

Om Indholdet af Plantenæring i Vandet fra vore Vandløb.

Ved Prof. T. Westermann.

Som Hedeselskabets eller Oberst Dalgas's Konsulent i Mosekultur, fik jeg ved mine aarlige Ekskursioner sammen med ham Lejlighed til ogsaa at stifte lidt Bekendtskab med Selskabets Engvandingsanlæg, og jeg søgte da at finde en Forbindelse mellem de forskellige Engstykkers Frødighed og Kvaliteten af det Vand, der benyttedes til Overrisling. Det undrede mig imidlertid at erfare, at der i Aaret 1889 endnu slet ikke eksisterede Analyser af Vandet, skønt Hedeselskabet allerede dengang havde indrettet Vandingsanlæg paa omtr. 15000 Tdr. Ld.*). Oberst Dalgas ytrede samtidig, at han vilde sætte megen Pris paa at faa en Undersøgelse foretaget; Hedeselskabets dygtige og erfarne Ingeniør, Brønsted, stillede sig til Disposition for et Samarbejde i den Retning, og da jeg tillige trængte til et paa hjemlige Undersøgelser hvilende Grundlag for mine Forelæsninger over Engvanding ved Landbohøjskolen, ansøgte jeg om en lille Bevilling til saadanne Undersøgelser fra Skolens Fond og erhvervede Assistance af daværende Assistent A. Christensen, som udførte alle Analyserne. Til Brug i Efteraaret 1889 blev der bevilget et Beløb, der tillod mig at faa udtaget og analyseret 7 Vandprøver, og jeg valgte da foruden de jyske Vandløb Gudena, Storaa,

*) Beretning om den nordiske Landbrugskongres i København 1888. S. 109.

Kongeaa og Skernaa at medtage Odenseaa og Susaa, idet jeg dog fra Gudena a paa Grund af dette Vandløbs Størrelse og Betydning lod udtage to Prøver, én ved Silkeborg og én ved Randers. Her, som ved de øvrige Vandløb, blev Prøverne udtagne oven for de nærliggende større Byer for saa vidt muligt at undgaa Kloakvandets Indfyldelse. Vandprøven fra Stora aen blev saaledes udtaget oven for Holstebro, den fra Odenseaa oven for Odense og den fra Susaa oven for Næstved. Til hver af de Herrer, som velvillig paatog sig at udtage Prøver, blev der sendt en i en Kuv indesluttet Glasballon, som rummede ca. 50 Liter, og tillige et Eksemplar af følgende Regler for Prøveudtagningen. „Til Prøveudtagning vælges et Sted, hvor A aen har nogenlunde lige Løb, normal Bredde og Dybde, og Vandet derfor har normal Hastighed. Man maa nemlig befrygte, at Udkæringer ved Krumninger og snævert Løb bevirke et for stort Indhold af opslemmede Stoffer, medens der omvendt paa Steder, hvor Vandløbet har en særlig stor Bredde, bundfældes mere end almindeligt af de opslemmede Stoffer. Paa et saadant Sted, hvor Vandet har normal Hastighed, føres Ballonen i en Baad ud til Midten af A aen og sænkes der ved Hjælp af udvendig fastbunden Ballast (f. Eks. en Sten) saaledes, at dens Munding føres 1 Fod under Vandfladen, idet Bunden vender nedad. I denne Stilling fastholdes Ballonen ved Hjælp af Snore i Kurvens Hanke, og først da tages Proppen af. Ballonen holdes fremdeles i samme Stilling, indtil den er løben fuld af Vand, og Proppen er sat i. Ballonen tages da op i Baaden eller slæbes forsigtig i Land ved Reb. Naar den er bragt i Land, aftages Proppen, og der afhældes saa meget Vand, at der kan blive et 3—4 Tommers Luftrum mellem Vandets Overflade og Proppen. Denne sættes nu rigtig godt fast, idet man skruer den ned, og den overbindes med den vedhæftede Jærtraad paa samme Maade, som dette almindelig sker ved Sodavandsflasker. Ballonen sendes derefter snarest til Landbohøjskolen.“

Efter disse Regler blev Prøverne da udtagne i sidste Halvdel af November Maaned 1889 og efter Modtagelsen paa Landbohøjskolen underkastede en Analyse, hvis Resultat findes angivet i omstaaende Tabel under Nr. 1 for hvert Vandløb. Ved Valget af Tidspunkt for Prøveudtagningen gik jeg ud fra, at det maatte have særlig Interesse at kende Vandets Sammen-

sætning paa den Aarstid, da der benytttes mest til Engvanding, og desuden forudsatte jeg, at Vandet i de danske Vandløb paa den Tid maatte være forholdsvis rigt paa Kvælstof. Denne Formodning byggede jeg paa den Betragtning, at vi her i Landet anvende saa store Mængder Staldgødning paa Brakmarkerne, at de smaa Vintersædsplanter om Efteraaret kun kunne tilbageholde en ren Ubetydelighed af de i Staldgødningen indeholdte opløselige Plantenæringsstoffer. I de nærmeste Maaneder efter Gødningens Udkørsel paa Brakmarken, særlig i fugtige og varme Eftersomre, foregaar desuden en meget livlig Sønderdeling af Staldgødningen og Nitrifikation af dens kvælstofholdige Stoffer til salpetersure Salte, der ikke absorberes af Jorden og derfor let kunne bortføres af Regnvandet under den paafølgende, sædvanlig fugtige Efteraarsperiode.

For at fastslaa dette maatte man jo imidlertid til Sammenligning undersøge Vandet paa andre Aarstider, og det lykkedes mig da ogsaa ved Støtte fra Indenrigsministeriet at faa udtaget ny Prøver i Begyndelsen af Maj og August 1892. Disse Prøver bleve udtagne paa de samme Steder som i 1889 ved saa vidt mulig normal Vandstand og af de samme Mænd, som stod mig bi dengang; dog blev der nu kun udtaget Prøve af Gudenaas oven for Silkeborg, og for Storaasens Vedkommende blev Hr. Landinspektør Rønne, som imidlertid var flyttet fra Holstebro, afløst af Hr. Landinspektør Rasmussen. For Skernaaens Vedkommende, hvor Engmester Hansen findes opført som Prøveudtager i Stedet for Ingeniør Brønsted, er dog at bemærke, at Engmester Hansen assisterede ved Prøveudtagningen 1889 og saaledes var fortrolig med Fremgangsmaaden. Jeg fremhæver dette, saavel som andre Detailler ved Prøveudtagningen, fordi jeg lægger megen Vægt paa, at Prøverne udtages paa en bestemt og hver Gang paa nøjagtig samme Maade. Analyserne udførtes ogsaa denne Gang af Hr. Christensen, der imidlertid var bleven ansat som Docent i Kemi ved farmaceutisk Lærestanstalt. Resultatet af Analyserne fra Prøveudtagningen i Maj Maaned findes i omstaaende Tabel anført for hvert Vandløb som Nr. 2, medens Analysetallene fra Prøverne for August ere betegnede med Nr. 3.

Om Fremgangsmaaden ved Analysen meddeler Hr. Christensen følgende Oplysninger: „Fra Modtagelsen til Analysens Udførelse opbevaredes Vandet i en kølig Kælder.

Bestemmelser af Salpetersyre og af Kvælstof i andre Former foretoges først. — Til Bestemmelse af Kali og Fosforsyre toges 10—20 Liter i Arbejde, hvilke inddampedes med lidt Saltsyre og behandlede videre, som efter den almindelige Metode ved Analyse af et sønderdeleligt Silikat. I den saltsure Opløsning bestemtes Fosforsyre og Kali, idet den første fældedes med Jærnklorid, eddikesurt Ammon og Eddikesyre. Kaliumplatinchloridet omkrystalliseredes flere Gange med mere Platinklorid og Vinaand for at renses for Klornatrium. — Kalk og Magnesia bestemtes i en særlig paa samme Maade behandlet Prøve à 2 Liter. — Salpetersyre bestemtes i 5 Liter Vand, der inddampedes til en ringe Portion; herfra filtreredes det udskilte kulsure Kalk og Magnesia, og Bestemmelsen foretoges med Jærnforklor efter Schulzes Metode. — Til Bestemmelse af Ammoniak inddampedes 2 Liter Vand med lidt Saltsyre til et ringe Rumfang, og Ammoniakken bestemtes ved Destillation med Magnesia, idet den titreredes med $\frac{1}{20}$ normal Svovlsyre og fin Lakmus. — Kvælstof i organiske Forbindelser bestemtes i 2—5 Liter Vand, som inddampedes med Saltsyre til et ringe Rumfang og behandlede med Jærnforklor i aaben Skaal, hvorved Salpetersyren uddreves; saadant Kvælstof, der tillige med Ammoniak endnu var tilbage, bestemtes efter Kjeldahls Metode. Efter Fradrag af det ved den særlige Bestemmelse fundne Ammoniak var Kvælstof i org. Forbindelser bestemt. — Inddampningsrester bestemtes ved 130° paa en Liter Vand. — For Kvælstoffets og til Dels for Kaliets Vedkommende blev Kontrolbestemmelse udført.“

Resultatet af Analyserne er fremstillet i vedføjede Tabel, hvis Middeltal for de enkelte Vandløb vise, at Mængden af Kali i 100 Liter varierer fra 0,14 til 0,30, Mængden af Kalk og Magnesia fra 2,5 til 12,0 og Mængden af Totalkvælstof fra 0,2 til 0,4 Gram, medens Mængden af Fosforsyre overalt er yderst ringe. Det er særlig de to Vandløb paa Øerne, der vise sig rige paa Plantenæring som Følge af, at de gennemstrømme rigere Egne end de jyske Vandløb, og blandt disse er Gudenaen rigest, medens de 3 Aær, som løbe til Vesterhavet og modtage en væsentlig Del af deres Vand fra Hedeegne, ere fattigere. En Sammenligning mellem Tallene for Kvælstof i Vandet fra Gudena, henholdsvis ved Silkeborg og Randers, viser Indflydelsen af, at Vandløbet paa dette Stykke

passerer forholdsvis rige Egne. Den foran nævnte Formodning om, at Vandet vilde vise sig rigest paa Kvælstof om Efteraaret, bekræftes for nogle Vandløbs Vedkommende, medens der for andres ikke er nogen tydelig Reaktion i den Henseende; det er dog i denne Forbindelse interessant at iagttage, hvorledes Mængden af opløselige Kvælstofforbindelser i de to rigeste Vandløb, Susaa og Odenseaa, varierer paa de forskellige Aarstider, og vi maa uden Tvivl tilskrive Udvadskning fra Brakmarkernes sønderdelte organiske Stoffer og den paa dem udførte Staldgødning en væsentlig Andel i det store Kvantum Salpetersyre og Ammoniak, som findes i Efteraarsvandet. For alle Vandløb viser Vandet sig fattigere paa opløselige Kvælstofforbindelser i August Maaned (Analyse Nr. 3) end i November og Maj; med en enkelt Undtagelse (Gudena) gælder dette ogsaa for Mængden af Totalkvælstof.

Procentmængden af Plantenæring paa de forskellige Tider er selvfølgelig i høj Grad afhængig af Nedbørens Størrelse i det Tidsrum, der gaar umiddelbart forud for Prøveudtagningen, og med de store Uregelmæssigheder i vore Nedbørsforhold følger en vekslende kemisk Sammensætning af Vandet i Aaløbene. Vi have søgt at undgaa de Uregelmæssigheder, som kunne fremkaldes ved enkelte stærke Regnskyl, og Meddelelserne fra de Mænd, hvem Prøveudtagningen var betroet, lyde paa, at denne aldrig er sket under slige ekstraordinære Forhold, men alligevel vil Vandmængden kun i sjældnere Tilfælde kunne betragtes som ganske normal for den paagældende Aarstid. Til Antydning af de Variationer i Aaernes Vandmængde, man maa paaregne, er i Tabellen anført Tal, der vise Nedbøren i Millimeter i Maaneden forud for den, hvori Prøven udtoges, dels samme Aar dels i Gennemsnit for en Aarrække. For hvert Vandløb ere Tallene anførte efter Iagttagelser paa én eller flere meteorologiske Stationer, der ligge inden for det paagældende Vandløbs Vandskel. Som det var at vente, er der ret store Afvigelser fra det normale, og da man ikke paa Forhaand kan vide, efter hvilken Skala Overslaget over Mængden af Plantenæring bør reduceres i Forhold til Nedbøren, kunne Tallene alene af denne Grund kun tjene til Antydning af, hvad man i et givet Tilfælde kan gaa ud fra.

Vandløbs Navn	Løbe Nr.	Stedet for Prøveudtagning	Prøven udtagen af	Indholdet af Plantenæring, angivet som Gram i 100 Liter:							Nedbøren i Mm. i Maaen- den forud for den, hvori Prøven udto ges							
				Kali (K ₂ O)	Kalk og Mag- nesia *)	Fosforsyre (P ₂ O ₅)	Kvælstof				Aaret da Prøven ud- toges		Middelal					
							i Salpeter- syre	i Anno- nak	i or- ganisk Stof	Ialt	Antal Stationer	Mm.	Antal Aar	Antal Stationer	Mm.			
Susaa	1	Udfor Broby Vesterskov	Landinsp. Jørgensen, Næstved	0.210	12.27	0.02	0.198	0.196	0.126	0.515	} 2	101	9-10	} 2	78			
	2			0.322	11.62	Sp.	0.084	0.126	0.266	0.476						21	10	45
	3			0.264	9.66	Sp.	0.010	0.042	0.143	0.195						29	10	72
	Middel...			0.265	11.18	Sp.	0.096	0.121	0.178	0.395								
Odenseaa	1	1/4 Mil oven for Odense	Landinsp. Andersen, Odense	0.475	13.60	0.026	0.155	0.220	0.014	0.389	} 2	112	} 10	2	88			
	2			0.181	11.51	Sp.	0.010	0.105	0.280	0.395						31		33
	3			0.239	11.00	Sp.	0.020	0.042	0.070	0.132						39		78
	Middel...			0.298	12.04	Sp.	0.062	0.122	0.121	0.305								
Storaa	1	Ovenfor for Holstebro	Landinsp. Rønne, Holstebro	0.131	3.61	0.03	0.010	0.143	0.147	0.301	} 1	107	} 10	1	84			
	2			0.186	3.85	Sp.	0.010	0.172	Sp.	0.182						23		33
	3			0.122	3.67	Sp.	Sp.	0.050	0.055	0.105						12		75
	Middel...			0.146	3.71	Sp.	Sp.	0.122	0.067	0.196								
Skernaa	1	Ved Hesselvig	Ingeniør Brønsted	0.173	2.50	0.02	0.02	0.269	0.095	0.385	} 2	138	} 10	2	93			
	2			0.164	2.52	Sp.	Sp.	0.112	0.119	0.231						20		27
	3			0.171	2.60	Sp.	Sp.	0.056	0.063	0.119						15		73
	Middel...			0.169	2.54	Sp.	Sp.	0.146	0.092	0.245								
Kongeeaa	1	ca. 1/4 Mil fra Udløbet	Sognefg. H. Hansen, Jedsted	0.118	5.80	0.02	0.035	0.143	0.053	0.231	} 2	120	} 10	2	92			
	2			0.145	4.68	Sp.	Sp.	0.091	0.217	0.308						24		38
	3			0.161	5.12	Sp.	Sp.	0.050	0.034	0.084						21		82
	Middel...			0.141	5.20	Sp.	Sp.	0.095	0.101	0.207								
Gudena	1	Oven for Silkeborg	Sagfører Hammer, Silkeborg	0.212	4.63	0.02	0.017	0.154	0.056	0.227	} 4	126	8-10	} 4	87			
	2			0.198	5.61	Sp.	Sp.	0.165	0.024	0.189						22	7-10	31
	3			0.175	5.29	Sp.	0.02	0.126	0.112	0.258						22	6-10	85
	Middel...			0.195	5.18	Sp.	Sp.	1.148	0.064	0.225								
do.	1	Oven for Randers	Justitsraad Hald, Randers	0.208	6.06	Sp.	0.05	0.157	0.119	0.330	9	129	8-10	9	82			

*) Mængderne af Magnesia vil omtr. svare til 1/10 af Totalsummerne.

Til Sammenligning med Tabellens Tal anføres Resultatet af Undersøgelser, anstillede senere og paa lignende Maade af Inspektør Feilberg over Afløbet fra den udtørrede Søborg Sø i Nordsjælland.

I 100 Liter Vand fandtes Gram:

	Kali	Kalk	Fosfor- syre	Kvælstof			
				i Salpe- tersyre	i Ammo- niak	i org. Stof	Ialt
November ..	0.38	16.76	0.017	0.19	0.02	0.18	0.39
April.....	0.27	15.52	0.018	0.49	0.02	0.14	0.65
August.....	0.44	14.64	0.015	0.07	0.01	0.15	0.23
Middel.....	0.36	15.64	0.017	0.25	0.02	0.16	0.42

Dette Vandløb viser sig rigt paa alle de undersøgte Stoffer og ganske særlig paa Kalk, en naturlig Følge af Søbundens Rigdom paa dette Stof.

Endvidere anføres efter Prof. F. Haberlandt Analyser af Vandet i nogle bekendte europæiske Floder. Desværre har Haberlandt ikke opgivet sine Kilder, og de nærmere Omstændigheder ved Prøveudtagning og Analyse kan derfor ikke angives.

I 100 Liter Vand fandtes Gram:

	Rhinen ved Strassburg	Donau ved Wien	Spre ved Berlin	Seine ved Paris	Themsens ved London
Kulsur Kalk	13.56	8.4	6.5	16.55	11.5
Kulsur Magnesia	0.51	1.5	0.9	4.34	—
Svovlsur Kalk.....	1.47	0.3	—	2.69	4.5
Svovlsur Magnesia	—	1.3	—	—	—
Svovlsurt Kali og Natron.	1.35	0.2	1.2	0.50	—
Klorkalcium.....	—	—	—	—	6.2
Klorkalium.....	—	—	—	—	0.3
Klornatrium.....	0.20	—	1.2	1.23	3.6
Salpetersure alkaliske Jordarter.....	—	—	—	0.52	—
Salpetersure Alkalier...	0.38	—	0.3	0.94	—
Kiselsur Lerjord.....	5.71	0.7	1.3	2.74	0.2
Organiske Stoffer.....	—	—	—	—	10.0
Ialt.....	23.18	12.4	11.4	29.51	36.3

En ganske flygtig Beregning af de danske Aaers Vandføring, sammenholdt med Tabellens Tal, viser os, at det er uhyre Kvantiteter af Kvælstof, Kali og for nogle Vandløbs Vedkommende ganske særlig af Kalk, der aarlig skylles i Havet, uden at vi ere i Stand til at gøre noget væsentligt for at hindre dette Tab. Sættes saaledes Vandføringen for Susaa til 200 Kubikfod pr. Sekund, bortføres der aarlig ca. 15400 Ctn. Kvælstof, 10300 Ctn. Kali og 436000 Ctn. Kalk og Magnesia. Sættes Vandføringen af Odenseaa til 150 Kubikfod pr. Sekund, bortføres her aarlig ca. 8900 Ctn. Kvælstof, 8700 Ctn. Kali og 350000 Ctn. Kalk og Magnesia. Det er kun rent undtagelsesvis, at vi kunne lede Vandet over dyrkede Arealer og derved tvinge det til at afgive en Del af sit Indhold af Plantenæringsstoffer, og selv hvor Naturforholdene tillade Vandets Benyttelse paa denne Maade, er det kun en temmelig ringe Del af Vandets plantenærende Stoffer, der kan tilbageholdes selv under de gunstigste Forhold \circ : hvor Vandet er rigt, og Jordbunden fattig. Omfattende tyske Undersøgelser*) have under saadanne Forhold givet det Resultat, at der ved hver Benyttelse af Vandet til Overrisling Foraar og Efteraar kun afgives henved en halv Snes pCt. af dets opløste plantenærende Stoffer; ved Vanding i Sommertiden tilbageholdtes vel ca. 14 pCt.; men da den egentlige Gødevanding maa ske udenfor Vegetationstiden, gør man vist rettest i kun at regne med de lave Tal. Har man at gøre med Vand, som det de vestjydske Vandløb føre, navnlig i Hedeegnene, bliver Forholdet endnu uheldigere, og Hedeselskabets Erfaringer**) gaa da ogsaa ud paa, at dette Vand, endog anvendt i Kvantiteter af indtil 1 Kubikfod pr. Td. Ld. pr. Sekund, kun er i Stand til at frembringe en Høafgrøde paa 15—20 Ctn. pr. Td. L., det mere frugtbare Aavand 30—40 Ctn. Skønt disse Afgrøder jo kun ere smaa, maa det dog vistnok forudsættes, at de ikke engang kunde naas, hvis man ikke ved den stærke Vanding udenfor Vegetationstiden tilførte Engene ret betydelige Kvantiteter kvælstofholdigt Muldslam, et Forhold, der ogsaa fremgaar af

*) König, Breme u. Mutschler: Untersuchungen über Rieselwasser. Landwirthschaftliche Jahrbücher. 1879.

**) Landmandsbogen. Bd. I, S. 325.

Oberst Dalgas's Meddelelser om Engvanding i de jydskede Hedeegne.

En nærmere Udredning af disse Forhold ved Vandingsforsøg i Forbindelse med kemisk Undersøgelse af Vandet før og efter Benyttelsen vilde være af megen Interesse, og Udførelsen af saadanne Forsøg var da ogsaa paatænkt af Ingeniør Brønsted og Forf. i Forening, men desværre maatte de opgives paa Grund af Brønstedes Sygdom og Død. —

Paa Grundlag af det, man véd om Vandets Virkninger ved Benyttelse til Overrisling af Enge, kan der dog udledes den Slutning, at man i de magre Egne, hvor Jorden trænger til Plantenæring, men hvor Vandet i Vandløbene er fattigt, bør lægge væsentlig Vægt paa Befugtningsvanding og Tilførsel af de manglende Næringsstoffer i Handelsingødning. Den kemiske Analyse af Vandet viser os da, at Opmærksomheden særlig bør rettes paa Tilførsel af Fosforsyre; men man kan dog ikke forudsætte, at Anvendelse af Kali vil vise sig urentabel, og denne bør derfor ogsaa forsøges, særlig paa kalifattige Jorder. Fosforsyre og Kali i Forening har da ogsaa paa forskellige Steder her i Landet vist saa stor Virkning baade paa Høets Kvantitet og Kvalitet, at man rimeligvis i Fremtiden vil være mere tilbøjelig end tidligere til at benytte disse billige Plantenæringstoffer paa Engene. Kvalitetsforbedringen viser sig jo bl. a. i, at der fremkommer Bælgplanter, og ved disses kvælstofsamlende Evne kommer man over Vanskeligheden ved at forsyne magre Enge med Kvælstof, som det fattige Vand savner, og som det under normale Forhold er for dyrt at skaffe i Kunstgødning til Produktion af Enghø. — Hvor man, som paa Befugtningsenge, er Herre over Fugtighedsforholdene, lønner Anvendelsen af Fosforsyre og hyppig tillige af Kali sig derfor særdeles godt; idet de anvendes i billige Forbindelser — f. Eks. Thomasslagge og Kainit — kan man med forholdsvis smaa Udgifter under slige Forhold frembringe store og sikre Afgrøder af godt Hø og bør altsaa ikke nøjes med smaa Afgrøder af daarligt.