

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
Institutt for grønnsakdyrking
Stensiltrykk nr. 145

BRUK AV OLJEHOLDIG VANN TIL
VANNING AV GRØNNSAKER

Arnulf R. Persson
Geir Lieblein

Undersøkelser for NTN
ved Institutt for grønnsakdyrking, NLH
Ås 1982

INNHOOLD

	Side
Forord	3
I. INNLEDNING	4
A. Vann som global ressurs	4
B. Virkning av olje/oljeblandet vann i jordsmonn ...	7
1. Mulig innhold av oljekomponenter i ferskvann fraktet med oljetankere	7
2. Omsetting av oljekomponenter i jord	8
3. Akkumulering av oljekomponenter i jord	9
C. Virkning av olje(komponenter) på vekst og utvik- ling hos planter	9
1. Innledning	9
2. Feltobservasjoner etter oljespill	10
3. Konstruerte forsøk	10
a. Konsentrert olje	10
b. Oljeholdig vann	11
D. Helsemessige aspekter	11
II. EGNE UNDERSØKELSER	13
A. Undersøkelsene i 1978 og 1980	13
B. "Etterforsøk" 1981	20
C. Hovedforsøk 1981	22
1. Materiale	22
2. Metoder	22
3. Opprinnelig og faktisk innhold av oljekompo- nenter i vanningsvannet	23
4. Registreringer	24
5. Statistisk behandling.....	25
6. Reddik 1	25
7. Reddik 2	28
8. Salat	30
9. Gulrot	32
10. Tomat	38
III. DISKUSJON OG KONKLUSJON	41
IV. SAMMENDRAG	45
V. ENGLISH SUMMARY	47
VI. LITTERATUR	55

Forord

Denne rapport er en oppsummering av de forsøk som er utført ved NLH i perioden 1978 - 1981.

Etter initiativ fra INTERTANKO ble det i 1978 startet forsøk ved Norges landbrukshøgskole i forbindelse med bruk av oljeblandet vann til vanning av grønnsaker. Forsøkene var en del av en bredere undersøkelse om mulighetene for å transportere ferskvann som returlast i tankskip til nedbørsfattige områder.

I 1980 ble prosjektet videreført av rederiet Halfdan Ditlev-Simonsen & Co. som på basis av midler fra NTNf fortsatte undersøkelsene ved NLH.

T. Meyer, INTERTANKO har velvilligst gitt råd og bistand til undersøkelsene.

Hovedforsøkene i 1981 kunne delvis bygge på en oversiktsrapport fra SI ved Baumann Ofstad om effekten av oljeforurenset vann på jord og planter.

Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt har velvilligst utført laboratoriearbeidet som ligger til grunn for de analyseresultater som blir presentert og som er basis for en rekke av våre vurderinger.

Utgiftene til analysearbeidet er delvis dekket ved en bevilgning av legatet Borgestad II med kr 15 000,-

Medarbeidere ved Institutt for grønnsakdyrking har ytet stor innsats ved gjennomføring av vekstforsøkene og rapportskrivningen.

Vi vil med dette takke for hjelpen og den økonomiske støtte, også for den store interesse som er vist for disse undersøkelsene.

I. INNLEDNING

A. Vann som global ressurs

Vann er en nødvendig forutsetning for alt organisk liv. De levende organismer består for en stor del av vann, f.eks. mer enn 70% av menneskekroppen er vann, og plantenes vekst og utvikling er avhengig av en kontinuerlig vanntilførsel.

I vannressurssammenheng må en også tilføye at vannbehovet for vedlikehold av livsfunksjonene er langt større enn vannbestanddelen av organismene.

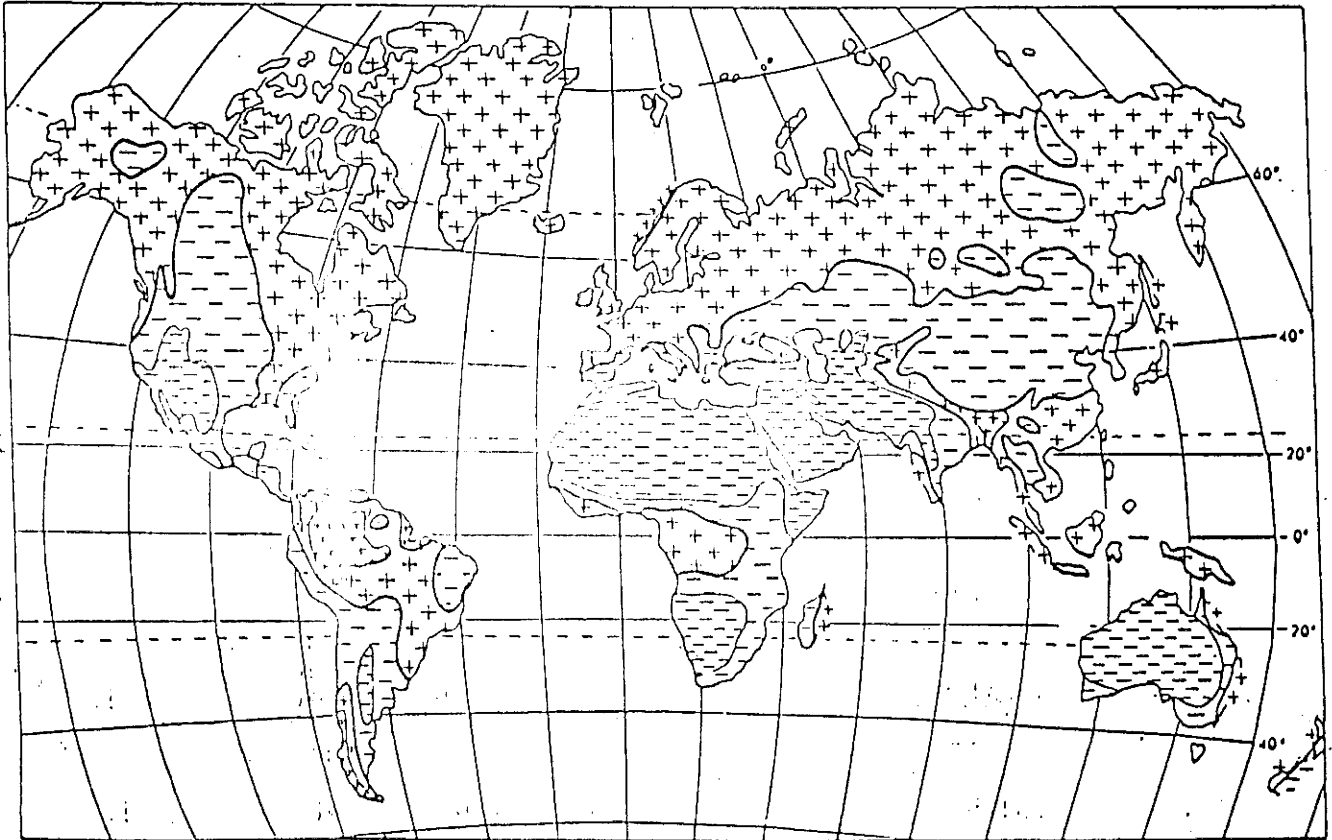
Det globale vannbehov øker merkbart år for år. Det er et resultat av endringer i livsførselen i I-land. Men behovet øker i sterkere grad i U-land som følge av folketilvekst, heving av levestandard, jordbrukets intensivering og industriens vekst. - Samtidig og kanskje i enda større omfang skjer det en kvalitetsforringning av vannet. Det er også et resultat av de samme faktorer som øker vannbehovet. Denne utvikling har understreket det forhold at vann innen en rekke områder ikke er en uuttømmelig ressurs som kan utnyttes etter behag.

I store deler av verden lider man i dag av et vannunderskudd, dvs. det er ikke nok vann til å holde ved like et etablert plantedekke. I Midt-Østen er det årlige vannunderskudd større enn 1000 mm.

Hovedproblemet i forbindelse med den globale vannforsyningen er den variable tilførsel som følge av ujamn nedbør både i rom og tid. Visse områder får for mye nedbør, andre for lite. (Diag. 1) Nedbøren gjennom året kan også være svært uregelmessig.

I store deler av verden er nedbøren konsentrert til visse årstider, mens til andre har man tørke. Stundom faller regnet med flere års mellomrom, og da gjerne med voldsom intensitet.

Generelt sett står man overfor utfordringen på den ene side å redusere, eller helst eliminere, virkningen av verdens vannunderskudd, på den annen side å kunne regulere vannoverskuddet slik at en kan dra nytte av det potensiale som i dag går tapt. I store områder er vannet en knapphetsressurs, bl.a. for



SURPLUS
mm/YEAR

+	> 1000
++	> 1000
+++	> 1000
+	< 1000
+	> 0

DEFICIENCY
mm/YEAR

-	< -1000
-	< 0
-	> -1000

Diagram 1

Areas characterized by water surplus and water deficiency. If precipitation provides less water than needed by a well-established type of vegetation there is water deficiency (negative values); in the opposite case there is water surplus (positive values). [Figure from M. Falkenmark, G. Lindh, *Vatten är en Svaltande Värld* (Natur och Kultur, Stockholm, 1976)].

planteproduksjonen. Disse områder vil derfor ofte være karakterisert av en lav selvforsyningsgrad når det gjelder mat.

Men samtidig er det regioner med vann i overflod. Dette gjelder bl.a. deler av Mellom- og Nord-Europa. Her er enorme vannmengder en utnyttet, fornybar ressurs.

Et bidrag til løsningen av problemet med ujevn vannfordeling i tid, er åpenbart magasinering av vann. Dette besørger delvis naturen selv i sjøer og grunnvannsmagasin, men kan også gjøres gjennom bygging av kunstige magasiner. Når det gjelder problemet tilknyttet den ulike fordelingen regionalt/geografisk sett, vil transport av vann fra vannrike til vannfattige områder være et viktig bidrag. Også her har naturen sine innretninger, som elver og grunnvannstransport, hvor vann blir ført over lange strekninger. De mest kjente kunstige metoder for transport av vann er bruk av kanaler, tunneler og akvedukter. Slike metoder var kjent allerede i de gamle egyptiske, assyrisk-babylonske, persiske og kinesiske

kulturer flere årtusen før Kristus. Slike kunstige metoder for vanntransport har dannet grunnlag for landbruk og generell samfunnsvekst, men de har samtidig sine begrensninger, bl.a. fordi de ofte er meget ressurskrevende. Avstand og fremkommelighet spiller en stor rolle. Når en har en praktisk/økonomisk grense ved denne form for transport, melder spørsmålet seg om andre alternativer, f.eks. for å løse vannunderskuddet i Midt-Østen. Er det realistisk at man i global målestokk kan transportere vann fra overskudds- til underskuddsområder, for å bedre vanttilførselen og dermed matproduksjonen i nedbørsfattige områder på en måte som virkelig monner?

Et alternativ for å ordne denne vanntransport på, er leveranser av ferskvann fraktet med oljetankskip på tilbaketur til Midt-Østen for å hente ny oljelast. I utgangspunktet skal man være forsiktig med å overdimensjonere denne løsningen, på bakgrunn av de enorme behov som er til stede og prisen på en slik kargo. Likevel, en slik transport synes rasjonell og kan være et vesentlig bidrag for å løse vannkrisen.

Fordelene ved en slik transport er åpenbare, da tankskipene likevel må gjøre vendereis til Midt-Østen for å hente ny oljelast. Disse tankskip tar i dag inn ballast i form av sjøvann.

Om dette opplegget ut fra en rekke synspunkter er interessant, er det mange spørsmål som reiser seg i forbindelse med den praktiske gjennomføring, ikke minst fordi vekselvis transportert vann vil ha en viss grad av oljeforurensning.

I dette arbeidet vil vi se litt på eventuelle problemer knyttet til dyrking og konsum av planteprodukter som er dyrket ved hjelp av oljeblandet vann. Det er vesentlig med en dekkende klarlegging av hva slik forurensning kan føre til av skader på jord og/eller planter, og videre om planter dyrket ved hjelp av forurenset vann vil kunne inneholde, eventuelt akkumulere, helsefarlige stoffer.

Det er denne problemstillingen som danner utgangspunktet for de undersøkelser som er utført ved Institutt for grønnsakdyrking, NLH.

B. Virkning av olje/oljeblandet vann i jordsmonn

1. Mulig innhold av oljekomponenter i ferskvann fraktet med oljetankere

Innholdet av hydrokarboner (generelt) i ferskvann er godt under 1 mg/l. Men når vann kommer i kontakt med hydrokarboner, selv ved "moderate blandingsforhold", vil vannet oppløse mellom 30 og 70 mg/l i seg - avhengig av typen av hydrokarboner - inntil vannet er mettet. Denne prosessen finner sted i løpet av noen timer, hvorpå ingen videre løsning finner sted.

I tillegg vil olje også til en viss grad kunne dispergeres i vann. Hvor mye olje som dispergeres er avhengig av oljetypen, og kan være 100 ganger større enn mengden som er virkelig løst i vannet av oljeholdige komponenter (BAUMANN OFSTAD, 1981). Dersom vann med dispergert olje blir stående rolig vil noe av den dispergerte oljen gradvis stige opp til overflaten. Det er ikke kjent relevant forsøksarbeide om hvor stor del av den dispergerte oljen som stiger opp og hvor raskt dette skjer. Det er sannsynlig at dersom oljeblandet vann får stå i ro, vil den dispergerte oljen stige opp til overflaten i løpet av ca. et døgn, og bestå av relativt tungtflyktige komponenter. Den høye viskositeten begrenser sterkt mengden oljeslam som kan dispergeres i vann, og vannløsligheten av vokskomponentene er ekstremt lav (sannsynligvis µg/l-nivå eller lavere).

De tankskip som i dette tilfellet er aktuelle for transport av vann, er nye og moderne og disponerer det beste utstyr for effektiv rengjøring av tankene. For et skip som kan ta 340 000 tonn er det anslått en restmengde på maksimalt 50 tonn råolje etter rengjøring. (Etter opplysninger fra Per Hatlen ved Norges Skipsforskningsinstitutt kan det være 10 ganger større rest.) Antas det at hele denne restmengden løses eller dispergeres i 340 000 tonn vann, blir oljekonsentrasjonen i vannet ca. 150 mg/l. Denne konsentrasjonen er en maksimalverdi, og i praksis vil sannsynligvis den reelle konsentrasjonen være vesentlig lavere. Vi kommer tilbake til dette spørsmålet under kapitel II, egne undersøkelser. Videre vil mikrobiell nedbryting av olje i vannet sannsynligvis kunne gi en reduksjon i oljekonsentrasjonen under selve transporten. Hermå imidlertid mulighetene holdes åpne for at

mikrobiell omdanning av stoffer også kan gi opphav til andre, mer polare og dermed vannløselige forbindelser av ukjent karakter.

Her kan en tilføye at når det gjelder omdannede polare forbindelser står en i dag ved forskningsfronten. Det synes som om disse forbindelser har en vesentlig større løsningsgrad og kan representere en større helsefare enn utgangsmaterialet. Denne omdanning er mest fremtredende under gode lysforhold. (Meddelt av avdelingssjef K. Palmork ved Havforskningsinstituttet.)

Tabell 1. Ulike forbindelser i olje (BAUMANN OFSTAD, 1981).

Forbindelse	Løselighet (mg/kg)	Kokepunkt (°C)
Paraffiner C ₆ -C ₁₂	9,5-0,01	69-230
Paraffiner C ₁₃ -C ₂₅	0,01-0,004	230-405
Cycloparaffiner C ₆ -C ₁₂	55-1,0	70-230
Cycloparaffiner C ₁₃ -C ₂₃	1-0	230-405
Aromatiske (mono- og disyklisk) C ₆ -C ₁₁	1780-0	80-240
Aromatisk (polysyklisk) C ₁₂ -C ₁₈	12,5-0	240-400
Naften-aromatisk C ₉ -C ₂₅	1-0	180-400
Uløste komponenter i olje	0	300-900

2. Omsetting av oljekomponenter i jord

Når vann med løste oljekomponenter (og evt. dispergert olje) tilføres jorda, vil det ta fra noen få år og opp til 20 år før oljekomponenter har seget ned til grunnvannet. Samtidig med dette siget ned mot grunnvannsspeilet skjer en omsetting av oljekomponenter. Denne omsettingen omfatter flere prosesser, som fordamping, fotooksydasjon (fra jordoverflaten), rene kjemiske prosesser og mikrobiologisk nedbryting. Alle disse prosesser har bestemte optimumsområder mht. miljøforhold, noe som er mest undersøkt i forbindelse med den mikrobielle nedbryting. Det er kjent flere enn 100 typer bakterier og sopp som kan bryte ned oljekomponenter (ELLIS jr. & ADAMS jr., 1961), og forsøk tyder på at jordas egen mikroflora kan tilpasse seg en oljeforurensning (JOHANSSON 1962, MÜLLER 1974 & JOBSON et al 1974).

3. Akkumulering av oljekomponenter i jord

Dersom miljøforholdene i jorda er underoptimale, vil bl.a. den mikrobielle nedbryting forsinkes (ODU 1978, ATLAS 1975, LEHTOMAKI & NIEMELÄ 1975).

De faktorer som vil kunne begrense/hemme nedbrytningen er først og fremst manglende tilgang på nitrogen og luft, men også vann. Optimumstemperaturen for den mikrobielle aktiviteten ligger i området 20-30°C, (KNOWLTON & RUCKER 1979, CRESSWELL 1977), og når det gjelder vanninnhold er 50-70% av full vannmetning optimalt (DIBBLE & BARTHA 1979).

Ved å tilsette nitrogengjødsel, og ved å bedre lufttilgangen gjennom pløying og harving, og ved vanning vil omsetningshastigheten kunne økes.

Man regner med at enkelte oljekomponenter vil være svært tungt nedbrytbare, og en total nedbryting i jorda vil ikke finne sted, eller vil ta svært lang tid (WALKER et al. 1975). Dette viser flerårige forsøk (BAKER 1978).

Dersom man kontinuerlig tilfører jorda oljeblandet vann, vil det alltid være et visst oljeinnhold i jorda. Et sentralt spørsmål er om nedbrytingshastigheten er av en slik grad at en opphoping i jorda ikke finner sted, på tross av en kontinuerlig tilførsel. Dette gjelder ikke bare oljen totalt sett, men kanskje særlig for de enkelte oljekomponenter, isolert sett. I denne sammenhengen vil tiltak for å stimulere nedbrytningen være viktige. Om en ser på vilkårene for nedbryting av oljekomponenter i jord, er det grunn til å merke seg særlig krav til temperatur og fuktighet. Ørkenforhold er ikke helt ideelt for denne omdanning.

C. Virkning av olje(komponenter) på vekst og utvikling hos planter

1. Innledning

Olje er en svært heterogen blanding av hydrokaroner og organiske forbindelser av svovel, nitrogen og oksygen. Olje inneholder bl.a. noen svært giftige substanser. I en rekke studier er virkningen av oljesøl på terrestriske og akvatiske dyr undersøkt.

Effekten av olje (oljekomponenter) på plantevekst er derimot ikke så godt dokumentert.

Når hydrokarbonmettet vann strømmer mot røttene, er det en konstant "strøm" av vann fra rot til blad og ut i lufta. Det er mulig at hydrokarboner vil kunne tas opp av planterøttene under denne prosess.

de ONG et al. (1927) skiller mellom akutte skader årsaket av lette oljer og kroniske skader årsaket av tunge oljer. Generelt er det slik at jo mindre hydrokarbonmolekylene er, desto mer giftig er oljen for planter (van OVERVEEK & BLONDEAU 1954).

2. Feltobservasjoner etter oljespill

De undersøkelser som er utført av andre til nå, er først og fremst knyttet til oljespill i større eller mindre skala. Slike undersøkelser består i første rekke av vegetasjonsstudier, og er ikke direkte relevante for problemene ved transport av ferskvann i oljetankere. Disse undersøkelsene viser at olje stort sett har en ødeleggende virkning på planteveksten, men at det er store forskjeller mellom planteslag, både mht. veksthemming og direkte skadesymptomer. Plantenes generative organer synes å være sterkest utsatt for skade. Nedsatt blomstring og redusert frødannelse er vanlige observasjoner (SCHWENDINGER 1968, BAKER 1970 I, BAKER & LOWELL 1969).

3. Konstruerte forsøk

I de konstruerte forsøk har man delvis brukt relativt høye oljekonsentrasjoner, eller konsentrert råolje er tilsatt jorda eller sprøytet på overjordiske plantedeler (da i relativt små mengder).

a. Konsentrert olje. Tidligere forsøk tyder på at den nedre grense for hemming av plantevekst varierer fra 0,1 vekt % av olje i forhold til vekt av jord (lufttørret) (PLICE 1948) til 3 vekt % (SCHWENDINGER 1968). Forsøk viser at motstandskraften mot olje i jord er ulik for forskjellige planteslag (PLICE 1948, SCHWENDINGER 1968 & SWADER 1975).

Symptomene på "oljeskader" er først og fremst næringsmangel,

noe som kan henge sammen med redusert vannopptak (PLICE 1948), eller at mengden av tilgjengelig nitrogen blir redusert, som en følge av at mikrofloraen som bryter ned oljekomponenter vil opptre som konkurrenter til plantene om tilgjengelig nitrogen i jorda.

b. Oljeholdig vann. KONSTANTINOVA (1978) fant at avløpsvann fra et oljeraffineri hadde en uheldig virkning på vekst og utvikling hos mais og sukkerbete. Avløpsvannet førte til nedsatt avling og kvalitet. (Egenskapene til avløpsvannet blir ikke nevnt i det engelske sammendraget.)

BAKER (1978) fant at oljeholdig avløpsvann (0,5% hydrokarboner + forskjellige organiske og uorganiske emulgatorer) reduserte høyde og tørrstoffavling hos havre og kløver.

BLANKENSHIP & LARSSON (1978) undersøkte virkningen av vann-ekstrakt av råolje på vekst og utvikling hos reddik. (Vann og olje ble blandet i forholdet 99:1, og kun den vannløselige delen ble brukt i forsøker.) Resultatene viste at frøspiringen ikke ble påvirket, men at det forurensende vannet påvirket plantenes vekst og utvikling. Alt på et tidlig stadium ble bladene mindre, noe som fortsatte under den videre utvikling. Både overjordisk og underjordisk biomasse ble redusert. Respirasjonen øket, og blomstringen ble forsinket (5 døgn). Fotosyntese pr. flateenhet øket, men da bladene var mindre, var CO₂-fiksering pr. blad uforandret.

D. Helsemessige aspekter

Et vesentlig spørsmål i forbindelse med mulige helsefarer for mennesker eller dyr knyttet til bruk av oljeblandet vann i planteproduksjonen, er en eventuell akkumulering av toksiske substanser i plantene eller sekundært i dyr og mennesker.

Olje inneholder komplekse aromatiske og heterosykliske komponenter, hvorav en rekke kan være helsefarlige for dyr og/eller mennesker. Også enkelte spormetaller, som finnes naturlig i olje, kan være helsefarlige (BRAUNSTEIN et al. 1977). Aktuelle sporelementer i olje kan komme i omløp i omgivelsene. Noen elementer, særlig kadmium, kvikksølv og bly er kumulative gifter.

Den biologiske virkning av toksiske stoffer er bestemt av stoffets egenskaper, den utsatte organisme, hvilken stoffkonsentrasjon organismen blir utsatt for, hvordan organismen blir utsatt (dvs. ad hvilken vei stoffet trenger inn i organismen).

Effektene inkluderer akutt giftighet, karsinogenitet, mutagenitet, teratogenitet ("fødselseffekter") og kroniske, langsiktige virkninger. Polysykliske, aromatiske hydrokarboner (PAH) og heterosykliske forbindelser som inneholder enten nitrogen eller svovel er blitt identifisert som organiske forbindelser som man ut fra miljømessige hensyn må være ekstra på vakt overfor pga. deres karsinogene potensial (BRAUNSTEIN et al. 1977).

Nitrogen- og svovelholdige polysykliske forbindelser er mer vannløselige enn de tilsvarende hydrokarboner og kan derfor ventes å finnes i større mengder enn PAH (BRAUNSTEIN et al. 1977). Flere heterosykliske analoger til fenantren har vist seg å være karsinogene, dette gjelder også dibenzotiofen (BRAUNSTEIN et al. 1977). Når det gjelder PAH, ble denne gruppens kreftfremkallende egenskaper oppdaget allerede i 1914 (YAMAGIVA & ISCHIKAWA). På grunn av sine spesielt kreftfremkallende egenskaper er Benzo(a)pyren vel blitt den mest kjente representant for PAH. Andre viktige kreftfremkallende stoffer innenfor PAH-gruppen, er 3,4-Benzfluoranthren, 10,11-Benzfluoranthren, 1,2-Benzanthacen og Idenopyren (UNTERHOLZNER 1972).

Forekomsten av PAH i luft, vann og jord henger i stor grad sammen med vår tids industrielle aktivitet. GRÄF (1967) hevder at det kan foregå en viss egensyntese av PAH i plantene, mens andre undersøkelser peker i motsatt retning (WAGNER 1971, GRIMMER & DÜVEL 1970). Både vekstfremmende (GRÄF 1964, WULF 1968) og veksthemmende (WAGNER 1969) virkninger av PAH er beskrevet. Planter kan altså vokse bra på et underlag som inneholder PAH, men dermed er ikke noe sagt om deres egnethet som næringsplanter.

PAH forekommer naturlig, men det er først og fremst industri-samfunnets forurensningsnivå som har bidratt til deres utbredelse. Det er nettopp i nærheten av industristrøk, og i områder med stor biltrafikk at man har funnet PAH i grønnsaker (BJORSETH et al. 1978, PYYSALO 1979).

Vi kjenner ennå ikke de toksiske doser for mennesker, men av preventive hensyn er det ønskelig at totalinnholdet av PAH i planteprodukter holdes så lavt som mulig.

Følgende forhold i denne sammenheng i forbindelse med bruk av oljeblandet vann i planteproduksjon er viktige:

PAH er funnet i vannekstrakt av olje, og en antar at de blir absorbert av plantene både via under- og overjordiske organer (ANDERSON et al. 1974, BOYLAND & TRIPP 1971, WAGNER 1969, BØRR 1970).

Men som nevnt, også andre stoffer og stoffgrupper kan representere helsemessige farer.

II. EGNE UNDERSØKELSER

A. Undersøkelsene i 1978 og 1980

Hovedresultatene fra 1978 viste at en ikke kunne registrere noen veksthemming ved vanning med 2% "light" og "heavy crude" for tomat, paprika, dill, salat, spinat, graslauk, reddik og kruspersille. Heller ikke 4 volumprosent førte til vekstretardering for salat. Derimot fikk en vesentlig avlingsnedgang ved tilsetning av 5 og 10% oljeforurensset veksttorv. (Denne veksttorven var på forhånd bløtt opp med vann tilsatt 8 volumprosent olje.)

Fruktene fra behandlet og ubehandlet paprika og tomat ble analysert ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt for naftalen, fenantren og dibenzotiofen samt deres alkylderivater. Det ble registrert svært små mengder, og det var ikke noen klar forskjell mellom behandlede og kontrollplanter mht. disse innholdsstoffene. Undersøkelsene var imidlertid av en slik preliminær art at de burde følges opp av en langt mer omfattende granskingsserie.

Tab. 2. Analyse av frukter av tomat og paprika som er høstet på planter vannet med 2 volumprosent med enten lett eller tung råolje eller vann uten oljetilsetning. Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen. Analyseenhet: µg/l

	PAPRIKA			TOMAT		
	069 A	069 B	079 C	A-I-73-1-63/2-64	B-I-73-1-63/2	18 B/24
	kontroll	2% light	2% heavy	kontroll	2% light	2% heavy
Naftalen	4,6	3,4	3,4	1,2	2,0	0,4 µg/kg
Metyl-naftalener	4,3	4,9	7,6	0,8	1,2	0,4
Dimetyl-naftalener	13,5	16,3	36,1	2,0	10,9	1,2
Trimetyl-naftalener	8,5	11,4	31,9	1,9	50,1	1,5
Fenantren	2,8	3,5	4,0	1,3	2,7	1,4
Metyl-fenantrener	2,9	3,7	3,9	1,1	7,3	0,8
Dimetyl-fenantrener	3,0	5,8	8,7	0,2	22,6	0,5
Metyl-dibenzotiofener	1,3	1,6	1,8	0,3	5,7	0,5
Dimetyl-dibenzotiof.	2,2	4,5	5,9	0,3	26,0	0,6
Trimetyl- "	1,0	2,0	2,2	0,1	12,4	0,3
	44,1	57,1	105,5	9,2	140,9	7,6 µg/kg

Granskingsopplegg for sommeren og høsten 1980

Vekster: Tomat, paprika, gulrot og kinakål (de to sistnevnte spesielt for vinterdyrking i varme strøk). De representerer frukt, blad og rotgrønnsaker. A priori skulle disse vekster være noe forskjellig utsatt for forurensing, paprika og tomat minst fordi de har fruktene høyt over bakken, mens en rotvekst som gulrot burde stille i største fareklasse.

Dyrkingsmedium: Vekstene ble dyrket i vanlig sammensatt matjord med relativt høyt sandinnhold. Ved vanning tilsatte en etter behov 1^o/oo rød Superba (allsidig gjødselmiddel) og 1^o/oo kalksalpeter (for ekstra nitrogentilføring).

Oljekvaliteter: Instituttet mottok 3 ulike "crude-oil"-typer: 1) Arabian light, 2) Arabian heavy, 3) "Flotta" (Nordsjøkvalitet).

For gulrot som er ventet å være den mest utsatte vekst

foretok en sammenlikning av alle 3 kvaliteter. For de andre 3 vekstene var prøvene basert på "Arabian heavy".

Dyrkings- En etablerte 3 dyrkingssituasjoner:

- sted
- A. På friland hvor en sammenliknet behandlet og ubehandlet.
 - B. I plasthus hvor en sammenliknet behandlet og ubehandlet.
 - C. I et isolert plasthus 100 m fra de øvrige forsøksfelt. Her brukte en ikke oljetilsatt vann. Grunnen til C-leddet var å se på om luftforurensing kan være en faktor å regne med. Analysene fra 1978 kunne tyde på det.

Vanning En vannet tilnærmet etter en tensiometeravlesning på 0,4 bar med vann som hadde 2 volumprosent råolje og ubehandlet som kontroll.

Forsøks- For å kunne flytte plantene uten å skade dem, ble alt enhetene dyrket i forsøkskar med volum 10 l.

A. Friland

Gulrot

3 oljetyper + kontroll
Rutestørrelse: 2 forsøkskar
2 gjentak

Kinakål

1 oljetype + kontroll
Rutestørrelse: 3 forsøkskar
2 gjentak

Tomat

1 oljetype + kontroll
Rutestørrelse: 3 forsøkskar
2 gjentak

Paprika

1 oljetype + kontroll
Rutestørrelse: 2 forsøkskar
2 gjentak

A = 44 forsøkskar

B. Veksthus I

Opplegg tilsvarende ledd A

B = 44 "

C. Veksthus II

Gulrot 1 kar x 2
Kinakål 1 " x 2
Tomat 2 " x 2
Paprika 2 " x 2

C = 12 "

Totalt 100 forsøkskar

Forsøks- En foretok observasjoner over avling og ellers de
regist forhold som kunne være avvikende fra det normale.
reringer

Kjemisk Etter nærmere avtale med havforskningsinstituttet
analyse i Bergen, ble prøvene sendt dit for analyse
av pro-
duktene

Etter- Dyrkingskarene med jord ble tatt vare på for å stu-
virking ders en eventuell ettereffekt på jord og planter.

Forsøkets gjennomføring

Forsøket ble planlagt seint i sesongen slik at vilkårene for gjennomføring var relativt dårlige, og det ble nødvendig å foreta en del justeringer i forhold til den opprinnelige plan.

Gulrot: Sort: 'Duke' 370 Notabene.
Sådd direkte i forsøkskar 15.7. i sandblandet moldjord.
Spirt 28.7. Gjødsling etter behov 1⁰/oo Rød Superba og 1⁰/oo kalksalpeter vekselvis.

Kinakål: Sort: 'Nagaoka 50 days'.
Sådd 7.7. i sandblandet moldjord. Spirt 9.7., tynnet 17.7., plantet i forsøkskar 1.8. Gjødsling som foregående. Kinakålen klarte seg relativt dårlig i forsøksopplegget både i kontrollkarene og i de behandlede.

Tomat: Sort: 'Petopride II'.
Sådd 8.7., tynnet 18.7., plantet i forsøkskarene 6.8.
Tiltrekkingsmedium: Floralux veksttorv og i forsøkskarene sandblandet moldjord. Gjødsling som foregående.

Paprika: Sort: 'Pip'.
Sådd 8.7., spirt 16.7., tynnet 28.7. Tiltrekkingsmedium: Floralux veksttorv. Utplantning i forsøkskarene 3.9. i sandblandet moldjord. Gjødsling som foregående.

A, B og C- Etter planen skulle forsøkskarene på friland (A) få stå
gruppene så lenge ute som mulig. De ble flyttet inn i et plasthus med oppvarming ved hjelp av elektriske kabler 16.9. for å unngå frost eller kjøleskade. Plantene i gruppe B som fra starten av var i uoppvarmet plasthus, ble 17.9.

flyttet inn i et oppvarmet vanlig veksthus. C-gruppen var i hele perioden i plasthus for seg. Takdekkematerialet i dette huset var enkle korrugerte akrylplater. Dette huset ble holdt frostfritt ved en elektrisk ovn fra medio september.

Observasjoner over vekst og avling

Forsøket ble avsluttet 12. november og prøvene ble gjort i stand for forsendelse til havforskningsinstituttet.

Gulrot: A. Dyrking overveiende på friland

1. Kontroll 2 kar - 130 g (1 kar angr. av gnagere)
2. "Heavy crude" 2 kar - 320 g
3. "Light crude" 2 kar - 250 g
4. "Flotta crude" 2 kar - 210 g

B. Dyrking overveiende i plasthus

1. Kontroll 4 kar - 200 g (angrepet av gnagere)
2. "Heavy crude" 2 kar - 350 g
3. "Light crude" 2 kar - 75 g (angrepet av gnagere)
4. "Flotta crude" - (oppspist av gnagere)

C. Dyrking i et veksthus dekket med akrylplater - ikke vanning med oljeforurenset vann

Kontroll 2 kar - 530 g

Konklusjon: Materialet er noe svakt å dra sikre konklusjoner fra. Det hele startet opp for seint, og en fikk seinhøstes en del problemer med gnagerangrep. Sistnevnte førte til stor variasjon i observasjonsmaterialet. Imidlertid er det ikke noe tendens i observasjonene som tyder på veksthemming ved vanning med oljeforurenset vann. En kan ikke trekke noen bestemt slutning av at en fikk størst avling i ledd C, fordi det kan være et resultat av selve dyrkingsstedet.

Kinakål: A. Dyrking overveiende på friland

1. Kontroll 2 kar, i alt 6 planter - 2900 g
2. Behandlet med 2% "Heavy crude"
2 kar i alt 6 planter - 2200 g

Merknad: Plantene var delvis skadet av innråte og utviklingsstadiet var 80% stokkrenning ved høsting.

B. Dyrking overveiende i uoppvarmet plasthus

På grunn av det fuktige klimaet på ettersommeren i

folieplasthuset råtnet kinakålen og ingen observasjoner ble foretatt her.

C. Dyrking i et veksthus dekket med akrylplater - ikke vanning med oljeforurenset vann

2 planter som bare hadde dannet bladrosetter - 350 g
Materialet kan ikke direkte sammenliknes med resultatene i gruppe A fordi klimavilkårene har vært forskjellige.

Konklusjon: Observasjonene i kinakål er så fragmentariske at de ikke gir grunnlag for vurdering av effekten av oljeblandet vann.

Tomat: A. Plantene overveiende dyrket på friland

1. Kontroll 5 planter - 130 g
2. Behandlet 6 " " "Heavy crude" - 160 g

B. Dyrking overveiende i plasthus

1. Kontroll 5 planter - 2800 g
2. Behandlet med 2% "Heavy crude" 6 " - 2700 g

C. Dyrking i et veksthus dekket med akrylplater - ikke vanning med oljeforurenset vann

4 planter - 340 g

Konklusjon: De største avlingene ble oppnådd i gruppe B. Det har sammenheng med de bedre vekstvilkår disse plantene fikk etter inntak i et oppvarmet glassveksthus. Det vil en varmekrevende plante som tomat reagere sterkere på enn f.eks. gulrot og kinakål. Forøvrig er det ingen klare signaler på at vanning med forurenset vann har redusert avlingen.

Paprika: A. Dyrking overveiende på friland

1. Kontroll, ubehandlet 5 planter - 900 g
2. Behandlet med 2% "Heavy crude" 6 " - 1200 g

Når avlingen her ble så stor, har det sammenheng med at plantene tilsynelatende gjorde seg god nytte av den siste perioden i oppvarmet glassveksthus.

B. Dyrking overveiende i plasthus

1. Kontroll, ubehandlet 5 planter - 660 g
2. Behandlet med 2% "Heavy crude" 6 " - 650 g

C. Dyrket i et veksthus dekket med akrylplater - ikke vanning med oljeforurenset vann

4 planter - 140 g

Konklusjon: Også for paprika ser en at det er vekstmiljøet plantene har reagert sterkest på, og at selve behandlingen med oljeforurenset vann ikke har noen sikker virkning.

Sammenfatning

Tabell 3a. Virkning av oljeforurenset vann på avlingen av enkelte grønnsakkulturer høsten 1980. Avling pr. forsøkskar i gram. Grønnsakforsøka, NLH.

Kulturer	Dyrkingssted →	A. Friland		B. Plasthus		C. Akrylhus
		\bar{x} kontr.	\bar{x} beh.	\bar{x} kontr.	\bar{x} beh.	\bar{x} kontr.
GULROT	Avling pr. kar	65	130	50	108	265
	Virkning av dyrkingssted	Stor til fordel for C				
	Virkning av oljeforurensn.	Ingen klar effekt				
KINAKÅL	Avling pr. kar	1450	1100	-	-	350
	Virkning av dyrkingssted	Stor				
	Virkning av oljeforurensn.	Ingen klar effekt				
TOMAT	Avling pr. kar	26	27	560	450	85
	Virkning av dyrkingssted	Stor til fordel for B				
	Virkning av oljeforurensn.	Ingen klar effekt				
PAPRIKA	Avling pr. kar	180	200	120	108	35
	Virkning av dyrkingssted	Stor				
	Virkning av oljeforurensn.	Ingen klar effekt				

Tabell 3b. Sum analysekomponenter i $\mu\text{g}/\text{kg}$ (jfr. s. 14 når det gjelder de ulike oljekomponenter).

Kulturer	Dyrkingssted →	A. Friland		B. Plasthus		C. Akrylhus
		\bar{x} kontr.	\bar{x} beh.	\bar{x} kontr.	\bar{x} beh.	\bar{x} kontr.
GULROT		27,9	3925,5 (L) 589,0 (H) 2645,0 (F)	17,0	4194,5 (L) 447,0 (H) 4155,0 (F)	30,0
KINAKÅL		4,5	32,0			6,0
TOMAT		2,0	1,5 (H)	11,1	5,1 (H)	0,0
PAPRIKA		25,0	33,0	79,5	48,5	9,0

"Crude oil" typer: L = Light H = Heavy F = Flotta

Vilkårene for denne granskingen var langt fra ideelle. Resultatene er sprikende og til dels fragmentariske. Likevel gir de støtte til undersøkelsene i 1978 om at selv sterkt forurenset vanningsvann ikke fører til avlingssvikt.

Når det gjelder de kjemiske analysemetodene, blir de behandlet mer utførlig under hovedforsøket i 1981. Men i tilknytning til forsøkene i 1980 vil en nevne at de kjemiske analyseresultater også må sees i sammenheng med det relativt svake og varierende forsøksmateriale. Likevel synes det å være grunn til å merke seg at gulrot skiller seg klart ut fra de andre vekstene med meget vesentlig større totalinnhold av de analyserte stoffene. En har en mistanke om at gulrøttene i dette tilfelle har vært utsatt for sterkere overflateforurensing enn tilfelle vil være ved et rasjonelt opplegg for denne form for vanning.

Analysetallene peker i retning av at tilsetning av den tunge råoljen har gitt mindre reststoffer enn de to andre typene. Videre ser en at for tomat og paprika var det knapt noen forskjell mellom behandlet og ubehandlet. Produkt fra ubehandlede ledd hadde også registrerbart innhold av de analyserte stoff, også de som kom fra det isolerte C-veksthuset.

B. "Etterforsøk" 1981

For å se om det kunne registreres ettereffekt for behandlet jord i den påfølgende sesong, ble gulrøtter dyrket våren 1981 i utvalgte kar fra forsøket i 1980. I 1981-forsøket ble alle kar vannet med rent vann for å undersøke om man kunne finne ettervirkninger etter behandlingene i 1980. Man brukte her kar fra følgende ledd:

UK.B.: Kar fra dyrkingsforsøk med kinakål overveiende i plasthus. Vanning med rent vann i 1980.

UK.A.: Kar fra dyrkingsforsøk med gulrot overveiende på friland. Vanning med rent vann 1980.

04: Kar fra veksthus dekket med akrylplater hvor kun rent vann ble brukt i 1980. Kontrollledd.

MT.A.: Kar fra dyrkingsforsøk med tomat overveiende på friland. Vanning med oljeforurenset vann 1980.

MP.B.: Kar fra dyrkingsforsøk med paprika overveiende i plasthus. Vanning med oljeforurenset vann 1980.

Alle kar ble dyrket i samme plasthus i forsøket i 1981. Forsøksbetingelsene var ellers som nevnt for dyrkingsforsøket i 1980.

Tab. 4. "Etterforsøk" 1981. Kjemiske analyser av gulrot dyrket i forsøkskar fra 1980 med og uten vanning med oljeforurenset vann. Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskning sinstitutt, Bergen. Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}$.

	Kontrollkar 1980			Behandling 1980	
	0,4 V	UK.B	U.6A	MT.A	MP.B
Naftalen	2,2	0,4	2,2	2,0	1,9
Metyl-naftalener	2,2	1,3	2,6	2,4	2,4
Dimetyl-naftalener	2,1	2,0	2,6	2,4	2,4
Trimetyl-naftalener	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
Fenantren	0,4	0,5	0,2	0,3	0,3
Metyl-fenantrener	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Dimetyl-fenantrener	0,0	-	0,0	0,1	0,1
Metyl-dibenzotiofener	0,2	0,3	0,1	0,3	0,3
Dimetyl-dibenzotiofener	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7
Trimetyl-dibenzotiofener	0,0	0,2	0,1	0,4	0,7
Σ	7,0	5,3	8,1	8,4	9,1

Kommentarer til resultatene

De kjemiske analysene viser liten forskjell mellom forsøksleddene, og innholdet av analyserte oljekomponenter ligger for alle på et lavt nivå og er under det nivå som en fant for kontrollleddene i det foregående forsøk.

Det virker som om behandling med oljeforurenset vann en sesong ikke har påvirket innholdet av oljekomponenter i planter dyrket i samme jord neste vekstsesong, når plantene i denne sesongen er vannet med rent vann. Men også når det gjelder dette spørsmålet er det ønskelig med mer omfattende granskingsmateriale.

C. Hovedforsøk 1981

1. Materiale

Vekster Gulrot, sort: 'Nantes Duke'
 Salat, " : 'Nordia'
 Reddik, " : 'Cherry Belle'
 Tomat, " : 'Peto 86'

Dyrkings- Moldholdig sandjord
medium Vekstene dyrket i 10 l plastbøtter

Gjødsel 1⁰/100 rød Superba, 1⁰/100 kalksalpeter.
 Tilsett ved vanning

Olje "Arabian Heavy", råolje
(type) Oljekonsentrasjoner: 2%, 1%, 0,5%, 0,25% (volum-%)

2. Metoder

Forsøks- Vekstene ble dyrket i et uoppvarmet veksthus med
opplegg akrylplater som tak i 10 l plastbøtter som var fylt
 med moldholdig sandjord. Vann med de respektive
 oljeblandinger ble tilsatt ved hver vanning.

Forsøks- Gulrot, reddik, tomat: 4 oljekonsentrasjoner
enheter (0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0%) + et kontrollledd (U) med
 rent vann.

Salat: 1 oljekonsentrasjon (2,0%) + et kontroll-
 ledd (U) med rent vann.

Gulrot: Lysforsøk - 1 oljekonsentrasjon (2,0%) + et
 kontrollledd (U) med rent vann. Dyrking i fullt lys
 og i ca. 60% av fullt lys (beskygning).

Dyrkings- Tomat: Sådd 22.4., pottet 13.5., omplantet 18.6. 1 plante
opplegg pr. bøtte. Høstet 24.8., 17.9., 8.10., 2.11.

Reddik: a) Sådd 26.6., tynnet 7.7. til 5 planter pr.
 bøtte. Høstet 23.7.
 b) Sådd 29.7., tynnet 11.8. til 5 planter pr.
 bøtte. Høstet 21.8.

Salat: Sådd 11.8., plantet 17.8., 2 planter pr. bøtte.
 Høstet 30.9.

Gulrot: Sådd 26.6. Høstet 22.9.

3. Opprinnelig og faktisk innhold av oljekomponenter i vanningsvannet

To deler olje ble tilsatt 98 deler vann i en stor tønne. Oljen ble mekanisk blandet med vann gjennom kraftig manuell røring.

Etter ca. 1 time ble vann tappet ut av en kran ca. 10 cm over bunnen av tønna. Det meste av oljen hadde i denne perioden steget opp til overflaten, og det vannet som ble tappet ut var derfor kun forurenset av til dels oljekomponenter som var løst i vannet og i tillegg dispergerede oljekomponenter. Før vanning ble vannet som var tappet ut av tønna blandet ut med rent vann i forholdet 1:1, 1:3 og 1:7 for å gi de andre oljekonsentrasjonene (1,0%, 0,5% og 0,25%).

Av det som er nevnt over går det fram at det oljeforurensede vann som ble brukt i forsøket, hadde et klart lavere oljeinnhold enn det opprinnelige blandingsforholdet (2:98), da kun en liten del av den tilsatte oljen ble dispertert eller løst i vannet.

For å få et mål for det faktiske innhold av vanningsvannet ble en vannprøve (som ble tillaget på ovennevnte måte) sendt til analyse ved havforskningsinstituttet i Bergen. Prøven hadde et totalt oljeinnhold på ca. 10 ppm (1/1000%). Før uttak av prøven hadde blandingen kun stått $\frac{1}{2}$ t etter omrøring, slik at oljekonsentrasjonen i det vannet som ble tappet ut for bruk i forsøket sannsynligvis har vært enda lavere. Oljekonsentrasjonen i vanningsvannet var altså to - flere tusen ganger lavere enn det "opprinnelige" konsentrasjonsforholdet.

Vannprøven viste i tillegg at innholdet av de oljekomponenter som det er analysert for i denne undersøkelsen utgjorde ca. 0,9% av det totale oljeinnholdet.

Tab. 5. Innhold av analyserte oljekomponenter i vannprøven, µg/l (ppb). (Av et totalt oljeinnhold ca. 10 ppm)

Naftalen	1,1
Metyl-naftalen	4,5
Dimetyl- "	7,6
Trimetyl "	9,7
Fenantren	0,4
Metyl-fenantren	2,6
Dimetyl- "	6,7
Metyl-dibenzofener	6,1
Dimetyl- "	29,4
Trimetyl- "	21,8
Sum analyserte stoffer	<hr/> 89,9 <hr/>

4. Registreringer

- Avlingsmålinger
- Morfologiske observasjoner
 - Bladtall (gulrot, reddik, salat)
 - Lengde og bredde av lengste blad (reddik)
 - Diameter og høyde av knoll (reddik)
- Kjemiske undersøkelser

De kjemiske analyser ble utført ved havforskningsinstituttet i Bergen og kan beskrives slik:

Prosedyre: Grønnsakene finhakkes (ca. 70 g) og kokes under reflux med 100 ml metanol, 3 g KOH og interne standarder i ca. 2 timer. Etter avkjøling blir uforsåpbart materiale ekstrahert med pentan og fargestoffene blir fjernet ved hjelp av en kort silica kolonne.

Pentanfasen blir inndampet og løst i 50 µl hexan og analysert ved hjelp av et datastyrt gasskromatograf-massespektrometer. Prøvene blir analysert med hensyn på naftalen, fenantren og dibenzotiofen samt deres alkylderivater. Som interne standarder benyttes Bifenyl-d₁₀, Antracen-d₁₀ og Pyren-d₁₀.

Den før nevnte vannprøve (s. 23) ble analysert på samme måte og med samme komponenter.

5. Statistisk behandling

Data fra forsøkene ble analysert ved hjelp av en vanlig toveis variansanalyse.

"Missing plots" ble estimert etter vanlig metode (NISSEN 1982).

For ulike signifikans-nivåer er følgende betegnelser brukt:

I.S.	Ingen signifikans
*	Signifikans på 0,05-nivå
**	Signifikans på 0,01-nivå
***	Signifikans på 0,001-nivå

I resultatoversikten i diskusjonen er diagram benyttet, hvor totalt innhold av analyserte oljekomponenter for de forskjellige forsøksledd og vekster er oppført. I følgende tabeller og i diagram 7 er signifikansnivåer for differanse mellom forsøksledd innlagt. Dette har skjedd med utgangspunkt i den laveste verdien innen hver vekst.

6. Reddik 1

Morfologiske undersøkelser

Tab. 6. Reddik 1. forsøk, sådd 26.6., høstet 23.7. Veksttid 28 døgn. NLH, 1981.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Bladtall pr. plante ved høsting (23.7)	6,10	5,80	6,10	5,90	6,70	*
Plantevekt, g	41,30	48,00	47,70	44,70	44,30	I.S
Knollvekt, g	29,70	35,70	35,70	35,70	31,70	I.S
Knollvekt/plantevekt	0,72	0,74	0,75	0,76	0,71	I.S
Knolldiameter, cm	3,60	3,70	3,70	3,70	3,50	I.S
Knollhøyde, cm	5,60	5,70	5,50	5,60	5,10	I.S
Knolldiameter/knollhøyde	0,64	0,66	0,68	0,66	0,68	I.S

Kommentarer til resultatene

Oljeforurenset vann har gitt et signifikant lavere antall blader enn rent vann. Mellom de forskjellige grader av oljeforurenning

er det ingen forskjell. De andre morfologiske undersøkelser har ikke gitt noen sikre forskjeller mellom oljeforurenset vann og rent vann. Som en hovedtendens kan vi si at oljeforurenset vann i forhold til rent vann ikke har påvirket morfologiske egenskaper hos reddik i nevneverdig grad i dette forsøket.

Kjemiske analyser

Tab. 7. Reddik 1. forsøk, sådd 26.6., høstet 23.7. Veksttid 28 døg. NLH, 1981. Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}^1$).

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Naftalen	2,3	2,1	1,7	2,5	2,1	*
Metyl-naftalener	3,7	2,5	2,1	2,6	2,6	*
Dimetyl-naftalener	2,3	2,0	1,4	1,6	1,6	I.S
Trimetyl-naftalener	0,6	0,3	0,3	0,4	0,4	I.S
Fenantren	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	"
Metyl-fenantrener	0,3	0,2	0,1	0,3	0,0	"
Dimetyl-fenantrener	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	***
Metyl-dibenzotiofener	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	***
Dimetyl-dibenzotiofener	3,0	0,4	0,5	0,1	0,2	***
Trimetyl-dibenzotiofener	3,4	0,3	0,3	0,1	0,1	***
Σ	17,0	8,0	6,8	8,0	7,1	***

¹⁾ Analysene utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen.

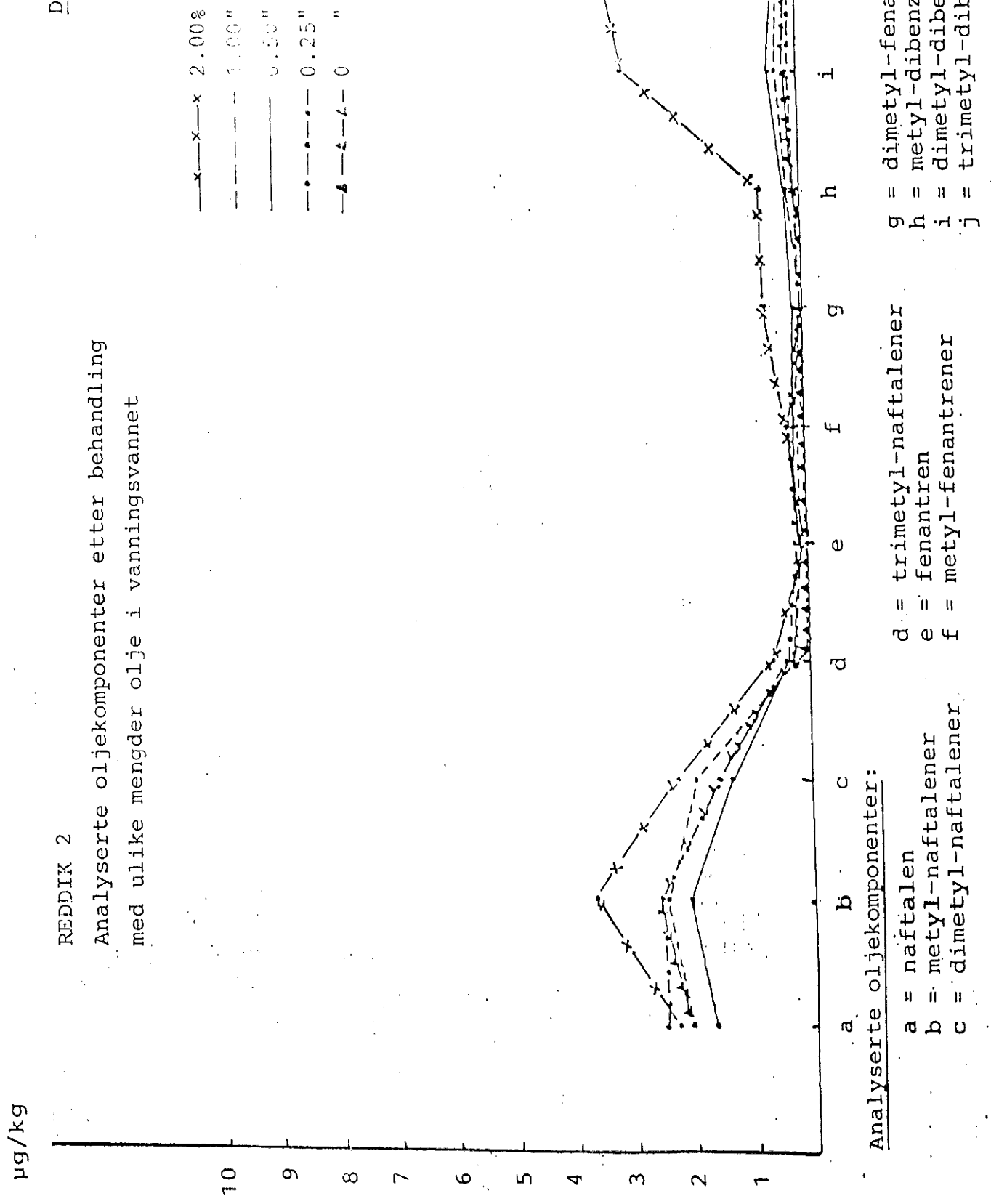
Kommentarer til resultatene

Oljeforurenset vann gir meget klart et høyere innhold av enkelte oljekomponenter enn rent vann. Dette gjelder i første rekke innhold av dibenzotiofener, dimetyl-fenantrener samt det totale innhold av analyserte komponenter.

Men disse forskjeller finnes ikke mellom rent vann på den ene siden og forurenset vann på den andre. Det er analysene fra produkt behandlet med den største oljekonsentrasjon som avviker med klart større mengder av visse komponenter. Mellom rent vann

Diagram 2

REDDIK 2
 Analyserte oljekomponenter etter behandling
 med ulike mengder olje i vanningsvannet



og de tre andre oljekonsentrasjoner finner vi ingen forskjeller. Det er her verd å merke seg at også der hvor plantene er vannet med rent vann finner vi et visst innhold av oljekomponenter. Analyseresultatet er også presentert i diagram 2.

7. Reddik 2

Morfologiske undersøkelser

Tab. 8. Reddik 2. forsøk, sådd 29.7., høstet 21.8. Veksttid 23 døgn. Morfologiske observasjoner, NLH, 1981.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Bladtall, 12.8.	2,92	3,00	3,15	3,10	3,00	I.S.
Bladtall, 21.8.	4,80	5,00	4,90	4,80	4,70	"
Bladtall, 12.8. og 21.8.	0,61	0,60	0,63	0,66	0,65	"
Plantevekt, g	24,30	24,30	24,30	24,00	25,70	"
Knollvekt, g	16,30	15,70	15,70	15,30	17,30	"
Bladvikt, g	8,00	8,70	8,70	8,70	8,30	"
Knollvekt/plantevekt	0,67	0,64	0,64	0,64	0,68	"
Knolldiameter, cm	3,00	2,90	3,00	2,90	2,90	"
Knollhøyde, cm	3,60	3,40	3,50	3,40	3,90	"
Knolldiameter/ knollhøyde	0,82	0,86	0,86	0,86	0,75	"
Lengde lengste blad, 12.8., cm	11,70	12,70	12,90	12,30	12,30	"
Lengde lengste blad, 21.8., cm	19,00	21,00	20,60	20,90	21,40	"
Bredde lengste blad, 12.8., cm	3,90	3,90	4,10	4,10	3,70	"
Bredde lengste blad, 21.8., cm	6,20	6,30	6,10	6,20	6,60	"
Bredde/lengde lengste blad, 12.8.	0,33	0,31	0,32	0,33	0,30	"
Bredde/lengde lengste blad, 21.8.	0,33	0,30	0,30	0,30	0,31	"
Lengde lengste blad 12.8., lengde lengste blad 21.8.	0,62	0,60	0,63	0,59	0,58	I.S.

Kommentarer til forsøkene

Forsøket viser at oljeforurensset vann i forhold til rent vann ikke har påvirket de observerte egenskaper hos reddik. Dette gjelder både avlingsfaktorer som knollvekt og plantevekt, og mer botaniske egenskaper som knollform, bladlengde og -bredde og utviklingshastighet.

For noen egenskaper, som plantevekt, knollvekt og knollform skiller virkningen av rent vann seg ut fra virkningen av forurenset vann. Men forskjellene her er ikke så store at de er statistisk sikre.

Kjemiske undersøkelser

Tab. 9. Reddik 2. forsøk, sådd 29.7., høstet 21.8. Veksttid 23. døgn. Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}$ ¹⁾

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Naftalen	0,1	0,9	0,2	0,25	1,1	I.S.
Metyl-naftalener	1,0	1,2	0,7	1,4	1,7	"
Dimetyl-naftalener	1,2	1,0	0,5	1,0	0,6	"
Trimetyl- "	1,1	0,5	0,2	0,4	0,1	*
Fenantren	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	I.S.
Metyl-fenantrener	1,0	0,6	0,5	0,3	0,2	**
Dimetyl- "	1,6	0,9	0,6	0,9	0,1	*
Metyl-dibenzotiofener	1,6	0,8	0,7	0,4	0,1	***
Dimetyl-dibenzotiofener	6,3	3,4	2,6	1,4	0,3	***
Trimetyl-dibenzotiofener	6,2	3,6	2,6	1,3	0,2	***
Σ	20,5	13,2	8,7	8,4	4,7	**

¹⁾ Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen.

Kommentarer til resultatene

Som for det første reddikforsøket gir også her oljeforurensset vann et meget klart høyere innhold av enkelte oljekomponenter enn rent vann. Dette gjelder innhold av trimetyl-naftalener,

dimetylfenantrener, metylderivater og dibenzotiofener samt det totale innhold av analyserte oljekomponenter. Som i det første reddikforsøket finnes hovedforskjellen mellom den høyeste oljekonsentrasjonen på den ene side og alle andre behandlinger på den andre. Men i motsetning til det første forsøket skiller behandling med rent vann seg også ut fra de nest høyeste oljekonsentrasjoner når det gjelder innhold av flere av de analyserte oljekomponentene. Også i dette forsøket er forholdet slik at også der hvor plantene er vannet med rent vann, finner vi et visst innhold av oljekomponenter i plantematerialet. For de to høyeste oljekonsentrasjonene er innholdet av analyserte oljekomponenter noe høyere enn i det forutgående reddikforsøk.

8. Salat

Morfologiske undersøkelser

Tab. 10. Salat, sådd 17.8., høstet 30.9.

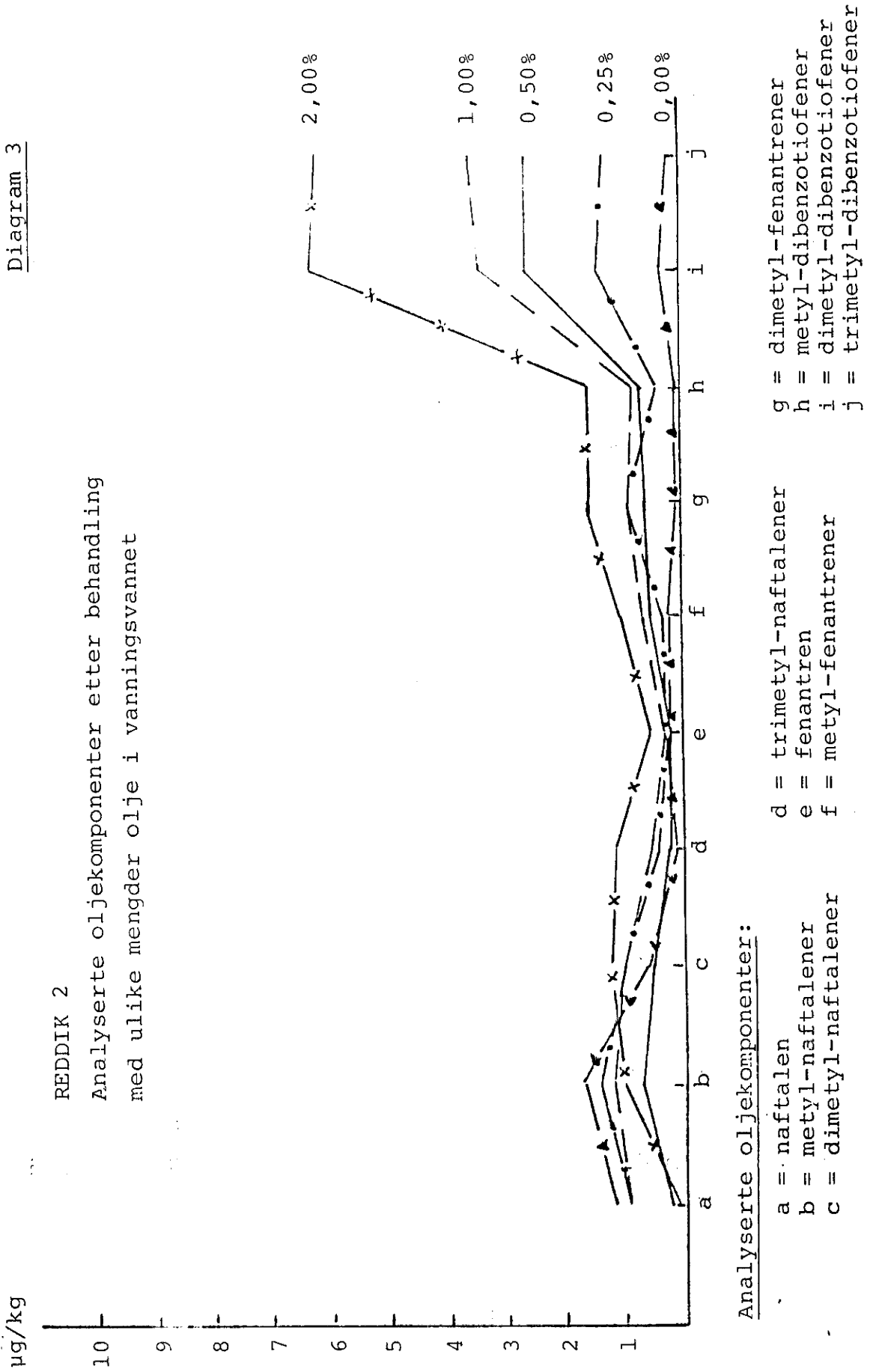
Morfologiske observasjoner, NLH 1981.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %		Signifikansnivå
	2,0	0	
Plantevekt, g	116	128	I.S.
Bladtall pr. plante	38	39	"

Kommentarer til resultatene

Rent vann har gitt en høyere plantevekt enn oljeforurenset vann, men denne forskjellen er ikke statistisk sikker. Hastigheten i bladdanningen synes ikke å være påvirket av oljeinnhold i vannet.

Diagram 3



Kjemiske analyser

Tab. 11. Analyser av oljekomponenter i salat vannet med oljeblandet vann og med vanlig vann. Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}^1$).

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %		Signifikansnivå
	2,0	0	
Naftalen	2,6	1,9	I.S.
Metyl-naftalener	2,5	2,0	"
Dimetyl- "	1,2	1,1	"
Trimetyl- "	0,3	0,2	"
Fenantren	1,3	0,8	"
Metyl-fenantrener	1,7	0,9	*
Dimetyl- "	3,0	0,3	*
Metyl-dibenzotiofener	2,1	0,8	I.S.
Dimetyl- "	10,2	1,1	*
Trimetyl- "	7,3	0,5	**
	Σ 32,2	9,6	**

¹⁾ Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen.

Kommentarer til resultatene

Oljeforurenset vann har stort sett gitt et signifikant høyere innhold av metylderivater av fenantren og dibenzotiofen samt for totalt innhold av analyserte komponenter. Også for de andre analyserte komponenter har oljeforurenset vann gitt et høyere innhold enn rent vann, men her er forskjellene ikke statistisk sikre.

Man kan legge merke til at også plantene som er vannet med rent vann inneholder oljekomponenter (mer enn hos reddik).

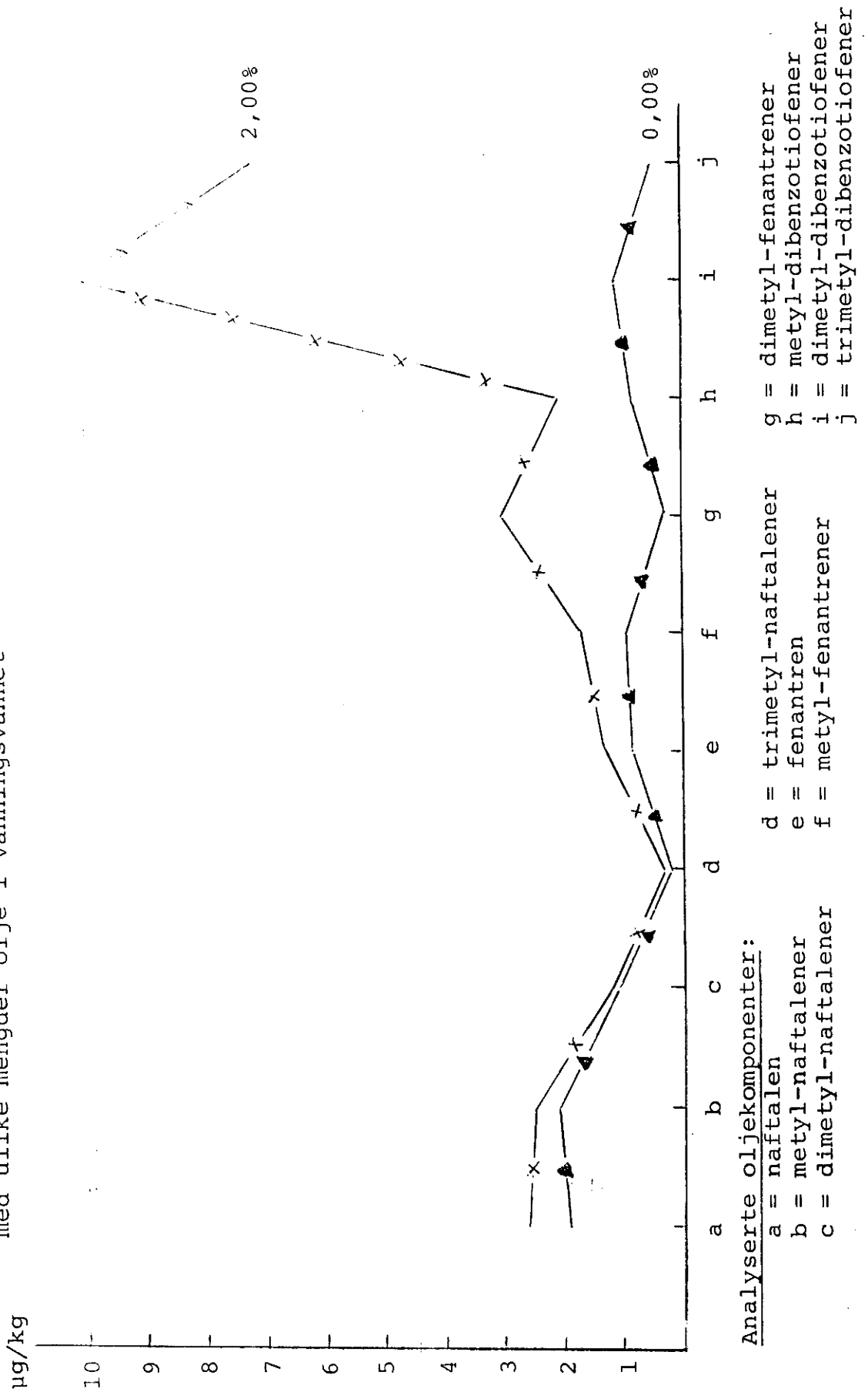
9. Gulrot

Morfologiske undersøkelser

Fullt lys

Diagram 4

SALAT
 Analyserte oljekomponenter etter behandling
 med ulike mengder olje i vanningsvannet



Tab. 12. Observert bladtall for gulrot dyrket i fullt sollys og vannet med oljeforurenset vann i ulike konsentrasjoner. NLH 1981.

		Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå	
		2,0	1,0	0,5	0,25	0		
Bladtall/plante	14.8	7,0	6,8	7,2	6,5	7,5	I.S.	
"	"	24.8	8,1	8,2	8,2	7,8	9,0	"
"	"	22.9	10,8	11,4	12,4	9,7	12,5	*

Kommentarer til resultatene

Tendensen går i retning av en økning i bladtall med avtagende oljekonsentrasjon, men disse forskjeller er ikke statistisk sikre. Den signifikante forskjell for bladtall 22.9. oppstår pga. forskjellen mellom 0,5 og 0 på den ene side og 0,25 på den annen side, som her har et svært lavt (og atypisk) bladtall.

Redusert lys (Lux-verdi ca. 60% av fullt lys)

Tab. 13. Observert bladtall for gulrot dyrket i redusert lys og vannet med 2% oljeforurenset vann og uten tilsetting. NLH 1981.

		Opprinnelig oljekonsentrasjon i %		Signifikansnivå	
		2,0	0		
Bladtall/plante	14.8	6,3	6,6	I.S.	
"	"	24.8	7,1	7,5	"
"	"	22.9	9,6	9,8	"

Kommentarer til resultatene

Heller ikke her påvirker oljeforurenset vann bladdannelsen i forhold til rent vann. En kan merke seg at som et resultat av beskygning blir hastigheten i bladdanningen nedsatt i forhold til ved fullt lys, jfr. tab. 12.

Kjemiske analyser

Fullt lys

Tab. 14. Analyser av oljekomponenter i gulrot vannet med oljeblandet vann og med vanlig vann. NLH 1981.
Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}^1)$

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signifikansnivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Naftalen	1,7	0,7	1,2	0,8	1,2	*I.S.
Metyl-naftalener	5,6	3,3	3,8	1,7	1,7	"
Dimetyl- "	10,7	5,2	6,9	2,9	1,3	**
Trimetyl- "	6,9	2,7	2,7	0,6	0,1	**
Fenantren	3,0	1,2	0,3	0,9	0,0	*
Metyl-fenantren	1,6	0,7	0,4	0,2	0,0	**
Dimetyl- "	0,7	0,2	0,1	0,1	0,0	*
Metyl-dibenzotiofener	1,7	0,8	0,7	0,3	0,1	**
Dimetyl- "	3,1	1,0	0,5	0,0	0,0	I.S.
Trimetyl- "	1,3	0,4	0,2	0,0	0,0	"
Σ	36,3	16,3	16,7	7,5	4,1	**

¹⁾ Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen.

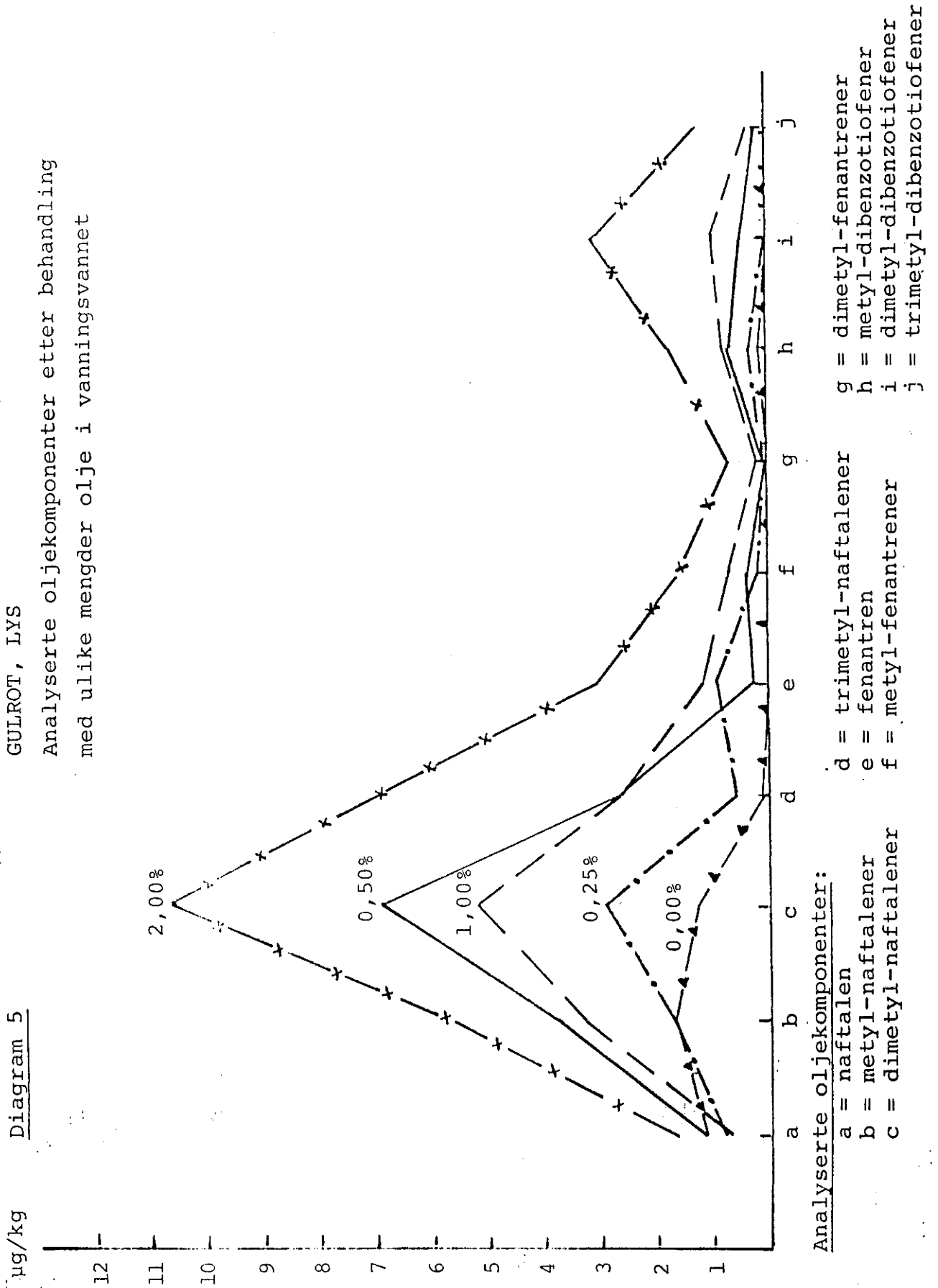
Kommentarer til resultatene

Her har man signifikant forskjell mellom de forskjellige behandlingene når det gjelder innholdet av de fleste analyserte oljekomponenter. (For dimetyl- og trimetyl-dibenzotiofener er forskjellene på grensen til å være signifikant sikker.) Også her er det stort sett den høyeste oljekonsentrasjonen som skiller seg ut. Men for flere av de analyserte stoffer skiller det ubehandlede ledd seg ut fra et eller flere av de mellomliggende oljekonsentrasjoner ved et signifikant lavere innhold av oljekomponenter. Dersom vi betrakter summen av innhold av de analyserte stoffer, har U et signifikant lavere innhold enn 0,5, 1,0 og 2,0 mens 0,25, 0,5 og 1,0 alle har signifikant lavere innhold enn 2,0. Det er ingen sikre forskjeller innbyrdes mellom 0,25, 0,5 og 1,0. Diagram 4 presenterer analyseresultatene grafisk.

Diagram 5

GULROT, LYS

Analyserte oljekomponenter etter behandling med ulike mengder olje i vanningsvannet



Redusert lys

Tab. 15. Analyser av oljekomponenter i gulrot vannet med og uten oljetilsetning i vanningsvannet. Resultat i $\mu\text{g}/\text{kg}$ ¹⁾.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %		Signifikansnivå
	2,0	0	
Naftalen	2,8	2,2	I.S.
Metyl-naftalener	7,9	2,5	"
Dimetyl- "	14,5	1,6	"
Trimetyl- "	6,1	0,7	"
Fenantren	0,8	0,9	"
Metyl-fenantrener	1,6	0,5	"
Dimetyl- "	1,7	0,0	*
Metyl-dibenzotiofener	3,5	0,0	I.S.
Dimetyl- "	8,7	0,0	"
Trimetyl- "	5,6	0,0	"
Σ	53,3	8,5	I.S.

¹⁾ Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Bergen.

Kommentarer til resultatene

På tross av at det behandlede leddet har et betydelig høyere innhold av oljekomponenter, er ingen forskjeller (så nær som én) signifikante. Årsaken til dette er sannsynligvis det forhold at dette forsøket var svært lite, dvs. datagrunnlaget er ikke stort nok.

Ved sammenligning mellom planter som har vokst i fullt lys og i redusert lys, ser vi at redusert lys har ført til et klart større innhold av oljekomponenter.

10. Tomat

Avlingsundersøkelser

Tab. 16. Avling av tomat vannet med oljetilsatt vann og ubehandlet. NLH 1981.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signi- finans- nivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Avling 24.8.	364	214	353	337	550	I.S.
Avling pr. 17.9, g (totalt)	678	399	822	592	1103	*
Avling pr. 8.10 g (totalt)	1248	734	1152	1117	1189	I.S.
Avling pr. 2.11 g (totalt)	1358	983	1328	1308	1339	"
Prosent avling 24.8 av totalavling 2.11	28	21	26	26	41	I.S.

Kommentarer til resultatene

På tross av at rent vann har gitt en signifikant høyere avling enn oljeforurenset vann fram til 17.9., kan man ikke si at en oljetilsetning i vannet har gitt noen innvirkning på avlingsmengde. Dette går klart fram når man betrakter avlingstallene fram til 8.10. og 2.11.

Det virker som om oljeforurenset vann har virket forsinkende på fruktdanning og modning i den første høstetiden, men dette må foreløpig kun betraktes som en tendens (jfr. det prosentiske forholdet avling 24.8. i relasjon til totalavling 2.11.).

Kjemiske undersøkelser

Tab. 17. Analyser av oljekomponenter i tomat vannet med olje-
tilsatt vann og ubehandlet. Innhold $\mu\text{g}/\text{kg}^1)$.

	Opprinnelig oljekonsentrasjon i %					Signi- fikans- nivå
	2,0	1,0	0,5	0,25	0	
Naftalen	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2	I.S.
Metyl-naftalener	0,7	1,0	0,9	0,7	0,6	"
Dimetyl-naftalener	0,7	0,4	0,8	0,7	0,3	"
Trimetyl-	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	"
Fenantren	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7	"
Metyl-fenantrener	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	"
Dimetyl-	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	"
Metyl-dibenzotiofener	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	"
Dimetyl-	0,7	0,9	0,9	0,6	0,8	"
Trimetyl-	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	"
Σ	4,0	5,0	5,5	3,9	4,0	I.S.

¹⁾ Analysene er utført ved Fiskeridirektoratets havforsknings-
institutt, Bergen.

Kommentar til resultatene

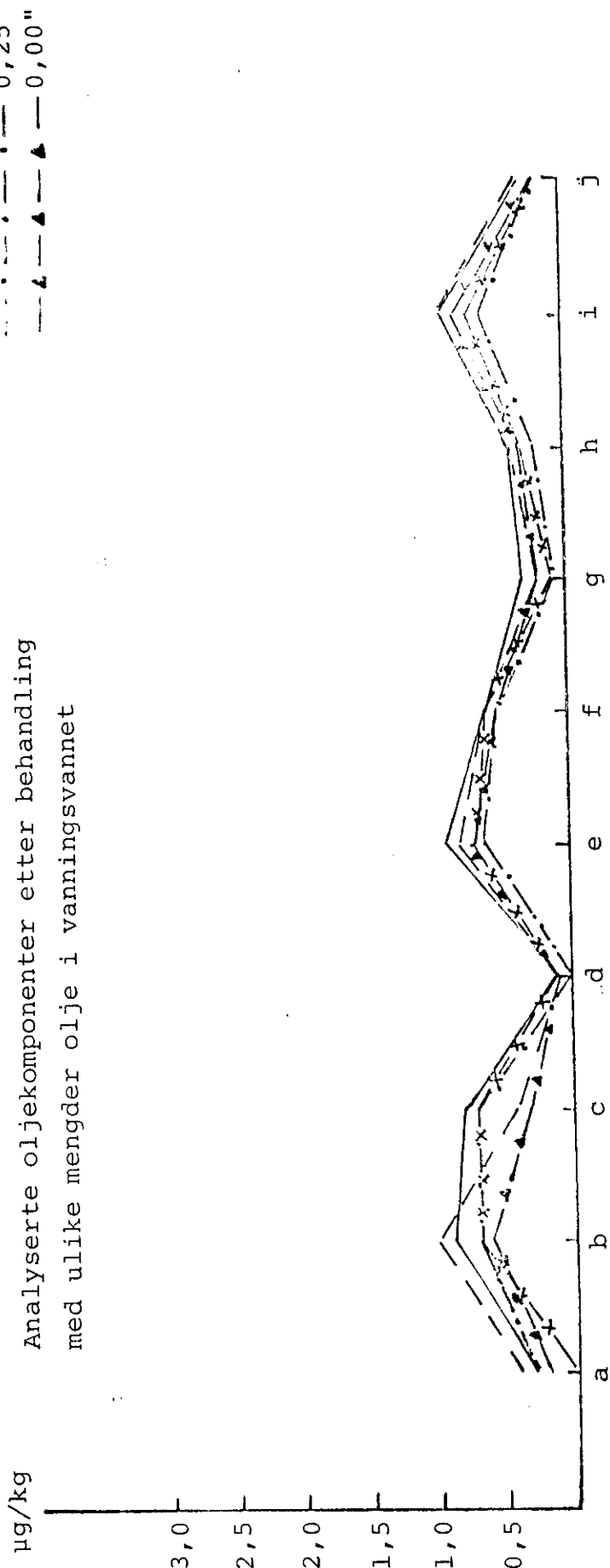
Oljeforurenset vann har ikke gitt noe høyere innhold av analy-
serte oljekomponenter i fruktene i forhold til rent vann, heller
ikke som tendens. Den grafiske framstilling av resultatene,
diagram 5, viser de sammenfallende observasjoner.

Vi ser at innholdet av analyserte oljekomponenter er omtrent
like stort for alle fem behandlinger. Som i de andre forsøkene
viser også her plantene som er vannet med rent vann et visst
innhold av oljekomponenter.

Diagram 6

TOMAT

Analyserte oljekomponenter etter behandling med ulike mengder olje i vanningsvannet



Analyserte oljekomponenter:

- a = naftalen
- b = metyl-naftalener
- c = dimetyl-naftalener

- d = trimetyl-naftalener
- e = fenantren
- f = metyl-fenantrener

- g = dimetyl-fenantrener
- h = metyl-dibenzotiofener
- i = dimetyl-dibenzotiofener
- j = trimetyl-dibenzotiofener

- x — x — x — 2,00%
- — — — 1,00"
- — · — · — 0,50"
- ▲ — ▲ — ▲ — 0,25"

III. DISKUSJON OG KONKLUSJON

Resultatene har vist at det i enkelte tilfeller er kommet fram store og høysignifikante forskjeller mellom de ulike forsøksledd. Disse forskjeller er i all vesentlighet kommet fram i forbindelse med de kjemiske analyser av innhold av oljekomponenter i plantematerialet.

Når det gjelder avling og morfologiske undersøkelser, har ingen klare forskjeller kommet fram, og våre forsøk gir derfor så langt materialet rekker intet grunnlag for en påstand om at avlingsnivå eller morfologiske egenskaper påvirkes av en oljeforurensning i vanningsvannet. Men det er fortsatt behov for en mer vidtrekkende gransking for en fullstendig klarlegging av dette spørsmålet.

Våre undersøkelser er svært tidsbegrensete. Spørsmålene som er reist må sees i et økologisk langtidsperspektiv i de områder og miljø en mener man kan praktisk nyttiggjøre seg tankertransportert ferskvann.

Resultatene av de kjemiske analyser er sammenfattet i diagram 7 som en vil knytte noen kommentarer til.

Forskjell mellom vekster

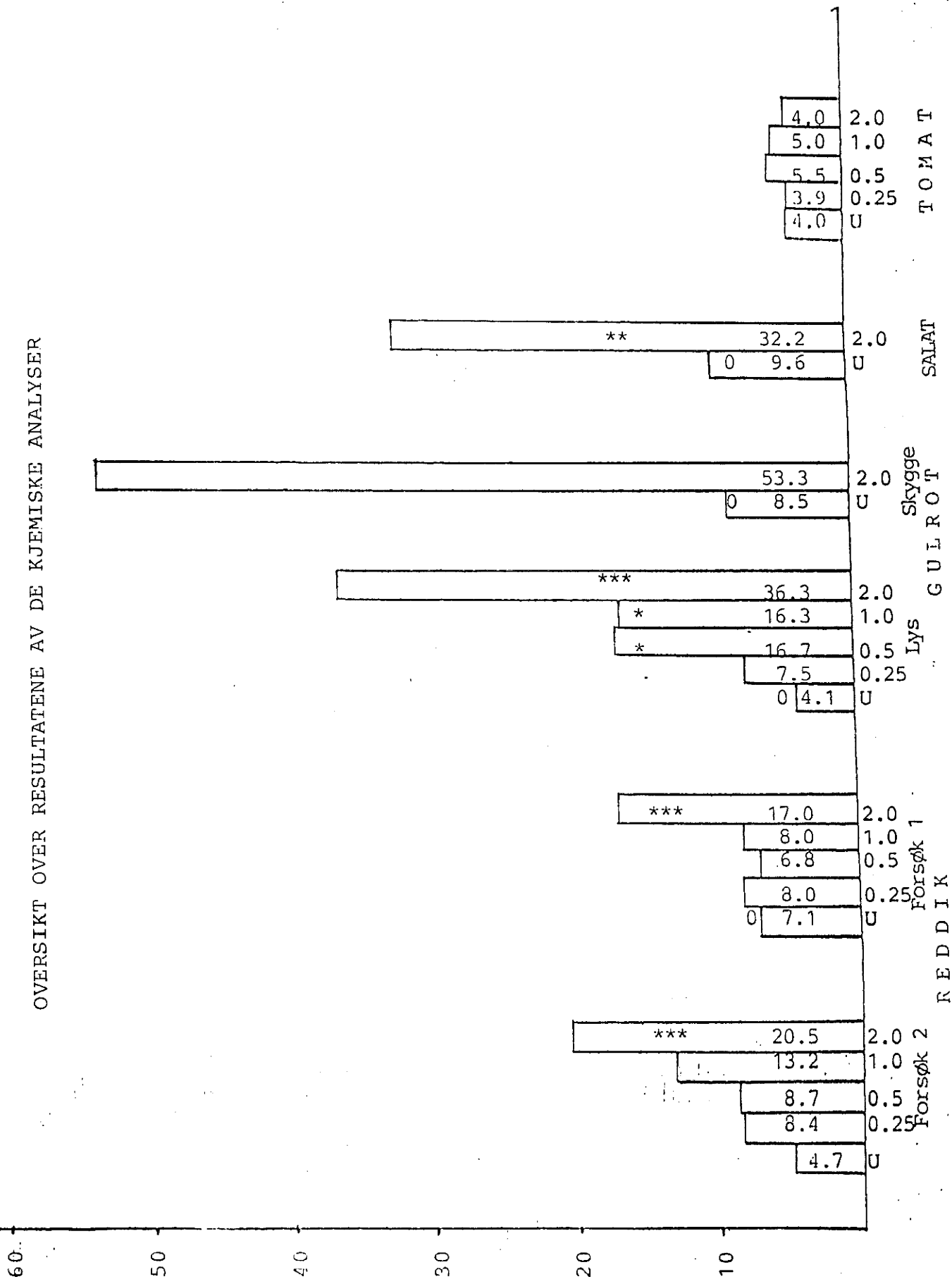
Vi ser at gulrot og til dels salat skiller seg ut med et relativt høyt innhold av oljekomponenter, reddik står i en mellomstilling og tomat har det laveste innhold.

Før vi forsøker å forklare forskjellene mellom de forskjellige vekstene, er det viktig å vise hen på følgende forhold: Når vanningsvannet ble tilført på jordoverflaten i forsøkskarene, ble ikke bare plantenes rotdeler (gulrot, "underjordisk" del av reddik) direkte utsatt for vannet, men også til dels plantenes nære, overjordiske deler. På dette vis er det kun tomatfruktene av det analyserte plantematerialet som ikke har vært i direkte kontakt med vanningsvannet. Når man på bakgrunn av dette skal vurdere analyseresultatene, må man stille seg følgende spørsmål: Hvor stor del av det oljeinnhold som er funnet i plantematerialet er resultat av direkte forurensning eller opptak gjennom overflatevev som følge av direkte berøring, og hvor stor del er

Diagram 7

OVERSIKT OVER RESULTATENE AV DE KJEMISKE ANALYSER

Totalt innhold av analyserte stoffer
innhold $\mu\text{g}/\text{kg}$



virkelig tatt opp av plantene gjennom rotsystemet.

Våre undersøkelser gir ikke noe svar på dette. Men når det ble analysert så store mengder i gulrotmaterialet fra 1980-forsøkene, så synes forklaringen å være den sterke direkte forurensing av røttene. I tillegg er det å priori å vente at gulrot kan være et noe mer problematisk vekstvalg enn de andre undersøkte. En kjenner f.eks. til at den også lett tar opp andre hydrokarbonforbindelser brukt som plantevern.

Forskjellene mellom de enkelte vekster kan derfor forsøksvis forklares på følgende måte: Gulrot er den eneste veksten hvor den spiselige plantedelen kontinuerlig er i berøring med jordvæsken og dermed det oljeforurenset vann. Salat derimot, har i spiselig del over jordoverflaten, og denne delen blir kun utsatt for oljeforurenset vann under selve vanningen. Men salat har en meget stor bladoverflate, og det virker sannsynlig at en relativt stor mengde oljekomponenter her kan absorberes i løpet av den korte tiden da vanningen pågår.

Reddikknollen står i mye mindre grad i direkte berøring med jordvæsken enn hva forholdet er hos gulrot, og tomatfruktene kommer, som nevnt, overhodet ikke i berøring med vanningsvannet.

Som en konklusjon kan man si at valg av vekstslag vil være avgjørende for hvor stort innhold av oljekomponenter man vil få i det spiselige produktet.

Forskjell mellom behandlinger

I alle forsøk, unntatt i forsøket med tomat, gir oljeforurenset vann et signifikant høyere innhold av oljekomponenter i plantene i forhold til bruk av rent vann. Det er først og fremst den høyeste oljekonsentrasjonen som skiller seg ut, men de to påfølgende lavere konsentrasjoner gir også til dels et høyere oljeinnhold.

Når det gjelder de enkelte komponenter, viser de to reddikforsøk samt salatforsøket små eller ingen forskjeller i innhold av naftalener og deres metylderivater mellom de ulike behandlinger. Her er det innhold av fenantrener med metylderivater og først og fremst metylderivater av dibenzotiofener som gir de store forskjeller.

Hos gulrøtter finner vi forskjeller over hele skalaen av analyserte forbindelser. Dette kan kanskje tyde på at direkte forurensing er av større betydning her enn for andre vekster. Vi kan altså konkludere med at oljeforurensset vann kan gi signifikant høyere innhold av oljekomponenter. I våre forsøk er trolig de faktiske oljekonsentrasjoner i størrelsesorden 1-5 ppm som har gitt disse forskjeller. At planter som er vannet med rent vann viser et visst innhold av oljekomponenter, kan man neppe tolke i den retning at det foregår en egen syntese av disse komponenter. Forholdet er sannsynligvis årsaket av at det har bygget seg opp et visst generelt forurensningsnivå i veksthuset hvor forsøkene ble utført, eller at det eksisterer en basisforurensning i luften pga. forbrenningsmotorenes virksomhet.

På bakgrunn av hva man kjente til når det gjelder oppløsning og dispergering av oljekomponenter i vann regnet vi ikke med at den største mengde oljetilsetting (2%) skulle skille seg så klart ut i dette materialet for reddik, salat og gulrot. En mulig forklaring er at det kan dreie seg om visse terskelverdier som må overskrides for at plantene opptar stoffene i større mengder, men kanskje er det mer nærliggende å tro det har sammenheng med overflateforurensinger.

Et vesentlig spørsmål er om en her står overfor helsefarlig innhold av kjemiske stoff. Dette er et felt som ligger noe utenfor forfatterens fagkompetanse. Men så langt vi kan vurdere dette, dreier det seg om svært små mengder kritiske stoff-forbindelser, f.eks. fenantrenener. Her kan en f.eks. foreta en sammenligning med røkt skinke (Anon. litt.) som har et fenantreninnhold som er hundre ganger større.

Selv om vi i våre granskinger ikke er kommet over forhold som synes å være skadelige hverken for planter eller jord, ei heller i helsemessig retning, vil det være riktig å arbeide med metoder for ytterligere å senke oljeinnholdet i vannet etter tankskiptransporten.

IV. SAMMENDRAG

Vann, særlig godt drikkevann og jordbruksvann, er en stadig sterkere følt mangelressurs mange steder i verden. Fra vår kulturhistories begynnelse har man regulert vann fra overskudds- til underskuddsområder og fra nedbørperioder til tørkeperioder. Denne rapport ønsker å gi et bidrag til enkelte problem knyttet til transport av ferskvann som returlast med oljetankere.

Innledningsvis behandles graden av forurensing ved vanntransport i tankere. En har imidlertid liten oversikt over hvilken rolle omdanningsstoffer og deres løslighetsgrad spiller.

Når det gjelder omsetningstiden av oljekomponenter i jord, må man regne med varierende tempo opp til 20 år. Optimumstemperatur er satt til 20-30°C og vanninnhold 50-70% av full vannmetningskapasitet. God luft- og nitrogentilgang fremmer omsetningen i jord.

Når det gjelder virkning på plantevekst, er det kjent av oljespill og sterk oljeforurensning vekstmedia og vann kan ha negativ til letal effekt på plantene, men lite er undersøkt innenfor den forurensningsgrad som vår gransking omfatter.

Når det gjelder den helsemessige side ved oljeforurensning, er man særlig på vakt over polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og heterosykliske forbindelser som inneholder enten nitrogen eller svovel.

Egne granskinger startet i 1978 med vekstene tomat, paprika, dill, salat, spinat, gressløk, reddik og kruspersille og for det meste med en konsentrasjon av 2% råolje. Havforskningsinstituttet i Bergen analyserte behandlet og ubehandlet materiale av tomat og paprika. En kunne ikke registrere noen avlingsnedgang ved bruk av oljeblandet vann ved tilsetting av 2% råolje i vanningsvannet. De kjemiske analyser viste stor skilnad når det gjelder naftalen- og fenantrenforbindelser, maksimalt ca. 140 µg/l, men også kontroll-plantene hadde betydelige mengder.

Arbeidet fortsatte i 1980 med vekstene tomat, paprika, gulrot og kinakål i 3 ulike dyrkingsmiljøer. Heller ikke denne gang

tydet avlingsobservasjonene på avlingsnedgang ved bruk av 2 volumprosent råolje i vanningsvannet. Bortsett fra gulrot var det små mengder oljekomponenter i produktene. Sannsynligvis pga. ytre forurensing hadde gulrot-prøvene ca. 100 x større innhold av de analyserte oljekomponenter enn det de andre produktene viste. Men når en dyrket gulrot i 1981 i den jord som var behandlet med oljeforurenset vann i 1980, kunne en ikke registrere større innhold av oljekomponenter enn hos den ubehandlede kontroll.

Hovedundersøkelsene ble utført i 1981 med vekstene reddik, salat, gulrot og tomat. En arbeidet med varierende konsentrasjoner: 0%, 0,25%, 0,5%, 1,0% og 2,0%.

Men disse konsentrasjoner er ikke de samme som de faktiske i vanningsvannet fordi graden av løslighet og dispergering i vann er relativt liten for oljeforbindelsene. For å fastslå hvilke reelle forurensinger en arbeidet med, ble en 2% prøve analysert ved havforskningsinstituttet. Den hadde et oljeinnhold på 10 ppm, mens de oljekomponenter som ble analysert utgjorde ca. 0,9% av dette.

I alle forsøk, unntatt for tomat, ga oljeforurenset vann høyere innhold av oljekomponenter i produktene i forhold til bruk av rent vann, men det er i første rekke den høyeste oljekonsentrasjon som var statistisk signifikant forskjellig fra kontrollen. De ulike stoff blir opptatt noe forskjellig i de ulike vekstene. Gulrot har gjennomgående det største innhold. I tomat kunne en ikke registrere skilnader mellom frukter fra behandlede og ubehandlede planter.

Kontrollplantene hadde gjennomgående en del av de analyserte stoff, sannsynligvis som et resultat av den alminnelige miljøforurensingsgrad av PAH.

Stoffkonsentrasjon av de analyserte forbindelser er ikke så stor at en antar at de representerer en helsemessig fare. For eksempel røkt skinke inneholder en fenantrenmengde som er hundre ganger større.

V. ENGLISH SUMMARY

Title: Use of oilcontaminated water for irrigation of vegetables

Potable water and water for irrigation is in a global sense becoming more and more a critical resource. From the onset of our known history man has in some ways been concerned with regulating water from areas of good supplies to areas of under-supplies, from rainy season to drougth season.

This report is touching a modern aspect of water regulation i e, transport of fresh water by tankers when returning to the oil exporting areas.

When mixing oil with water a relative small part is dissolved or dispersed in water, according to the analysis made, but the complete situation of what happen to the oil components may not be at hand due to the unknown nature of the intermediate products which may occur.

The oil components will over time disappear in the soil by various means. Many factors influence the speed of disappearance and desintergration of the oil in the soil. Optimum temperature for microbial oil decomposition is 20-30°C and the watercontent of the soil should be of 50-70% of full capacity. Further more, good aeration of the growing media and ample supply of nitrogen enhance the decomposition of the oil.

As for the effects on plants, high concentration of oil in soil and water may cause growth retardation and even death.

But little is known within the concentration areas shiptransported water will have.

Turning to the possible health hazards problems related to the use of oilcontaminated irrigation water for vegetables, one is especially concerned about the risks of polycyclic hydrocarbones and heterocyclic compounds containing nitrogen or sulphur.

By initiative of INTERTANKO experimentation with oilcontaminated irrigation water for vegetables started in 1978 at The Agricultural University of Norway. The project included the following vegetables: Tomato, paprika, dill, lettuce, spinach, chives, radish and parsley. 2 volume-% of crude oil was used as a standard dosage - a rather high content. No substantial reduction in growth and yield was observed in this material. But addition of oil contaminated peat had a detrimental effect.

The Norwegian Ocean Research Institute at Bergen kindly analysed fruits from treated and untreated tomato and sweet pepper plants as to the concentration of naphtalenes and fenantrenes, and the levels ranged from about 7 to 140 µg/l, but there were not a clear cut difference between fruits from treated and untreated plants.

The project continued late in the summer and fall 1980 by growing tomato, sweet papper, carrot and chinese cabbage in 3 different places, also this time the start oil concentration was 2 volue-%. No clear effect of oil contaminated water was observed on growth and yield. The chemical analyses revealed that the carrots had much higher content of the analysed PAH-compounds than the other vegetables. The growth media used in the 1980 experiments were kept for the 1981. This season carrots

were grown in previous treated and untreated soil. As far as analysed chemical content no rest effect from the previous year could be traced.

The most detailed experimentation was performed in 1981 with the crops radish, lettuce, carrots and tomatoes. The conclusions drawn from these experiments may be summarized as follows:

There were no clear significant effects of oilcontamination of irrigation water on morphological and yield tracts.

Except for tomatoes, in all products from plants irrigated with oilcontaminated water there were significant higher contents of the analysed PAH-compounds but mostly with the highest oil concentrations used (2% and 1%). When testing if the light plays a role, a higher content of PAH-compounds was obtained in carrots grown in reduced light (40% reduction).

According to the data of uptake for the various crops it was clear that they have their specificity as to the relative amount absorbed of the various chemical compounds. As for the total content, carrots gave the highest readings, and tomatoes on the other side the lowest with no difference between treated and untreated plants. In the main and best controlled experiments the highest total readings of analysed PAH were not higher than about 50 µg/kg which in our opinion is not a health hazard level. Smoked ham as an example, may contain as much as 100 times more. Nevertheless, it is recommended that further research should aim at establishing processes which still minimize the content of the critical compounds.

In the following some of the factual highlights of our studies are presented.

The chemical analyses of the 1980-material indicated that heavy crude gave less absorbtion of the critical compounds than the light crude for carrots:

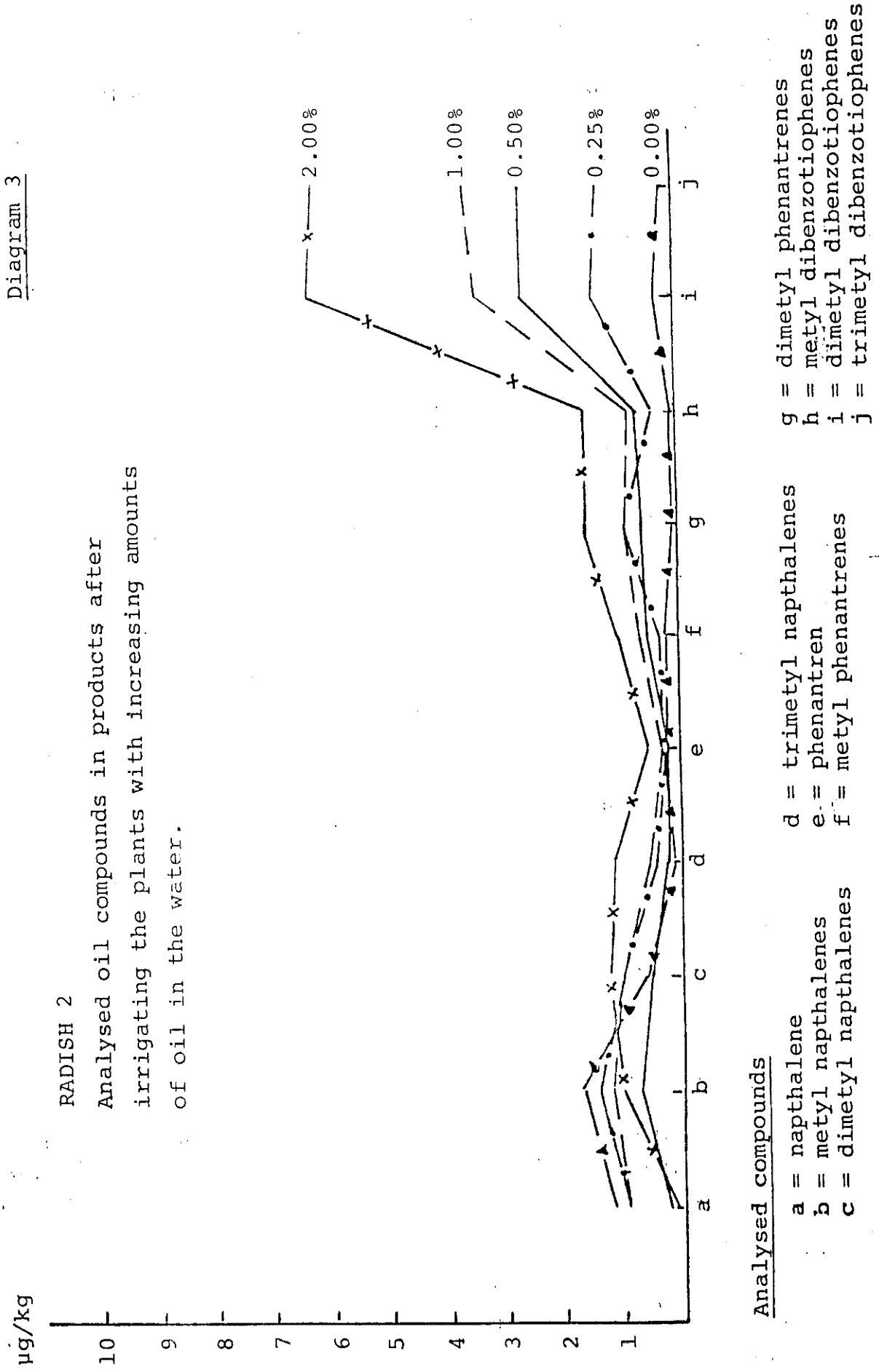
Heavy crude (H)	589	µg/kg	of	total	compounds
"	447	"	"	"	"
Light crude (L)	3926	"	"	"	"
"	4195	"	"	"	"
"	(F) 2645	"	"	"	"
"	4155	"	"	"	"

These readings were very high, probably due to surfacecontamination of the products. Growing carrots the next year on the same soil but without oil added to the irrigation water gave products without any extra content of PAH-compounds.

In the following diagram (Diag. 3) the results of one of the radish experiments are presented. For certain compounds there is a clear correlation between the amount of analysed compounds and the amount of oil added to the irrigation water. This is also the case for carrots (Diag. 5), but carrot has a different profile as to the absorbtion of the different compounds.

Looking at tomato absorbtion (Diag. 6) there is no difference between the different treatments. In the last diagram (Diag. 7) the results of the chemical analysis are summarized. For radish, carrot and lettuce the highest oil concentration gave clearly the highest readings whereas tomato did not respond.

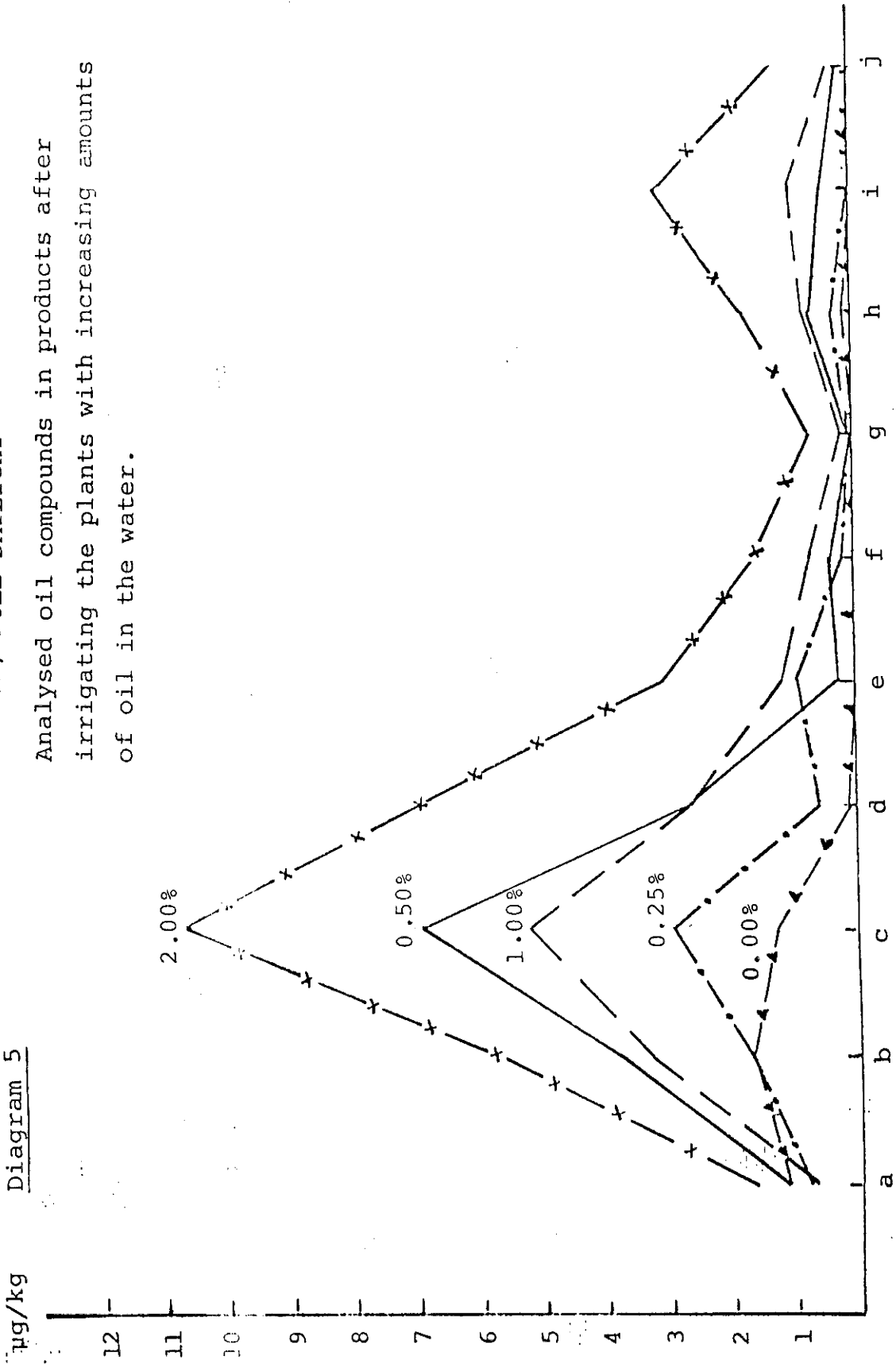
Diagram 3



CARROT, FULL DAYLIGHT

Diagram 5

Analysed oil compounds in products after irrigating the plants with increasing amounts of oil in the water.



Analysed compounds

- a = naphthalene
- b = methyl naphthalenes
- c = dimethyl naphthalenes

- d = trimethyl naphthalenes
- e = phenantren
- f = methyl phenantrenes

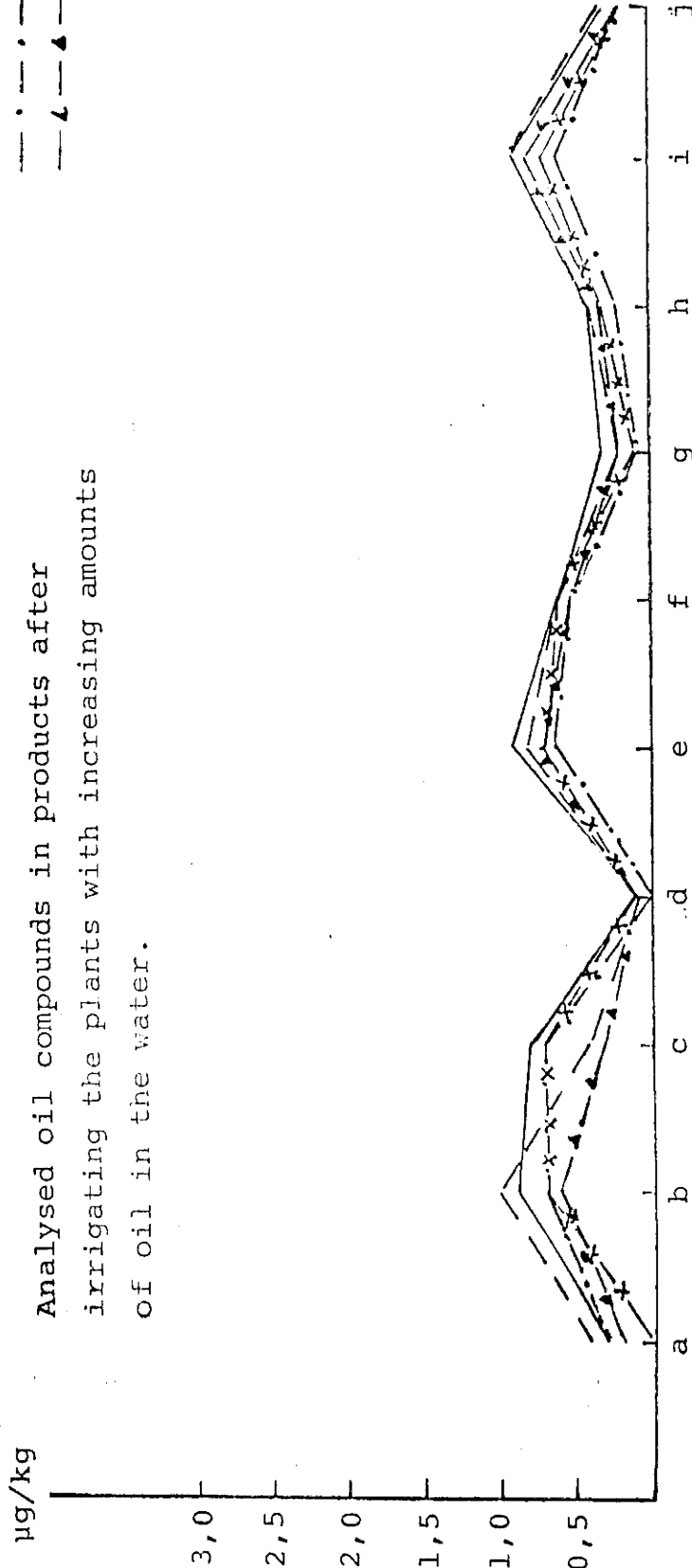
- g = dimethyl phenantrenes
- h = methyl dibenzotiophenes
- i = dimethyl dibenzotiophenes
- j = trimethyl dibenzotiophenes

Diagram 6

TOMATO

Analysed oil compounds in products after irrigating the plants with increasing amounts of oil in the water.

- x - x - x - 2.00%
- - - - - 1.00"
- - - - - 0.50"
- 0.25"
- ▲ - ▲ - ▲ - 0.00"



Analysed compounds

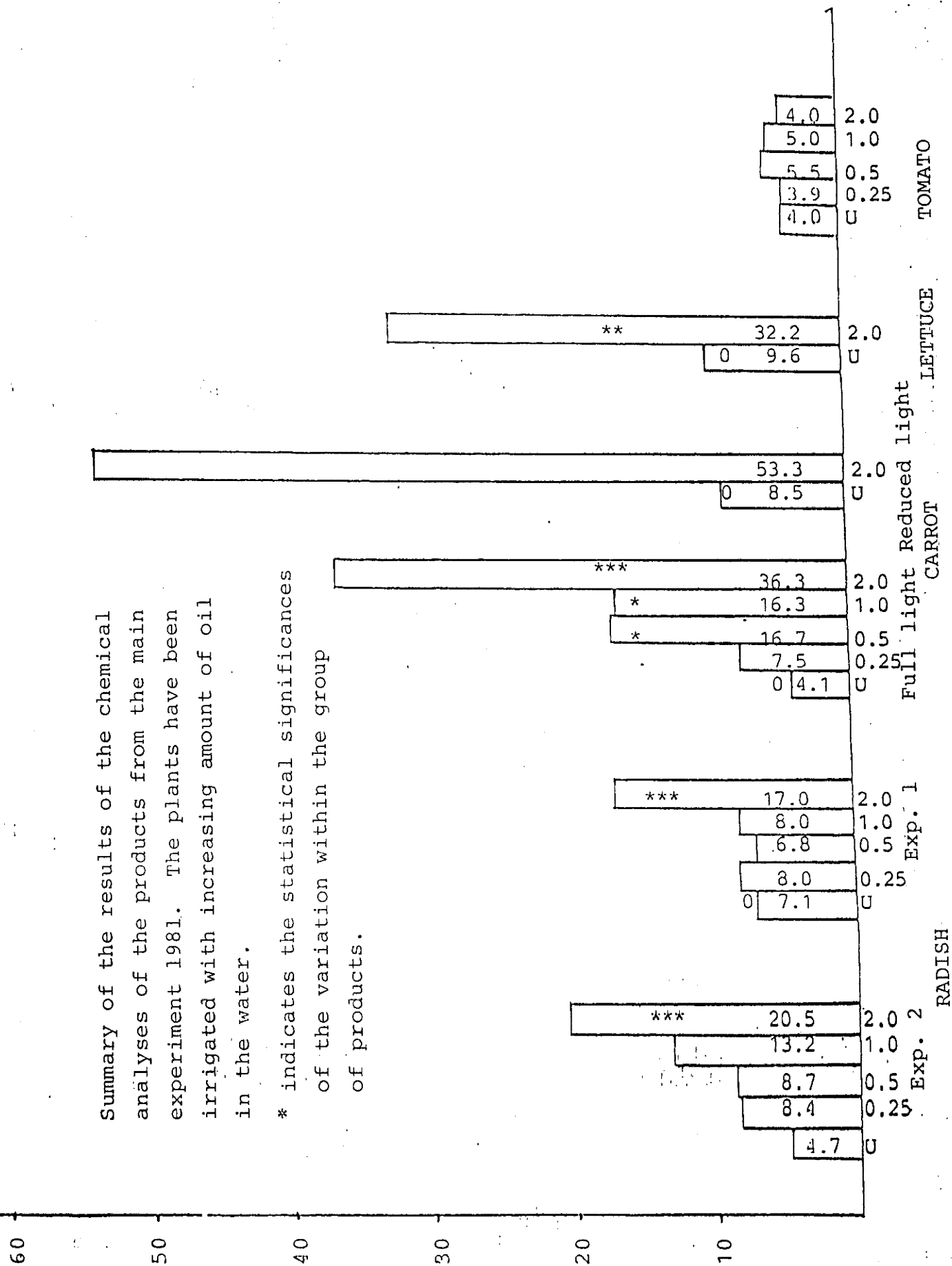
- a = naphthalene
- b = methyl naphthalenes
- c = dimethyl naphthalenes
- d = trimethyl naphthalenes
- e = phenantren
- f = methyl phenantrenes
- g = dimethyl phenantrenes
- h = methyl dibenzotiofenenes
- i = dimethyl dibenzotiofenenes
- j = trimethyl dibenzotiofenenes

Diagram 7

Summary of the results of the chemical analyses of the products from the main experiment 1981. The plants have been irrigated with increasing amount of oil in the water.

* indicates the statistical significances of the variation within the group of products.

Total content of analysed compounds
µg/kg



VI. LITTERATUR

- Anderson, J.W. et al. 1974. Mar. Biol. 27, 75. (Ikke sett. Sitert etter Blankenship, D.W. and Larson, R.A. 1978).
- Anon. Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Sentralinst. for industriell forskning (SI). Teknisk Rapport nr. 4.
- Atlas, R.M. 1975. Effects of Temperature and Crude Oil Composition on Petroleum Biodegradation. Appl. Microbiol. 30(3), 396-402.
- Baker, G.G. 1978. Soil mediated disposal of an industrial wastewater - a case history. Proc. Purdue Univ. Industrial Waste 33rd Conf., Lafayette, May 9-11, p. 551.
- Baker, J.M. 1970 I. Seasonal effects of oil pollution on salt marsh vegetation. Oikos 22. 106-110.
- Baker, J.M. 1970 II. The effects of oils on plants. Environ. Pollut. 1:27-44.
- Baker, J.M. 1973. Recovery of salt marsh vegetation from successive oil spillages. Environ. Pollut. 4:223-230.
- Baumann Ofstad, E. 1981. Bruk av tankskiptransportert vann til vanning i nedbørsfattige områder. En vurdering av eventuelle effekter av oljeforurenset vann på jordsmonn og planter. Rapport fra Sentralinstitutt for industriell forskning.
- Bjørseth, A. et al. 1978. Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner i salat fra Sverige. Nordisk PAH-prosjekt, rapport nr. 2. Sentralinstitutt for industriell forskning.

- Blankenship, D.W. and Larson, R.A. 1978. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil. *Water, Air and Soil Pollution* 10:471-476.
- Boyland, E. and Green, B. 1962. *British J. of Cancer* 16.
- Braunstein, H.M. et al. 1977. *Environmental, Health and Control Aspects of Coal Conversion; An Information Overview*. Vol. 2. Oak Ridge National Laboratory.
- Cowell, E.B. and Baker, J.M. 1979. Recovery of a salt marsh in Pembrokeshire, South-West Wales, from pollution by crude oil. *Biol. Conserv.* 1:291-295.
- Cresswell, L.W. 1977. The fate of petroleum in a soil environment. *Am. Petroleum Inst. Publ.* 4284:479-482.
- de Ong, E.R., Knight, H. & Chamberlin, J.L. 1927. A preliminary study of petroleum oil as an insecticide for citrus trees. *Hilgardia* 2:354-384. (Ikke sett. Sitert etter Baker, J.M. 1970: The effects of oils on plants. *Environm. Pollut.* 1:27-44).
- Dibble, J.T. and Bartha, R. 1979. Leaching aspects of sludge biodegradation in soil. *Soil Sci.* 127(6):365-370.
- Dörr, R. 1970. Die Aufnahme von 3,4 Benzpyren durch Pflanzenwurzeln. *Landwirtschaftl. Forschung Bd.* XXIII/4: 371-379.
- Ellis jr., R. and Adams jr., R.S. 1961. Contamination of soils by petroleum hydrocarbons. *Adv. Agron.* 13:197-216.
- Gräf, W. 1964. Benzpyren als Wachstumsfaktor bei Pflanzen. *Arch. Hyg.* 148. (Ikke sett. Sitert etter Zopfy, B., 1975. Aufnahme und Transport polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Pflanzen. *Diss. Hamburg*).

- Gräf, W. und Diehl, H. 1967. Über den naturbedingten Normalpegel kanzerogener polyzyklischer Aromate und seine Ursachen. Arch. Hyg. 150. (Ikke sett. Sitert etter Zopfy, B. 1975).
- Grimmel, G. und Düvel, D. 1970. Untersuchungen zur endogenen Bildung von polyzyklischen Kohlenwasserstoffen in höheren Pflanzen. 2. Naturforsch. 25 b.
- Jobson, A. et al. 1974. Effects of amendments on the microbial utilization of oil applied to soil. Appl. Mikrobiol. 27(1):166-171.
- Johansson, O. 1962. Effekt av mineralolje-innblanding i jord. Kgl. Skogs- og Lantbruksakademiens Tidsskrift, 101:278-290.
- Knight, H. et al. 1929. Limiting factors in the use of saturated petroleum oils as insecticides. Plant Physiol. 4:299-321. (Ikke sett. Sitert etter Baker, J.M. 1970: The effects of oils on plants. Environmental Pollut. 1:27-44).
- Knowlton, H.E. and Rucker, J.E. 1979. Landfarming shows promise for refinery waste disposal. The oil and Gas Journal. May 14. 108, 116.
- Konstantinova, K. 1978. Studies on the suitability of waste waters from the petroleum chemical plant in Burgas for irrigation of sugarbeets and maize. Soil Science and agrochemistry 13:56-61.
- Lehtomäki, M. and Niemelä, S. Improving microbial degradation of oil in soil. Ambio 4:126.
- Meyer, T., Andersen, O.A. and Persson, A.R. 1979. Proposals for the Transportation of Fresh Water in Tankers. Mimeograph report 120 from Dep. of Veg. Crops, AUN, 12 p.

- Miller, J.M. 1974. Oily wastes disposal by biodegradation process. Societe Anonyme Francaise, SFR-4BA, 52 s.
- Odu, C.T.I. 1978. The effect of nutrient application and aeration on oil degradation in soil. Environ. Pollut. 15:235-240.
- Persson, A.R., Meyer, T.A. 1979. Water Transportation Report Middle East Gulf Countries. Mimeogr. report 119 from Dep. of Veg. Crops, AUN, 52 p.
- Plice, M.J. 1948. Some effects of crude petroleum on soil fertility. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 13:413-416.
- Pyysalo, H. 1979. Analyses of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in Finnish leafy vegetables, Nordic PAH-project, report no. 3. Central Institute for Industrial Research.
- Swader, F.N. 1975. Persistence and effects of light fuel oil in soil. Proc. 1975 conf. on Prevention and Control of Oil Pollution. American Petroleum Inst./Environ. Protection Agency/U.S. Coastguard.
- Schwendinger, R.B. 1968. Reclamation of soil contaminated with oil. J. of Inst. of Petroleum 34:182-197.
- Unterholzner, O. 1972. Krebsauslösende Substanzen im Gemüse. Der Erwerbsgärtner, Jhrg. 26 H. 32:1393-1395.
- van Overbeek, J. & Blondeau, R. 1954. Mode of action of phototoxic oils. Weeds 3:55-65. (Ikke sett. Sitert etter Baker, J.M. 1970. The effects of oils on plants. Environ. Pollut. 1:27-44).
- Wagner, K.H. et al. 1969. Üben 3,4-Benzpyren und 3,4 Benzfluoranthen einen wachstumsfördernden Effekt auf Pflanzen aus? Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde 123:186-196.

- Wagner, K.H. und Siddiqi, J. 1970. Der Stoffwechsel von 3,4-Benzpyren und 3,4-Benzfluoranthren im Sommerweizen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde 127.
- Wagner, K.H. und Siddiqi, J. 1971. Die Speicherung von 3,4-Benzfluoranthren in Sommerweizen und Sommerroggen. Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde 130.
- Walker, J.D. et al. 1975. A study of the biodegradation of a South Louisiana crude oil employing computerized mass spectroscopy. Proc. 1975 Conf. on Prevention and Control of Oil Pollution. American Petroleum Institute/Environ. Protection Agency/U.S. Coastguard.
- Wulf, K. 1968. Pflanzenwachstumsförderung durch photodynamisch wirksame Substanzen. Naturw. Rundschau 21.
- Yamagiva, K. and Ischikawa, K. 1914. Gann, Tokyo 8. (Ikke sett. Sitert etter Zopfy, E.B. 1975. Aufnahme und Transport polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Pflanzen. Diss. Hamburg.)