



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT

VOL. 2, NR. 26, 2016

## Kartlegging av fosfor i jord rundt Tunevannet

ANNE FALK ØGAARD OG RIKARD PEDERSEN  
NIBIO Klima og miljø

## TITTEL/TITLE

KARTLEGGING AV FOSFOR I JORD RUNDT TUNEVANNET

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

ANNE FALK ØGAARD OG RIKARD PEDERSEN

DATO/DATE:	RAPPORT NR.:	TILGJENGELIGHET:	PROSJEKT NR.:	SAKSNR.:
26.02.2016	2(26) 2016	Åpen	10086.01	2015/1896
ISBN-NR.:	ISBN DIGITAL VERSJON:	ISSN-NR.:	ANTALL SIDER:	ANTALL VEDLEGG:
978-82-17-01586-4		2464-1162	21	3

## OPPDRAKSGIVER:

Sarpsborg kommune

## KONTAKTPERSON:

Charlotte Iversen

## STIKKORD/KEYWORDS:

Jordanalyser, P-AL, vannløselig fosfor

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Miljøovervåking

## SAMMENDRAG:

Formålet med dette prosjektet var å framskaffe mer kunnskap om fosforinnholdet i jorda i områder rundt Tunevannet. Lett tilgjengelig fosfor (P-AL og vannløselig fosfor) i jorda ned til 1 meters dyp ble undersøkt i 13 jordprofiler på 6 ulike lokaliteter. Tre av lokalitetene var områder med mistanke om lekkasje fra offentlige eller private kloakkledninger, to lokaliteter var på dyrka mark med høye P-AL verdier i matjordlaget og en lokalitet var på et relativt upåvirket område. I tillegg fikk vi tilgang på jordanalyseresultater fra en av jordbrukseieendommene ved Tunevannet. Jorda fra områder med mistanke om kloakklekkasje viste ingen tydelige tegn på påvirkning av kloakk. En stor del av jordbruksarealet som vi har analysetall for, har ønsket P-AL nivå ut i fra hensyn til både å sikre gode avlinger og minst mulig risiko for tap til vassdrag. En mindre del av jordbruksarealet har imidlertid et P-AL nivå som gir økt risiko for tap. P-AL nivået på de arealene vi har data for er ikke tydelig endret siden 2001. Tre av fire jordprofiler på dyrka mark hadde svært lave konsentrasjoner av vannløselig fosfor i undergrunnsjorda. Tapene av vannløselig fosfor til grøftene er derfor sannsynligvis lavt.

## FYLKE:

Østfold

## KOMMUNE, LOKALITET:

Sarpsborg, Tunevannet

GODKJENT /APPROVED



JANNES STOLTE

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



ANNE FALK ØGAARD



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# FORORD

Denne rapporten er utført på oppdrag fra Sarpsborg kommune. I rapporten presenterer vi jordanalyseresultater for fosfor etter jordprøvetaking i utvalgte områder rundt Tunevannet og vi gir en vurdering av resultatene. I tillegg gir vi en kort innføring i fosforets jordkjemi og hvordan fosfor oppfører seg i jord/vann.

Hensikten med prøvetakingen var:

- Undersøke fosforinnholdet i jorda på aktuelle steder hvor det er mistanke om kloakklekkasje. Prøvetakingen skal gi svar på om det er sannsynlig at Tunevannet blir tilført fosfor fra kloaklekkasjer i offentlig ledningsnett/private stikkledninger i området rundt Tunevannet.
- Foreta en enkel kartlegging av jordkvaliteten på dyrket mark i Tunevannets nedbørsfelt. Dette som en oppfølging av undersøkelsen fra 2001, «Tunevannets nedbørsfelt – undersøkelser av fosfor i jord 2001» av Tore Krogstad og Øivind Løvstad, for å se utviklingen av tiltak som er gjennomført i landbruket. Punktene som hadde P-AL>10 i 2001 skulle undersøkes på nytt.

Ås, 26.02.16

Anne Falk Øgaard

# INNHOOLD

1	INNLEDNING .....	5
1.1	Bakgrunn .....	5
1.1.1	Jordbruk .....	5
1.1.2	Kloakk.....	5
1.2	Innføring om fosfor i jord og vann .....	5
1.2.1	Fosfor i jord.....	5
1.2.2	Fosforkilder .....	7
1.2.3	Tap av fosfor .....	7
1.2.4	Fosfor i vann.....	7
2	METODER .....	10
2.1	Prøvetakingssteder .....	10
2.2	Prøvetakingsmetoder.....	13
2.3	Jordanalyser .....	13
3	RESULTATER OG DISKUSJON .....	14
3.1	Upåvirket lokalitet (referanse).....	14
3.2	Lokaliteter med mistanke om kloakklekkasje .....	14
3.3	Lokaliteter på dyrka mark .....	17
3.3.1	Profilprøver.....	17
3.3.2	Analyseresultater levert av gårdbruker .....	19
3.3.3	Effekt av redusert fosforgjødsling på P-AL.....	19
4	KONKLUSJONER.....	20
5	LITTERATURREFERANSER .....	21
6	VEDLEGG.....	22
	<b>Vedlegg 1. Koordinater for prøvetakingsstedene</b>	
	<b>Vedlegg 2. Alle jordanalyseresultater</b>	
	<b>Vedlegg 3. Moldinnhold, figurer</b>	

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn for prosjektet

Jordbruk og kloakk er vanligvis hovedkildene for menneskepåvirket fosfortilførsel til vassdrag.

### 1.1.1 Jordbruk som fosforkilde

Diffus avrenning av fosfor fra jordbruksarealer er en betydelig kilde til fosfortap. En av årsakene til at fosfortapet fra dyrka jord er større enn fra jord i utmark er at fosforinnholdet i dyrka jord er mye høyere enn i utmark. I dyrka jord er fosforinnholdet bygget opp over flere tiår ved at det tidligere var anbefalt å gjødsle med mer fosfor enn det som fjernes med avlingen. Årsaken til denne anbefalingen var at fosfor bindes sterkt i lite oppgjødslet jord (se avsnitt 1.2.1). Fosfor ekstrahert med ammoniumlaktat (P-AL) brukes i jordbruket for å vurdere behovet for fosforgjødsling. Et P-AL nivå på 5-7 mg/100g anses som optimalt for å sikre både gode avlinger og minst mulig tap til vassdrag, og gjødslingsanbefalingene er nå slik at jordas P-AL tall vil bevege seg mot dette optimalnivået hvis anbefalingene følges. I denne undersøkelsen er det gjennomført prøvetaking i ulike dyp ned til 1 meters dybde på dyrka arealer som hadde P-AL >10 ved forrige kartlegging i 2001 (Krogstad og Løvstad, 2001) for å se på effekten av tiltakene som har blitt gjennomført siden den gang. Det ble også undersøkt om det har vært nedvasking av fosfor til dypere jordlag der det var høye P-AL verdier.

### 1.1.2 Kloakk som fosforkilde

Gamle utette avløpsledninger gir utlekking av kloakk fra ledningsnett. Kloakk har høy fosforkonsentrasjon. I 2013 var gjennomsnittlig innløpskonsentrasjon på Alvim RA 4,8 mg P/L (Driftsassistansen i Østfold, 2015). Dette kan gi stor tilførsel av fosfor til jorda der lekkasjen foregår. Dette fosforet vil i første omgang bindes til jorda nærmest lekkasjen, men hvis dette foregår over lang tid, klarer ikke jorda å binde alt fosforet og det kan transporteres lenger vekk fra lekkasjen. I denne undersøkelsen er det tatt ut jordprøver i ulike dyp ned til 1 meters dybde på lokaliteter hvor det er mistanke om kloakklekkasje. Jordprøvene er analysert både for P-AL og vannløselig fosfor.

## 1.2 Kunnskap om fosfor i jord og vann

### 1.2.1 Fosfor i jord

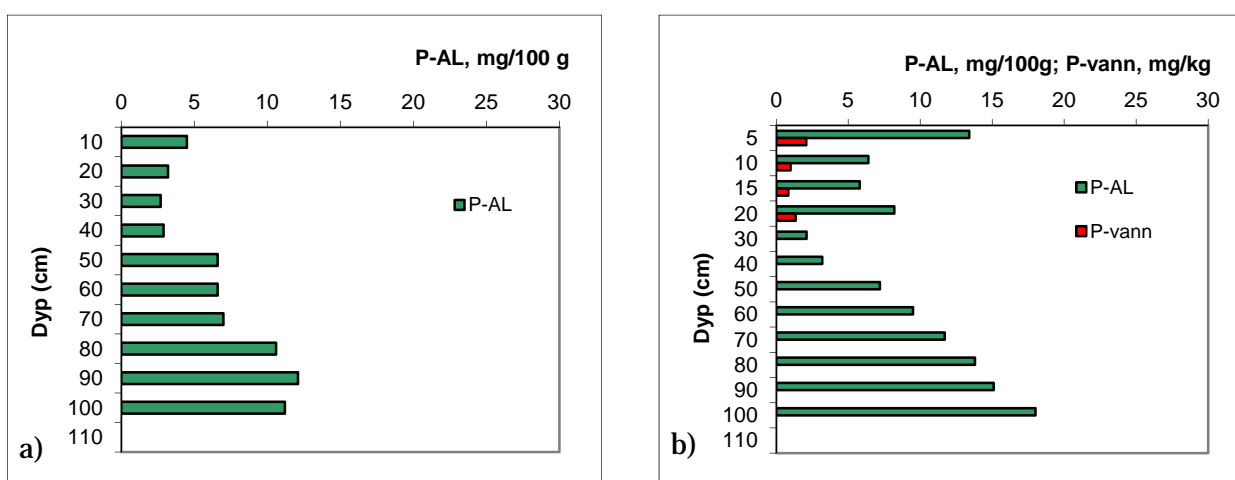
Fosfor i jord inngår i en rekke ulike bindinger med ulik bindingsstyrke, gjerne omtalt som forskjellige fraksjoner av fosfor. Totalt fosforinnhold i dyrka mineraljord (jord med <20 % humus) er i middel 0,1 % av jorda. Dette tilsvarer 200-240 kg P/daa i jordas øvre 20 cm. Variasjonen er imidlertid stor. Avhengig av jordtype og gjødslingshistorie kan fosforinnholdet variere fra 0,02 til

0,3 %. P-AL-metoden ekstraherer omkring 10-20 % av totalfosforet i jorda. Fosfor i jord består av både organisk og uorganisk bundet fosfor. Andelen organisk fosfor er ofte i området 20-50 %. Det aller meste av fosforet i jorda er sterkt bundet til jordpartiklene.

Ved lav pH bindes fosforet hovedsakelig til jern- og aluminiumforbindelser. Ved pH over 7 øker binding til kalsium, og det dannes tungt oppløselige kalsiumfosfater. Fosfor er lettest løselig ved pH rundt 6,5. Bare 0,01 til 0,1 kg P/daa finnes løst i jordvæska i mineraljord. Den sterke bindingen av fosfor fører til at overskudd av gjødsel fosfor akkumuleres i jordarbeidingssjiktet. Ved overskuddsgjødsling over mange år kan P-AL tallene bli høye i matjordlaget. Høye P-AL tall er gjerne knyttet til arealer som har fått tilført mye husdyrgjødsel (inneholder mye fosfor) eller arealer med potet- eller grønnsaksproduksjon (stort fosforbehov på grunn av lite effektivt rotsystem). Med store fosfortilførsler bindes fosforet svakere over tid, fordi bindingsplasser blir mettet med fosfor. Det betyr blant annet at jo høyere P-AL tallet i jorda, jo høyere er fosforkonsentrasjonen i jordvæska.

Organisk jord skiller seg fra mineraljord ved at fosfor bindes mye svakere. Overskuddet i fosfortilførselene akkumuleres derfor i mindre grad i organisk jord enn i mineraljord.

På marin leirjord kan en finne høye P-AL tall i uforvitret undergrunnsjord med høy pH. Dette skyldes at leira inneholder fosformineralet apatitt som løses i den sure ekstraksjonsløsningen til P-AL metoden. Dette betyr likevel ikke at undergrunnsjorda inneholder mye lett tilgjengelig fosfor. Konsentrasjonen av vannløselig fosfor i undergrunnsjorda er gjerne nærmere null, selv ved meget høye P-AL tall. Figur 1 a viser et eksempel på P-AL i ulike dyp i skogsjord på marin leire i Ås, mens figur 1 b viser et eksempel for dyrka jord i samme område (Øgaard og Krogstad, 2007). I den dyrka jorda er det høye P-AL verdier også i toppjorda på grunn av overskuddsgjødsling med fosfor.



Figur 1. a) P-AL i ulike dyp i skogsmark b) P-AL og vannløselig fosfor i ulike dyp på dyrka mark (Øgaard og Krogstad, 2007).

### 1.2.2 Fosforkilder

Fosfor tilført med husdyrgjødsel bindes noe svakere til jorda enn fosfor i mineralgjødsel. Det skyldes at en del av fosforet i husdyrgjødsel er i organiske forbindelser som bindes mindre sterkt til jorda enn løst uorganisk fosfor. I tillegg vil noen av de organiske forbindelsene i husdyrgjødsel bidra til mindre binding av uorganisk fosfor. Kloakk har antagelig noe av de samme effektene på fosforbinding i jord som husdyrgjødsel.

### 1.2.3 Tap av fosfor

Den lave konsentrasjonen av fosfor i jordvæska i mineraljord er årsak til at løst fosfor i liten grad blir vasket ut gjennom jordprofilen, og til at det meste av overskuddet av tilført fosfor i jordbruket akkumuleres i jordarbeidingsjiktet. Det som eventuelt vaskes ned vil raskt bindes i den mer fosforfattige undergrunnsjorda hvor bindingskapasiteten for fosfor fortsatt er høy. Erosjon og overflatetransport av fosforrike jordpartikler er derfor den viktigste transportprosessen for fosfor fra jordbruksarealer på mineraljord. Jordas totale fosforinnhold har da betydning for hvor mye fosfor som tapes med den eroderte jorda. Jordas innhold av lettløselig fosfor har imidlertid også betydning for hvor mye fosfor som tapes ved overflateavrenning. Jo høyere P-AL tall i jorda, jo mer løst fosfor vil frigjøres til vannet som renner på overflaten. Partikkelbundet fosfor kan imidlertid også tapes til grøfter ved at sprekker, meitemarkganger og rotkanaler (makroporer) i undergrunnsjorda gir veier for transport av fosforrike partikler fra toppjorda til grøftene. Disse makroporene kan også gi mulighet for transport av løst fosfor, fordi det ikke blir så tett kontakt med jorda i disse store porene.

I organisk jord hvor fosfor bindes svakt, er utvasking av fosforoverskuddet gjennom jordprofilen en viktig tapsvei.

### 1.2.4 Fosfor i vann

Fosfortilførselene til vann består av mange ulike fosforfraksjoner som har forskjellig algetilgjengelighet. Tilførsel av totalfosfor til et vassdrag er derfor ikke nødvendigvis et godt mål på miljøbelastningen. I tillegg til totalfosfor karakteriseres vannprøver ofte ved innhold av løst fosfat. Løst fosfat er imidlertid heller ikke en god parameter, fordi algene også kan utnytte en del av det partikkelbundne fosforet. Nedenfor gis en oversikt over algetilgjengeligheten av hovedfraksjonene løst reaktivt fosfor, partikkelbundet uorganisk fosfor og organisk bundet fosfor. Teksten er en forkortet utgave av innholdet i en artikkel i VANN (Øgaard et al. 2013). For å øke lesbarheten er referansene utelatt her, men kan finnes i originalartikkelen.

#### 1.2.4.1 Løst fosfor

Løst fosfat eller løst reaktivt fosfor, som det også kalles, er nesten fullstendig tilgjengelig for algevekst.

#### 1.2.4.2 Partikkelbundet uorganisk fosfor

Erosjon er hovedkilden til partikkelbundet fosfor i vassdragene. I en avrennings situasjon hvor jorda kommer i kontakt med vann som har en lavere fosforkonsentrasjon enn jordvæska, vil en betydelig del av partikkelbundet fosfor frigis ved likevektsreaksjoner. Jordas P-AL verdi har betydning for tap av løst fosfor ved at jordas innhold av vannløselig fosfor øker med økende P-AL verdi. I tillegg har også jordtypen betydning. Ved samme P-AL nivå er en større andel av totalfosfor vannløselig i silt- og sandjord sammenlignet med leirjord.

Det er vist at biotilgjengelighet av partikkelbundet fosfor kan være større enn det som kan forklares ved likevektsreaksjoner. Organiske forbindelser utskilt av alger kan bidra til å øke frigjøringen av partikkelbundet fosfor. I sterkt eutrofe innsjøer med høy pH, kan en også få økt frigjøring på grunn av det høye pH-nivået, fordi bindingen av fosfor til jern- og aluminiumforbindelser avtar med økende pH.

#### 1.2.4.3 Organisk fosfor

Organisk fosfor i jord består av mange ulike forbindelser som har ulik biotilgjengelighet, og ulike typer alger har ulikt potensiale for å utnytte organisk fosfor. Ved lav konsentrasjon av løst fosfat skiller en del alger og bakterier ut enzymer (fosfataser) som kan frigjøre fosfor fra organiske fosforforbindelser. Hvor lett fosforet frigjøres avhenger av hvilken type organisk fosforforbindelse det er. Det er funnet at cyanobakterier kan utnytte fosfor i diestere og monoestere i like stor grad som løst fosfat. Adenosintrifosfat (ATP) og DNA ble utnyttet i noe mindre grad, mens fytinsyre var den minst tilgjengelige fosforkilden.

I jord er det meste av det organiske fosforet i form av fytinsyre. Det betyr at en vesentlig del av det organiske fosforet i vassdrag som stammer fra erodert jord kan ha lav algetilgjengelighet. Flere undersøkelser har konkludert med at organisk fosfor fra jordbruksarealer synes å være lite tilgjengelig for alger.

#### 1.2.4.4 Innsjøprosesser

Ute i innsjøen er det en rekke faktorer som kan påvirke biotilgjengeligheten av fosfor. Høy gjennomstrømming øker ofte innsjøens toleranse mot høye tilførsler av fosfor. Innsjøens dybde er også av betydning, da sedimentet i grunne innsjøer kan virvles opp og frigi bundet fosfor til algene. I dype innsjøer er det større sannsynlighet for at sedimenterte fosforholdige partikler forblir i sedimentene, men forhold som temperatur og pH kan allikevel løse ut fosfor også i slike innsjøer. I en innsjø hvor vannet i perioder av året har liten utskifting og høy temperatur vil det bli



oksygenmangel i bunnsedimentene. Fosfor bundet til jernhydroksider blir frigjort til vannet ved at treverdig jern ( $\text{Fe}^{3+}$ ) reduseres til toverdig jern ( $\text{Fe}^{2+}$ ). I tillegg til tilgang på næringsstoffer er algenes vekst avhengig av faktorer som temperatur og lys. Høyt innhold av erosjonspartikler i vannmassene gir dårlige lysforhold og kan begrense algeveksten.

#### 1.2.4.5 Biotilgjengelighet av fosfor i erosjonsmateriale sammenlignet med fosfor fra husdyrgjødsel og kloakk

I laboratorietester med alger er det funnet at biotilgjengelighet av fosfor i kloakk og husdyrgjødsel er cirka dobbelt så høy som biotilgjengeligheten av fosfor i arealavrenning fra korndyrkingsarealer. I et innsjøforsøk er det funnet cirka 5 ganger større biotilgjengelighet av fosfor i kloakk og husdyrgjødsel sammenlignet med fosfor i jord. Skyggevirkningen av jordpartikler kan være årsak til at det var større forskjell i biotilgjengelighet i innsjøforsøket enn i laboratorietester.

## 2 METODER

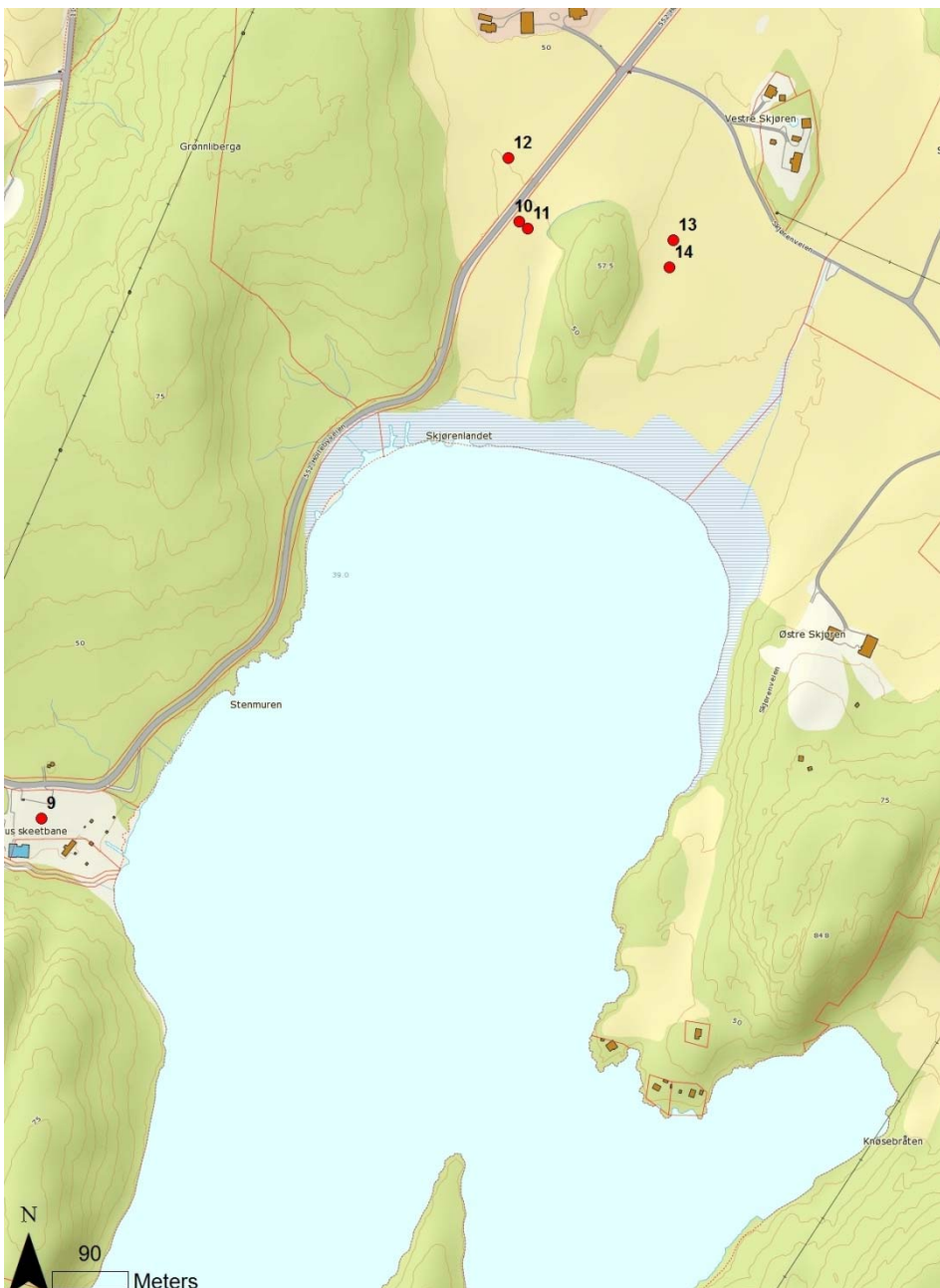
### 2.1 Prøvetakingssteder

Fosforinnholdet i jorda ned til 1 meters dyp ble undersøkt i 13 jordprofiler på 6 ulike lokaliteter (figur 2 og 3). Prøvestedene ble valgt på bakgrunn av mistanke om kloakklekkasje (prøvested 1-8), og høye P-AL verdier i tidligere undersøkelser på dyrka mark (prøvested 10-14). På prøvested 12 på ble det bare tatt ut prøve i øvre sjikt (0-10 cm). På dyrka mark ble det i tillegg til profilprøvene tatt ut prøver fra det øvre sjiktet (0-10 cm) i området rundt hvert av profilene 13 og 14 (prøve nr. 13 og 14) og mellom profil 10 og 11 (prøve nr. 10) for å kontrollere representativiteten av profilstedene. Prøvested 9 er lokalisert på gressplen på skytebanen og skal representere et relativt upåvirket profil. Koordinatene til alle prøvestedene finnes i vedlegg 1.

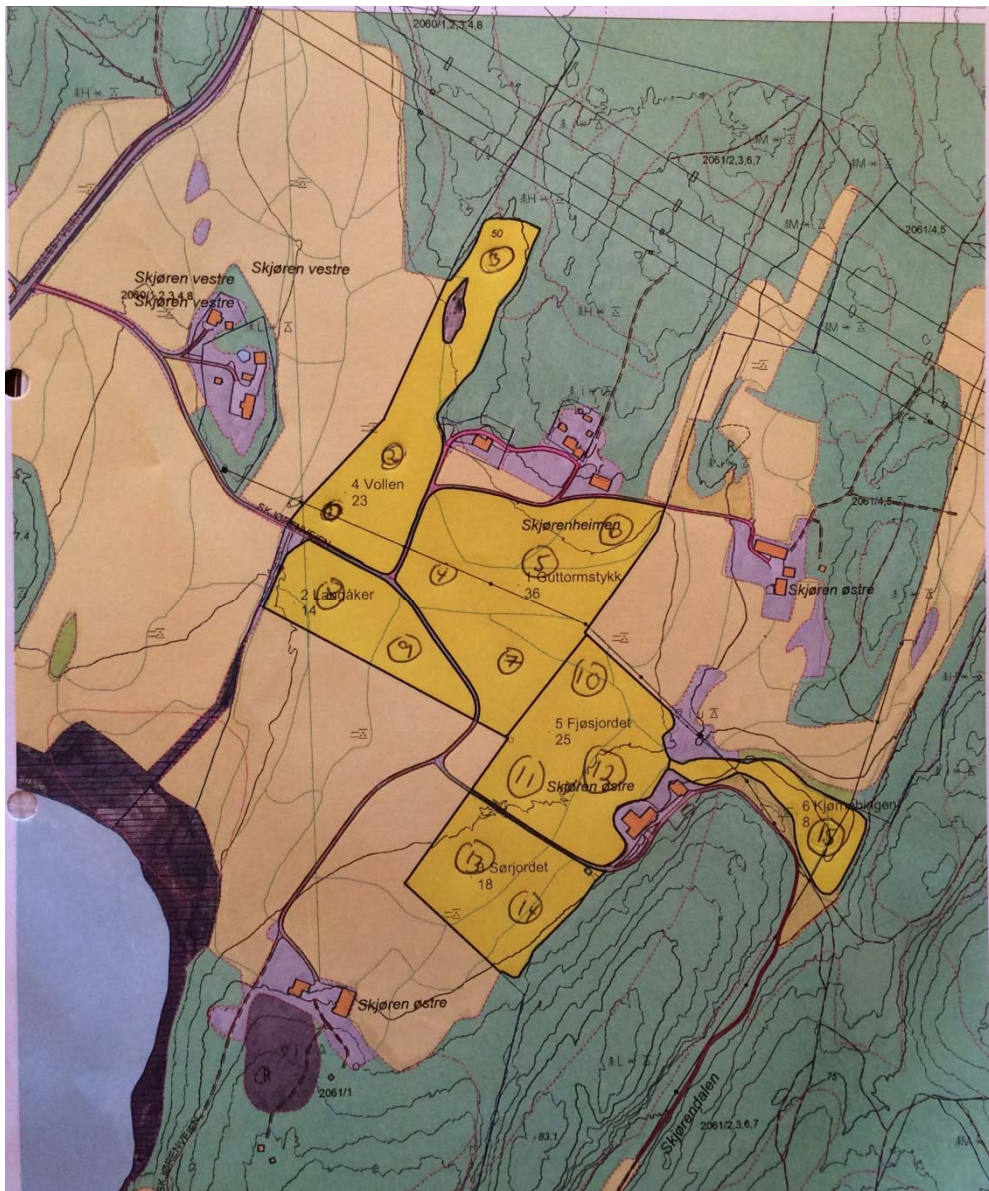
Det ble videre innhentet analyseresultater fra gårdbruker for 15 jordprøver tatt ut i matjordlaget i november 2015 på Østre Skjøren (figur 4).



Figur 2. Prøvetakingssteder i sørenden av vannet (prøvested 1-8).



*Figur 3. Prøvetakingssteder på dyrka jord i nordenden av vannet (prøvested 10-14) og på skytebanen (prøve 9).*



*Figur 4. Prøvetakingssteder på dyrka mark. Prøver tatt ut av gårdbruker.*

## 2.2 Prøvetakingsmetoder

Prøvene ble tatt ut 10. og 11. november 2015. Prøvene fra profilene ble tatt som samleprøver for hver 20. cm (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 og 80-100 cm). Det ble gravd et hull til 60 cm og veggene ble prøvetatt for de øverste prøvene. De to dypeste prøvene ble tatt med jordbor i bunnen av hullet. Til hver av disse prøvene ble det tatt tre stikk som ble slått sammen. Prøvene 10, 12, 13 og 14 fra sjiktet 0-10 cm ble tatt ut med jordbor, 16 stikk per prøvested som ble samlet til en prøve.



## 2.3 Jordanalyser

Jorda ble analysert for alle parameterne som inngår i Eurofins analysepakke 1 for landbruksjord. Her inngår blant annet lett tilgjengelig fosfor (P-AL), pH, glødetap og jordart. Ved korrigering av glødetap for jordart, fås et omtrentlig mål for jordas innhold av organisk materiale (økende leirinnhold gir økende fratrekke fra glødetapsverdien).

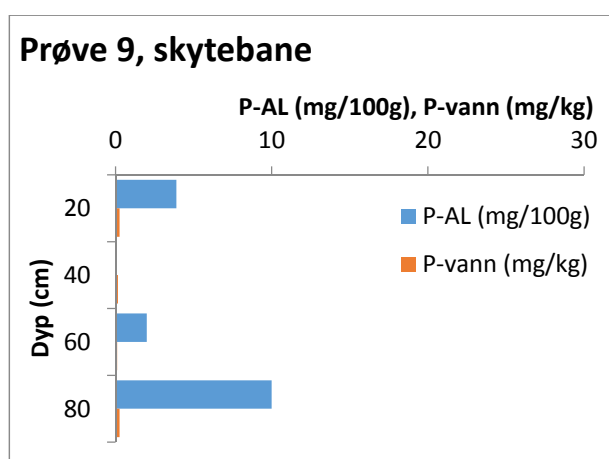
Vannløselig fosfor (P-vann) ble målt etter ekstraksjon av jorda med en tynn saltløsning (0,0025 M CaCl<sub>2</sub>, jord:væske forhold på1:20).



## 3 RESULTATER OG DISKUSJON

### 3.1 Upåvirket lokalitet (referanse)

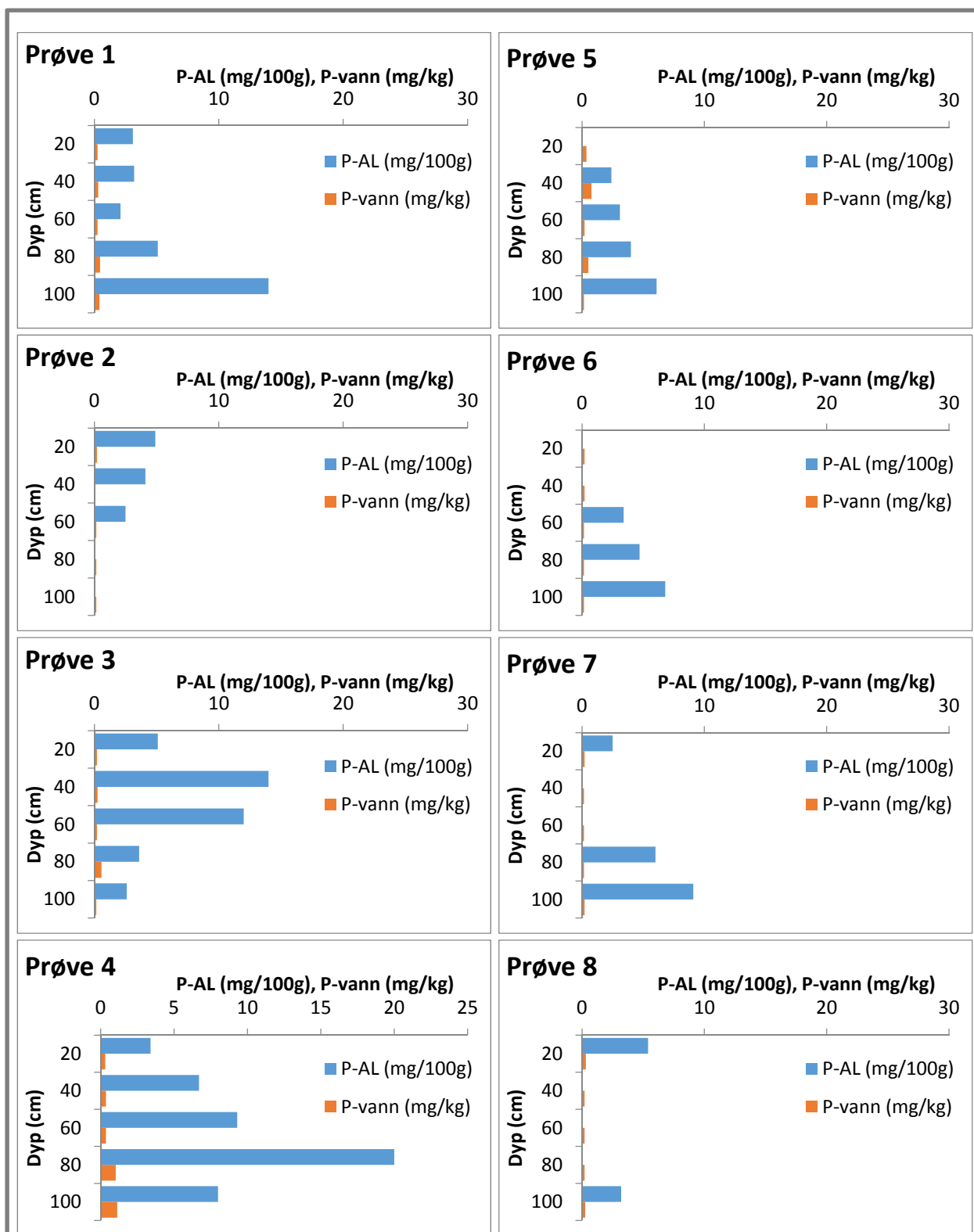
Innholdet av lett tilgjengelig fosfor (P-AL) og vannløselig fosfor (P-vann) i profilet på skytebanen er presentert i figur 5. Konsentrasjonen av P-vann er tilnærmet null i hele profilets dybde. P-AL verdiene er også lave unntatt i det dypeste sjiktet hvor P-AL verdien er 10. I dypere sjikt finner en uforvitret/lite forvitret marin leire, og det er normalt å finne høyere P-AL verdier i dypere sjikt på slik jord (se kapittel 1.2.1). Fosforforbindelsene i uforvitret leire har imidlertid lav vannløselighet og vil i svært liten grad lekke fosfor til omgivelsene.



Figur 5. P-AL (mg/100g) og P-vann (mg/kg) i ulike dyp i profilet på skytebanen (referanse).

### 3.2 Lokalteter med mistanke om kloakklekkasje

Profil 1-8 er fra tre ulike lokaliteter (1: profil 1-4, 2: profil 5-6 og 3: profil 7-8) med mistanke om kloakklekkasje. Innholdet av P-AL og P-vann er presentert i figur 6 og i vedlegg 2. På lokalitet 2 og 3 er P-AL verdiene på nivå med referanseprofilet på skytebanen og tyder ikke på tilførsel av fosfor fra kloakk. Konsentrasjonene av P-vann er også på nivå med referanseprofilet, unntatt for profil 5 hvor noen av verdiene er litt høyere enn i referanseprofilet. Disse verdiene er likevel så lave at det er lite sannsynlig at lokaliteten bidrar med vesentlig mer fosfor enn et upåvirket areal. Profil 5 skiller seg også ut med å ha et svært lavt innhold av organisk materiale (korrigert glødetapsverdi gir mold % = 0, men i toppsjiktet kan det likevel være litt mold på grunn av usikkerhet i korrigeringsverdien).



Figur 6. P-AL og P-vann i ulike dyp i de åtte profilene med mistanke om kloakklekkasje.

På lokalitet 1 (profil 1-4) er resultatene for de ulike profilene ganske forskjellige til tross for at det er kort avstand (ca 15 m) mellom profilene. Jordprofilene så ut til å være påvirket av graving, fordi jorda var avvikende fra det man finner i uforstyrret jord. Blant annet var det henholdsvis ett og to lag i profil 3 og 4 som tydelig hadde høyere sandinnhold, og det ble funnet organisk materiale helt ned til 1 meters dyp i profil 1 (figur 9, vedlegg 3).

Profil 1 og 2 har lave verdier for både P-AL og P-vann, bortsett fra høy P-AL verdi for den dypeste prøven i profil 1. Den høye P-AL verdien er koblet med en lav verdi av P-vann og er da sannsynlig et resultat av apatitt-fosfor i lite forvitret leire. Disse verdiene kan sammenlignes med det øverste sjiktet i profil 10 på dyrka mark, hvor jordprøven med en tilsvarende høy P-AL verdi (P-AL 16) har en konsentrasjon av P-vann som er 6-7 ganger så høy som i bunnprøven i profil 1.

Profil 3 hadde høye P-AL verdier i 40 og 60 cm sjiktene, men P-vann var lavt. Profil 4 hadde meget høy P-AL verdi i 80 cm sjiktet og tilsvarende også litt forhøyet konsentrasjon av P-vann både i dette sjiktet og i underliggende sjikt. Det var også et tydelig innhold av organisk materiale helt ned til 80 cm dyp. Årsaken til dette avvikende bildet er usikker, men siden jordprofilen så ut til å være forstyrret av mulig tidligere graving, kan disse resultatene skyldes at mer fosforrike masser fra toppen har havnet i bunnen ved omgraving. Konsentrasjonene av P-vann er imidlertid uansett ikke høye nok til å anta at dette er en betydelig kilde. Konsentrasjonene er lavere enn det vi fant i toppjorda på dyrka areal. Dessuten er strømningsveier i undergrunnen avgjørende for om vannløselig fosfor herfra når vannet uten å bli bundet til jordpartikler underveis.

Ingen av profilene hadde kloakklukt nede i gropa, noe en skulle ha forventet hvis det var kloakksig i grunnen. Eventuell antropogen fosforkilde i profil 4 har derfor sannsynligvis et annet opphav enn kloakk.



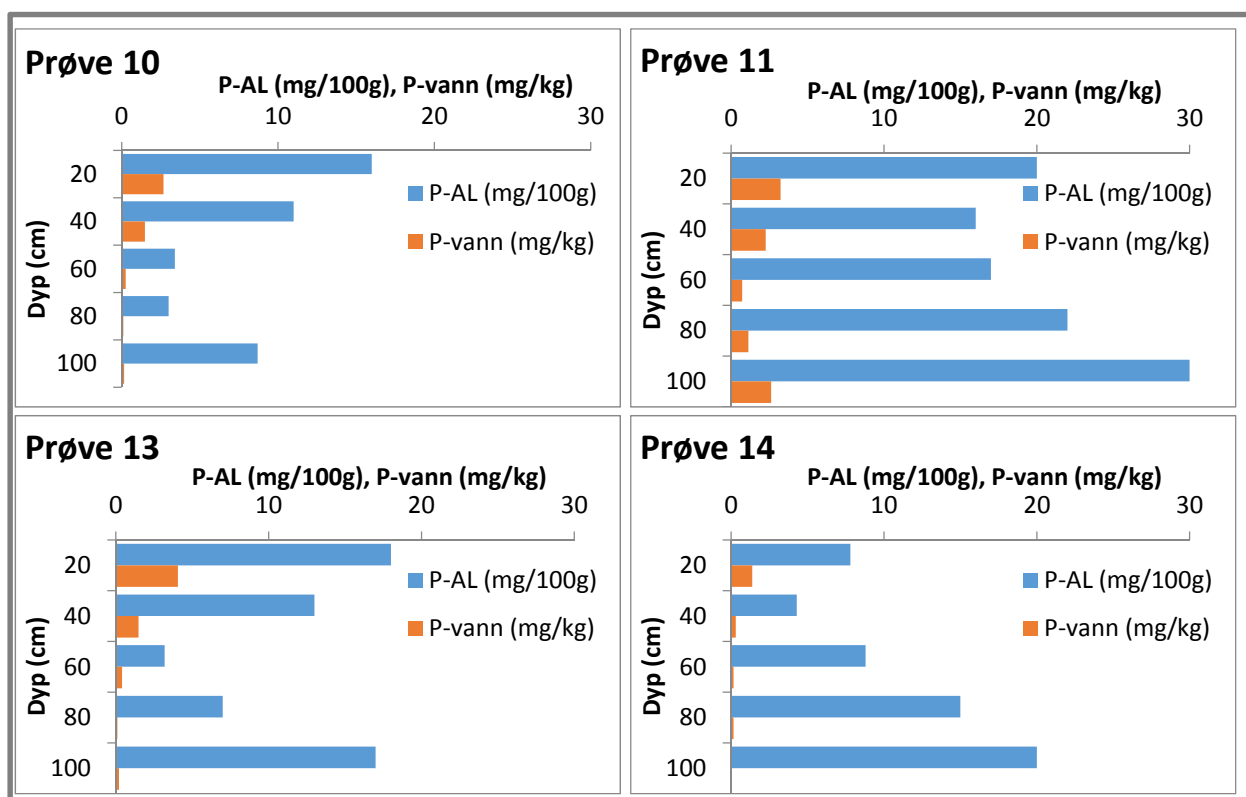


### 3.3 Lokalteter på dyrka mark

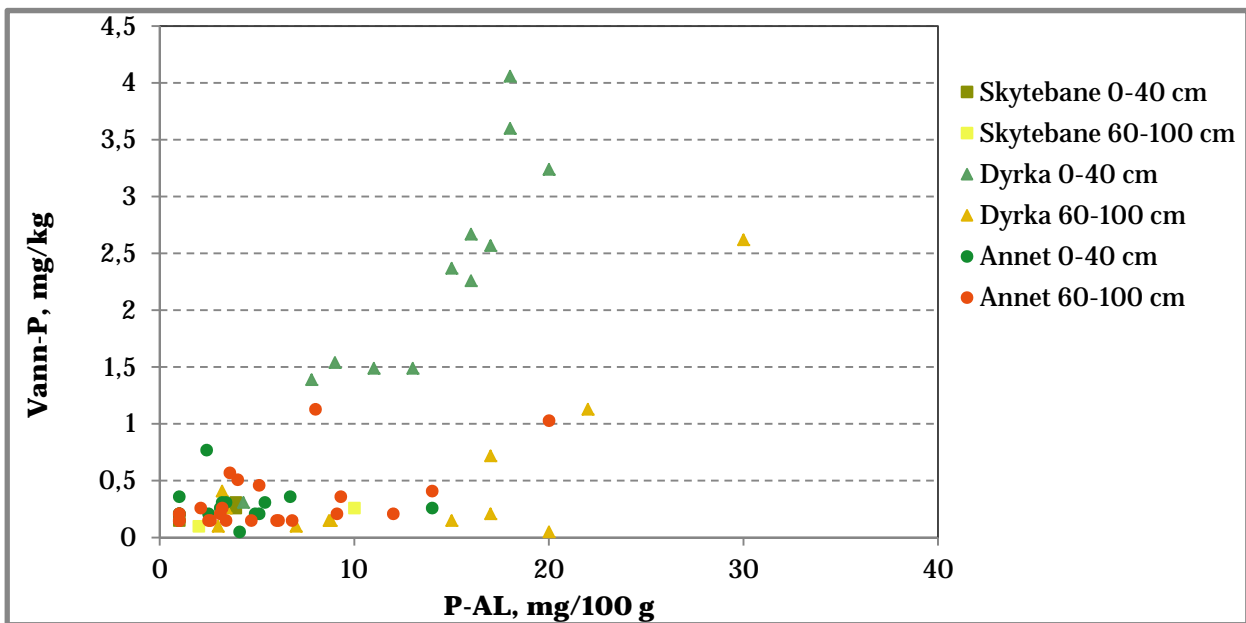
#### 3.3.1 Profilprøver

P-AL verdiene i det øvre sjiktet i profilene hadde tilnærmet samme P-AL verdi som prøven som ble tatt fra matjordlaget i området rundt de respektive profilene. Profilene kan dermed anses som representative for det nærmeste arealet rundt profilet, iallfall når det gjelder matjordlaget.

Profilene på dyrka mark skiller seg fra de øvrige profilene i denne undersøkelsen ved generelt å ha både høyere P-AL verdier og høyere konsentrasjoner av P-vann (figur 7 og vedlegg 2). Forholdet mellom P-vann og P-AL (P-vann/P-AL) er også høyere på dyrka jord sammenlignet med de øvrige profilstedene. Dette har sammenheng med at på dyrka jord er fosforinnholdet i disse fraksjonene påvirket av akkumulert overskudd etter fosforgjødsling. Forskjellene mellom gjødslet og ikke-gjødslet jord og forskjellen mellom toppjord og undergrunnsjord illustreres i figur 8. Figuren viser at ved samme P-AL tall er konsentrasjonen av P-vann mye høyere i toppjorda på dyrka mark enn på øvrige lokaliteter. Figuren viser også at i undergrunnsjorda på dyrka mark, hvor det er mindre påvirkning av fosforgjødslingen, er det lavere konsentrasjon av P-vann enn ved samme P-AL i toppjorda.



Figur 7. P-AL (mg/100g) og P-vann (mg/kg) i ulike dyp i de fire profilene fra jordbruk.



Figur 8. Sammenheng mello P-AL og P-vann for prøver fra ulike lokaliteter delt på to ulike dyp, henholdsvis 0-40 cm og 60-100 cm.

I tre av profilene på dyrka jord er P-AL i toppjorda i klasse meget høy (P-AL>14) (figur 7). Profil 10, 13 og 14 viser trender som er sammlignbare med det som tidligere er funnet i dyrka jord på marin leire: en toppjord som tydelig er påvirket av gjødsling med forhøyede verdier for både P-AL og P-vann (figur 1b). Rett under matjordlaget er det lave verdier for både P-AL og P-vann. Ved økende dybde øker P-AL verdiene på grunn av lite forvitret leire som inneholder fosformineralet apatitt, mens verdiene for P-vann er svært lave fordi fosfor i apatitt har lav løselighet.

Profil 11 skiller seg ut ved å ha høye P-AL verdier i alle sjikt og ved relativt høy konsentrasjon av P-vann også ved grøftedyp (80-100 cm). Profilet så normalt ut, så det ser ikke ut til at det har vært graving på stedet som kan forklare de høye fosfortallene i undergrunnen. En mulig årsak kan være nedvasking av fosforrike jordpartikler fra matjordlaget i makroporer i jorda (sprekker, rotkanaler, meitemarkganger). Dette profilet var bare 13 meter fra profil 10 som hadde mye lavere fosfortall i undergrunnsjorda. Det er derfor mulig at det bare er et lite areal som har så høye fosfortall i undergrunnsjorda.

Profil 10 og 11 er på et område som hadde P-AL 21 i 2001. Toppjorda i disse to profilene hadde nå P-AL på henholdsvis 16 og 20, og altså bare litt lavere tall enn for 14 år siden. Siden prøvetakingsstedene i 2001 ikke var nøyaktig kartfestet, kan vi ikke si om dette er en reell nedgang eller bare uttrykk for jordvariasjonen på stedet. På prøvetakingssted 12 var P-AL nå 15, mens prøven fra samme området i 2001 hadde P-AL 14.

### 3.3.2 Analyseresultater levert av gårdbruker

Analyseresultater for 15 jordprøver fra matjordlaget på Østre Skjøren viste at 9 av prøvene var i P-AL området som anses for optimalt ut i fra hensyn til å både sikre gode avlinger og gi minst mulig risiko for tap til miljø (P-AL 5-7). Tre av prøvene var i klasse moderat høyt (P-AL 8-10), 1 prøve i klasse høyt (P-AL 11-14) og 2 prøver var i klasse meget høyt (P-AL >14). Disse prøveresultatene kan ikke sammenlignes direkte med resultatene fra jordprøvetaking i 2001 (Krogstad og Løvstad, 2002), siden prøvepunktene ikke er de samme. I 2001 ble det tatt ut totalt 18 prøver fra Østre og Vestre Skjøren. Av disse var 8 prøver i klasse middels/optimalt, 6 i klasse moderat høyt, 3 i klasse høyt og 1 i klasse meget høyt. Hovedbildet er dermed det samme; en stor del av området har ønsket eller nær ønsket P-AL nivå, mens enkelte arealer har P-AL nivå som gir økt risiko for tap. Noen tydelig effekt av eventuell redusert fosforgjødsling kan ikke sees.

### 3.3.3 Effekt av redusert fosforgjødsling på P-AL

Redusert fosforgjødsling er et langsiktig tiltak for å redusere tallene der disse er unødvendig høye. Fosfornivået i jorda er bygd opp over mange år og tilsvarende vil det ta mange år å redusere nivået til et miljøoptimalt nivå, selv helt uten fosforgjødsling. For eksempel, hvis en antar at hele planteopptaket av fosfor tappes fra P-AL fraksjonen når det ikke gjødsles med fosfor, vil det ta 11 år å redusere P-AL fra 15 til 7 ved en årlig avling på 500 kg korn. I praksis vil dette ta mye lenger tid, fordi fosfor tappes også fra tyngre tilgjengelig fosfor, og fordi det anbefales å tilføre noe fosfor når  $P-AL < 14$ .



## 4 KONKLUSJONER

**Lokaliteter med mistanke om kloakklekkasje:** Jordprøver fra ulike sjikt ned til 1 meters dyp i 8 jordprofiler fordelt på tre ulike lokaliteter, viste ingen tydelige tegn på påvirkning av kloakklekkasje. Fosforverdiene tilsier ikke at disse arealene skal utgjøre noen tydelig kilde til fosfortap utover det en vil finne som naturlig bakgrunnsavrenning.

**Jordbruksarealer:** En stor del av jordbruksarealet nærmest vannet i nord har ønsket P-AL nivå ut i fra hensyn til både å sikre gode avlinger og gi minst mulig risiko for tap til miljø, mens en mindre del av jordbruksarealet har et P-AL nivå som gir økt risiko for tap. Noen tydelig effekt av eventuell redusert fosforgjødsling siden 2001 kan ikke sees. Tre av fire jordprofiler på dyrka mark med høyt P-AL tall i toppjorda hadde lave konsentrasjoner av vannløselig fosfor under 40 cm dyp. Det betyr at risikoen for tap av lett tilgjengelig fosfor via grøfteavrenning er liten hvis det ikke finnes makroporer som gir transport av jordpartikler og løst fosfor fra toppjorda og ned til grøftene. Tap av lett tilgjengelig fosfor via erosjon og overflateavrenning er sannsynligvis den viktigste transportveien fra jordbruksarealene til vannet.



## 5 LITTERATURREFERANSER

Driftsassistansen i Østfold. 2015. Tunevannet – påvirkning av vannkvalitet fra kommunalt nett. Rapport 20 s.

Krogstad, T. og Løvstad, Ø. 2002. Tunevannets nedbørfelt – undersøkelse av fosfor i jord 2001. Rapport nr. 6/2002, Institutt for jord- og vannfag, NLH.

Øgaard, A.F., Krogstad, T., Skarbøvik, E. og Bechmann, M. 2012. Biotilgjengelighet av fosfor fra jordbruksavrenning – kunnskapsstatus. VANN 03-2012: 357-368.

## 6 VEDLEGG

### Vedlegg 1. Koordinater for prøvetakingsstedene.

Prøvested	x	y
1	618892	6574650
2	618893	6574663
3	618894	6574677
4	618893	6574692
5	619387	6575267
6	619392	6575275
7	618226	6574821
8	618235	6574805
9	619215	6577507
10	619780	6578212
11	619790	6578204
12	619767	6578287
13	619962	6578190
14	619957	6578158

Koordinatsystem WGS 1984 32N

---

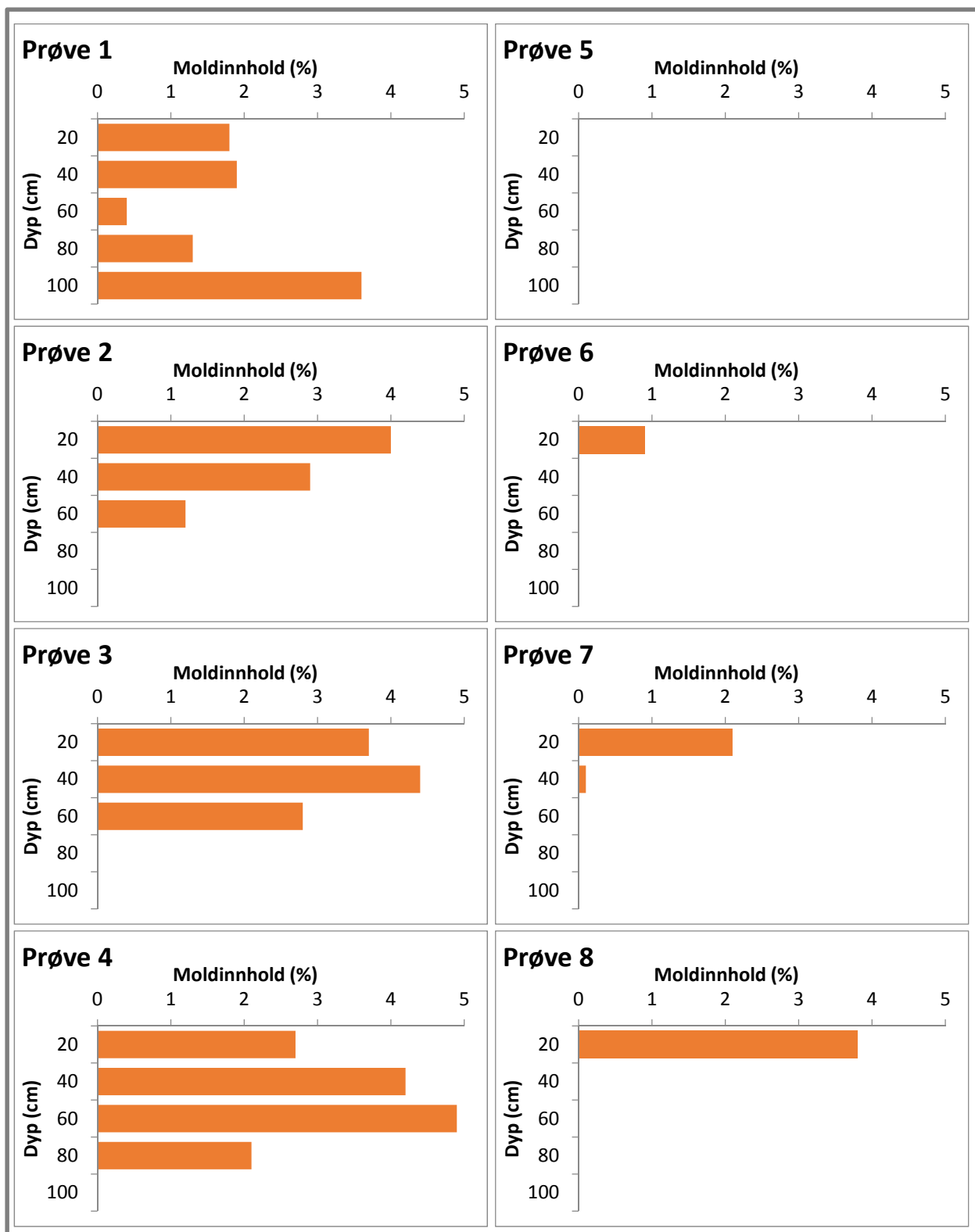
## Vedlegg 2. Alle jordanalyseresultater.

Prøve	Dyp	CaCl <sub>2</sub> -P	Volum-	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Gløde-	Mold-	Jord-
	cm	mg/kg	vekt									
					mg/100g					(%TS)	(%)	
1 - 1	20	0.26	1.8	5.5	3.1	5.7	10	51	<5.0	3.8	1.8	9
1 - 2	40	0.31	1.6	5.8	3.2	5.4	16	72	<5.0	3.9	1.9	9
1 - 3	60	0.26	1.7	6.0	2.1	7.4	23	84	<5.0	2.4	0.4	9
1 - 4	80	0.46	1.8	6.2	5.1	5.9	17	74	<5.0	3.3	1.3	9
1 - 5	100	0.41	1.6	5.4	14	2.8	6.5	45	<5.0	5.6	3.6	9
2 - 1	20	0.21	1.6	5.0	4.9	12	8.4	30	<5.0	6	4.0	9
2 - 2	40	0.05	1.6	5.3	4.1	6.4	3.8	14	<5.0	4.9	2.9	9
2 - 3	60	0.15	1.8	5.4	2.5	4.3	2.3	<10	<5.0	3.2	1.2	9
2 - 4	80	0.15	1.9	6.3	0	4.4	16	50	<5.0	1.1	0	9
2 - 5	100	0.15	1.9	6.6	0	5.4	23	72	<5.0	1	0	9
3 - 1	20	0.21	1.5	5.3	5.1	5.3	6.6	30	<5.0	5.7	3.7	9
3 - 2	40	0.26	1.2	5.3	14	<2.0	1.5	<10	<5.0	5.4	4.4	6
3 - 3	60	0.21	1.5	5.5	12	<2.0	1.7	11	<5.0	4.8	2.8	9
3 - 4	80	0.57	1.8	6.1	3.6	3.6	11	36	<5.0	2	0	9
3 - 5	100	0.15	1.8	6.6	2.6	4.9	20	63	<5.0	1.2	0	9
4 - 1	20	0.31	1.6	5.5	3.4	7.6	23	71	6.9	4.7	2.7	9
4 - 2	40	0.36	1.2	5.4	6.7	<2.0	4.9	27	<5.0	5.2	4.2	6
4 - 3	60	0.36	1.2	5.4	9.3	2.4	7.0	37	5.5	5.9	4.9	6
4 - 4	80	1.03	1.6	5.9	20	3.2	7.0	45	6.1	4.1	2.1	9
4 - 5	100	1.13	1.9	6.4	8	5.6	20	81	<5.0	1.3	0	9
5 - 1	20	0.36	1.7	5.8	0	6.4	24	61	<5.0	2.4	0	11
5 - 2	40	0.77	1.8	6.4	2.4	6.3	36	82	<5.0	1.4	0	11
5 - 3	60	0.21	1.8	6.6	3.1	6.4	35	80	<5.0	1.1	0	11
5 - 4	80	0.51	1.9	6.7	4	7.7	38	85	<5.0	1.1	0	11
5 - 5	100	0.15	1.8	6.7	6.1	8.5	39	88	<5.0	1	0	11
6 - 1	20	0.21	1.7	5.8	0	5.9	21	51	<5.0	2.9	0.9	9
6 - 2	40	0.21	1.8	6.3	0	6.2	35	74	<5.0	1.3	0	11
6 - 3	60	0.15	1.9	6.7	3.4	6.3	34	72	5.7	1.1	0	11
6 - 4	80	0.15	1.9	6.5	4.7	7.5	37	77	<5.0	1.1	0	11
6 - 5	100	0.15	1.9	6.5	6.8	7.5	35	81	<5.0	1.1	0	11
7 - 1	20	0.21	1.6	5.8	2.5	2.9	9.5	52	8.2	4.1	2.1	9
7 - 2	40	0.15	1.6	6.4	0	7.4	45	120	6.3	2.6	0.1	11
7 - 3	60	0.15	1.6	6.9	0	8.8	60	130	6.7	2.2	0	11
7 - 4	80	0.15	1.5	7.2	6	11	60	140	<5.0	1.9	0	12
7 - 5	100	0.21	1.7	7.3	9.1	10	52	130	6.6	1.6	0	12
8 - 1	20	0.31	1.5	5.5	5.4	4.8	5.9	36	12	5.8	3.8	9
8 - 2	40	0.21	1.7	5.4	0	4.2	8.2	36	7.4	2.3	0	11
8 - 3	60	0.21	1.8	5.9	0	5.3	21	69	8.9	1.7	0	11
8 - 4	80	0.21	1.8	6.2	0	6.2	29	79	8.1	1.1	0	11
8 - 5	100	0.26	1.8	6.4	3.2	6.5	30	79	8.2	1	0	11

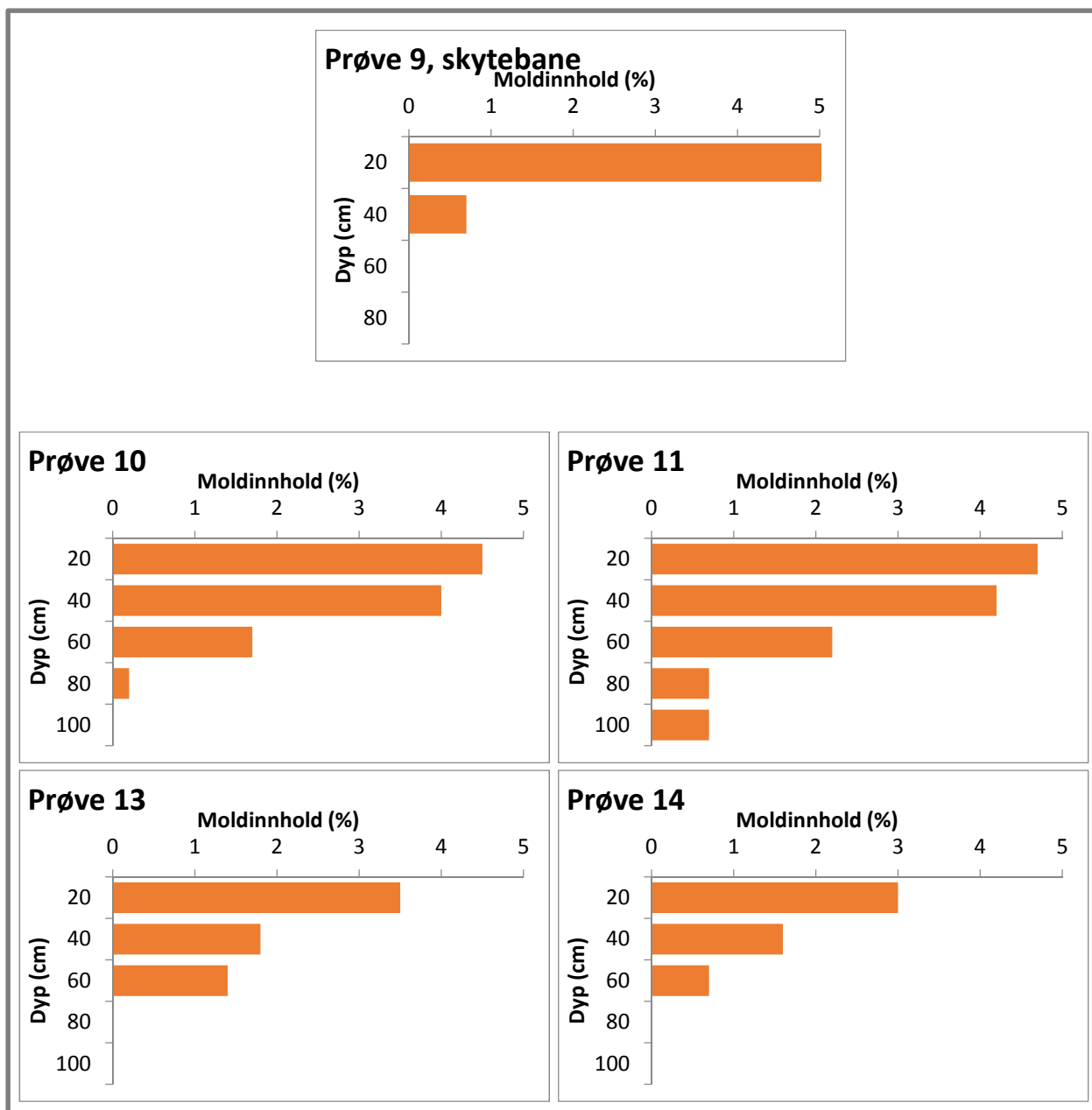
Prøve	Dyp	CaCl <sub>2</sub> -P	Volum-	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	Na-AL	Gløde-	Mold-	Jord-
	cm	mg/kg	vekt									
					mg/100g					(%TS)	(%)	
9	10	0.31	1.1	5.3	3.9	15	17	78	9.3	10.7	8.7	10
9 - 1	20	0.26	1.2	5.5	3.9	11	13	72	8.0	8.7	6.7	10
9 - 2	40	0.15	1.4	5.9	0	12	20	68	5.9	3.2	0.7	11
9 - 3	60	0.10	1.5	6.2	2	17	53	110	7.9	3	0	12
9 - 4	80	0.26	1.5	7.1	10	15	82	130	7.9	2.3	0	12
10	10	2.57	1.4	6.7	17	17	29	190	<5.0	6.3	3.8	11
10 - 1	20	2.67	1.3	6.6	16	17	26	190	<5.0	6.5	4.5	10
10 - 2	40	1.49	1.4	6.4	11	18	23	170	<5.0	6	4.0	10
10 - 3	60	0.26	1.5	6.4	3.4	11	20	97	<5.0	3.7	1.7	10
10 - 4	80	0.10	1.5	7.1	3	12	45	92	6.0	2.2	0.2	10
10 - 5	100	0.15	1.6	7.8	8.7	17	79	98	12	1.9	0	12
11 - 1	20	3.24	1.3	6.9	20	19	30	270	<5.0	6.7	4.7	10
11 - 2	40	2.26	1.4	6.2	16	16	27	180	<5.0	6.2	4.2	10
11 - 3	60	0.72	1.4	5.9	17	11	21	110	<5.0	4.2	2.2	10
11 - 4	80	1.13	1.6	6.0	22	7.3	15	67	<5.0	2.7	0.7	10
11 - 5	100	2.62	1.6	6.2	30	9.9	21	64	7.3	2.7	0.7	10
12	10	2.37	1.2	6.5	15	17	19	220	6.4	7.8	5.8	10
13	10	3.60	1.4	6.7	18	14	32	210	<5.0	6.2	4.2	10
13 - 1	20	4.06	1.4	6.8	18	13	29	240	<5.0	6	3.5	11
13 - 2	40	1.49	1.5	6.4	13	12	34	160	<5.0	4.3	1.8	11
13 - 3	60	0.41	1.6	6.5	3.2	13	57	170	<5.0	3.9	1.4	11
13 - 4	80	0.10	1.4	7.0	7	18	79	190	5.8	3.2	0	12
13 - 5	100	0.21	1.4	7.4	17	22	83	200	7.0	2.8	0	12
14	10	1.54	1.5	6.7	9	13	31	180	<5.0	5.6	3.1	11
14 - 1	20	1.39	1.5	6.6	7.8	14	30	200	<5.0	5.5	3.0	11
14 - 2	40	0.31	1.6	6.6	4.3	14	48	170	<5.0	4.1	1.6	11
14 - 3	60	0.15	1.5	7.0	8.8	14	85	220	5.1	3.2	0.7	11
14 - 4	80	0.15	1.4	7.2	15	17	93	210	5.5	2.8	0	12
14 - 5	100	0.05	1.4	7.5	20	22	93	200	5.1	2.7	0	12



### Vedlegg 3. Moldinnhold figurer



Figur 9. Moldinnhold (%) i ulike dyp i de åtte profilene med mistanke om kloakklekkasje.



Figur 10. Moldinnhold (%) i ulike dyp i profilet fra skytebanen (referanse) og i de fire profilene på dyrka mark.



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

