byg med udlæg
1976	Havre	Græs
1977	Hvede	Græs
1978	Kartofler	Kartofler

Med 1 kunstgødning blev der tilført korn 11,0-15,0 g N, 3,4-3,6 g P, 8,3-18,3 g K og 0,8-1,0 g Mg pr. m², mest til hvede.

Til græs 40,0-45,0 g N, 4,8 g P, 24,7-25,2 g K og 1,4 g Mg pr. m². Til kartofler led 2 og 5 13,6 g N, 3,7 g P, 16,7 g K og 1,0 g Mg pr. m².

I efteråret 1974 blev der vandet med frugt vand på gul sennep, der var sået 8. august og blev nedgravet den 5. december.

Der blev ikke vandet med frugt vand i efteråret 1977 forud for kartofler.

Tabel 3. Udbytter 1971-73 g totaltørstof pr. m²
Yield 1971-73 g dry matter per m²

Frugtvand, mm <i>Process water</i>	Antal forsøg <i>Number of experiments</i>	0	60	120	180	240	LSD
		A Hedeslettesand					
Græs, <i>Grass</i>	4	398	457	660	821	1092	163
Kløvergræs, <i>Clover grass</i>	2	377	527	761	946	995	143
Rug, <i>Rye</i>	1	592	714	1080	1306	1571	-
Havre, <i>Oats</i>	1	333	598	573	451	280	-
B Morænesand							
Græs	4	569	610	821	1054	1119	166
Kløvergræs	2	554	703	850	1189	1214	406
Rug	1	733	811	1459	1117	1631	-
Havre	1	315	540	530	410	281	-

Udbytter

Udbytterne er anført som g total tørstof (kerne + halm) pr. m². Tabel 3 viser gennemsnit for 1. forsøgsperiode. Der er gennemsnit af 4 forsøg i græs og 2 i kløvergræs.

De to forsøg i korn er vist med enkeltresultater pga., at de 2 kornarter har reageret vidt forskelligt ved tilførsel af stigende mængder frugtvand. Som det fremgår af tallene, har rugen vist stærkt stigende udbytte med stigende frugtvandstilførsel.

Havren har derimod vist stærkt aftagende udbytte med stigende frugtvandstilførsel. Forklaringen må formentlig søges i den store kaliumtilførsel, hvor kalium kan blokere for magnesiumoptagelsen. Det er en almindelig erfaring, at havren er meget følsom over for magnesiummangel, medens rugen ikke er det. Forskellen kan yderligere være forstærket ved, at rugen har haft en bedre næringsstofudnyttelse, da den har kun-

Tabel 4. Udbytter i g total tørstof pr. m² 1975-78
Yield in dry matter per m² 1975-78

	Antal forsøg <i>Number of experiment</i>	0	1 kunstg. <i>1 fertilizer</i>	Frugtvand, mm <i>Process water, mm</i>			LSD
				2×25	4×25	2×50	
A Hedeslettesand							
Korn, <i>Grain</i>	4	342	675	656	857	797	172
Græs, <i>Grass</i>	2	187	800	613	960	734	ns
Eftervirkning i kartofler 1978, forfrugt korn		581	760	964	1166	1055*	
<i>After-effect in potatoes, preceding crop: cereals</i>							
Eftervirkning i kartofler, forfrugt, græs		746	906	1216	1389	1400*	
<i>After-effect in potatoes, preceding crop: grass</i>							
B Morænesand							
Korn	4	445	843	819	914	805	294
Græs	2	316	1030	879	1204	1101	ns
Eftervirkning i kartofler, forfrugt korn		1031	1079	1109	1453	1500*	
<i>After-effect in potatoes, forfrugt græs</i>		1166	1338	1432	1696	1637*	

* 1 kunstgødning 1978.

net optage en del næringsstoffer i efteråret. Havre 1972 blev kasseret pga. fugleskade.

Udbyttetallene for 2. forsøgsperiode er vist i tabel 4. Der er gennemsnitsudbytter for 4 år i korn og 2 år i græs. Udbytterne stiger med stigende frugtvandstilførsel. Udbyttet ved 4×25 mm frugtvand er gennemgående højere end ved tilførsel af 2×50 mm. Tørstofudbytterne i kartofler 1978 viser, at der har været en eftervirkning efter tilførsel af frugtvand de foregående år. Effekten har været størst, hvor forfrugten var græs.

Vand og næringsstofbalance

Vandbalance

Tabel 5 er opstillet efter vandbalanceligningen: $E_a = N + T - A$. Hvor E_a = aktuel fordampning, N = nedbør, T = tilført og A = afstrømning. Tallene er angivet i l pr. $m^2 = mm$. I periode 1 var afstrømningen stor, medens fordampningen var lille. Dette kan formentlig skyldes, at der er løbet ekstra nedbør fra den flade karkant ned i lysimetret, derved er tilførsel med nedbør større, end nedbørstallene angiver. Det bevirker, at afstrømningen bliver større, og differencen = rest til aktuel fordampning, bliver mindre.

Som det ses af tilført frugtvand, er karrerne 1–5, 6–10 og 11–15 fælleskar med hensyn til frugtvandstilførsel, men afgrøderne har været forskellige. Der er ikke nogen sikker forskel på afstrømningen fra de forskellige afgrøder. Med en enkelt undtagelse, har afstrømningen været størst fra hedeslettesand. De med * mærkede kar har ikke været helt vandtætte.

Inden start af 2. forsøgsperiode blev karrerne tætnet. For at undgå at der løb nedbør fra karkanten ind i lysimetret, blev der lavet en skarp karkant.

Aktuel fordampning var lidt større i denne periode. Som i den foregående forsøgsperiode, var afstrømningen størst fra hedeslettesand. Dette kan formentlig skyldes en større vandholdende evne i morænesand. Tallet for kar nr. 10 hedeslettesand er sat i parentes, da der har været uregelmæssigheder med karrets afløb. Afstrømningen fra dette kar, hvor der blev givet 2×50 mm frugtvand, var 36% mindre end i kar nr. 9, hvor

der blev givet 4×25 mm. I de tilsvarende kar var forskellen fra 1 til 5% mindre.

Årsnedbøren, delt i vækstsæsonen fra 1. april til 31. oktober og for resten af året, er vist i fig. 1. Det ses, at nedbøren i vækstsæsonen har varieret fra 293 mm til 586 mm, på årsbasis fra 573 til 956 mm.

Næringsstofbalance

Tilførsel af næringsstoffer med frugtvand, samt bortførsel med afstrømning og afgrøder er vist som gennemsnit i tabel 6 og 7 for henholdsvis periode 1 og 2. I periode 1 er frugtvandet tilført med 30 mm pr. gang, i periode 2 med henholdsvis 25 og 50 mm pr. gang. På grund af det varierende antal tilførsler med forskellige koncentrationer, er næringsstofftilførslen ikke proportional med frugtvandstilførslen.

Karakteristisk for frugtvandet er det høje indhold af kalium. Kvælstofindholdet er også ret højt, medens indholdet af fosfor og magnesium er betydeligt mindre. I første periode var der ingen markant forskel i bortførsel for de 3 fælleskar. Der er her vist gennemsnit af de 3 fælleskar. I anden periode var der korn i kar 1–5 og græs i kar 6–10. Der var her en markant forskel på fælleskarrerne, hvilket fremgår af enkeltresultaterne i tabel 7.

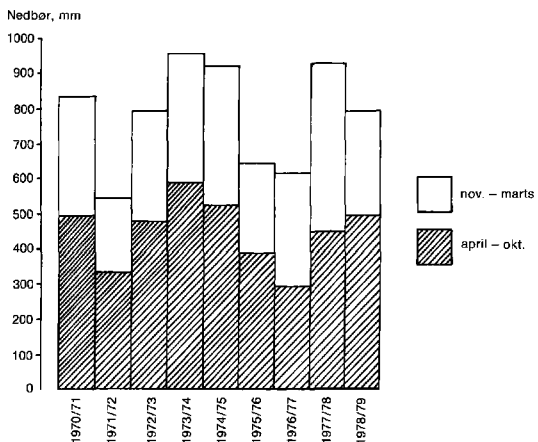


Fig. 1. Nedbør i forsøgsperioden.
Precipitation during the experimental period.

Tabel 5. Vandbalance l pr. m²
Water balance litre per m²

Gns., average 1970/71–1972/73
 Periode I

	A Hedeslettesand, <i>Heath plain sand</i>				
Frugtvand tilført mm	0	60	120	180	240
<i>Process water added</i>					
Vanding mm (vækstperiode)	80	80	80	80	80
<i>Irrigation mm (period of growth)</i>					
Nedbør mm	806	806	806	806	806
<i>Precipitation mm</i>					
Vand tilført i alt mm	886	946	1006	1066	1126
<i>Water supply total mm</i>					
Afstrømning (blok I kar 1–5)	674	700	561	714	777
<i>Percolation</i>					
Aktuel fordampning	212	246	445	352	349
<i>Actual evaporation</i>					
Afstrømning (blok II kar 6–10)	661	721	706	761	711
Aktuel fordampning	225	225	300	305	415
Afstrømning (blok III kar 11–15)	696	694	723	764	821
Aktuel fordampning	190	252	283	302	305
	B Morænesand, <i>Moraine sand</i>				
Vand tilført i alt mm	886	946	1006	1066	1126
Afstrømning (blok I kar 1–5)	643	411	592	655	473*
Aktuel fordampning	243	535	414	411	653
Afstrømning (blok II kar 6–10)	649	635	667	653	429*
Aktuel fordampning	237	311	339	413	697
Afstrømning (blok III kar 11–15)	665	655	660	555*	773
Aktuel fordampning	221	291	346	511	353
	Periode II				
	Blok I kar 1–5 A Hedeslettesand, <i>Heath plain sand</i>				
Frugtvand tilført mm	0	0	2×25	4×25	2×50
Vanding i vækstperioden	73	73	73	73	73
Nedbør mm	726	726	726	726	726
Vand tilført i alt	799	799	849	899	899
Afstrømning mm	398	377	430	464	437
Aktuel fordampning	401	422	419	435	462
	Blok I kar 1–5 B Morænesand, <i>Moraine sand</i>				
Vand tilført i alt som ovenfor					
Afstrømning mm	299	341	379	416	412
Aktuel fordampning	500	458	470	483	487
	Blok II kar 6–10 A Hedeslettesand				
Frugtvand tilført mm	0	0	2×25	4×25	2×50
Vanding i vækstperioden	105	105	105	105	105
Nedbør mm	726	726	726	726	726
Vand tilført i alt	831	831	881	931	931
Afstrømning mm	429	388	443	452	(291)
Aktuel fordampning	402	443	438	479	640
	Blok II kar 6–10 B Morænesand				
Vand tilført i alt som ovenfor					
Afstrømning mm	386	337	378	407	381
Aktuel fordampning	445	494	503	524	550

* Karrene utætte
Defective lysimetres

Tabel 6. Tilført næringsstoffer med frugt vand samt bortført med gennemsvivningsvand og afgrøder g pr. m² 1970/71-72/73 (periode 1)
Supply of nutrients by process water and contents of nutrients in percolation water and plants, g per m² 1970/71-72/73

	A Hedeslettesand <i>Heath plain sand</i>					B Morænesand <i>Moraine sand</i>				
	0	60	120	180	240	0	60	120	180	240
Tilført frugt vand mm	0	60	120	180	240	0	60	120	180	240
<i>Added process water mm</i>										
Kvælstof, N										
Tilført, <i>Added</i>	0	25,6	49,2	69,0	93,4	0	25,6	49,2	69,0	93,4
Bortført med afstrømning (NO ₃ -N)	3,5	15,3	29,0	40,7	53,0	4,3	14,0	28,4	35,5	35,6
<i>Removed with percolation water</i>										
Bortført med afgrøde (N)	8,8	9,2	15,2	19,1	24,8	10,9	11,7	17,3	21,6	27,2
<i>Removed by crops</i>										
Bortført i alt	12,3	24,5	44,2	59,8	77,8	15,2	25,7	45,7	57,1	62,8
<i>Removed totally</i>										
Bortført med afgrøder i % af tilført ...		36	31	28	27		46	35	31	29
<i>Removed by crops in % added</i>										
Fosfor, P										
Tilført	0	4,0	7,8	10,7	14,1	0	4,0	7,8	10,7	14,1
Bortført med afstrømning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bortført med afgrøde	1,5	1,7	2,4	3,0	3,4	1,9	2,6	3,7	3,2	3,7
Bortført med afgrøder i % af tilført ...		43	31	28	24		65	47	30	26
Kalium, K										
Tilført	0	43,5	84,8	112,4	144,8	0	43,5	84,8	112,4	144,8
Bortført med afstrømning	26,2	18,7	43,1	72,5	109,8	46,7	44,1	76,0	96,6	101,1
Bortført med afgrøde	8,6	11,1	18,0	21,4	27,8	12,3	16,1	21,6	28,2	32,8
Bortført i alt	34,8	29,8	61,1	93,9	137,6	59,0	60,2	97,6	123,8	139,9
Bortført med afgrøder i % af tilført ...		26	21	19	19		37	26	25	23
Magnesium, Mg										
Tilført	0	1,8	3,5	5,0	6,0	0	1,8	3,5	5,0	6,5
Bortført med afstrømning	2,2	2,1	3,2	4,2	5,4	1,8	1,5	2,9	3,9	3,7
Bortført med afgrøde	0,6	0,7	1,1	1,3	1,5	0,8	0,9	1,1	1,3	1,6
Bortført i alt	2,8	2,8	4,3	5,5	6,9	2,6	2,4	4,0	5,2	5,3
Bortført med afgrøder i % af tilført ...		39	31	26	25		50	31	26	25

I det følgende gives en omtale for de enkelte næringsstoffer.

Kvælstof

Kvælstofudvaskningen er angivet i NO₃-N. Total-N er kun 2-3% højere end NO₃-N. I periode 1 (tabel 6) er bortførslen i alt omtrent af samme størrelse som tilførslen ved de mindste frugt vandmængder, medens den er mindre end tilførslen ved de højeste frugt vandmængder.

Bortførsel med afstrømning er størst fra hedeslettesand. Bortførsel med afgrøder er størst fra morænesand, dette er en naturlig følge af, at høstudbyttet her er størst.

Med det mere koncentrerede frugt vand i 2. periode (tabel 7), har bortførsel i alt været mindre end tilførsel. Bortførsel med afstrømning og afgrøder stiger med stigende frugt vandstilførsel.

Kvælstofudvaskningen har været større efter 4 × 25 mm frugt vand end efter 2 × 50 mm. Tallet

Table 7. Tilført næringsstoffer samt bortført med afstrømning og afgrøder g pr. m², periode 2
Supply of nutrients and content of nutrients in percolation water and in plants, g per m² 1974/75-76/77

	A Hedeslettesand <i>Heath plain sand</i>					B Morænesand <i>Moraine sand</i>				
	0	1	2×25	4×25	2×50	0	1	2×25	4×25	2×50
Tilført frugtvand mm <i>Added process water mm</i>	0 kunstgd.					0 kunstgd.				
Kvælstof, N										
Tilført, <i>Added</i>	0	22,2	36,7	75,7	72,2	0	22,2	36,7	75,7	72,2
Bortført med afstrømning (NO ₃ -N) kar 1-5	5,3	4,2	21,1	43,5	31,8	4,5	5,5	19,5	42,9	33,4
<i>Removed with percolation water</i>										
Bortført med afstrømning kar 6-10	1,7	1,7	17,5	36,5	(17,1)	1,4	1,1	14,9	37,6	28,1
Gns., <i>Average</i>	3,5	3,0	19,3	40,0	24,5	3,0	3,3	17,2	40,3	30,8
Bortført med afgrøde (N) kar 1-5	3,4	9,4	7,7	13,4	10,4	5,3	10,4	10,1	14,8	13,1
<i>Removed with crops</i>										
Bortført med afgrøde kar 6-10	3,9	15,5	10,7	19,2	13,3	5,7	19,0	15,6	24,2	19,3
Gns., <i>Average</i>	3,7	12,5	9,2	16,3	11,9	5,5	14,7	12,7	19,5	16,2
Bortført i alt, <i>Removed totally</i>	7,2	15,5	29,6	56,3	36,4	8,5	18,0	30,1	59,8	47,0
Bortført med afgrøde i % af tilført		56	25	22	16		54	52	26	26
<i>Removed by crops in % added</i>										
Fosfor, P										
Tilført med frugtvand	0	3,9	4,2	9,1	8,6	0	3,9	4,2	9,1	8,6
Bortført med afstrømning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bortført med afgrøde kar 1-5	0,8	1,4	1,4	1,9	1,7	1,1	1,5	1,8	1,8	1,5
Bortført med afgrøde kar 6-10	0,7	2,1	1,8	2,7	2,2	1,2	2,7	2,5	3,0	2,9
Gns.	0,8	1,8	1,6	2,3	2,0	1,2	2,1	2,2	2,4	2,2
Bortført med afgrøde i % af tilført		46	38	25	23		54	52	26	26
Kalium, K										
Tilført med frugtvand	0	15,6	60,3	123,2	122,0	0	15,6	60,3	123,2	122,0
Bortført med afstrømning kar 1-5	6,9	7,3	16,6	52,6	27,8	0,7	0,9	1,1	2,4	1,4
Bortført med afstrømning kar 6-10	6,5	7,3	18,8	48,9	(18,8)	0,9	1,0	1,1	1,5	1,3
Gns.	6,7	7,3	17,7	50,8	23,3	0,8	1,0	1,1	2,0	1,4
Bortført med afgrøde kar 1-5	3,4	6,7	8,2	14,2	9,9	6,0	9,5	16,4	15,9	12,2
Bortført med afgrøde kar 6-10	3,6	12,8	14,8	25,8	18,2	7,6	25,0	22,8	32,5	28,2
Gns.	3,5	9,8	11,5	20,0	14,1	6,8	17,3	19,6	24,2	20,2
Bortført i alt	10,2	17,1	29,2	70,8	37,4	7,6	18,3	20,7	26,2	21,6
Bortført med afgrøde i % af tilført		63	19	16	12		110	33	20	17
Magnesium, Mg										
Tilført med frugtvand	0	1,1	2,2	4,4	4,4	0	1,1	2,2	4,4	4,4
Bortført med afstrømning kar 1-5	1,0	1,5	3,2	5,3	4,5	1,3	1,8	3,0	5,5	4,4
Bortført med afstrømning kar 6-10	0,7	1,2	2,8	4,7	(2,5)	1,2	1,5	2,6	5,0	3,8
Gns.	0,9	1,4	3,0	5,0	3,5	1,3	1,7	2,8	5,3	4,1
Bortført med afgrøde kar 1-5	0,4	1,0	0,7	0,9	0,8	0,5	0,8	0,8	0,9	0,7
Bortført med afgrøde kar 6-10	0,3	1,1	0,9	1,3	1,0	0,5	1,3	1,1	1,5	1,3
Gns.	0,4	1,1	0,8	1,1	0,9	0,5	1,1	1,0	1,2	1,0
Bortført i alt	1,3	2,5	3,8	6,1	4,4	1,8	2,8	3,8	6,5	5,1
Bortført med afgrøde i % af tilført		100	36	25	20		100	45	27	23

for kar nr. 10, hedeslottesand, er sat i parentes, da afstrømningen her har været meget lav. Kvælstofudvaskningen er større, hvor afgrøden er korn (kar 1-5), end hvor afgrøden er græs (kar 6-10). Tages gennemsnit af de 2 første led med frugt vand findes, at $\text{NO}_3\text{-N}$ bortførslen med afstrømning er 20% højere fra korn end fra græs på hedeslottesand, og 19% højere på morænesand.

Den lavere udvaskning i forsøgsled 5 med 2×50 mm end i led 4 med 4×25 mm, kan eventuel skyldes en forskydning i tid med hensyn til udbringning. Udbringning er sket på følgende måde:

Når led 4 er tilført 25 mm anden gang er led 5 tilført 50 mm første gang. Ved tilførsel af 25 mm i led 4 fjerde gang er led 5 tilført 50 mm anden gang. Der kan således være mineraliseret mere kvælstof til nitrat i led 4 end i 5 i efteråret.

Fosfor

For fosfor er bortførsel med drænvand ikke medtaget, idet flere af analyseresultaterne viste værdier $< 0,1$ mg pr. l, så en nøjagtig beregning kunne ikke gennemføres. For begge perioder var bortførsel med afgrøder stigende med stigende frugt vandstilførsel.

Kalium

Morænesandjorden der blev anvendt i periode 1, havde meget høje kaliumtal ved forsøgets start, dette må formodes at være årsag til, at kaliumudvaskningen med afstrømning er størst i morænesand. Morænesandjorden, der blev anvendt i periode 2, gav en meget lille kaliumudvaskning. Bortførsel med afgrøder var størst på morænesandjord. I begge afdelinger, og på begge jordtyper steg bortførslen af kalium med afgrøden som følge af stigende tilførsel.

Udvaskning af kalium har også været større ved 4×25 mm end ved 2×50 mm frugt vand.

Magnesium

Bortførsel med afstrømning var stor i forhold til de tilførte mængder. Afgrødernes forbrug af magnesium er ret beskedet. Med et par enkelte undtagelser har bortførsel i alt været større end tilførsel.

Udnyttelsesprocenten, målt i bortført med af-

grøde i % af tilført, er vist for alle næringsstoffer. Tallene viser, at når der tilføres væsentlig mere af et plantenæringsstof, end der er brug for til en normal planteproduktion, falder udnyttelsesprocenten.

Den høje udnyttelse af næringsstofferne i kunstgødning i forhold til næringsstoffer i frugt vand, har to hovedårsager.

1. Der er tilført mindre mængder næringsstoffer med kunstgødning end med frugt vand.

2. Kunstgødning er tilført ved vækstsæsonens begyndelse og for kvælstof til græs endog ad 4 gange i vækstsæsonen. Frugt vandet er tilført oktober-november, dvs. 5-6 måneder inden vækstsæsonens begyndelse.

Kvælstofudvaskningens forløb

Udvaskningens fordeling over året ses i fig. 2. Der er her vist mg $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. m^2 for de forskellige opsamlingsperioder i 2. forsøgsperiode. Tallene er fra hedeslottesand, hvor der er tilført 2×25 mm frugt vand. Det ses, at udvaskningen samler sig om perioden fra slutningen af november til midten af marts. Den store udvaskning i slutningen af april og begyndelsen af maj 1976/77 skyldes en nedbørsmængde i april på 111 mm, hvor normalen er 45 mm.

Gennemsnitskoncentrationer af $\text{NO}_3\text{-N}$ i afstrømning er for begge forsøgsperioder vist i tabel 8.

Af tabellen fremgår:

1. Koncentrationen stiger med stigende frugt vandstilførsel.
2. Koncentrationen er større, hvor afgrøden er korn (kar 1-5), end hvor afgrøden er græs (kar 6-10).

I fig. 3 og 4 er vist resultaterne af en lineær regression på bortførsel af $\text{NO}_3\text{-N}$ med afstrømning i forhold til spildevandsmængder. De samme beregninger er lavet på gennemsnitskoncentrationer for $\text{NO}_3\text{-N}$ i afstrømningsvand, der er vist i fig. 5 og 6.

På grundlag af regressionsligningerne i fig. 3 og 4 er beregnet, hvilke mængder i mm frugt vand der kan tilføres, inden en bestemt grænseværdi overskrides. Når disse mængder kendes, kan det ved hjælp af regressionsligningerne i fig. 5 og 6 bereg-

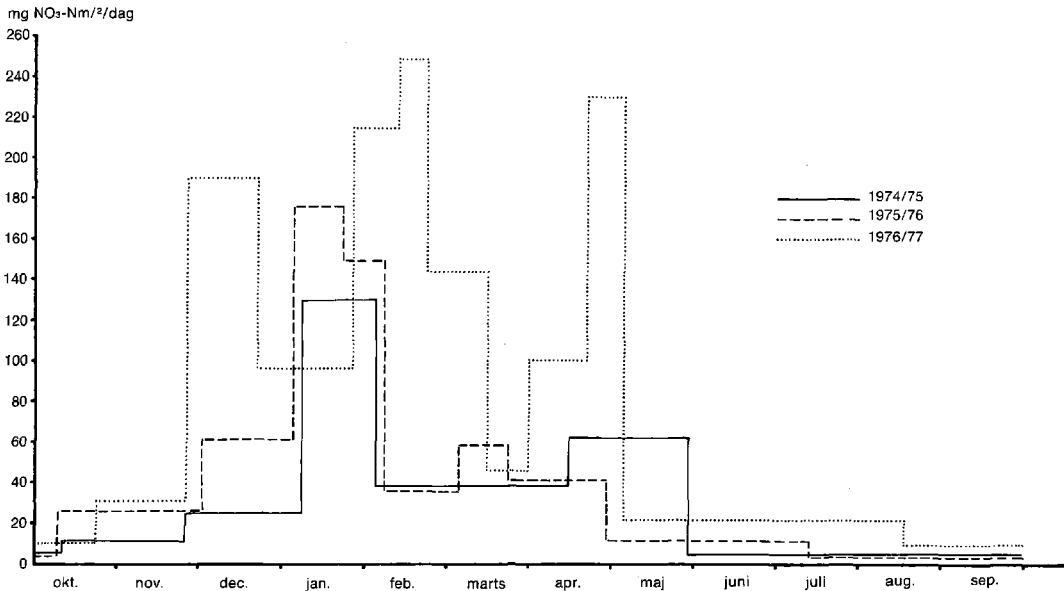


Fig. 2. Årsvariation i mg NO₃-N/m²/periode.
Variation within years of mg NO₃-N/m²/period.

Tabel 8. Gennemsnitskoncentrationer af NO₃-N, mg/l i afstrømning, 1970/71-72/73
Average concentrations of NO₃-N in mg/l

A Hedeslettesand, forsøgsperiode I, 1970/71-72/73 Heath plain sand					
Frugtvand tilført mm	0	60	120	180	240
Gns., average mg NO ₃ -N/l	5,1	20,8	41,9	53,3	68,0
B Morænesand, Moraine sand					
Gns., average mg NO ₃ -N/l	6,6	21,9	42,4	54,7	65,5
A Hedeslettesand, forsøgsperiode II, 1974/75-76/77					
Frugtvand, tilført mm	0	1 kunstg.	2×25	4×25	2×50
Gns. mg NO ₃ -N/l kar 1-5	13,2	11,3	49,0	93,7	72,6
Gns. mg NO ₃ -N/l kar 6-10	3,8	4,3	39,5	80,7	57,5
Gns.	8,3	7,7	44,2	87,2	65,1
B Morænesand					
Gns. mg NO ₃ -N/l kar 1-5	15,2	16,0	51,4	103,1	81,0
Gns. mg NO ₃ -N/l kar 6-10	3,6	3,2	39,4	92,4	73,7
Gns.	8,6	9,6	45,4	97,8	77,5

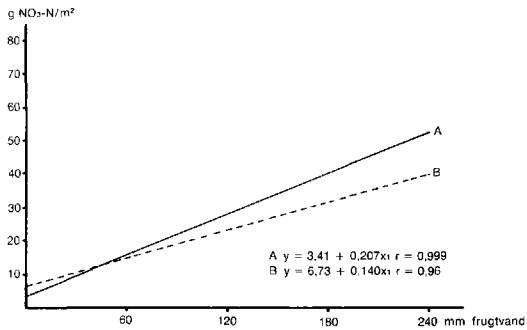


Fig. 3. Udvaskek g $\text{NO}_3\text{-N}/\text{m}^2$ som funktion af mm tilført frugt vand. 1970/71-72/73.
Percolated $\text{NO}_3\text{-N}$, g/m², versus process water supply, mm per year 1970/71-72/73.

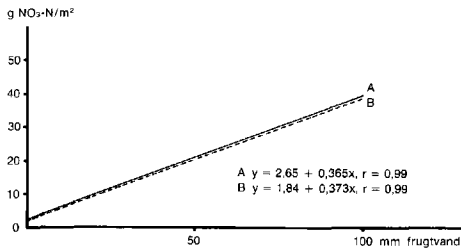


Fig. 4. Udvaskek g $\text{NO}_3\text{-N}/\text{m}^2$ som funktion af mm tilført spildevand. 1974/75-76/77.
Percolated $\text{NO}_3\text{-N}$, g/m², versus process water supply, mm per year 1974/75-76/77.

nes, hvilke koncentrationer det svarer til i mg pr. l i afstrømningen. På samme måde er beregnet tilført N i g pr. m². Resultaterne af disse beregninger er vist i nedenstående tabelopstilling for en grænseværdi på 12,5 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. m² pr. år med afstrømningen.

		grænseværdi g $\text{NO}_3\text{-N}/\text{m}^2/\text{år}$	mm frugt vand	mg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$ afstrømning	tilført g N/m ²
Periode 1	A	12,5	44	17,8	18,3
	B	12,5	41	18,4	17,1
Periode 2	A	12,5	27	28,4	19,8
	B	12,5	29	31,8	21,3

Med en grænseværdi på 12,5 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. m², kan der f.eks. på jordtype A i periode 1 tilføres 44 mm frugt vand. Denne frugt vandsmængde vil give en gennemsnitlig koncentration på 17,8 mg

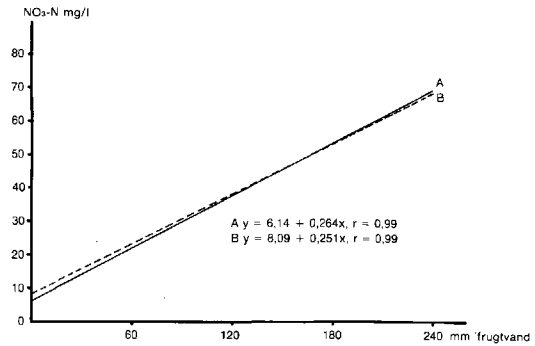


Fig. 5. Gns. konc. i drænvand af $\text{NO}_3\text{-N}$ i mg/l som funktion af tilført mm frugt vand. 1970/71-72/73.
Average conc. of $\text{NO}_3\text{-N}$ in percolated water, mg/l versus process water supply mm/year 1970/71-72/73.

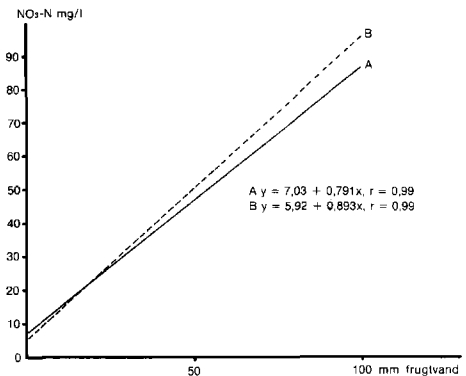


Fig. 6. Gns. konc. i drænvand af $\text{NO}_3\text{-N}$ i mg/l som funktion af tilført mm frugt vand. 1974/75-76/77.
Average conc. of $\text{NO}_3\text{-N}$ in percolated water, mg/l versus process water supply, mm/year 1974/75-76/77.

$\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$ i afstrømningsvandet. Med de 44 mm frugt vand vil der gennemsnitlig blive tilført 18,3 g N/m².

Tabel 9. Iltforbrug med $KMnO_4$ og efter BI_5 gns. 1974-77
Oxygen use with $KMnO_4$ and with the BI_5 method average 1974-77

	ugødet uvandet	1 kunst- gødning	A Hedeslettesand		
			2×25 mm frugt vand	4×25 mm frugt vand	2×50 mm frugt vand
$KMnO_4$	7,6	7,3	7,3	9,0	9,6
BI_5	2			3	
			B Morænesand		
$KMnO_4$	4,1	3,5	3,5	4,3	3,9

Iltforbrug i afstrømningsvand

Afstrømningsvandets iltforbrug bestemt efter kaliumpermanganatmetoden ($KMnO_4$) og efter biokemisk metode (BI_5) er vist i tabel 9.

Der er kun medtaget resultater fra den sidste forsøgsperiode, hvor koncentrationen af plantenæringsstoffer i frugt vandet er størst. Af tabellen fremgår, at iltforbruget med kaliumpermanganat er større med afstrømning fra hedeslettesand end fra morænesand. Da analyserne for iltforbrug efter BI_5 metoden er meget arbejdskrævende, er disse analyser kun lavet i afstrømningsvand fra hedeslettesand, der har de største tal for iltforbrug med kaliumpermanganat. Fra denne jordtype er der kun analyseret i led 1 uden frugt vandstiltførsel og led 4 med tiltførsel af 4×25 mm frugt vand. Iltforbruget efter BI_5 metoden er lav og væsentlig lavere end de grænseværdier, der er ansat af Miljøstyrelsen til 20 mg ilt/l (*Miljøstyrelsen*, 1974).

De lave talværdier for BI_5 viser, at der ikke

passerer uomsat organisk materiale til afstrømning.

Næringsstofindhold i jord

Ændringer i jordens næringsstofindhold er vist i tabel 10. Som sum af hele jordsøjlen ses ændringer i jordens indhold af N, P, K og Mg i forsøgsperiode 2. Kvælstof er beregnet på grundlag af totalkvælstof.

For de andre næringsstoffer er mængderne beregnet på fosfortal (Ft), kaliumtal (Kt) og magnesiumtal (Mgt). På grundlag af disse talstørrelser er der beregnet, hvor store mængder der er tilgængelig som plantenering af de pågældende stoffer. I tabellen er tallene vist som forholdstal, hvor indhold ved forsøgets start er sat = 100.

Det fremgår af tabellen, at kvælstofindholdet i jord er faldet i forsøgsperioden.

Fosforindholdet er i alle led højere ved forsøgets slutning end ved start, også i led 1 der ikke er tilført næringsstoffer. I de øvrige forsøgsled har

Tabel 10. Indhold i jord af N, P, K og Mg ved forsøgets afslutning i % af indhold ved forsøgets start
Contents of N, P, K and Mg in the soil after the experimental periods, % of the content at the beginning of the experiment

	A				B			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Uvandet ugødet	81	111	79	87	77	128	95	83
1 kunstgødning	82	116	86	81	81	131	101	88
2×25 mm spildevand	84	118	182	73	82	129	198	90
4×25 mm spildevand	85	116	262	79	87	132	338	92
2×50 mm spildevand	84	118	240	76	81	132	300	86

bortførelse været mindre end tilførelse (tabel 7). De store kaliumtilførelser med frugt vand, har medført en stærk stigning i jordens kaliumindhold. Faldet i jordens magnesiumindhold er i overensstemmelse med, at bortførelsen har været større end tilførelsen.

Plantenæringsstoffernes fordeling i jordlagene er vist i fig. 7. Punkterne på kurverne er afsat i

middelværdier for lagtykkelsen (led 4 morænesand). Lagtykkelserne fremgår af tabel 1. Måleværdierne er de samme som omtalt ved tabel 10. Generelt gælder, at næringsstofindholdet aftager med jorddybden, mest udpræget for TN. Ft er relativt høj i de dybere jordlag, specielt for morænesand. Mgt er også ret høje i det nederste jordlag i morænesand.

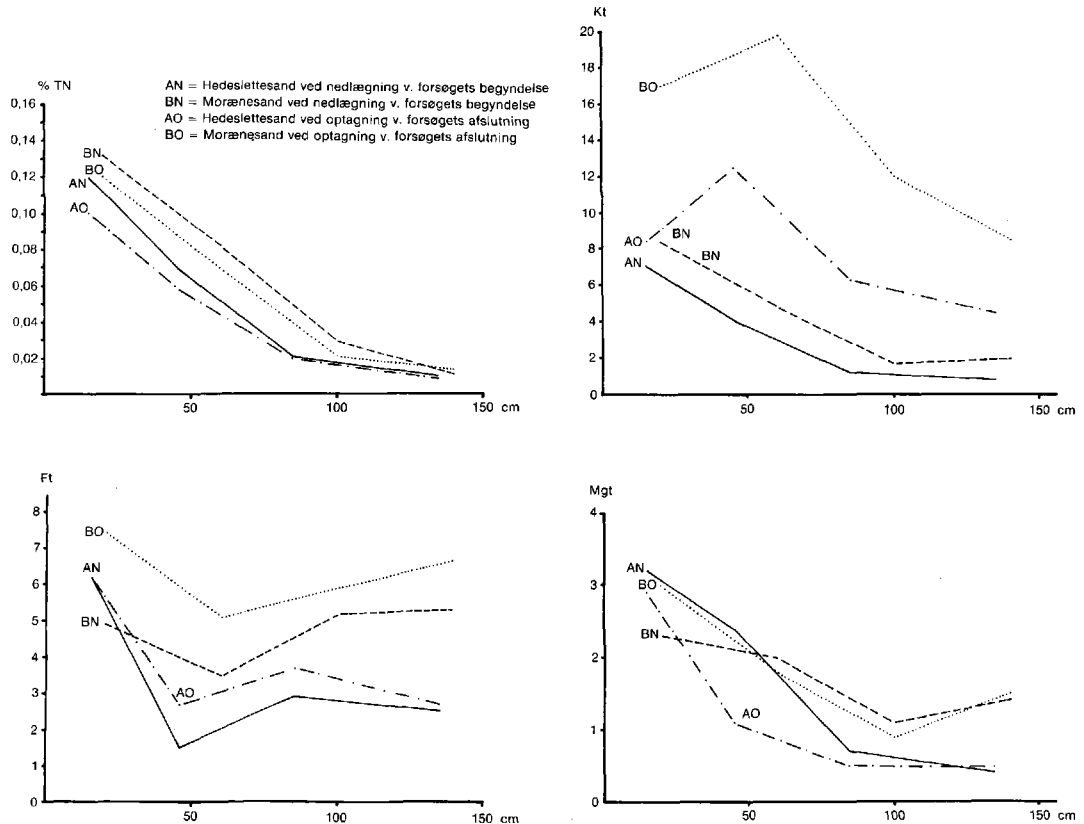


Fig. 7. Indhold i forskellige dybder af N, P, K og Mg ved forsøgets start og afslutning.
Content of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium in various depths of the soil at the start (N), and the end (0) of the experimental period.

Diskussion

Næringsstofudvaskningen stiger med stigende tilførsel af frugt vand. I periode 2 var $\text{NO}_3\text{-N}$ udvaskningen gennemsnitlig 19,3 g pr. m^2 ved tilførsel af 2×25 mm frugt vand og 40,0 g pr. m^2 ved tilførsel af 4×25 mm på hedeslettesand. På morænesand er de tilsvarende tal 17,2 og 40,3 g pr. m^2 . Med en udledergrænseværdi på 12,5 g $\text{NO}_3\text{-N}$ pr. m^2 pr. år med afstrømning viser regressionsberegningen, at med den koncentration frugt vandet havde i periode 2, kan der tilføres 27 og 30 mm frugt vand på henholdsvis hedeslettesand og morænesand. Til sammenligning med ovennævnte resultater, refereres i det følgende enkelte resultater fra lysimeterforsøg, hvor der er målt kvælstofudvaskning. I disse forsøg er kvælstof tilført i kunstgødning.

I et forsøg ved Askov med »Mineralstofbortførsel fra græs dækket jord i lysimetre«. Varierede kvælstofudvaskningen fra år til år fra 0,1 til 10,1 g N pr. m^2 i en jord fra Jyde vad. Tilførslerne af kvælstof var henholdsvis 4,9 og 32,1 g pr. m^2 til græs, (Kofoed & Lindhard, 1968).

På Højbakkegård blev i årene 1976 og 1977 gennemført et forsøg med optimale vandingspunkter for byg ved tilførsel af begrænsede vandmængder (Mogensen, 1978). Forsøgene blev gennemført som lysimeterforsøg på 2 jordtyper. Virkningen, af tørkeperioder af forskellig varighed og tidspunkter i vækstsæsonen, blev undersøgt. Udvasningen i gennemsnit af 18 forsøgsled for hver jordtype er vist nedenstående.

	N tilført g/ m^2	Sandjord	
		udv. $\text{NO}_3\text{-N}$ g/ m^2	konc. $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l
1976	15,4	12,7	45,4
1977	11,2	7,5	28,7
Lerjord			
1976	10,4	12,8	53,3
1977	9,6	10,3	67,8

Af de refererede undersøgelser ses det, at når der tilføres kvælstof til optimal planteproduktion kan udvaskningen blive stor, hvis vækstbetingelserne ikke er optimale f.eks. pga. tørke.

Det skal bemærkes, at de omtalte udvasninger alle er målt i lysimeterforsøg. De eksakte størrel-

ser kan derfor ikke umiddelbart overføres til markforhold.

Det er vanskeligt at fastlægge landsdækkende værdier for den maksimale tilrådelige tilførsel af frugt vand. Værdierne må fastsættes for den enkelte lokalitet ud fra jordtyper og bevoksning.

Med en tilsvarende koncentration som frugt vandet havde i 2. forsøgsperiode, foreslås følgende vejledende værdier for udrænede sandjorder. På bevokset jord 30–35 mm, på ubevokset jord 25–30 mm. De mindste mængder på grovsandede jorder.

De fleste kartoffelmelsfabrikker ligger i sandjordsområder, hvor der ikke er drænet. Overskudsvandet bliver fjernet ved underjordisk afstrømning, hvorved en del af nitratkvælstoffet, ved passage gennem jordlagene, omdannes til luftformigt kvælstof og går til atmosfæren. Dybden, hvori denne omdannelse sker, er varierende for de forskellige jordtyper (Lind & Pedersen, 1976).

Udvasningens størrelse er afhængig af flere faktorer f.eks. næringsstofftilførsel, nedbørsmængde, høstudbyttes størrelse samt af, om de tilførte organiske stoffer mineraliseres hurtigt. En undersøgelse ved Hedeselskabets Laboratorium, viste, at frugt vand nedbrydes ca. 3 gange hurtigere end f.eks. byspildevand (Frederiksen, 1963). Den mikrobiologiske aktivitet, der er bestemmende for mineraliseringshastigheden, er stærk afhængig af jordtemperaturen. Mineraliseringshastigheden er ret høj helt ned til jordtemperaturer på omkring 5°C . Ved jordtemperaturer derunder er aktiviteten ringe (Nissen, 1974). Da udsprøjtningekampagnen begynder omkring midten af september, hvor jordtemperaturen endnu er ret høj, vil der være fare for udvaskning med efterårs- og vinter nedbøren. Udvasningen kan formentlig reduceres væsentlig, hvis der først på sæsonen tilstræbes at udsprøjte på bevokset jord. Resultaterne fra analyser af afstrømningsvand viser, at $\text{NO}_3\text{-N}$ udvaskningen er 20% større på hedeslettesand ved korndyrkning end ved græsdyrkning. For morænesand er den 19% større. Planterne kan allerede i efteråret nå at optage en del af det frigjorte kvælstof. En kvælstofbestemmelse i italiensk rajgræs udtaget i markforsøg januar 1975

viste, at der med tilførsel af 50 mm frugt vand var 4,35% N i tørstof, medens der kun var 1,92% N uden tilførsel (Jensen, 1981). Jordbrugere, der modtager frugt vand, kan tilrettelægge deres sædskifte, så de har en del efterafgrøder, der sammen med græs og vintersædsarealer kan anvendes ved udsprøjtning først på sæsonen.

Tabel 10 viser, at jordens kaliumindhold stiger med stigende frugt vandstilførsel. For højt kaliumindhold i jorden kan medføre gener i plante produktionen, idet overskud af kalium kan blokere for magnesiumoptagelsen. Jordens Kt bør derfor jævnlig kontrolleres. Ved meget høje Kt bør der indføres et år uden tilførsel af frugt vand.

Konklusion

Ved udbringning af frugt vand på landbrugsarealer, stiger udvaskningen af plantenæringsstoffer med stigende tilførsel. De organiske stoffer i frugt vandet mineraliseres hurtigt ved høj temperatur. Det må derfor tilstræbes at vande på bevokset jord først på sæsonen.

På udrænede sandjorde foreslås følgende mm mængder: På bevokset jord 30–35 mm, på ubevokset 25–30 mm. De mindste mængder på grovsandede jorde.

På grund af frugt vandets høje kaliumindhold, bør der jævnlig føres kontrol med jordens kalital. Er kaliumtallene meget høje, bør der indføres et år, uden tilførsel af frugt vand.

Litteratur

- Frederiksen, J. (1963): Om nedbrydning af sukkerholdigt spildevand. Hedeselskabets Tidsskr. 84, 136–43.
- Jensen, F. (1981): Udbringning af spildevand fra kartoffelmelsproduktion (frugt vand) til landbrugsafgrøder på sandjord. Tidsskr. Planteavl 85, 47–58.
- Jensen, F. (1982): Mineralstofbortførsel fra græsdækket jord i lysimeter efter tilførsel af mejerispildevand. Tidsskr. Planteavl 86, 193–204.
- Kofoed, A. Dam & Lindhard, J. (1968): Mineralstofbortførsel fra græsdækket jord i lysimetre. Tidsskr. Planteavl 72, 417–37.
- Lind, A. M. & Pedersen, M. B. (1976): Nitrate reduction in the subsoil I-IV. Tidsskr. Planteavl 80, 73–118.
- Miljøstyrelsen (1974): Vejledende bestemmelser for udledning af spildevand. Vejledning nr. 6.
- Mogensen, V. Overgård (1978): Optimale vandings tidspunkter for byg ved tilførsel af begrænsede vandmængder. Hydroteknisk Laboratorium og Klimastationer 44 s.
- Nissen, T. Vincents (1974): Mikrobiel aktivitet i jord bunden ved forskellige temperaturer. Tidsskr. Planteavl 78, 211–16.

Manuskript modtaget den 14. december 1982.