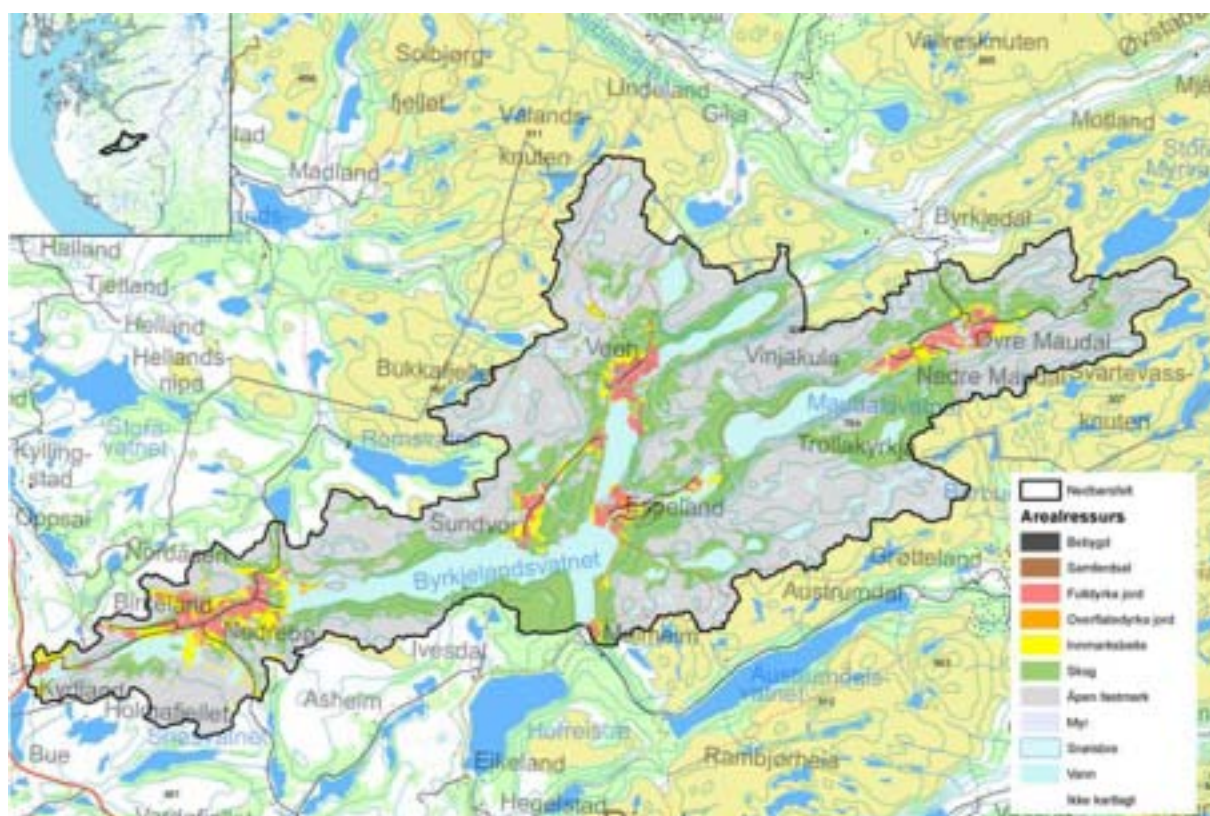


ROS-analyse av jordbruk som potensiell kilde til fremtidige eutrofi-problemer i Birkelandsvatn i Bjerkreimvassdraget i Rogaland



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

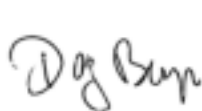
Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

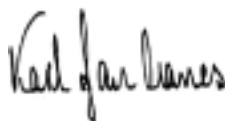
Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel ROS-analyse av jordbruk som potensiell kilde til fremtidige eutrofiprosblemer i Birkelandsvatn i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland	Løpenr. (for bestilling) 6301-2012	Dato 8/1-2012
	Prosjektnr. Udemr. 11381	Sider Pris 86
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde Vannressursforvaltning	Distribusjon Fri
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) IVAR IKS	Oppdragsreferanse Karl Olav Gjerstad	
<p>Sammendrag</p> <p>Birkelandsvatn (Bjerkreimsvassdraget, Rogaland) har i dag beste vannkvalitetsklasse både etter det gamle klassifikasjonssystemet til Klif og etter det nye etter vannforskriftens klassifiseringsveileder. Midlere klorofyllinnhold varierer fra 1 – 1,6 µg kla/l og midlere fosforkonsentrasjon fra 3-6 µg P/l for ulike år. Algesamfunnets biomasse viser næringsfattig nivå og artssammensetningen er normal for denne type innsjøer. Det er ikke observert noen problemalger. I dypvannet i Birkeland er det i alle år observert 0 <i>E. coli</i> per 100 ml i de sjiktede perioder, mens under høstsirkulasjonen er det av og til registrert 1-2 <i>E. coli</i> per 100 ml vann på overvåkingsstasjon 4 sentralt i innsjøen, hvor det er aktuelt å legge et eventuelt fremtidig drikkevannsinntak. Selv om man utvikler landbruket og øker befolkningen maksimalt i forhold til hva bøndene selv mener er mulig innen rammen av de geografiske og terrengmessige begrensninger, samt landbrukets egne forskrifter, vil ikke påvirkningen bli så stor at Birkelandsvatn kommer over i dårligere vannkvalitetsklasser. Det er for stor andel av fjell og hei i nedbørfeltet til at det går an å utvikle en så stor landbruksvirksomhet at det blir et problem for vannkvaliteten i Birkelandsvatn. Det synes derfor ikke å være behov for å gjennomføre spesielle restriksjoner på landbruksdriften (såkalte klasuleringer) hvis innsjøen skulle tas i bruk som vannkilde for IVAR.</p>		

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Landbruksforurensning 2. Risikovurdering 3. Drikkevannskilde 4. Birkelandsvatn 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Agricultural pollution 2. Risk assessment 3. Drinking water source 4. Lake Birkelandsvatn
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Dag Berge
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

**ROS-analyse av jordbruk som potensiell kilde til
fremtidige eutrofi problemer i Birkelandsvatn i
Bjerkreimsvassdraget i Rogaland**

Forord

Den foreliggende rapport representerer sluttproduktet for ROS-analysen av landbruksvirksomheten i Birkelandsvatnets nedbørfelt. Anlysens hovedmål er å se om landbruksaktiviteten i nedbørfeltet til Birkelandsvatn er en trussel mht. å benytte innsjøen som råvannskilde for IVARs drikkevannsanlegg. Det er særlig eutrofiering som skal vektlegges her da det er gjort egne vurderinger omkring hygienisk forurensning.

Oppdragsgiver er IVAR representert ved Karl Olav Gjerstad. Gjerstad har også deltatt på en tre dagers befarings til området der de fleste aktuelle gårdsbruk ble besøkt. Han har også bidratt aktivt underveis både med rådata og bearbejdet data fra den pågående miljøundersøkelsen i innsjøen, samt fra tidligere studier.

Algematerialet er artsbestemt og analysert av Birger Skjelbred, NIVA, og de kjemiske analysene er dels utført ved NIVAs laboratorium i Oslo og dels ved Eurofins laboratorium i Stavanger. Alle prøvene er samlet inn av IVARs personell.

Dag Berge har vært saksbehandler og har i tillegg deltatt på befaringsen til gårdene, samt stått for analyse av det innsamlede materiale og sammenstilling til rapport.

Oslo, 08.01.2012

Dag Berge

Innhold

Innhold	5
Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	9
2. Områdebeskrivelse	10
2.1 Beliggenhet	10
2.2 Hydrologiske data	11
3. Landbruksaktiviteten i nedbørfeltet	13
3.1 Lokalisering av landbruksområdene i nedbørfeltet	13
3.2 Befaring til områdene 3-5 Oktober 2011	13
3.3 Generell beskrivelse av jordbruksaktiviteten	16
3.4 Landbruksdata fra de ulike områdene	20
4. En «i verste fall analyse» av landbrukets eutrofierende påvirkning av Birkelandsvatn	26
5. Dagens teoretiske fosforbelastning på Birkelandsvatn	30
5.1 Morfometriske forhold i Ytre Vinjavatn og Maudalsvatn	30
5.2 Dagens fosforbelastning	31
6. Dagen eutrofisituasjon i Birkelandsvatn	35
6.1 Typologi og vannkvalitetsklasser	35
6.2 Dagens tilstand i Birkelandsvatn	36
7. Hygienisk forurensning av Birkelandsvatn	40
8. Tiltak	42
8.1 Beskyttelsestiltak (klausuleringer)?	42
8.2 Tilbakeføre Stølsvatn/Romsvatn til Birkelandsvatn	42
8.3 Fangdamer i Nedrebø kombinert med opprusting av Nedrebø kraftstasjon	42
8.3.1 Konstruksjon av eventuelle fangdammer i Nedrebøåna	43
9. Litteratur referanser	47
10. Vedlegg 1-Detaljerte gårdskarter over alle eiendommer	49
11. Vedlegg 2-Intervjunotater fra 19 gårdsbesøk i Bjerkreim Okt 2011	81
12. Vedlegg 3 Algetellinger 2011	85

Sammendrag

Målsettingen med prosjektet har vært å finne ut i hvilken grad landbruksaktiviteten i nedbørfeltet til Birkelandsvatn i Bjerkreimsvassdraget i Rogaland vil utgjøre en trussel mot å utnytte innsjøen som langsiktig råvannskilde for IVARs drikkevannsanlegg som forsyner Stavanger regionen med drikkevann. Utredningen har i hovedsak vært rettet mot å belyse fare for økt eutrofiering og fremvekst av uønskede alger. Problemstillinger omkring hygieniske forhold og vannets fargeutvikling er utført tidligere i separate utredninger, og omhandles kun i liten grad i denne rapporten.

Det er gjennomført en befaringsreise til de fleste aktuelle gårdsbrukene i området hvor gårdbrukerne er intervjuet om dagens driftsform, dyrkede arealer, husdyrhold, gjødslet beite, muligheter for å utvide gården og driften, og eventuelle planer om dette, etc. Det er innhentet opplysninger fra Landbrukskontoret i Bjerkreim kommune, fra forsøksringen, fra landbruksavdelingen hos fylkesmannen i Rogaland, fra Regionplan for landbruk i Rogaland hos Rogaland fylkeskommune, samt jordbruksstatistikk fra SSB og Skog og Landskap, samt egne planimetreringer av landbrukskarter, etc. Det er også innhentet vannkvalitetsdata fra IVARs overvåkingsundersøkelser.

Landbruket i området er basert på husdyrhold, hvor sau og melkekyr er dominerende. I de senere år har det blitt et økende innslag av ammekyr og gris, og det er ventet at dette vil øke noe fremover. Husdyrgjødsel er viktigste gjødsel i landbruket, og den utnyttes på en god måte gjennom tre spredninger i vekstsesongen, siste gang rundt 20. august. Man bruker ellers litt fullgjødsel om våren og litt nitrogengjødsel utpå sommeren (ammoniumnitrat, kalksalpeter). Det er stort sett bare gras som dyrkes på jordene, noe som gjør at det er liten erosjonsavrenning fra landbruksarealene. Man brakker ca 10-20 % av jorda etter annen siloslått og sår i for å opprettholde god grasblanding i enga. Glyfosate benyttes til brakkingen. Ellers sprøytes det litt med Tomahawk mot høymol hvert 3-5 år. Bruk av sprøytemidler er lite sammenliknet med områder med korn, frukt- og grønnsaksproduksjon.

Birkelandsvatn har i dag beste vannkvalitetsklasse både etter det gamle klassifikasjonssystemet til Klif og etter det nye som baserer seg på vannforskriftens klassifiseringsveileder. Midlere klorofyllinnhold varierer fra 1 – 1,6 µg kla/l og midlere fosforkonsentrasjon fra 3-6 µgP/l for ulike år. Algesamfunnets biomasse er klart på næringsfattig nivå og artssammensetningen er normal for denne type innsjøer. Det er ikke observert noen problemalger.

I dypvannet på stasjon 4 sentralt i Birkeland er det i alle år observert 0 *E. coli* per 100 ml i de sjiktede perioder og av og til opptil 1-2 *E. coli* under høstsirkulasjonen. De store tilløpselvene Vinjaåna og Maudalsåna har begge lave konsentrasjoner av tarmbakterier. Tilførselselvene fra det største landbruksområdet, Nedrebøområdet, er moderat forurensset med tarmbakterier og næringsalter det meste av året. Hvis det er nedbør like etter gjødselspredning, kan det være høye konsentrasjoner av tarmbakterier i Nedrebøåna, men det er ikke observert mer enn 2000 *E. coli* per 100 ml.

Selv om man utvikler landbruket og øker bosetningen maksimalt i forhold til hva bøndene mener er mulig innen rammen av de geografiske og terrengmessige begrensninger, samt landbrukets egne forskrifter, vil ikke påvirkningen bli så stor at innsjøen komme over i dårligere vannkvalitetsklasser. Det er rett og slett for stor andel av fjell og hei i nedbørfeltet til at det går an å utvikle en så stor landbruksvirksomhet at det blir et problem for vannkvaliteten i Birkelandsvatn. Det synes således ikke å være behov for å gjennomføre spesielle restriksjoner på landbruksdriften (såkalte klasuleringer) utover det som reguleres av dagens forskrifter.

Aktuelle tiltak for å sikre vannkilden ytterligere er å tilbakeføre Romsvatn og Stølsvatn til Birkelandsvatn. Da dette feltet stort sett drenerer fjell og hei, vil det ha en positiv virkning på innsjøen (estimert reduksjon i algemengden i innsjøen med 8 %). Det er mye nedbør i området (stor avrenning) og liten erosjon, noe som gjør at det er vanskelig å fange opp mye næringssalter i fangdammer med dagens vannføring i Nedrebøåna. En kan imidlertid tenke seg at man kombinerer en modernisering av kraftverket ved Fuglestadvannet, hvor hele fallet ned til Birkelandsvannet utnyttes, og at man lager fangdammer langs den gjenværende elven som da vil drenere landbrukefeltet og ha moderat vannføring. Man kan også beholde dagens kraftstasjon og legge avløpet fra denne i rør ned til Birkelandsvatn. Fangfangdammene bør ha minst 5 dagers gjennomsnittlig oppholdstid for at man langsiktig skal få 10 % fosforretensjon fra de arealer som drenerer til den. Dette kan man oppnå ved å legge 3-4 fangdammer i serie. Hvis fangdammene driftes og vedlikeholdes optimalt, vil en kunne oppnå anslagsvis 60 % fosforretensjon i en serie av fire fangdammer. En slik serie av fangdammer vil også ha god effekt mht. å redusere tilførsler av mikroorganismer. Teoretisk sett kan de redusere over 90 % for indikatorbakterien *E. coli*, men da de også danner habitat for vannfugl, ender, gjess, vadere, vannrotter og andre gnagere, etc., er nettoretensjonen av *E. coli* man måler, alltid mindre. I dette tilfellet kan man i praksis trolig regne med 70 % reduksjon av *E. coli* om sommeren og 50 % om vinteren. Nedrebøåna har så mange slake partier at man kan bygge flere fangdammer etter hverandre. Man bør imidlertid vurdere hvilken effekt en reduksjon av vannføringen i Nedrebøåna, samt vandringshindre forårsaket av fangdammene, vil ha for ørretstammen i vestre del av Birkelandsvannet før det tas avgjørelse om dette tiltaket. Tilbakeføringen av Stølsvela, som munner ut like ved, vil imidlertid trolig veie opp for de tapte gyte- og oppvekstområdene i Nedrebøåna.

Summary

Title: Risk assessment of the agriculture as a source for eutrophication of Lake Birkelandsvatn

Year: 2012

Author: Dag Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6036-6

The aim of this study is to assess if the agriculture activity in the catchment of Lake Birkelandsvatn can give problems for the utilization of the lake as drinking water source for the Stavanger region in Rogaland County, SW-Norway.

Most of the relevant farms in the catchment are visited and the farmers are interviewed about cultivated areas, pasture areas, cultivation forms and practices, animal husbandry (species and numbers), amount and application of manure, chemical fertilizers, pesticides, etc. They were also asked about the maximum potential for expansion of the farmland, any plans for this, etc. In addition data were collected from the municipality, the county, as well as for central agricultural statistics. The data were used to assess the present phosphorus load and the maximum phosphorus load in the future, and the respective environmental status were calculated using the RBJ-model as described in the standard Klif procedure. The present state was also assessed by monitoring.

Today, the water quality of Lake Birkelandvatn belongs to the best quality-class according to both the classification system of the Klif (Climate and Pollution Agency) and the new classification system based on the EC Water Framework Directive. The average concentrations of chlorophyll-a and total phosphorus during the plankton growth season vary from 3-6 µg P/l and 1-1,6 µg Chl-a/l respectively for different years.

Even with maximum development of the agriculture in the catchment area, the environmental status of the lake will still be in the best classes as described above. This means there is no need for extraordinary pollution protection measures in the catchment other than the restrictions given in the standard environmental and agricultural regulations, which apply to all Norwegian areas.

1. Innledning

Hensikten med den utlyste ROS-analysen er i første rekke å fremskaffe mer detaljerte data for jordbruksaktivitetene og å få bedre forståelse av dynamikken med hensyn til forurensningstilførsler, samt i hvilken grad disse vil påvirke vannkvaliteten i innsjøen. Hovedparameterne skal være fosfortilførsel fra nedbørfeltet fra naturgjødning, kunstgjødning og tilførsel via beiting, samt fra spredning av vinterlagret gjødning, og i hvilke grad dette kan bidra til eutrofiering av innsjøen fremover i tid, og dermed gjøre innsjøen mindre egnet som drikkevannskilde gjennom økt algevekst. Økt algevekst kan føre til lukt og smak, samt i enkelte tilfeller til giftige alger. Man skal også vurdere hvilken hygienisk betydning disse tilførselene har for drikkevannsforsyningen, men da i hovedsak mengdemessige betraktninger, og ikke gjøre noen analyse av sykdomsrisiko. IVAR har foretatt en hygienisk vurdering basert på utførte vannkvalitetsundersøkelser over flere år. Som støtte for dette arbeidet er det også foretatt en egen utredning om de hygieniske aspekter ved modellsimuleringer (Tjomsland og medarb. 2010). Det er likeledes gjort en utredning om fremtidig utvikling av vannets farge og innhold av organisk karbon bl.a. i relasjon til forventet klimautvikling (Wright og medarb. 2011).

Det er foretatt en tre dagers befaring til området med besøk til de fleste aktuelle gårdsbruk. Her ble bøndene intervjuet om driftsformer, husdyrhold, dyrket mark og gjødslet beite, bruk av naturgjødning, kunstgjødning og plantevernmidler. Bøndene ble også spurt om hvilket utvidelsepotensiale gården hadde med hensyn til dyrket mark, gjødslet beite, samt dyrehold. Det er tatt kontakt med lokale landbruksmyndigheter og innhentet opplysninger relevant for vurdering av landbruksforurensninger fra området.

Etter at det er tegnet et bilde av forurensningen fra landbruksaktiviteten er det også vurdert eventuelle tiltak som kan settes inn for å redusere landbruksforurensningen, samt om det er nødvendig med begrensninger på landbrukets utvikling i området hvis innsjøen legges ut som drikkevannskilde. Det vil i praksis si om det er behov for klausuleringer og restriksjoner på landbruksdriften om innsjøen tas i bruk som drikkevannskilde. Man skulle også gi forslag til slike spesielle beskyttelsestiltak hvis det ble funnet nødvendig.

Hovedvekten er lagt på delområde 1 - Nærbø området, delområde 2 – Sundvorområdet og område 3 Espelandsområdet. Område 4 (Vinjavatn) og område 5 (Maudal) er vurdert mindre grundig siden de drenerer til innsjøer oppstrøms og ikke direkte ut i Birkelandsvatn. Prosjektet skulle presenteres i en enkel rapportform og skulle opprinnelig være ferdig senest 18. november, med utvidet frist til 8. januar 2012.

2. Områdebeskrivelse

2.1 Beliggenhet

Birkelandsvatn ligger i nordvestre del av Bjerkreimsvassdraget (*Figur 1*). Nedbørfeltet er langt og smalt (*Figur 2*) og utgjør 177 km². Kun i nedre deler er det menneskelig aktivitet, i form av landbruk i fem områder, hvorav tre grenser direkte ned til Birkelandsvatn (*Figur 6*). Det er bare spredt gårdsbebyggelse i nedbørfeltet, dvs. ingen tettsteder. Det ligger også noen hytter i nedbørfeltet og en campingplass. Avløpsanlegg i nedbørfeltet er basert på lokal infiltrasjon.



Figur 1. Birkelandsvatnet ligger i nordvestre del av Bjerkreimsvassdraget i Rogaland (NVE Atlas).



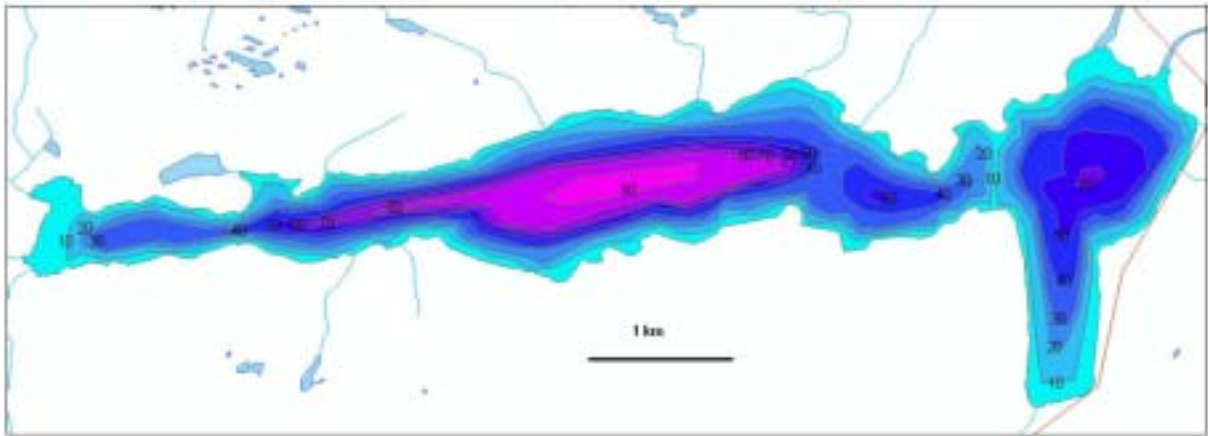
Figur 2. Nedbørfeltet til Birkelandsvatnet (NVE Atlas)

Romsvannet og Stølsvannet overføres i dag til IVARs drikkevannsanlegg ved Langevannet, slik at dette feltet på 16 km² drenerer i dag ikke til Birkelandsvatn. Fallet (106 m) utnyttes også til kraftproduksjon i et lite kraftverk på vegen fram til drikkevannsinntaket. Dette feltet vil føres tilbake til Birkelandsvatnet om det blir ny drikkevannskilde. Siden dette feltet drenerer stort sett bare uproduktiv skog/fjell, vil denne tilbakeføringen bedre Birkelands motstandsevne mot eutrofiering.

Det er i tillegg en kraftstasjon i Øvre Maudal som får vann fra Store Myrvatn. Myrvatn er regulert 22 m og ved nedtappet tilstand er vannet delt i to bassenger. Ved denne reguleringen føres det ikke noe vann ut av nedbørfeltet til Birkelandsvatnet, slik at denne reguleringen har ingen innvirkning på Birkelandsvatns vannkvalitet.

2.2 Hydrologiske data

Birkelandsvatn er en typisk norsk fjordsjø gravet ut av isen under siste istid med bratte kyster og brådype strender, se *Figur 4* og *Figur 5*. Den har typisk to bassenger, det vestre bassenget med maksimaldyp på 90 m og det østre med maksimaldyp på 60 m. De to bassengene er adskilt ved en terskel på ca. 10 m dyp, se dybdekart i *Figur 3*. Flere hydrologiske og morfometriske data er gitt i *Tabell 1*.



Figur 3. Dybdekart over Birkelandsvatnet (fra Tjomsland og medarb. 2010).

Tabell 1. Hydrologiske og morfometriske data for Birkelandsvatn korrigert for overføring av Stølsvatn/Romsvatn (Etter NVE Atlas).

Birkelandsvatn		
Spesifikasjon	Enhet	Verdi
Høyde over havet	moh	179
Nedbørfelt uten Stølsvatn/Romsvatn	Km ²	161
Vannareal	Km ²	5,4
Største dybde	M	Ca 90
Midlere dybde	M	Ca 30
Magasinvolum	Mill m ³	Ikke regulert
Volum innsjø	Mill m ³	214
Spesifikk avrenning (1961 – 1990)	l/s/km ²	75
Midlere vannføring ut av innsjøen	M ³ /s	12,1
Årlig avløp	Mill m ³	381
Teoretisk oppholdstid	år	0,56



Figur 4. Birkelandsvatn sett fra Espeland og vestover. Dette østre bassenget kalles ofte for Espelandsflæet, hele innsjøen kalles lokalt for Storavatn. (foto Karl Olav Gjerstad)



Figur 5. Birkelandsvatn sett fra den vestre enden (Nedrebø) en regnværsdag. Åsen helt i bakgrunnen er rett opp for den østre enden av innsjøen ved Espeland. Naust av stein i forgrunnen til venstre (Foto Dag Berge)

3. Landbruksaktiviteten i nedbørfeltet

3.1 Lokalisering av landbruksområdene i nedbørfeltet

Landbruket i nedbørfeltet er i det alt vesentlige lokalisert til 5 områder vist i **Figur 6**. Tre av disse, Nedrebø, Sundvor og Espelandområdet drenerer direkte til Birkelandsvatnet, og vil utgjøre størst forurensningstrussel for Birkelandsvannet. Veenområdet drenerer til Ytre Vinjavatn, og en god del av forurensningene, særlig fosfor og mikroorganismer, reduseres gjennom denne innsjøen før vannet kommer ut i Birkelandsvatnet. Avrenningen fra Maudalsområdet må gjennom 2 innsjøer, Maudalsvatnet og Roaldsvatnet før det kommer ut i Birkelandsvatnet, noe som gjør at forurensningen herfra får nokså liten betydning for bruken av Birkelandsvatn som drikkevann.



Figur 6. Kun i nedre deler av feltet er det menneskelig aktivitet med fem områder med landbruk og spredt landbruksbebyggelse (Kartkilde: www.skogoglandskap.no).

3.2 Befaring til områdene 3-5 Oktober 2011

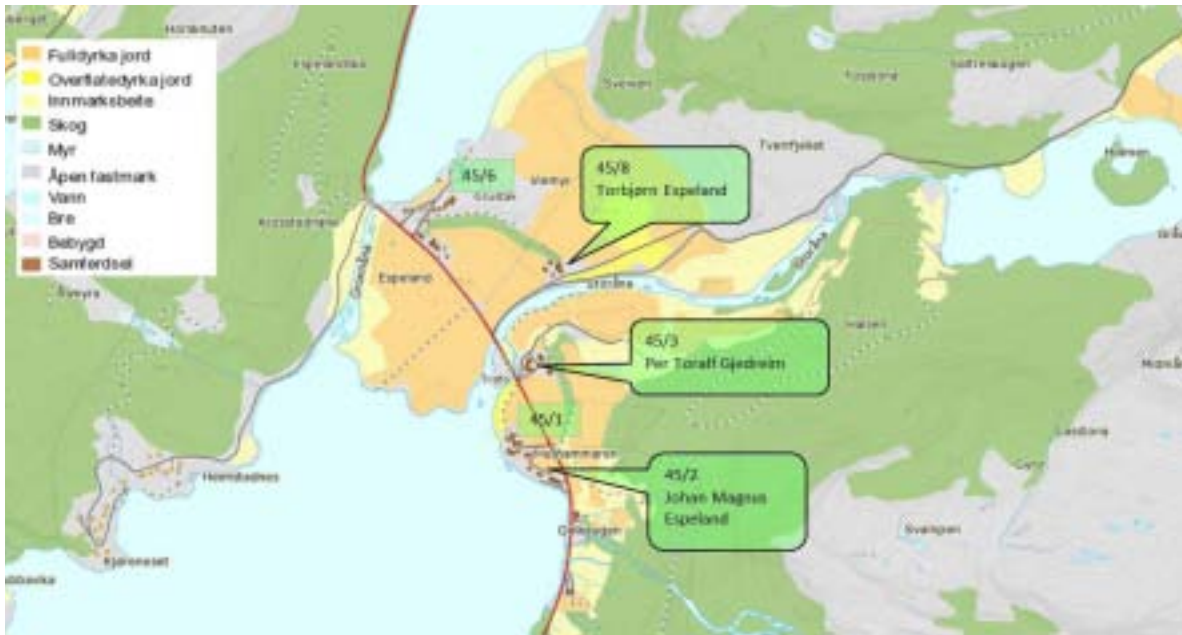
Det ble foretatt en befaring til de fleste gårdsbrukene i de fire jordbruksområdene som lå nærmest Birkelandsvatnet, nemlig Nedrebø, Espeland, Sundvor og Veen-området den 3-5 oktober 2011 for å intervju gårdbrukerne om dagens drift, arealer, dyrehold, etc., og hvordan de så for seg at driften kunne endre seg i fremtiden. Av spesiell interesse var å få informasjon om i hvilke grad man kunne utvide driften. Dette for å få et inntrykk av om landbruksaktiviteten kunne bli et problem for drikkevannsforsyningen en gang i fremtiden. De besøkte gårdene er vist i kartene **Figur 7 - Figur 10**. I vedlegget (kapittel 10) er det presentert nøyaktige eiendomskart og arealdata over alle gårdene. Da en del av eiendommene drenerer ut av nedbørfeltet til Birkelandsvatn, er det planimetrert delarealer som drenerer mot Birkelandsvatnet, i tillegg uthenting av statistikk fra gårdene. Ved gårdsbesøkene fikk vi opplysninger om arealer, utvidelsespotensiale, dagens dyrehold og hvordan de har planer/ønsker om å utvide dette i fremtiden, bruk av naturgjødsel og kunstgjødsel, sprøytemidler, osv. Tallene fra de ulike gårdene er gitt i **Tabell 2 - Tabell 7**. Primærdata fra intervjuene er gitt i vedlegg 2. Imidlertid var det ikke mulig å få besøkt alle gårdene under befaringen da det var umulig å finne tidspunkt da alle var hjemme. Ca 85 % av gårdsbrukene ble besøkt. Vi vil derfor delvis basere oss på statistikk fra 2010 innhentet fra landbrukskontoret i Bjerkreim kommune. Det har ikke skjedd store endringer i det siste året.



Figur 7. Gårdsbruk i Nedrebømrådet. Gårder hvor navn er påført ble besøkt under befaringen i 3-5 oktober 2011. (Kartkilde: www.skogoglandskap.no)



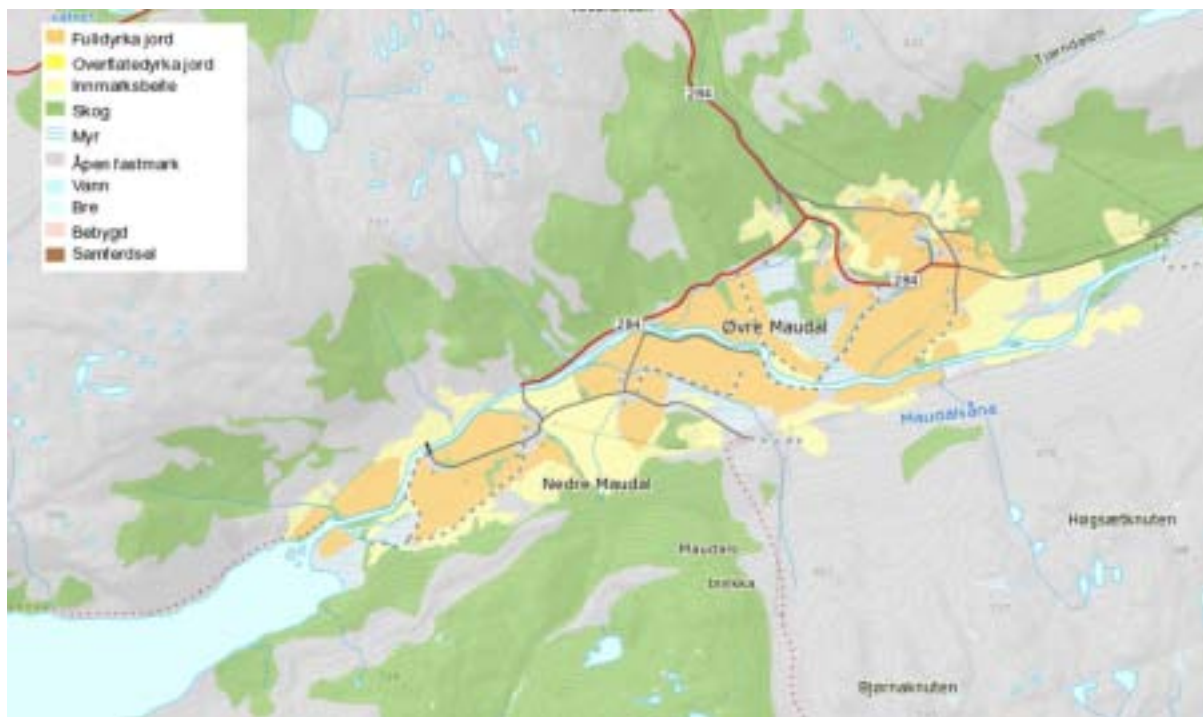
Figur 8. Gårdsbruk i Sundvorområdet som ble besøkt på befaringen 3-5 oktober 2011 (Kartkilde: www.skogoglandskap.no).



Figur 9. Gårdsbruk i Espelandsområdet. Gårder hvor navn er ført opp, ble besøkt på befaringen i 3-5 oktober (Kartkilde: www.skogoglandskap.no).



Figur 10. Gårdsbruk i Veen området som drenerer direkte til Vinjavatn eller til innløpselva. Gårder hvor det er ført opp navn ble besøkt på befaringen 3-5 oktober 2011 (Kartkilde: www.skogoglandskap.no).



Figur 11. Landbruksområder i Maudalsområdet. Her ble det ikke foretatt noe gårdsbesøk da forurensningen herfra i mindre grad kommer ned til Birkelandsvatn (Kartkilde: www.skogoglandskap.no).

3.3 Generell beskrivelse av jordbruksaktiviteten

Med hensyn til dyrket mark er gårdene små, og gårdsdriften i området er basert på husdyrhold. Innmarka er kategorisert som fullt dyrka jord og gjødslet beite (eller innmarksbeite som det også kalles). **Figur 12** og **Figur 14** visert et typisk gårdsbruk med fullt dyrka jord rundt gården, mens **Figur 13** viser et såkalt gjødslet beite. Produksjonen på den fullt dyrka marken er hovedsakelig gras (siloslått). Men det dyrkes også litt poteter og turnips. Ofte er det tre avlinger i året med gras. Det brukes både tårnsilo og rundballeensilering.



Figur 12. Gårdsbruk på Nedrebø. Jordene rundt gården er typisk for det som kategoriseres som fulldyrka mark for området (Foto: Dag Berge).



Figur 13. Skråningen mellom vegen (FV 111) og Fuglestadvannet er typisk for det som kategoriseres som innmarksbeite eller gjødslet beite (Foto: Dag Berge).



Figur 14. Ved utløpet av Fuglestadvannet =inntaket til Nedrebø kraftverk. Fulldyrket mark nærmest til venstre, mens på andre siden ses typisk gjødslet beite (Foto: Dag Berge).

Naturgjødselen utnyttes på en god måte i dette området, nærmest optimalt med tanke på å utnytte gjødselverdien. Den kjøres ut 3 ganger i året. Første utkjøring er i midten av april i starten av vekstsesongen. Det meste av gjødselen kjøres ut på dette tidspunktet. Neste utkjøring er etter første slått omtrent rundt St. Hans. Neste slått er gjerne rundt skolestart (20. august) hvoretter det også kjøres ut gjødsel. Siste slått er gjerne i september/oktober, men det kjøres da ikke ut gjødsel. Det vil si at all naturgjødselen kjøres ut i den effektive vekstsesongen. Naturgjødselen er viktigste gjødsel i dette området. Flere bønder bruker nesten bare naturgjødsel. Vanlige mengder naturgjødsel er 3,5 tonn per dekar om våren og 3 tonn per dekar ved de andre utkjøringene. Nøyaktig hva dette tilsvarer i form av N og P er ikke så godt å beregne eksakt. Man setter til vann til gjødselen før spredning for å hindre avdampning av fri ammoniakk under spredningen. De som har utendørs ringformet åpent gjødsellager får dessuten en masse regnvann opp i gjødselen. For kvantitative beregninger bruker vi derfor spesifikke tall over gjødselproduksjon per husdyrenhet i stedet for volum utkjørt mengde, da denne kan inneholde varierende mengder vann.

Det brukes også naturgjødsel på beite. Man kjører da med en såkalt jet-sidespreder på toppen av gjødselvogna. En slik sidespreder spruter naturgjødsla 50-60 m til siden. Man kjører langs nedre del av skråninger og spruter oppover og langs en traktorveg lenger oppe og spruter nedover. På denne måten får man gjødslet store arealer med ikke kjørbart terreng med naturgjødsel, se vegene på beitet i **Figur 14**.

Det brukes vanligvis også kunstgjødsel i tillegg til naturgjødselen både på den fulldyrkede marken og på beitet. Vanlig mengde er 50-70 kg fullgjødsel om våren (i april) på den fulldyrka marka og 30 kg på beitet. Det er deretter vanlig med en runde med nitrogengjødsel på sommeren, gjerne ammoniumnitrat

(AN) eller kalksalpeter, 50 kg per mål på det fulldyrka, og 30 kg på beitet. Noen gårder bruker imidlertid svært lite kunstgjødsel.

Det er vanlig å brakke ca 20 % av jorda hvert år og så til med nytt enggras for å opprettholde god avlingsblanding. Skiftet skjer gjerne etter 2 slått i august. Man sprøyter da med glyfosate før man pløyer opp jorda og gjerne litt med Tomahawk mot høymol etter spiring.

Vanligst har det vært med kombinasjon av sauehold og melkekyr i området og dette er fortsatt den dominerende driftsformen. Et par steder har naboer gått sammen og bygd såkalte robotfjøs, hvor kuene melkes automatisk. Per i dag må man ha minimum 60-70 melkekuer for å kunne betjene en investering i moderne robotfjøs.

I den senere tid har det begynt å komme innslag av ammekyr og kjøttproduksjon av storfe, men dette er ikke ennå blitt noen stor geskjeft i området. Men flere brukere regner med å øke denne driftsformen i fremtiden. Likeledes har det begynt å bli noen gårdsbruk som satser på produksjon av slaktegris. En årsproduksjon på 2100 av 80 kg's slaktegris i året med tre innsett av 700 grisunger var det man vanligvis satset på. Dette var også maksimalt tillatte kvantum i henhold til gjeldende forskrift. Det stilles krav til 400 da spredeareal for gjødselen for en så stor produksjon av gris.

Kravet til spredeareal for en husdyrenhet er 4 da fulldyrka jord. En husdyrenhet er en voksen ku. Det finnes omregningstabeller for å konvertere alle slags husdyr til husdyrenheter. Når man sprer husdyrgjødsel på beite, kreves det 50 % mer areal, dvs. 6 da pr husdyrenhet. I dag er spredearealet nærmest fullt utnyttet i området og man må leie spredeareal utenfor feltet for å utvide driften, eller utvide arealene. Dette siste er det nokså små muligheter til, og det er gitt et anslag over dette i de ulike feltene i **Tabell 2 - Tabell 5**, som er basert på gårdsintervjuene under befaringen i oktober.



Figur 15. Grishus på Espeland. Her produseres 2100 slaktegris i året med tre innsett. Legg merke til den overbygde gjødselsiloen vil venstre (lønnsomt da det er rundt 2 m nedbør i året). Traktor med gjødselvogn står midt foran grisehuset (Foto: Dag Berge).

Det settes til en betydelig mengde vann til gjødslen når den spres. Dette for å gjøre gjødselen lett pumpbar, men også for å hindre nitrogentap i form av ammoniakk avdunsting under spredeprosessen, samt for å hindre sviskader på grasset.

3.4 Landbruksdata fra de ulike områdene

Resultatene om landbruksaktiviteten innhentet ved gårdsbesøkene er gitt i *Tabell 2 - Tabell 5*. Disse omfatter ikke Maudal da dette området ikke ble besøkt under befaringen. Avrenningen herfra må først gjennom Maudalsvatnet og Roaldsvatnet før det kommer fram til Birkelandsvatnet og mye av forurensningen vil bli borte på denne strekningen. Bakterier vil dels dø og dels sedimentere, fosfor vil dels tas opp av akvatiske organismer, og dels sedimentere.

Data fra kommunens landbrukskontor er gitt i *Tabell 6*, mens i *Tabell 7* er det ført opp planimetrerte arealer som drenerer til innsjøene fra markslagskartene til Skog og Landskap. En ser at det ikke er helt overensstemmelse mellom dataene, men svært stor avvik er det imidlertid ikke. Avvikene kommer dels av at vi ikke har fått besøkt alle gårdene, mens den offentlige statistikken tar også med arealer som drenerer ut av feltet, samt at det kan være små forskjeller fra i fjor til i år, mht. dyrehold.

I den videre analysen tar vi utgangspunkt i den offentlige statistikken, supplert med opplysninger om gjødsling, sprøyting, utvideleseplaner og maksimalt utvidelsespotensiale, som vi fikk under befaringen i oktober.

Tabell 2. Resultater fra gårdsintervjuene i Nedrebøområdet

Navn	Gbnr	Fulldyrka jord da	Fulldyrka Fulldyrka da	Gjødset beite da	Økn.pot. Beite da	Storfe voksne stk	Ungdyr kalver stk	Gris årsprod. stk	Gris gj.sn.best. stk	Sau vinterfora stk	Lam 1,7 pr sau stk.	Kort om driftsform
Arild Birkeland	52/1	120	70	200	100	20	4	0	0	70	120	Melk og sau er basis i driften, men har noen ammekyr og vil utvide dette litt. Regner 1,75 lam per sau. Har dyrene normalt inne om vinteren, men noen har sauene tidvis ute. Melkekyrene er inne om vinteren, men ammekyrene er ute med tilgang til bingefjøs under låven.
Magnus Sveta	54/1	140	100	200	150	60	180	2100	700	200	340	Driver sammen med sønnen. Sistnevnte driver med gris. Jeg driver med melkeproduksjon og kjøttproduksjon av ungdyr og kalv, samt sau. Har 60 kyr i robotfjøs. Har for lite spredeareal og må leie dette. Følger gjødslingsplan for kunst gjødsel. Dyrer gras på jorda. Gjerner 3 slåtter. Kjører naturgjødsel 3 ganger, i april, ved St. Hans, og ca 20 august.
Anbjørn Serikstad	54/2	120	50	180	180	30	30	0	0	160	250	Driver tradisjonelt med sau og storfe. Vil muligens utvide litt med storfe. Kjøttproduksjon. Vil skifte til Limousin-kveg. Bruker ca 30 tonn kunstgjødsel. Fullgjødsel om våren og en runde med nitrogen på sommeren.
Svein Solberg	52/3, 52/4, 52/15	200		259	100	20	20	0	0			Gjødsler nesten bare med naturgjødsel. Bruker ca 600 kg fullgjødsel om våren og 1500 kg kalksalpeter på sommeren.
Ola Birkeland	52/2, 52/12	105	0	220	0	10	10	0	0	85	140	Kjører ut gjødsla i 3 runder i april, St. Hans, og i slutten av august. Bruker ca 3,5 tonn pr mål om våren og 3 tonn per mål ved de senere utkjøringene. Bruker ca 12 tonn kunstgjødsel i tillegg (fullgjødsel 22-2-12 og 18-3-15, samt en runde med AN om sommeren). Brakker ca 20 mål i året ved hjelp av Roundup, sprøyter litt med Tomhawk mot høymol.
Anette Nedrebø	53/3	129	0	60	0	0	0	0	0	0	0	Driver også en gård på Søyland og bruker denne mest til beiting og som spredeareal for besetningen han har på Søyland. Leier denne gården av Paul Helge Sveta. I tillegg til naturgjødsel brukes ca 1 tonn fullgjødsel og 2 tonn AN. Brakker ca 15 mål i året med Roundup i året. Sprøyter noe mot høymol med Tomhawk og Alley.
Kåre Søyland	52/9	107	50	110	0	0	20	0	0	50	0	Driver tradisjonelt med sau og storfe. Kuene er ute fra mai-oktober. Sauene er ute en gang om dagen for å luften seg, men ellers inne om vinteren. Bruker ca 15 tonn kunstgjødsel i tillegg til naturgjødselen, nesten bare N. Sprøyter nesten ikke. Kun litt mot høymol år om annet.
Viljen Nedrebø	53/2	150	0	260	100	30	40	0	0	65	110	
2 gårder ble ikke besøkt												
Sum		1071	270	1489	630	170	304	2100	700	630	960	
Middell		134	39	186	79	21	38			90	137	
Hvis vi antar at de to gårdene som ikke ble besøkt er gjennomsnittsgårder mht til areal og dyrehold unntatt gris, så får vi følgende tabell for Nedrebøområdet:												
Totalt Nedrebø		1339	347 (26%)	1861	787 (42%)	213	380	2100	700	810	1234	

Tabell 3. Resultater av gårdsintervjuer i Espelandområdet.

Navn	Gbnr	Fulldyrka jord		Fulldyrka økn.pot.		Gjødslet beite		Økn.pot. Beite		Storfe voksne		Ungdyr kalver		Gris årsprod.		Gris gj.sn.best.		Sau vinterfora		Lam 1,7 pr sau		Kort om driftsform
		da	da	da	da	da	da	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	
Johan Magnus Espeland	45/2	70	0	53	50	16	15	500	170	0												Basis er gris og storfe (kjøttproduksjon - ammekyr). Har konkrete planer om å øke med 150 gris (årsprod). Kanskje han skal satse på gris og ha 2100 som er maks. Bruker ca 50 kg fullgjødsel på målet og 30 kg per mål på beitet i tillegg til naturgjødselen. Naturgjødselen kjøres ut 3 ganger om året. Brakker 1/5-del hvert år. Sår da nytt rett etter annen slått. Sprøyter litt mot høymol rett i forbindelse med skiftet.
Per Toralf Gjedreim	54/3	165	15	110	30	30	60	2100	700	20												Bruker kun naturgjødsel som fosforgjødsel, men bruke en runde med AN i tillegg på sommeren, 50-60 kg per mål på den fulldyrka marka og 30 kg på beitet. Brakker ca 1/4 hvert år med roundup. Bruker litt Tomahawk (eller Ally) mot høymol år om annet. Ingen dyr er ute om vinteren. Ute fra 1.mai - midt i september. Har planer om å øke til 60 melkekyr i fremtiden. Grisene er ca 80 kg når de slaktes.
Torbjørn Espeland	45/8	115	0	90	0	20	40	0	0	0												Om våren brukes ca 70 kg fullgjødsel per mål (25:2:6) på målet på den fulldyrka marka og ca 60 kg på det gjødslete beitet. En runde med kalksalpeter om sommeren. I tillegg brukes naturgjødsel.
Øyvind Espeland	45/6																					Ikke besøkt
Velle Espeland	45/1																					Ikke besøkt
Sum		350	15	253	80	66	115	2600	870	20												
Middel		117	5	84	27	22	38	867	290	7												
Hvis vi antar at de to gårdene som ikke ble besøkt er gjennomsnittsgårder mht til areal og dyrehold unntatt gris, så får vi følgende tabell for Espelandområdet:																						
Totalt Espeland		583	25(4%)	422	133(32%)	110	192	2600	870	33												

Tabell 4. Resultater av gårdsintervjuene i Veen/Vinjå-området.

Navn	Gbnr	Fulldyrka jord da	Fulldyrka økn.pot. da	Gjødsløst beite da	Økn.pot. Beite da	Storfe voksn stk	Ungdyr kalver stk	Gris årsprod. stk	Gris gj.sn.best. stk	Gjeit stk	Kje stk	Sau vinterfora stk	Lam 1,7 pr.sau stk	Kort om driftsform
Ivar Veen	48/3	176	20	34	0	13	35	0	0	0	0	40	60	Driver tradisjonelt med storfe og sau. Har planer om å øke til 25 kyr. Har mulighet til å øke det gjødsløste beitet med 100 da, men det vil ikke drenerer til Birkeleandsvatn. Bruker ca 20 tonn fullgjødsløst i året, det aller meste som 22:2:12 og 18:1:10. Brakker ca 1/5-del av jorda hvert år og sprøyter da med glyfosat.
Geir Osmundsen	48/4	80	0	0	85	15	15	2100	700	0	0	0	0	Må leie spredeareal. Har ikke noe gjødsløst beite i dag, men kan utvide dette med 85 da. Vil doble antallet ammekyr i framtiden. Sprer møkk 2-3 ganger i året. Sprøyter veldig lite, ca litt hvert 3-4 år.
Inger Gilja	48/5	80	0	60	0	15	12	0	0	0	0	0	0	Har ikke noen planer om å utvide gårdsdriften da da hun og mannen har arbeid ved siden av. Gjødsløst som gjennomsnittet.
Halvard Veen	48/12	110		20		3	0	0	0	130	60	37	63	Driver med geit og sau, samt driver campingplass. Har 20 høner og 8 ender i tillegg. Har planer om å utvide geiteholdet med 170 til slik at det blir 300 geiter. Bruker ca 70 kg fullgjødsløst på målet på det fulldyrka marka og 60 kg per mål på beitet. mesten bare fullgjødsløst (25:2:6). Sprøyter med glyfosat ved brakking og litt med Tomahawk mot høymol år om annet. Camping plassen har han 70 fastvogner og 11 hytter. Sesongen varer fra påsken og til ut august. I snitt er det belegg på ca 40 av disse i denne perioden. Har vannklosett med septiktank med etterfølgende infiltrasjon i morenen.
Tre gårder vi ikke har besøkt														
Sum		446	20	114	85	46	62	2100	700	130	60	77	123	
Middel		112	7	29	28	12	16	525	175	33	15	19	31	
Hvis vi antar at de tre gårdene som ikke ble besøkt er gjennomsnittsgårder mht til areal og dyrehold unntatt gris, og geit så får vi følgende tabell for Veen/Vinjåområdet:														
		781	40 (5%)	200	170 (85%)	81	109	2100	700	130	60	135	215	
Totalt Espeland														

Tabell 5. Resultat av gårdsinterjuene på Sundvor.

Navn	Gbnr	Fulldyrka jord		Fulldyrka økn.pot.		Gjødslet		Beite		Økn.pot.		Storfe		Ungdyr		Gris		Gris		Gjeit		Kje		Sau		Lam 1,7		Kort om driftsform
		da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk	stk		stk
Paul Sundvor	50/1	80	20	150	50																							Bruker ca 50 kg fullgjødse (22:2:12) og 30 kg AN på målet. Ellers naturgjødse. Ingen planer om noen utvidelse å snakke om.
Magnus Sundvor	50/2	78	20	140	50																						Bruker ca 50 kg fullgjødse (22:2:12) og 30 kg AN på målet. Ellers naturgjødse. Ingen planer om noen utvidelse å snakke om.	
Trond Hjorteland	50/8	65	35	50	50																						Bruker ca 50 kg fullgjødse (22:2:12) og 30 kg AN på målet. Ellers naturgjødse. Ingen planer om noen utvidelse å snakke om.	
Arvid Sundvor	50/9	80	0	45	50																						Bruker ca 50 kg fullgjødse (22:2:12) og 30 kg AN på målet. Ellers naturgjødse. Ingen planer om noen utvidelse å snakke om.	
Sum	Sundvor	303	75 (25%)	385	200 (52%)																							
Middel		76	19	96	50																							

Tabell 6. Jordbruksstatistikk fra de ulike områdene i nedbørfeltet til Birkelandsvatn innhentet fra landbrukskontoret i Bjerkreim kommunen. Legg merke til at her Espeland og Veen området slått sammen.

Oversikt over jordbruksaktivitet i nedbørfeltet til Birkelandsvatn								
Aktivitet	Delfelt 1 Nedrebø		Delfelt 2 Sundvor		Delfelt 3 Vinjavatn/ Espeland		Delfelt 4 Maudal	
	1994	2010	1994	2010	1994	2010	1994	2010
Gårdsbruk, antall	11	11	4	4	9	12	12	13
Personer, antall	48		24		34		93	
Innmarksbeite, da	1148	1824	303	327	385	747	867	581
Dyrket mark, da	1229	1375	262	303	958	1280	1139	900
Beite spreieareal, da		1185		183		393		
Melkekyr, antall	156	156	52	0	86	93	147	
Ammekyr, antall		0		26		16		
Øvrige storfe, antall	264	271	95	36	166	193	240	
Vinterforet sau, antall	763	1228	82	91	329	693	721	
Høns, antall		0		0		12		
Slaktegris, antall		1275		0		2515		
Hester, antall		0		0		3		
Melkegeiter, antall		0		0		114		
Bukker og ungdyr, ant.		0		0		101		
Handelsgjødsel, tonn	154		29		83		115	
Kommentar : Sammenligningen 1994 - 2010 for delfelt 3 og 4 er beheftet med noe usikkerhet da det ikke er nøyaktig samme områder som er sammenlignet.								

Tabell 7. Arealer av fulldyrka mark og gjødslet beite planimetrert etter markslagskartene til Skog og Landskap (i praksis forstørrede versjoner av kartene gitt i **Figur 7 - Figur 11**)

Område	Fulldyrka (da)	gjødslet beite (da)
Nedrebøområdet (drenerer til Birkelandsvatn)	1205	1185
Espelandområdet (drenerer til Birkelandsvatn)	415	147
Sundvorområdet (drenerer til Birkelandsvatn)	379	385
Veenområdet (drenerer til Ytre Vinjavatn)	895	388
Maudalsområdet (drenerer til Maudalsvatnet)	850	652

4. En «i verste fall analyse» av landbrukets eutrofierende påvirkning av Birkelandsvatn

Fosfortilførselen er bestemmende for algeproduksjonen i Birkelandsvatn siden det er et høyt N:P-forhold i innsjøen (N:P >>>12, Sakamoto 1966, Dillon og Rigler 1974), slik at tilførselsberegningene vil fokusere på dette elementet.

Vi antar i beregningen at Stølsvatnet og Romsvatnet er regulert tilbake til Birkelandsvatn, slik det er planlagt i framtiden. Nedbørfeltet blir da 177 km² og årlig avløp 419 millioner m³ pr år, og den teoretiske oppholdstiden for vannet i innsjøen 0,51 år.

Landbruket er konsentrert til 5 områder

1. Maudal
2. Veen
3. Espeland
4. Sundvor
5. Nedrebø

Av disse er det bare de tre siste som drenerer direkte til Birkelandsvatn. Avrenningen fra Maudal må gjennom Maudalsvatnet og Roaldvatnet før det kommer ut i Birkelandsvatnet, mens avrenningen fra Veenområdet må gjennom Ytre Vinjavatnet før det kommer til Birkelandsvatnet. En del av fosforet vil bli tatt opp av planktonalger og sedimentert ut på vegen gjennom disse innsjøene. Vi antar i første omgang i «i verste fall analysen» at ingen ting holdes tilbake i disse innsjøene og at alt fosforet kommer fram til Birkelandsvatnet. IVAR har i løpet av prosjektperioden fått loddet opp disse innsjøene, og vi vil se på hvor mye fosfor som holdes tilbake her i et senere avsnitt.

Ved besøk av 85 % av gårdene i området hvor et av spørsmålene var i hvilken grad man kunne utvide dagens arealer, var et gjennomsnitt av svarene at man grovt sett kunne utvide det dyrkede arealet med maksimalt 25 % og det gjødslete beitet med maksimalt 50 %, se **Tabell 2 - Tabell 5**.

Hvis vi tar utgangspunkt i jordbruksstatistikken gitt av kommunen i **Tabell 6** for alle områdene, er totalarealene

Dyrket mark 3858 da
Innmarksbeite 3479 da

Legger vi til det anslåtte økningspotensialet antydnet av bøndene under befaringen, blir de maksimalt mulige arealene i fremtiden

Dyrket mark 5401 da
Gjødslet Beite 5218 da

I henhold til gjødsselforskriften kreves det 4 dekar fulldyrka mark per husdyrenhet, eller gjødseldyrenhet (GDE) som det også kalles, og 6 dekar innmarksbeite per gjødseldyrenhet (GDE). Det vil si at det totalt vil kunne være 1350 + 870 GDE = 2220 GDE i fremtiden ved maksimal utvidelse av jordbruksarealet og at spredearealet er fullt utnyttet.

En GDE tilsvarer en voksen melkeku og tilsvarer en utskillelse av 14 kg fosfor gjennom avføring pr år (Gjødselsforskriftens §4, pkt.2). Det vil si at husdyrene i nedbørfeltet vil produsere en gjødselmengde på 31080 kg P per år.

Det antas at denne gjødselen spres på jord og beiter i samsvar med dagens praksis, dvs. med tre spredetidspunkt i året i vekstsesongen (april-august).

I henhold til SFT (nå Klif) veileder 95:02 Tilførselsberegninger, må det regnes med lekkasjer fra gjødsellagre, siloer, melkerom, driftsbygninger, etc. avhengig av standarden på anleggene. Da dette ikke er undersøkt nærmere i dette området, legger vi til grunn at anleggene er av kategorien «høy standard» i ovennevnte veileder dvs. som har minst lekkasjer. Et konservativt estimat er at disse lekkasjer tilsvarer 1 % av total gjødselmengde produsert av besetningene. Dette tilsvarer da 310 kg P per år.

I tillegg regnes det med at det brukes 50 kg fullgjødsel på målet både på fulldyrka jord og på gjødslet beite av typen 22:2:12, noe som tilsvarer 1 kg P på målet. Totalt vil det da spres 10619 kg P i form av kunstgjødsel.

Totalt vil det da i fremtiden maksimalt kunne spres 41700 kg P pr år på landbruksarealene i nedbørfeltet til Birkelandsvatn.

I henhold til SFT veileder 95:02 (Tilførselsberegninger) er årlig gjennomsnittlig avrenning av fosfor fra landbruksarealer i Rogaland 180 kg P per km². Vi antar at gjennomsnittsjordet gjødsles med maksimal utnyttelse av spredningsarealet dvs. 3,5 kg P¹ per dekar + 1 kg P fra kunstgjødsel = 4,5 kg P per dekar, eller 4500 kg P per km². Avrenningen på 180 kg P tilsvarer da 4 % av tilført mengde, dvs. det er ca. 96 % tilbakeholdelse av tilført P i jorda. I år med ekstrem nedbør eller i områder med ekstra mye nedbør, står det i veilederen at fosfortapet kan øke med en faktor på 1,6. Det vil si at det maksimale tapet fra landbruksarealene der borte vil være 6,4 % av tilført mengde. For å gjøre beregningen absolutt maksimal legger vi inn denne forutsetningen også, dvs. multipliserer med 1,6. Ut i fra dette resonnementet får vi da at maksimalt 2670 kg P vil kunne tilføres Birkelandsvatn per år fra landbruksarealene i nedbørfeltet i fremtiden.

Regner man med at avrenningen fra de resterende delene av nedbørfeltet (165 km²) er ca 5 kg P per km² og år (SFT veileder 95:02), så får man en tilførsel herfra på 825 kg P per år. Regner man i tillegg 20 kg P per km² direkte på overflaten av Birkelandsvatn, blir dette en tilleggsbelastning på 108 Kg P per år.

Fra befolkningen, som er ca. 200 personer i henhold til oppgavene fra kommunen, så produseres 1,6 g P per person og døgn (SFT Veileder 95:02). Dette tilsvarer en forurensningstilførsel på 0,6 kg P pr år x 200 pe = 120 kg P per år. Befolkningen har stort sett septiktank og sprede grøft, og man kan anta at 50 % av dette avløpet holdes tilbake i henhold til samme veileder. Det vil si at belastningen fra befolkningen er ca. 60 kg P per år. Hvis vi tenker oss at befolkningen øker til det dobbelte en gang i fremtiden, så vil altså belastningen fra befolkningen kunne øke til 120 kg P per år. Vi får da følgende teoretiske maksimale fosforbudsjett for Birkelandsvatn i fremtiden, se **Tabell 8**.

¹ 14 kgP/GDE : 4 dag per GDE = 3,5 kg husdyr P/da

Tabell 8. Teoretisk maksimal fremtidig fosforbelastning på Birkelandsvatn ved maksimal utvidelse av landbruksareal, dyrehold tilsvarende maksimal utnyttelse av spredeareal, dobling av befolkningen, samt minimal tilbakeholdelse av næringsalter i jord og i overfor liggende innsjøer.

Tilførselskilde	Kg P per år
Naturlig bakgrunnsavrenning	825
Befolkning	120
Landbruk avrenning fra arealer	2670
Landbruk, lekkasjer fra gjødsellagre, siloer, melkerom, etc	310
Nedbør og annet nedfall direkte på innsjøoverflaten	108
Sum	4033

Fordeler vi denne belastningen på årlig vanntilførsel på 419 mill m³ pr år, får vi midlere konsentrasjon av fosfor i innløp på 9,6 µg P/l.

Berge (2011) gjorde tidligere i år en vurdering av hvordan Birkelandsvatn ville tåle ulike fosforbelastninger, og vi gjengir det viktigste av dette for å se hvordan ovennevnte teoretisk fremtidige maksimale fosforbelastning er i forhold til Birkelandsvatns maksimale tåleevne.

Vi tar utgangspunkt i metodikk gitt i SFT (nå Klif) Veileder 95:01: ”Miljømål for vannforekomstene – sammenhenger mellom utslipp og virkning”. I denne veilederen gis det metodikk for hvordan man kan beregne øvre akseptable middelkonsentrasjon av total fosfor, samt øvre akseptable fosforbelastning. Disse modellene er i grove trekk en «fornorsking» av Vollenweidermodellen (Vollenweider 1976), ved at det samme teoretiske resonnementet er kalibrert med data fra norske innsjøer, samt at algemengden er midlet over sommerhalvåret og ikke hele året som i den internasjonalt baserte Vollenweider modellen. I Norge er det jo nærmest ingen algevekst om vinteren. Modellsystemet for dype sjøer, dvs. innsjøer med middeldyp større enn 15 m (den såkalte RBJ-modellen), er utviklet av Rognerud et al (1979), mens modellsystemet for grunne sjøer, dvs. de med middeldyp fra 1,5-15 m, FOSRES-modellen, er utviklet av Berge (1987).

Birkelandsvatns overflate er 5,4 km², nedbørfeltets totale area er 177 km². Innsjøens middeldyp er 30 m. Innsjøens volum er 214x10⁶ m³. Områdets spesifikke avrenning er 75 l/s/km² (NVE 1960-90). Årlig avløp blir etter dette 419 x 10⁶ m³. Vannets teoretiske oppholdstid i innsjøen V/Q=Tw = 0,51 år.

RBJ modellen (siteret over) skal brukes for å beregne fosforbelastning basert på konsentrasjonen i innsjøen etter følgende formel:

$$P_L = 1,59 P_\lambda e^{0,067 T_w} Q_w$$

Der P_L = fosfortilførselen

P_λ = fosforkonsentrasjonen i innsjøen

T_w = vannets teoretiske oppholdstid i innsjøen

Q_w = årlig avløp

I følge SFT Veileder 95:01 vil Birkelandsvatn tilhøre innsjøtypen «store, dype innsjøer» i SFTs veileder. Øvre grense for akseptabel fosforkonsentrasjon er for disse innsjøer satt til 7 µg P/l tilsvarende 2 µg Kl/l.

Setter man inn øvre akseptable fosforkonsentrasjon lik 7 µg P/l og ellers de andre parameterne gitt i ovenstående avsnitt, får man at øvre akseptable fosforbelastning for Birkelandsvatnet er 5425 kg P/år.

Dette er betydelig høyere enn de 4033 kgP/år som man fant var maksimal teoretiske fosforbelastning man kunne få fra nedbørfeltet. Selv om vi her har lagt til grunn maksimalt anslag over mulig utvidelse av landbruksarealene, full utnyttelse av spredearealet for naturgjødsel + en kg P fra kunstgjødsel oppå det, at befolkningen skal fordobles, samt lagt til grunn minimum anslag over tilbakeholdelse av fosfor både i oppstrøms innsjøer og i jordsmonn, så får vi at det er god klaring (sikkerhetsmonn) mht. å nærme seg grensen for hva Birkelandsvannet vil tåle før det opptrer eutrofi problemer med uønskede alger (lukt, smak, gift) og økologiske problemer.

Denne tilførselen gir midlere fosforkonsentrasjon i Birkelandsvatn på 5,9 µgP/l etter RBJ-modellen (Rognerud et al 1979), som foreskrives benyttet for denne type innsjøen i henhold til SFT-veileder 95:01. Innsjøen blir fortsatt værende i beste vannkvalitetsklasse i SFT's vannkvalitetskriterier (SFT-veileder 97:04) og er også i beste vannkvalitetsklasse etter vannforskriftens klassifiseringsveileder etter vanddirektivet.

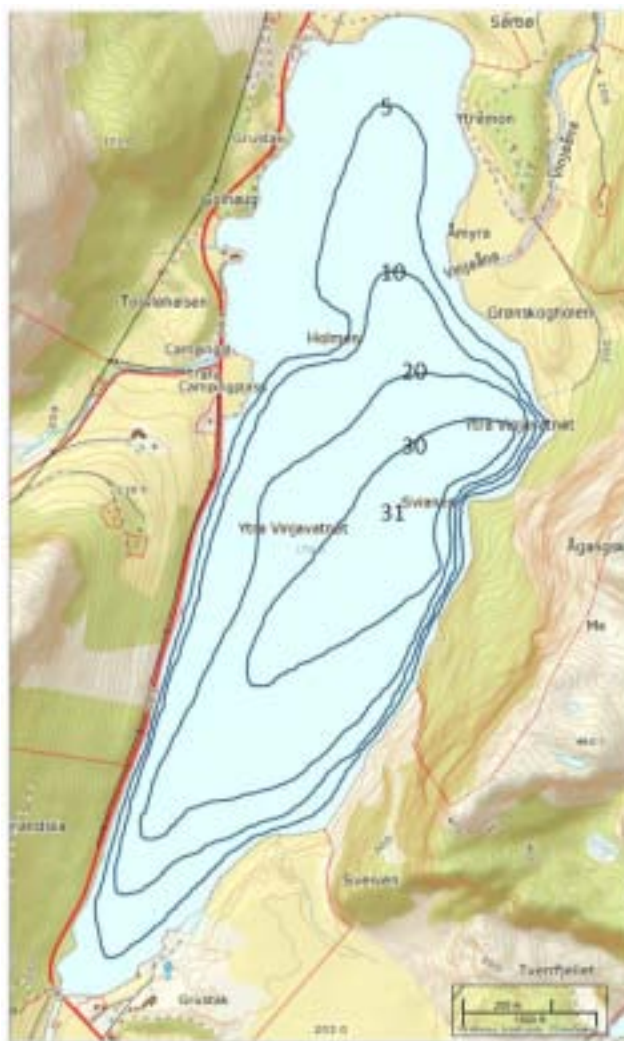
Det er rett og slett for skrint naturgrunnlag i nedbørfeltet til at det kan utvikles så stor menneskelig aktivitet der at det skal oppstå noen eutrofi problemer i Birkelandsvatn, og i så måte gjøre innsjøen mindre egnet til drikkevannskilde.

5. Dagens teoretiske fosforbelastning på Birkelandsvatn

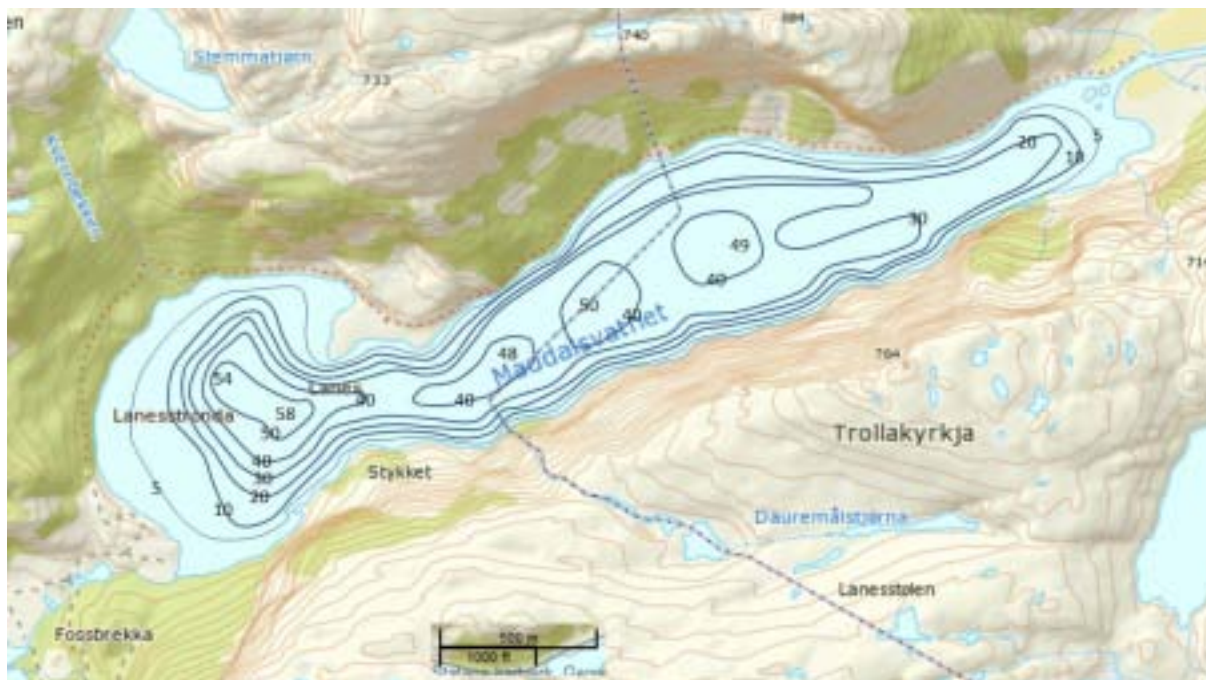
Dagens teoretiske fosforbelastning er en god del mindre enn den fremtidige maksimalt tenkelige belastningen som ble beregnet i forrige kapittel. En del av landbruksarealene drenerer til Ytre Vinjavatn og til Maudalsvatn, og disse innsjøene vil holde igjen en del av fosforet fra disse områdene slik at det ikke kommer fram til Birkelandsvatn. For å kunne beregne dette var det nødvendig å beregne volum og vannets oppholdstid i disse innsjøene. Innsjøene ble loddet opp som en del av prosjektet.

5.1 Morfometriske forhold i Ytre Vinjavatn og Maudalsvatn

Prøvetakingsteamet til IVAR foretok i oktober og november en enkel opplodding av de to innsjøene ved at det ble kjørt ekkogram langs midten, samt langs tre transsekker på tvers av hver innsjø. På bakgrunn av dette har vi laget enkle dybdekart som er gode nok til å lage et anslag over volumet av innsjøene, se *Figur 16* og *Figur 17*.



Figur 16. Dybdekart over Ytre Vinjavatn (Kartgrunnlag: Statens kartverk)



Figur 17. Dybdekart over Maudalsvatn (Kartgrunnlag: Statens kartverk)

Basert på disse to kartene, samt statistikk i NVE-Atlas, kan de nødvendige hydrologiske og morfometriske dataene for de to innsjøene regnes ut, se **Tabell 9**.

Tabell 9. Hydrologiske data for Maudalsvatn og Ytre Vinjavatn

Innsjø	Areal $\times 10^6 \text{m}^2$	Årlig avløp Q $\times 10^6 \text{m}^3$	Volum V $\times 10^6 \text{m}^3$	Middeldyp m	Teoretisk oppholdstid T_w
Maudalsvatn	1,8	221	39	22	0,18 år = 64 døgn
Ytre Vinjavatn	1,11	300	16	14,5	0,053 år = 19 døgn

For Roaldsvatnet har man fortsatt ikke noe dybdekart. Vurderer man de slake omgivende koter rundt dette vannet sammenliknet med de to opploddete innsjøene, vil det lille Roaldsvatnet ganske sikkert ha middeldyp mindre enn 10 m og det vil da få oppholdstid mindre enn 5 døgn, noe som vil tilsi at det fungerer som en sakteflytende elv og ikke en innsjø. Källqvist et al (1996) fant ved forsøk i avsnøringer i innsjøen Kolbotnvannet i Oppegård kommune at man måtte ha oppholdstid over 5-6 dager for at planktonbestanden skulle kunne bygge seg opp, selv ved tilførsel av næringssalter i overskudd. Man kan m.a.o. se bort fra tilbakeholdelse av fosfor i Roaldsvatn.

5.2 Dagens fosforbelastning

Da kommunens statistikk ikke skiller arealene etter hvor de drenerer, tar vi denne gangen utgangspunkt i vår egen planimetrering av kartene til Skog og Landskap (**Figur 7 - Figur 11**) og antar som før at spredningsarealet utnyttes fullt ut. En legger merke til i kommunens statistikk (**Tabell 6**) at det har vært en nedgang i landbruksaktiviteten fra 1994 til 2010 i Maudalområdet, mens det har vært en svak økning i de andre områdene.

Vi antar videre at det vil til enhver tid være et dyrehold tilsvarende full utnyttelse av spredearealet da det var den gjennomgående informasjonen vi fikk ved gårdsbesøkene. Som før regnes da krav til 4 da fulldyrka mark per gjødseldyrenhet (GDE) og 6 da innmarksbeite per (GDE).

Direkte til Birkelandsvatn vil det da drenerer 2040 da fulldyrka mark og 1720 da gjødslet beite. Dette tilsvarer hhv $510 + 287 = 797$ avrundet 800 GDE. Hver GDE tilsvarer 14 kg P, slik at det da tilføres 11200 kg husdyr P til disse arealene. I tillegg brukes ca 1 kg P i form av kunstgjødsel til både dyrka mark og beite. Det vil si at det tilføres 3760 kg kunstgjødsel P på arealer som drenerer direkte til Birkelandsvatn.

Fra Veen/Vinja området drenerer 895 da dyrka mark og 388 da innmarksbeite til Ytre Vinjavatn. Dette tilsvarer $224+65$ GDE = 289 GDE. Det spres 289 GDE x 14 kgP/GDE = 4046 kg husdyr P på arealer som drenerer til Ytre Vinjavatn.

Med utgangspunkt i SFT veileder 95:02 Tilførselsberegninger, kan man anta at det skjer en del lekkasjer fra gjødsellagre, melkerom, og siloer, etc. som når resipient. Vi bruker kategorien som gir minst lekkasjer (anlegg med høy standard) og antar som før at disse lekkasjer tilsvarer 1 % av den totale gjødselmengde som dyrene produserer.

I tillegg spres 1 kg kunstgjødsel P på arealene av både beite og fulldyrka mark = 1283 kg P. Til sammen tilføres det da $4046 + 1283 = 5329$ kg p på arealer som drenerer til Ytre Vinjavatn. Siden det er mye nedbør i området, antar vi som før at 6,4 % av tilført mengde renner av til vassdrag. Det vil si at de fra landbruket i Veen området tilføres Ytre Vinjavatn 380 kg P.

Befolkningen i Ytre Vinjavatn settes anslagsvis til 50 personer. Dette tilsvarer en tilførsel på 15 kg P per år med dagens sanitær systemer.

Nedbør direkte på innsjøoverflaten er ca 22 kg P, og avrenning fra fjell, skog og hei er anslagsvis 550 kg P per år.

Ytre Vinjavatn får da følgende teoretiske fosfor budsjett

Tabell 10. Fosforbudsjett for Ytre Vinjavatn

Tilførselskilde	Kg P per år
Naturlig bakgrunnsavrenning	550
Befolkning	15
Landbruk avrenning fra arealer	341
Landbruk lekkasjer fra gjødsellagre, siloer og melkerom	39
Nedbør og annet nedfall direkte på innsjøoverflaten	22
Sum	967

Etter Larsen & Mercier (1976) kan tilbakeholdelse av fosfor i innsjøer (Retensjon R) beregnes etter formelen:

$$R = \frac{1}{1 + \frac{1}{\sqrt{Tw}}}$$

Der R er fosforretensjonen og Tw er vannets teoretiske oppholdstid i innsjøen, som for Ytre Vinjavatn er 0,053 år. Innsatt i likningen gir dette at fosforretensjonen i Ytre Vinjavatn er 19 %. Dvs. fosfortran-

spporten ut av Ytre Vinjavatn reduseres fra 967 kg til 783 kg P per år. Landbruksforurensningen reduseres fra 380 kg P/år til 308 kg P/år.

Maudalsvannet har teoretisk oppholdstid på 0,18 år. Innsatt i formelen over, får man at ca. 29 % av fosfortilførselene til denne sjøen holdes tilbake i innsjøen. Roaldsvannet har så kort oppholdstid (<5 dager) at vi ser bort fra fosforretensjon i denne sammenheng.

I henhold til våre planimetreringer av arealene på markslagskartet til Skog og Landskap (*Figur 11*) er det 850 da fulldyrka og 625 da innmarksbeite som drenerer til Maudalsvannet. Hvis vi også her gjør antakelsen om at spredearealet utnyttes fullt ut, tilsvarer det $212+104 \text{ GDE} = 316 \text{ GDE}$, eller en tilførsel av husdyr P på 4424 kg P/år på arealene. I tillegg kommer kunstgjødning på 1 kg P per dekar, som i alt utgjør 1475 kg P. Til sammen spres det på arealene 5899 kg P pr år. Vi regner som før at bare 6,4 % av dette tilføres vassdrag. Det vil si at 378 kg P tilføres Maudalsvannet fra landbruksaktiviteten i nedbørfeltet.

Vi kan da sette opp følgende grove fosforbudsjett for Maudalsvatnet.

Tabell 11. Fosforbudsjett for Maudalsvatn

Tilførselskilde	Kg P per år
Naturlig bakgrunnsavrenning	400
Befolkning	4
Landbruksavrenning fra arealer	378
Landbruk lekkasjer gjødselkjellere, siloer, melkerom	42
Nedbør og annet nedfall direkte på innsjøoverflaten	36
Sum	860

Korrigert for 29 % fosforretensjon renner 610 kg P/år ut av Maudalsvannet. Av de 420 kg landbruks P som tilføres Maudalsvannet renner bare 298 kg P videre ned til Birkelandsvatn.

For Birkelandsvatn kan vi da sette opp dagens teoretiske P-budsjett basert på det som renner ut av Ytre Vinjavatn og det som renner ut av Maudalsvatn og legge til det som renner av fra nedenforliggende lokalfelter rundt Birkelandsvatn.

Teoretisk beregnet fosforbudsjett for Birkelandsvatn korrigert for tilbakeholdelse av fosfor i Ytre Vinjavatn og Maudalsvatn er da gitt i *Tabell 12*.

Tabell 12. Fosforbudsjett for Birkelandsvatn korrigert for tilbakeholdelse av fosfor i Ytre Vinjavatn og Maudalsvatnet

Tilførselskilde	Kg P per år
Fra Maudalsvatn	610
Fra Ytre Vinjavatn	783
Landbruk rundt Birkelandsvatn, avrenning fra arealer	942
Landbruk, lekkasjer fra gjødsellagre, siloer, melkerom, etc	110
Nedbør og annet nedfall direkte på innsjøoverflaten	108
Befolkning rundt Birkelandsvatn	60
Utmarksområder rundt Birkelandsvatn	285
Sum	2898

Når det gjelder landbruksarealer som drenerer direkte til Birkelandsvatn har vi tatt utgangspunkt i de planimetrerte arealene fra markslagskartene til Skog og Landskap da jordbruksstatistikken også omfatter arealer som drenerer annen veg. Dette gir 1999 da fulldyrka og 1717 da gjødsla beite. Dette gir et spredeareal tilsvarende $500 + 286 = 786$ GDE, som igjen gir en fosfortilsats til arealene på 11004 kg P per år. I tillegg benyttes 1 kg P per dekar som kunstgjødsl, lik 3716 kg P per år. Til sammen tilsettes arealene 14729 kg P per år. Regner som før at 6,4 % renner av, noe som gir at Birkelandsvatn tilføres ca 942 kg P som avrenning fra arealene. Regner lekkasjer fra silo, gjødsellagre, melkerom etc som for de to andre innsjøene, dvs. 110 kg p per år.

Dette gir til sammen en tilførsel av fosfor på ca. 2900 kg P/år. Fordeles dette på en vanntilførsel (årlig avløp fra **Tabell 1**) får man en midlere innløpskonsentrasjon på $7,6 \mu\text{g P/l}$, som omregnet etter RBJ-modellen gir at fosforkonsentrasjonen i Birkelandsvatn i dag er ca $4,6 \mu\text{g P/l}$, eller rundet til $5 \mu\text{g P/l}$. Etter RBJ-modellen kan man da beregne at midlere klorofyll-a konsentrasjon vil være ca $1,2 \mu\text{g Kl-a/l}$.

Det ser altså ut som om det godt med ledig resipientkapasitet i Birkelandsvatn slik at det er nærmest ingen fare for å få eutrofi-problemer som kan gjøre innsjøen mindre egnet som drikkevann i fremtiden.

6. Dagen eutrofisituasjon i Birkelandsvatn

6.1 Typologi og vannkvalitetsklasser

I henhold til det gamle systemet for vurdering av eutrofitilstanden i innsjøer (SFT veileder 95:01, Miljømål for vannforekomstene) tilhører Birkelandsvatn typen «Store dype» innsjøer. Etter Vannforskriften tilhører den vanntypen LN2b: «Store, kalkfattige, klare, dype» innsjøer (se Klassifiseringsveilederen på Vannportalen.no).

Vi er i dag i gang med å implementere den nye Vannforskriften etter EUs vanddirektiv i praktisk norsk vannforvaltning. Det er her utarbeidet veiledere for klassifisering av vannkvalitet og miljømål for vannforekomstene. Det generelle målet er her at vannkvaliteten skal tilfredsstillende minst klassen som kalles god økologisk status. Det er utarbeidet foreløpige klassegrenser mellom de ulike klassene. Når det gjelder store dype innsjøer, så er ikke klassegrensene interkalibrerte ennå, og de foreløpige grensene vil bli endret noe til neste år. De foreløpige grensene synes å være for lite strenge, særlig for store dype kalkrike innsjøer. De er ikke så mye feil for de kalkfattige, typen som Birkelandsvatn tilhører. Derfor er man foreløpig bedt om å benytte det gamle systemet inntil det nye systemet er interkalibrert for de store dype innsjøene.

I **Tabell 13** er det ført opp grenseverdiene for fosfor og klorofyll etter SFT 95:01 Miljømål for vannforekomstene, mens det i **Tabell 14** er ført opp de foreløpige grenseverdiene etter Klassifiseringsveileren til Vannforskriften (www.vannportalen.no).

Tabell 13. Klassifisering av tilstand i store dype innsjøer etter SFT Veileder 95:01 Miljømål for vannforekomstene

Tilstand	Klorofyll-a µg/l	Total fosfor µg P/l
Akseptabel	2	7
Betenkelig	2-3,5	7-10,5
Kritisk	>3,5	>10,5

Tabell 14. Klassifisering av tilstand etter Vannforskriften. Foreløpige klassegrenser for innsjøtypen LN2b Store, kalkfattige, klare, dype innsjøer (SG=svært god, G=god, M=moderat, D=dårlig, SD=svært dårlig tilstand).

Parameter	Ref tilstand	SG/G	G/M	M/D	D/SD
Total fosfor	3	6	9	15	30
Klorofyll a	1,3	2,5	4	7	15

Etter det gamle SFT systemet er det generelle målet at man skal holde disse innsjøene i akseptabel tilstand, mens etter Vannforskriften skal man holde middelkonsentrasjonen over sommerhalvåret under grensen mellom god og moderat tilstand (G/M). En ser da at det nye systemet er noe mindre strengt enn det gamle. Nå sier imidlertid vannforskriften også at man ikke skal forverre tilstanden i forhold til hva den er i dag. Slik man forstår denne pasusen i vanddirektivet, er at man ikke skal ha anledning til å forverre tilstanden så mye at man kommer over i en dårligere tilstandsklasse enn der innsjøen befinner seg i dag. I så fall blir den nye praksisen litt strengere for fosfor og litt mindre strengt for klorofyll.

6.2 Dagens tilstand i Birkelandsvatn

IVAR gjennomfører en overvåking av vannkvaliteten på flere stasjoner i Birkelandsvatn samt i flere av innløpene. Vi vil se litt på resultatene fra stasjonen over det dypeste området (stasjon 4) som er det området hvor det er mest aktuelt å legge et drikkevannsinntak, samt fra en stasjon nærmere Nedrebø (stasjon 2) se **Figur 18** Resultatene er gitt i **Tabell 15**.



Figur 18. Stasjoner hvor det ble tatt vannkvalitetsparametre i 2011 (kart fra IVAR)

Tabell 15. Konsentrasjonen i sjiktet 0-10 m dyp av fosfor, nitrogen, TOC, samt algemengde uttrykt som klorofyll-a.

		Tot-P/L µg P/l	Tot-N/L µg N/l	TOC mg C/l	KLAS µg/l
18.05.2011	st 4	6,0	415		1,40
15.06.2011	st 4	5,0	410	1,6	1,20
21.07.2011	st 4	7,0	415		2,20
09.08.2011	st 4	5,0	465	1,5	0,92
08.09.2011	st 4	7,0	425		2,20
04.10.2011	st 4	5,0	405		1,60
Mean	st 4	5,8	423	1,6	1,6

		Tot-P/L µg P/l	Tot-N/L µg N/l	TOC mg C/l	KLAS µg/l
15.06.2011	st 2	4,0	415	1,2	1,3
21.07.2011	st 2	8,0	420		2
09.08.2011	st 2	4,0	415	1,6	0,65
08.09.2011	st 2	7,0	435		1,9
Mean	st 2	5,8	421	1,4	1,5

Begge stasjonene i Birkelandsvatn har verdier av fosfor og klorofyll a som ligger innenfor akseptabel vannkvalitetsklasse både i SFTs gamle klassifikasjonssystem (Veileder 95:01) og Vanddirektivets klassifiseringsveileder. Etter vanddirektivets klassifiseringsveileder ligger innsjøen i klassen svært god, og etter kriteriet om at man ikke skal forverre tilstanden slik at den går over i neste klasse, er de generelle forvaltningskravene for Birkelandsvatn etter forurensningsloven og vannforskriften at midlere fosforkonsentrasjon skal holdes lavere enn 6 µg P/l og gjennomsnittlig algemengde skal holdes lavere enn 2,5 µg Kl-a/l. Etter den gamle SFT veileder 95:01 er tilsvarende grenser 7 µg P/l og 2 µg Kl-a/l, altså ikke svært forskjellige fra det nye systemet. Disse forvaltningsmålene gjelder altså uansett om innsjøen er drikkevannskilde eller ikke.

Hvis vi ser på algesamfunnets biomasse og prosentvis sammensetning av de viktigste algegrupper i **Figur 21**, så viser algevolumet klart oligotrofe (næringsfattige) verdier og algesamfunnet viser en naturlig sammensetning med dominans av gullalger (Chrysophyceae) og svelgflagellater (Cryptophyceae).

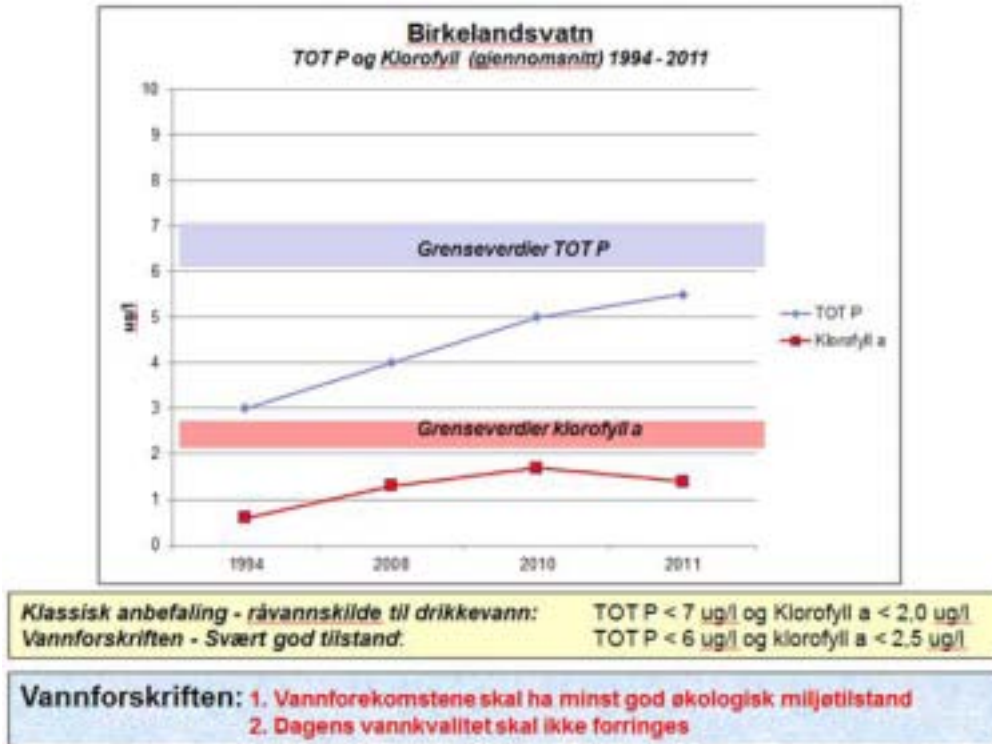
Hvis vi ser på den observerte fosforkonsentrasjonen og klorofyll-a konsentrasjonen så er de noe høyere enn vi fikk ved å lage et teoretisk fosforbudsjett og regne ut innsjøkonsentrasjonene (hhv 5 µg P/l og 1,2 µg Kl-a/l) ut i fra dette. Forskjellene er klart innenfor usikkerhetene i beregningene og behøver egentlig ikke noen annen forklaring. Men muligens kan forskjellene være forårsaket av:

- 1) Det våte været i 2011 har medført at mer av den spredte naturgjødselen enn normalt har blitt vasket ut til innsjøen. Dvs. observasjonene fra innsjøen er høyere enn vanlig.
- 2) Vi kan ha anvendt noe for lave avrenningskoeffisienter i det teoretiske fosforbudsjettet for utmark og nedbør direkte på innsjøoverflaten. SFT angir at utmarksområder har avrenning av fosfor varierende fra 3-6,5 kg P/km² år. Vi har benyttet 5. De angir også at nedbør direkte på innsjøoverflaten varierer fra 20-34 kg P/km² år. Da det er mest vestlige vinder fra Atlanterhavet som gir nedbør i dette området, har vi valgt å bruke 20 kg / km² år. Hvis vi justerer opp de anvendte koeffisienter til maks, vil vi omtrent komme likt som de observerte konsentrasjonene.
- 3) Begge hovedinnløpene (Grunnåna og Storåna) og utløpselva er lokalisert til det østre bassenget i innsjøen (Espelandsflæet). Bassenget der inntaket ligger, og hvor prøvene er tatt fra, får ikke full uttelling for fortynningseffekten som ligger i alt vannet som her kommer fra store ubebodde utmarksområder. RBJ modellen regner som om alle innløpene blir blandet i innsjøen før det renner ut igjen.

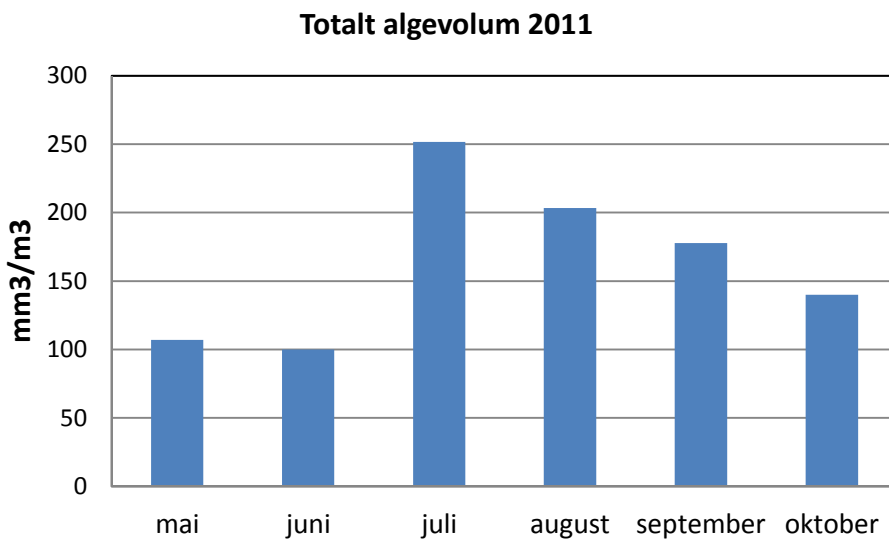
Men som sagt, så er ikke forskjellene beregnet og observerte fosfor- og klorofyll konsentrasjoner større enn at det er innenfor usikkerhetene for beregningsmetoden, så man kommer ikke noe særlig nærmere sannheten ved å nedlegge en stor diskusjon/analyse av uoverensstemmelsene.

Vurdert ut i fra resultatene fra siste rapporter fra JOVA-programmet i Rogaland (Meinert Rød og medarbeidere 2010) tyder ikke på at vi har brukt særlig gale koeffisienter for fosforavrenning. NOVA-programmets overvåkingfelt er imidlertid på Jæren (Timebekken og Skas-Hegri kanalen). Her er terrenget mye flatere enn i nedbørfeltet til Birkelandsvatn. Man må regne med mer avrenning i brattere terreng. Likeledes var nedbøren sommeren 2011 betydelig større enn vanlig, slik at mer av fosforet er vasket ut til vassdraget enn normalt.

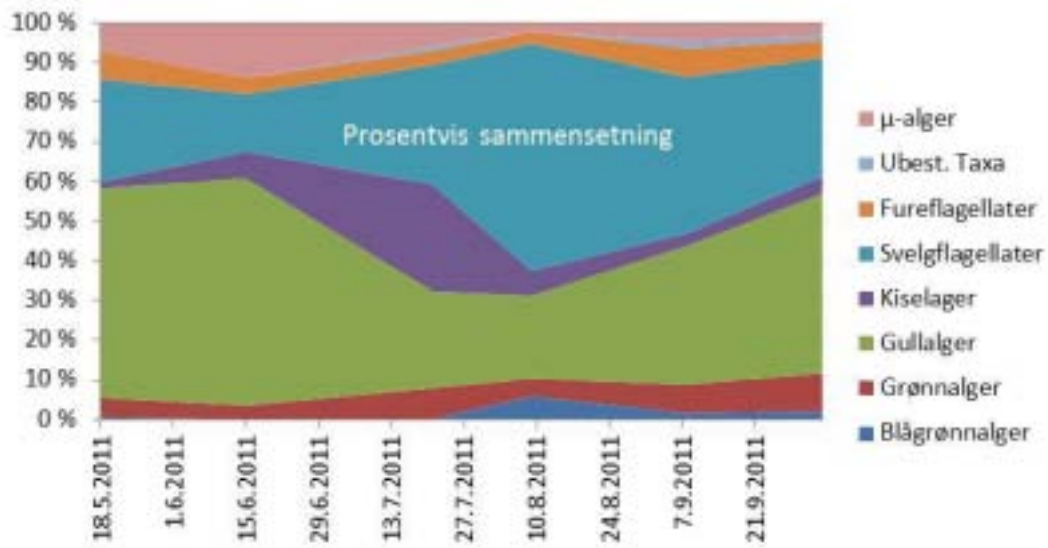
Hvis man ser på data fra tidligere år sammenstilt av IVARs Karl Olav Gjerstad (**Figur 19**), så kan det se ut som om det har vært en eutrofiering på gang fra 1994. Imidlertid er det få observasjoner som ligger til grunn for flere av årene, f.eks. 2010 og 2011. Den registrerte økningen fra 1994 til 2008, kan imidlertid ha sammenheng med at dyretallet økte i perioden.



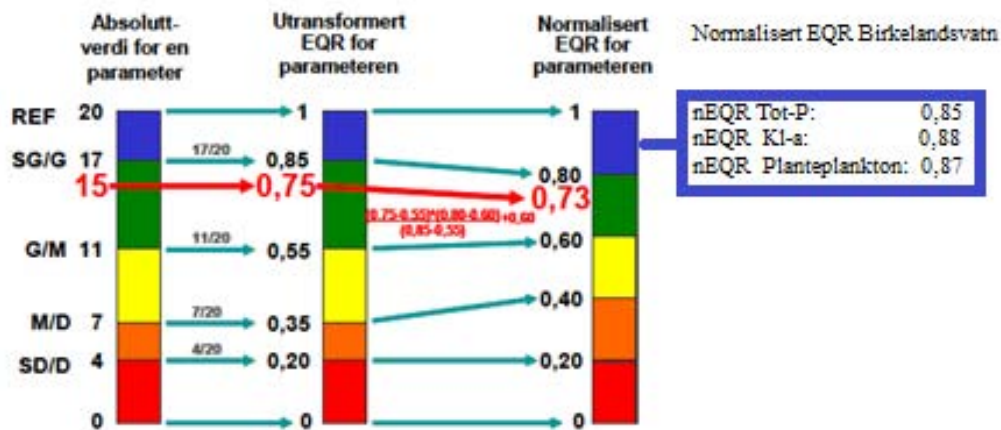
Figur 19. Fosfor og klorofyll for ulike år (etter Karl Olav Gjerstad 2011).



Figur 20. Totalt algevolum i Birkelandsvatn sommeren 2011



Figur 21. Prosentvis sammensetning av de viktigste hovedgrupper i algesamfunnet i Birkelandsvatn 2011.



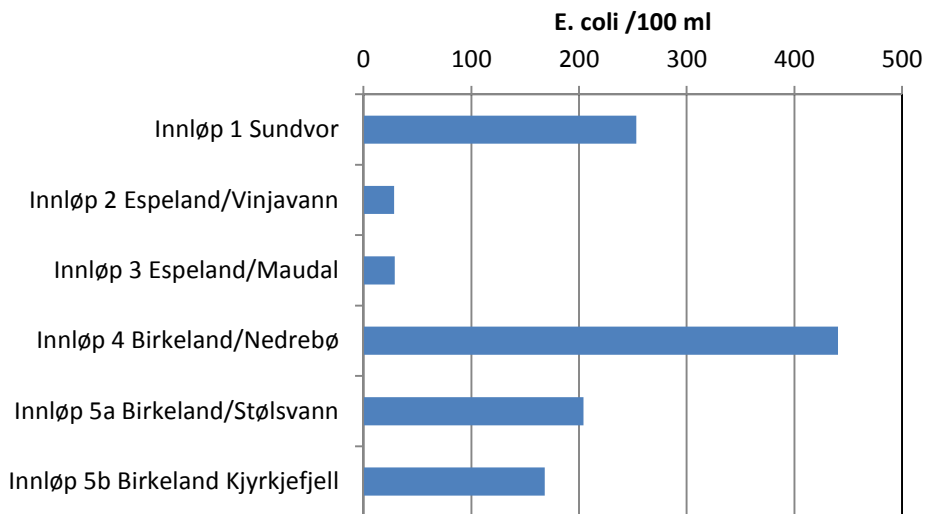
Figur 22. Normalisert EQR (Økologisk Kvalitets Ratio) for total fosfor, klorofyll a og kvantitativt planteplankton for Birkelandsvatn sammenliknet med skalaen i Vannforskriftens klassifiseringsveileder. Birkelandsvatn faller for alle de tre parameterne i klassen «svært god».

7. Hygienisk forurensning av Birkelandsvatn

Dette temaet er vurdert i en tidligere studie der det er modellert diverse i verste fall situasjoner (Tjomsland og Tryland 2010) som kan tenkes å inntre. Resultatene av denne modelleringen var at det kunne i verste fall bli opp til ca. 4 *E. coli* i dypvannet der man tenker seg å ha drikkevannsuttaget under sirkulasjonsperiodene. Ved den praktiske prøvetakingen som på går nå, og som har pågått noen år, så finner man stort sett 0 *E. coli* pr 100 ml i dypvannet. Under sirkulasjonsperiodene finner man av og til 1 *E. coli* per 100 ml. Dette er ikke mer enn man finner i jomfruelig vann inne på fjellet. Til sammenlikning gav tilsvarende modellering i Maridalsvannet i Oslo maks *E. coli* i inntaksdypet på 16 per 100 ml, og i praksis er det her observert opp til 15 *E. coli* i råvannsinntaket under høstsirkulasjonen.

I overflatesjiktet innover mot Nedrebø, finner man imidlertid høyere konsentrasjoner, særlig hvis det er mye avrenning like etter gjødselspredningstidspunktene.

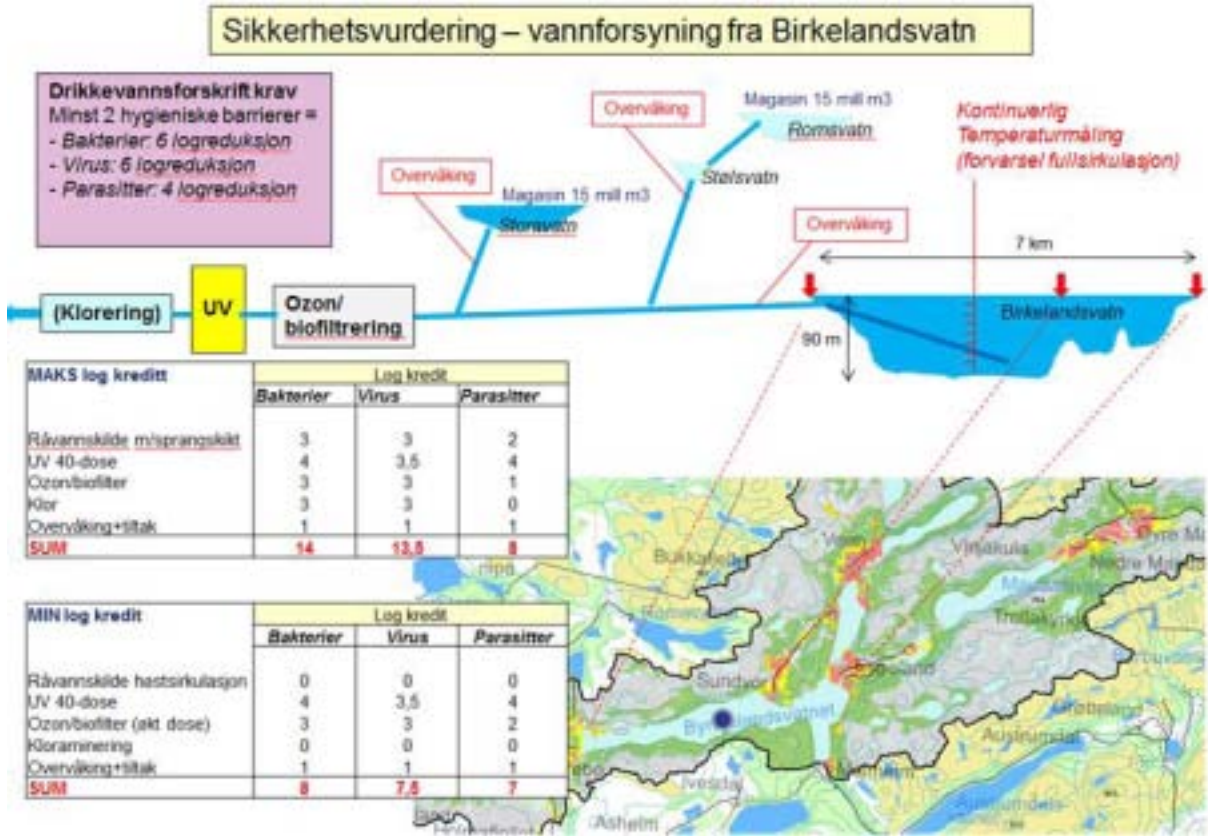
I Nedrebøelva er det registrert opptil 2000 *E. coli*, mens ved de fleste anledninger ligger konsentrasjonene fra 10-200 *E. coli* per 100 ml vann. I den lille bekken som renner fra Sundvorområdet er konsentrasjonen *E. coli* svakt mindre enn fra Nedrebø. I de store innløpene i østenden av innsjøen er konsentrasjonene betydelig mindre. Midlere konsentrasjoner (aritmetrisk middel) av *E. coli* i tilløpselvene er gitt i **Figur 23**.



Figur 23. Midlere konsentrasjon (2008-2011) av *E. coli* (antall per 100 ml) i tilløpene til Birkelandsvatn (data fra IVAR).

Første gjødselspredning skjer i midten av april og dette er på det tidspunktet da vårsirkulasjonen er i ferd med å inntre. Det normale er at dette er den mest nedbørfattige tiden på året i dette området, slik at det ofte er lite avrenning fra jordene på denne tiden. Vårsirkulasjonen er oftest veldig kortvarig (gjørne av en ukes varighet) sammenliknet med høstsirkulasjonen som kan vare fra 3 uker til et par måneder. Siste spredning skjer rundt 20. august og det er da lenge igjen til høst sirkulasjonen som gjerne inntreffer i slutten av november eller første av desember. De andre gjødselspredningene skjer i den sjiktede periode.

Vannverket har gjennom sine kilder og vannbehandling betydelig flere log-reduksjoner for eventuelle patogene mikroorganismer enn det som kreves etter drikkevannsforskriften, slik at de lave konsentrasjoner som måtte oppstå i Birkelandsvatn vil ikke være noe problem for rentvannet, se sikkerhetsvurderingen til vannverket i **Figur 24** utarbeidet av IVAR ved Karl Olav Gjerstad. Man har også god anledning til å skifte mellom forsyning fra ulike råvannskilder i forsyningssystemet om spesielle problemer skulle oppstå i enkelte av dem.



Figur 24. Sikkerhetsvurdering og logreduksjoner (maks og min) ved drikkevannsanleggene til IVAR mot mikrobiell forurensning (figur fra IVAR utarbeidet av Karl Olav Gjerstad).

8. Tiltak

8.1 Beskyttelsestiltak (klausuleringer)?

Befolkningen i nedbørfeltet er bekymret for at det skal innføres spesielle beskyttelsestiltak i nedbørfeltet (såkalte klausuleringer) hjemlet i helselovgivningen som kan resultere i at det legges restriksjoner på utviklingsmulighetene av landbruket og annen næringsutvikling i nedbørfeltet. I de forgående to kapitlene så vi at man ville holde seg innenfor beste vannkvalitetsklasse både etter det gamle klassifiseringssystemet til Klif og etter den nye Vannforskriftens klassifiseringsveileder selv om man utviklet området maksimalt ut i fra det som befolkningen anså var mulig å få til innenfor de geografiske begrensninger og de forskrifter som man regulerer landbruket etter i dag (krav til spredeareal, etc.), samt forurensningslovens bestemmelser. Disse bestemmelser må jo all vannforvaltning rette seg etter selv for innsjøer som ikke skal nyttes som drikkevann.

Dette vil si at det er ikke behov for spesielle beskyttelsestiltak eller klausuleringer i nedbørfeltet selv om Birkelandsvatn skal benyttes som råvannskilde for drikkevann for IVAR.

8.2 Tilbakeføre Stølsvatn/Romsvatn til Birkelandsvatn

16 km² av dette feltet er ført ut av Birkelandsvatns nedbørfelt. Antar vi, som angitt i NVE isohydatkart 1960-30, en avrenning på 75 l/km² år, blir dette 38 millioner m³ vann per år. Dette vannet drenerer stort sett fjell og hei med lav fosforavrenning, samt at det renner gjennom 2 innsjøer og berøves for ytterligere fosfor der. Å føre dette tilbake til Birkelandsvatnet vil gi en merkbar miljøgevinst her i form av mindre alger, samt at Stølsåna som rekruttering og oppvekst område for aurestammene i vestre del av Birkelandsvatn vil bli kraftig forbedret sammenliknet med dagens situasjon.

Regner man en avrenning 5 kg P/km²år fra dette området og trekker fra 20 % for samlet retensjon i de to innsjøene, får man en tilførsel på 64 kg P/år. Vanntilførselen øker med 38 millioner m³ per år. Innsatt i RBJ modellen gir disse endringene fosforkonsentrasjon og algemengde i Birkelandsvatn vil gå ned ca. 8 % som følge av dette tiltaket.

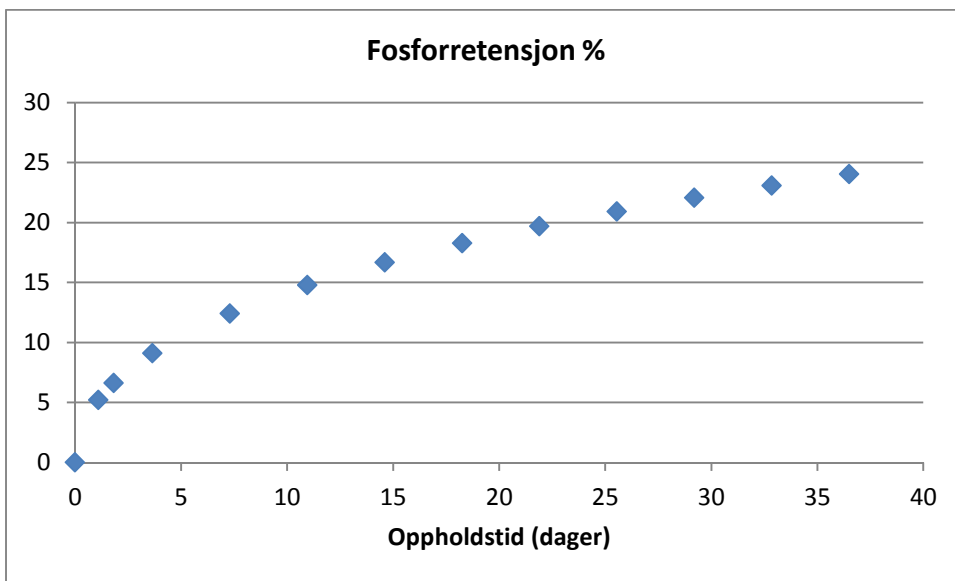
8.3 Fangdammer i Nedrebø kombinert med opprusting av Nedrebø kraftstasjon

Det er flere strekninger av Nedrebøåna som er slake nok til å konstruere fangdammer. Vannføringen er imidlertid litt for stor slik at oppholdstiden blir for kort til å få effektiv tilbakeholdelse av fosfor. Nedrebø kraftstasjon utnytter bare anslagsvis 10 m av totalfallet på 39 m ned mot Birkelandsvatn. En kan tenke seg at hvis man lager en vertikal trykksjakt ned fra Fuglestadvannet og bygger en kraftstasjon 3 m høyere enn Birkelandsvannet og lager en avløpstunnel fra kraftstasjonen og ut i Birkelandsvannet, så ville man få mye mer kraft ut av stasjonen, samtidig som man ville fått redusert vannføringen såpass mye i Nedrebøåna til at det kunne være mulig å bygge fangdammer der. Jo lenger ned man bygger slike jo mer av landbruksavrenningen får man rensset.

Imidlertid må man vurdere hvor viktig Nedrebøåna er som rekruttering og oppvekstområde for ørret i vestre del av Birkelandsvatn, før man går til det skrittet å gjennomføre dette, da tiltaket både reduserer vannføringen og lager vandringshindre. Man må også få en profesjonell utredning om hvor fangdammene de skal ligge og hvor mange, samt hvilket rensespotensiale de har på sikt. I siste JOVA

rapport er det ført opp årlige retensjoner på fangdam i Skuterudfeltet som ble etablert i 2002, og retensjonene faller med fangdammens alder. I de siste årene har til bakeholdelsen vært fra 3-10 % for total fosfor (Meinert Rød og medarb 2011). I Skuterudfeltet på Ås, er det betydelig mer erosjonsmateriale enn i feltene på Jæren, slik at man må regne med at retensjonen i Rogaland blir ennå dårligere enn i Skuterudfeltet. Det er først og fremst den partikulære fosforfraksjonen som holdes tilbake i en fangdam, mens det er den løste fraksjonen som er mest tilgjengelig for algevekst.

For innsjøer får man en meget god sammenheng mellom fosforretensjon og vannets oppholdstid i innsjøen, se formel side 34, og **Figur 25**. Berge (1987) fant at denne formelen også passet godt overens med fosforretensjoner i et tyvetalls norske innsjøer hvor man hadde målt tilbakeholdelsen ved input-output målinger over flere år. Det er også denne retensjonsformelen som er lagt inn i Vollenweiders modell fra 1976.



Figur 25. Beregnet retensjon av fosfor i innsjøer med kort oppholdstid etter Larsen og Mercier (1976), i praksis er innsjøer med så kort oppholdstid svært grunne og har stor grad av vegetasjonsdekke, dvs. ikke ulike fangdammer. Det regnes med at fangdammer over tid vil følge denne formelen om de ikke vedlikeholdes.

I det aktuelle området med høy nedbør på 2 m i året vil det være vanskelig å lage fangdammer med gjennomsnittlig oppholdstid lenger enn et par dager og ikke mer enn 5 dager. Det vil si at man over tid kan regne med å greie en tilbakeholdelse av fosfor på 5-10 %, omtrent som erfaringene fra de siste år fra JOVÅ-programmet (Meinert Rød og medarbeidere 2010).

I andre områder i nedbørfeltet er det mindre aktuelt å lage fangdammer da gjennomstrømmingen i disse vil bli stor, og fosforretensjonen dermed svært liten.

8.3.1 Konstruksjon av eventuelle fangdammer i Nedrebøåna

Vi skal se litt på hvor man kan bygge fangdammer, hvor mange, og gjøre noen vurderinger av hva man teoretisk kan oppnå av rensing, både på kort og lang sikt i dette feltet.

I henhold til BIOFORSK (Tema 3(13) 2008) skal fangdammer utgjøre mellom 0,1 – 1 % av nedbørfeltet. Fangdammen bygges som anvist i **Figur 26**. For å oppnå god fosforretensjon anbefales et areal opp mot 1 % av nedbørfeltet. Dybden i sedimentasjonsbassenget bør være 1-2 m. Vi antar her 2 m siden det er lite eroderbare jordarter i indre Rogaland, noe som gjør at det er gode lysforhold i vannet, og for grunne sedimentasjonskamre kan lett gro igjen av vegetasjon. Våtmarksfilteret kan være fra 10 -80 cm dypt, vi antar at her vil det passe med 50 cm.

Nedbørfeltet til en fangdam bør ikke utgjøre mer enn 2-3 km².

Sedimentasjonskammeret utgjør anslagsvis 30 %, og de to vegetasjonssonene det samme hver, mens overrislingssonen utgjør 10 %. For enkelthets skyld kan vi da si at gjennomsnittsdybden for hele fangdammens areal er 0,75 m.



Figur 26. Oppbygning av en fangdam etter Bioforsk Tema 3 (13), 2008.

For nyetablerte og godt vedlikeholdte fangdammer kan man oppnå følgende reduksjoner i henhold til Bioforsk Tema vol. 3 nr. 13, 2008:

Jordpartikler: 45-75 %
 Total fosfor: 20-44 %
 Total nitrogen: 3-15 %

Men, som sagt over, er erfaringene fra JOVA programmet at fangdammene virker dårligere etter hvert som de blir eldre hvor sedimentasjonskamrene fylles igjen og vannet danner kanaler gjennom våtmarksfiltrene (Meinert Rød og medarb. 2010).

Det har ikke vært studert i tilstrekkelig detalj i denne undersøkelsen hvor det kan være aktuelt å anlegge fangdammer, men det skal gjøres noen betraktninger allikevel, etter ønske fra oppdragsgiver. Disse blir da nokså teoretiske. Man tenker seg i første omgang at man skal ha Nedrebø kraftverk som i dag, men at man lar turbinvannet gå i rør nedover til Birkelandsvatn i stedet for å renne i elva.

Nedbørfeltet nedstrøms inntaksdammen til kraftstasjonen er 3,24 km². Midlere avrenning fra feltet er 75 l/km²xsek. i henhold til NVE isohydat kart. Dette gir at avrenningen fra det lokale feltet nedstrøms kraftverksdammen er 7,7x10⁶ m³ per år.

Hvis en tenker seg at man skal lage en fangdam nederst i feltet, f.eks. på gård gbnr 52/9, og den skal utgjøre 1 % av nedbørfeltet som var på 3,2 km², så må den være 32 da. Dette vil absolutt være en mulighet å konstruere. Og i henhold til Bioforsk sin temarapport vol. 3 nr. 13 2008, vil man kunne oppnå fra 20-40 % fosforretensjon i denne hvis den driftes og vedlikeholdes optimalt. Hvis ikke vil retensjonen avta mot vanlig innsjøretensjon.

Antar vi en gjennomsnittlig dybde på 0,75 m, gir dette dammen et volum på 24000 m³. Avrenningen fra lokalfeltet gir da denne dammen en oppholdstid på 1,15 dager. Innsatt i retensjonsformelen for innsjøer, kapittel 5.1 (**Figur 25**) gir dette en fosforretensjon på 5,3 %, altså på linje med det de fant for aldrende fangdammer i JOVA overvåkingen i 2010 (Meinert Rød og medarb. 2010).

Terrenget i dalbunnen er over lange strekninger ganske flatt, noe som gjør det mulig å lage flere fangdammer. I **Figur 27** har vi laget et forslag til fire fangdammer, som det kan se ut til å være mulige å konstruere ut fra kartvurderinger. Med en slikt rente og rentes rente retensjon som da vil oppnås i en serie med dammer, vil man hvis man legger avløpet fra kraftstasjonen i rør, kunne holde tilbake betydelig mengde fosfor og mikroorganismer fra landbruksaktiviteten i Nedrebøområdet.

Det er ikke mulig å regne nøyaktig på hva dette vil tilsvare i retensjoner, da vannet i den øvre fangdammen vil ha relativt lang oppholdstid (opp mot 5 dager,) mens vannet vil ha kortere oppholdstid i den nedre (1,15 dager som over) da denne samler vann fra et større areal. Likeledes vil ulikt omfang av landbruksarealer dreneres inn mot de ulike dammer. En anslagsvis tilnærming er at en slik rekke av 4 fangdammer kan tilsvare en fosforretensjon i nye og godt vedlikeholdte fangdammer på anslagsvis 60 %, og på gamle fangdammer som er dårlig vedlikeholdt, ca. 20-30 %.



Figur 27. Nedrebøelva med angivelse av mulige konstruerte fangdammer, forutsatt at vannet fra kraftverksutløpet ledes til Storavatnet i rør. NB - det må gjøres en befaring i felt for å anslå plasseringene mer nøyte. Her er det kun gjort vurderinger ut fra kart.

Patogene mikroorganismer har en begrenset levetid utenfor vertsorganismen sin. Indikatororganismen *E. coli* har typisk en overlevelse i vann på ett døgn ved 20 °C, 3 døgn ved 8 °C og 4.5 døgn ved 4 °C og enda større overlevelse ved lavere temperaturer (Ngazoa m.fl. 2007; Espinosa m.fl. 2008; Robertson og Gjerde 2006, Peng m.fl. 2008). Selv om man teoretisk da ikke skulle ha noen *E. coli* igjen ved å passere en dam med oppholdstid på 5 døgn, finner man ikke så effektiv retensjoner i praksis ved input-output målinger inn og ut av en fangdam, eller naturlig dam, eller innsjø. Berge og medarb. (2011) fant for eksempel en tilbakeholdelse av *E. coli* på bare 25 % gjennom den grunne innsjøen Dausjøen (7 døgn oppholdstid) i Maridalsvannets nedbørfelt, basert på 6 års overvåking av bakterier i innløp og utløp. Problemet her er at det etableres seg bestander av ender, gjess, bever og annet liv i og rundt denne innsjøen, dvs. organismer som er nye kilder til *E. coli*. I fangdammer etableres det også bestander av ender og annen vannfugl, vannrotter, mm. Enkelte virus og parasitter kan overleve betydelig lenger enn *E. coli*, og kan ha halveringstid fra uker til måneder (Ngazoa m.fl. 2007; Espinosa m.fl. 2008; Robertson og Gjerde 2006, Peng m.fl. 2008).

Hvis man regner en gjennomsnittstemperatur på vannet i Nedrebøåna på 15 ° C (mai-oktober) og 4 ° C (november-april) kan man i praksis regne med en tilbakeholdelse for *E.coli* på anslagsvis 70 % i sommerhalvåret og 50 % i vinterhalvåret. Rent teoretisk, vil man kunne få en større retensjon, om man holder damsystemets egenproduksjon av *E. coli* utenfor.

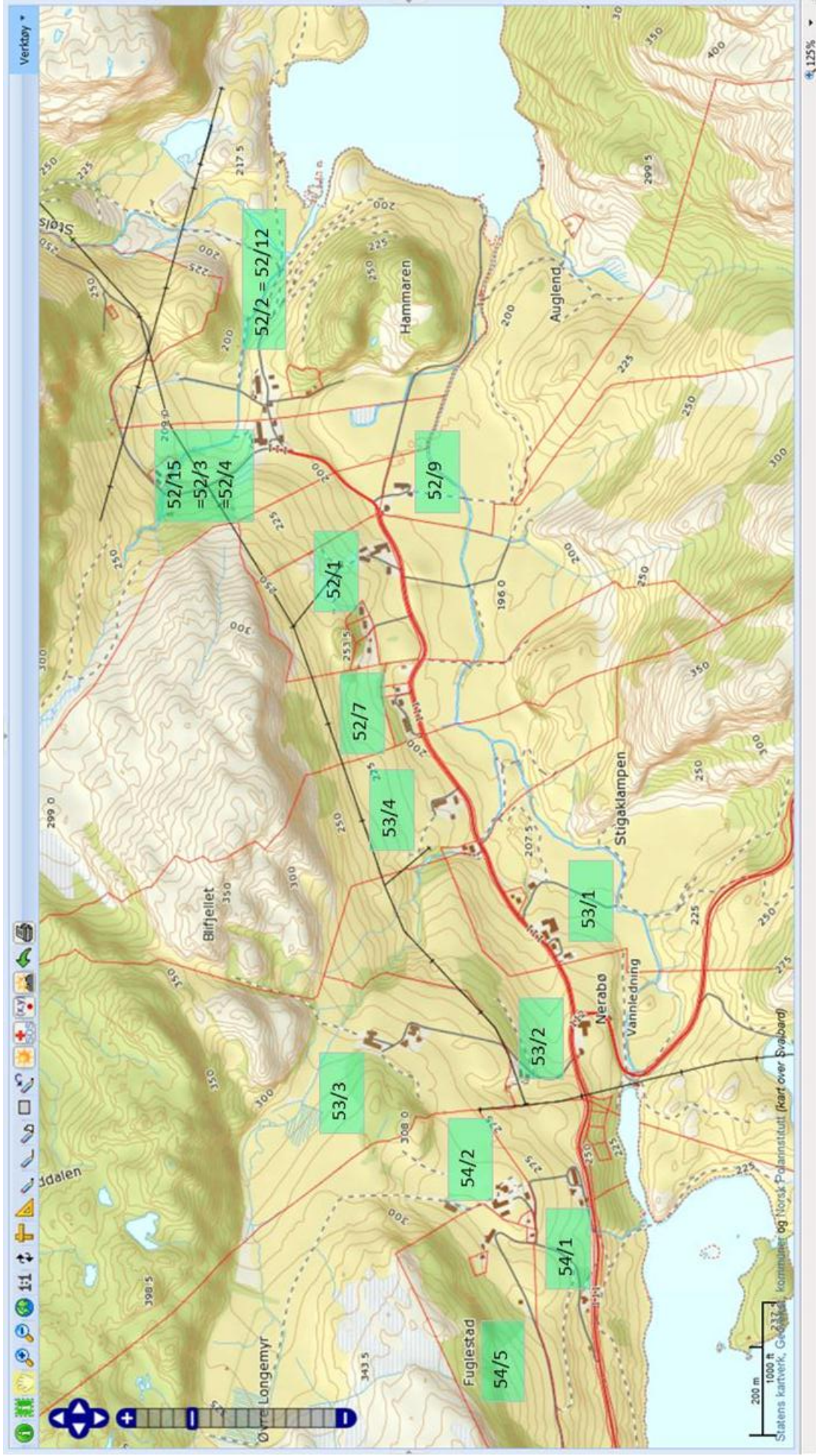
Med fangdammer som angitt over, vil Nedrebøelva fungere dårligere som gyte- og oppvekst område for ørret i Birkelandsvatnet enn i dag, men trolig vil tilbakeføringen av vannet i Stølselva, som munner ut like ved, kunne veie opp for dette tapet.

9. Litteratur referanser

- Berge, D. 1987: FOSRES-modellen. Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1,5-15 m. NIVA-rapport Lnr 2001: 44 sider.
- Berge, D. 2011: Modellberegnet fosforbelastning i Birkelandsvatn. NIVA brev Jnr 1044/11, sak 10062., 3 sider.
- Berge, D., I. Tryland, T. Tjomsland, L. Hem, J. Røstum 2011: ROS-Maridalsvannet – Oset: Forurensningsanalyse av Maridalsvannet men nedbørfelt, Hygieniske barrierer ved Oset vannbehandlingsanlegg, Beskyttelsestiltak i nedbørfeltet. NIVA-rapport LNR 6221-2011, 150 pp.
- Dillon, J.P., and F.H. Riegler 1974: The phosphorus - chlorophyll relationship in lakes. Limnol. Oceanogr. vol. 19(5), pp. 767-773.
- Drikkevannsforskriften. FOR 2001-12-04 nr 1372: Jorskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften). <http://www.lovdata.no/for/sf/hd/xd-20011204-1372.html>
- Espinosa, A.C., Mazari-Hiriart, M., Espinosa, R., Maruri-Avidal, L., Mendez, E. and Arias, C.F. (2008). [Infectivity and genome persistence of rotavirus and astrovirus in groundwater and surface water](#). Water Research. 42, 2618-2828.
- Gjødsselforskriften 2003. Forskrift om gjødsevarer mv. av organisk opphav. FOR 2003-07-04 nr 951. www.lovdata.no. 19 sider.
- Grønsten, H. A., A. Hauge, H. Borch og A. G. B. Blankenborg, 2010: Fangdammer – effektive oppsamlere av jord og næringsstoffer., Bioforsk Tema vol 13, nr 13, 2008.
- Klassifisering av miljøtilstanden i vann – Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 01:2009. 3.juli 2009. http://www.vannportalen.no/Klassifiseringsveilederen_ny_profil_netts_red_FcG5S.pdf.file
- Källqvist, T., J.E. Løvik, A. Erlandsen og S. Markager., 1996. Resirkulering av næringsalter i biodammer med alger og dafnier., NIVA-rapport Lnr OR-3563., 83 sider.
- Larsen, D.P., and H.T. Mercier, 1976: Phosphorus retention capacity of lakes., J. Fish. Res. Board Can., 33(8):1742-1750.
- Lars-Erik Sørbotten, og medarbeidere. 2011. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2009. Bioforsk rapport nr 38/2011. 54 sider.
- Meinert Rød, L., R. Pedersen, J. Delstra, M. Bechmann, H. O. Eggestad, og A.F. Ødegaard 2010: Erosjon og næringsstofftap fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Årsrapport for 2008/09 fra program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA)., Bioforsk rapport nr 165/2009., 40 sider.
- Ngazoa, E.S., Fliss, I. and Jean, J. (2007). Quantitative study of persistence of human norovirus genome in water using Taqman real-time RT-PCR. Journal of Applied Microbiology. 104, 707-715.
- Peng X, Murphy T, Holden NM. (2008). Evaluation of the effect of temperature on the die-off rates for *Cryptosporidium parvum* oocysts in water, soils and feces. Applied and Environmental Microbiology. 74, 7101-7107.
- Regionplan for landbruk i Rogaland 2011. Rogaland Fylkeskommune juni 2011, 98 sider
- Robertson, LJ and Gjerde B. (2006). Fate of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the Norwegian aquatic environment over winter. Microbial Ecology. 52, 597-602.
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen 1979. Telemarkvassdraget – hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979., NIVA-rapport O-70112.
- Sakamoto, M. 1966. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth., Arch. Hydrobiol. 62:1-28.

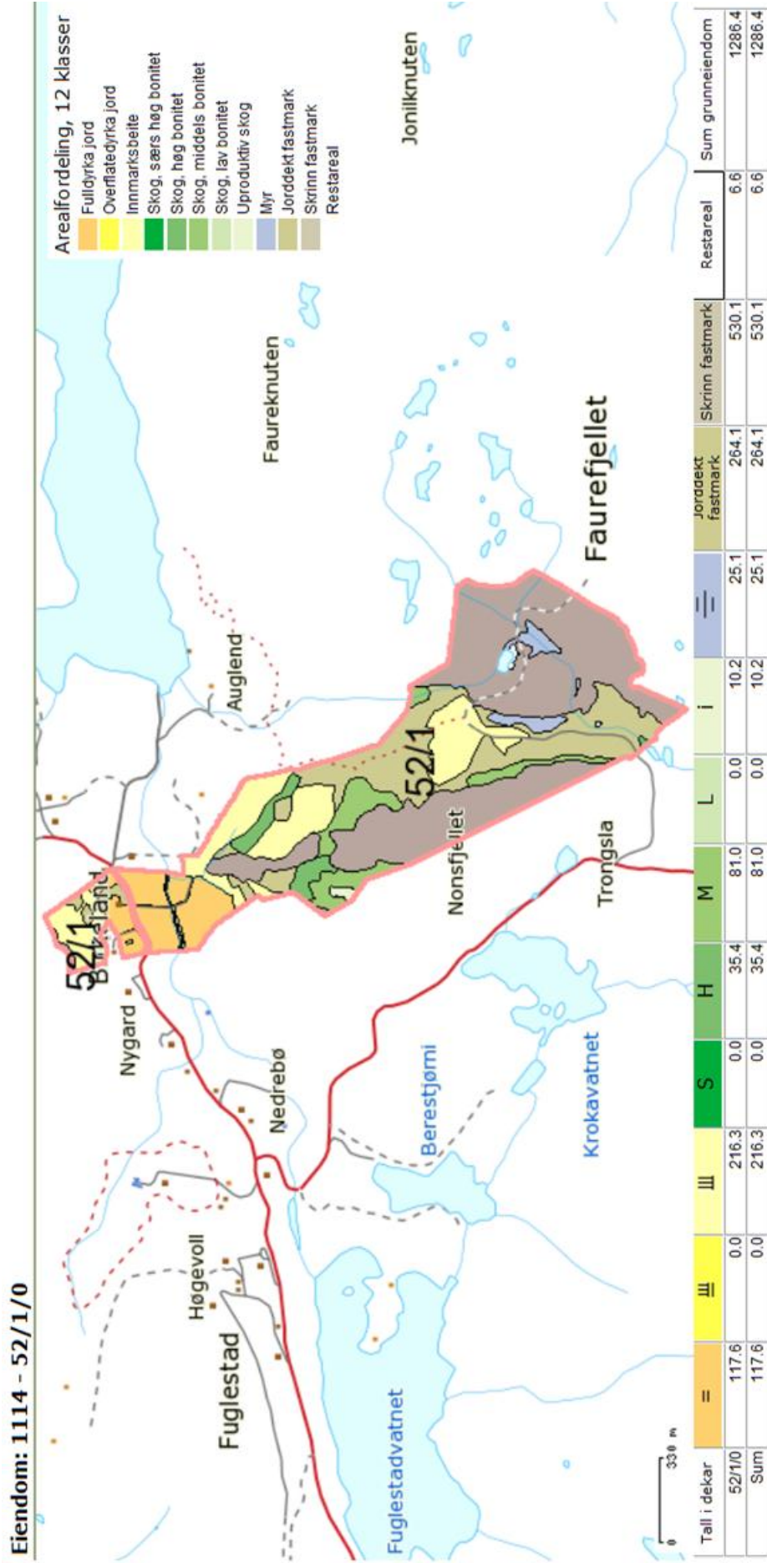
- SFT 1997. Miljøsmål for vannforekomstene, sammenhenger mellom utslipp og virkning., Veiledning 95:01., SFT-rapport TA 1138., 50 sider.
- SFT Veileder 95:02. Tilførselsberegninger. SFT-rapport TA-1139/1995, 52 pp.
- SFT Veiledning 95:01 Miljøsmål for vannforekomstene – sammenhenger mellom utslipp og virkning., SFT-rapport TA 1138/1995: 50 sider.
- SFT Veiledning 97:04 Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann., SFT-rapport TA 1468/1997: 31 sider.
- Tjomsland, T., I. Tryland og Venkat Kolluru 2010: Birkelandsvatn som ny drikkevannskilde. Plassering av vanninntak og vurdering av forurensningspåvirkninger ved bruk av matematisk strøm- og spredningsmodell., NIVA-rapport Lnr. 6028-2010., 66 sider.
- Vollenweider R. 1976. Advance in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33: 53-83.
- Wright, R.F., Ø. Kaste, K. Austnes, L.B.Skancke, 2011: Vurdering av utvikling av fargetall og TOC i Birkelandsvatn, Rogaland., NIVA-rapport 6224-2011., 37 sider.

10. Vedlegg 1-Detaljerte gårdskarter over alle eiendommer

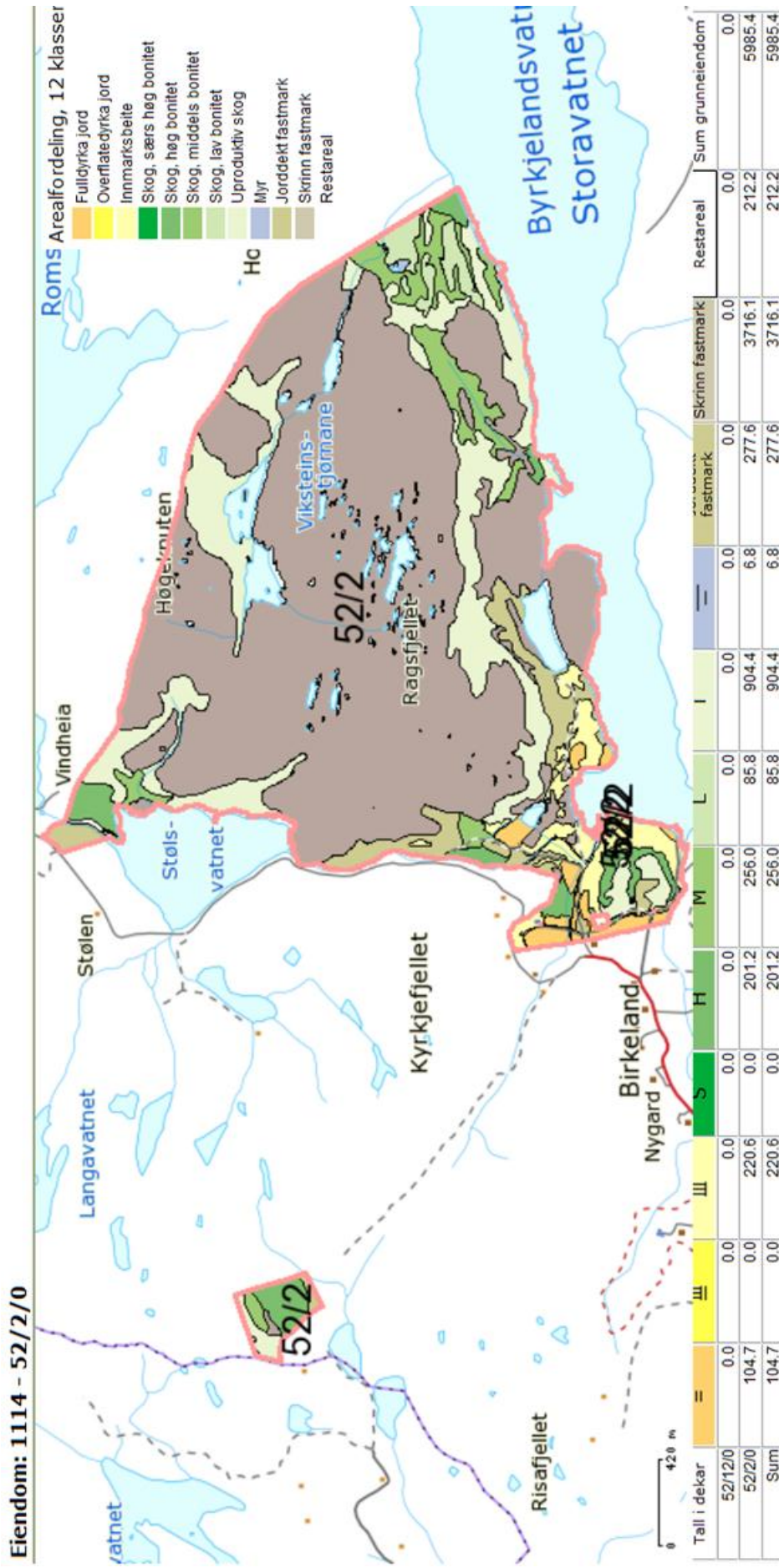


Figur 28. Gårdsbruk i Nærabø-Birkelandsområdet

Gårdsdata etter www.skogoglandskap.no



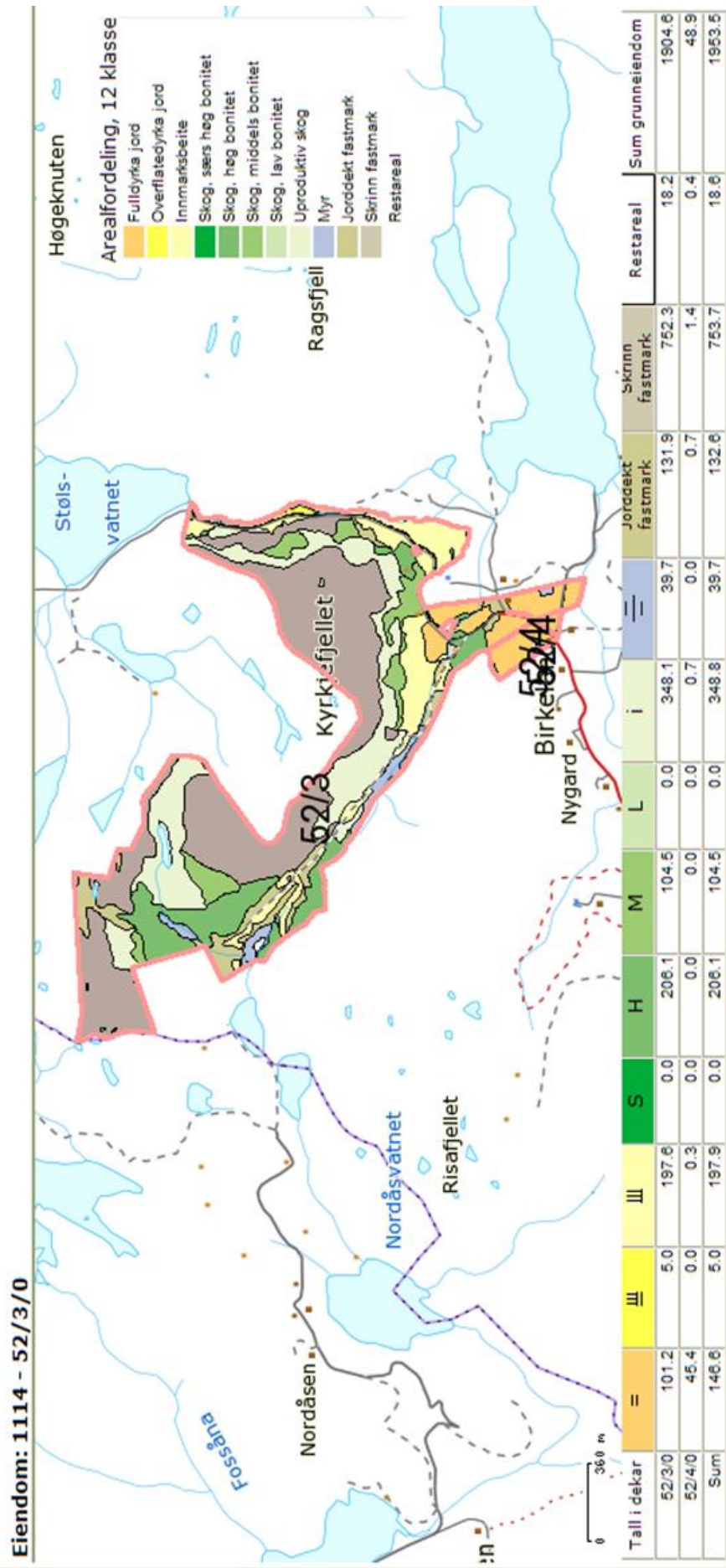
Figur 29. Gårdskart Gbnr 52/1/0



Figur 30. Gårdskart Gbnr 52/2

Eiendom: 1114 - 52/3/0

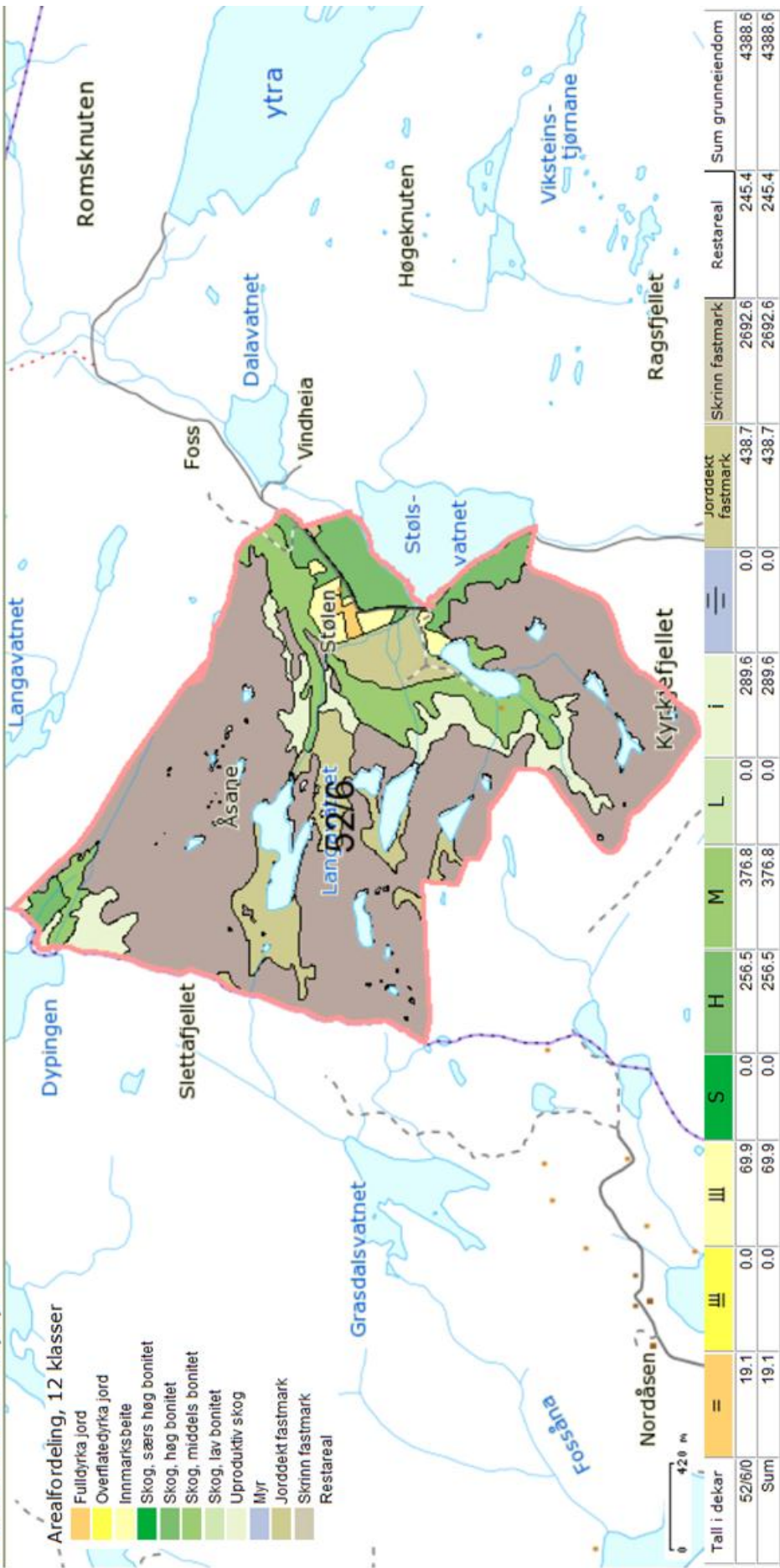
1:20800



52/3 og 52/4 og 52/15 er samme eiendommen etter disse kartene

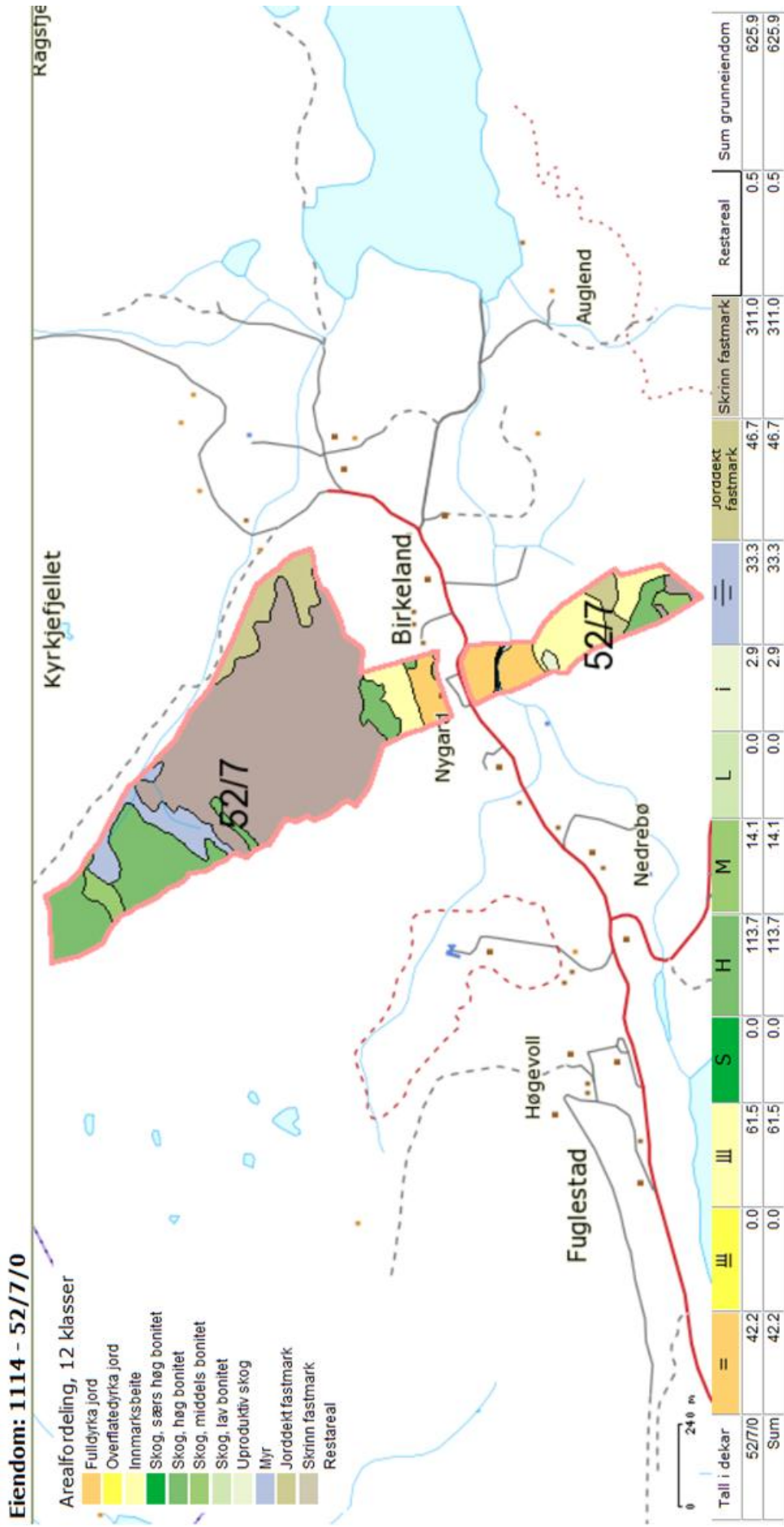
Figur 31. Gårdskart Gbnr 52/3

Eiendom: 1114 - 52/6/0

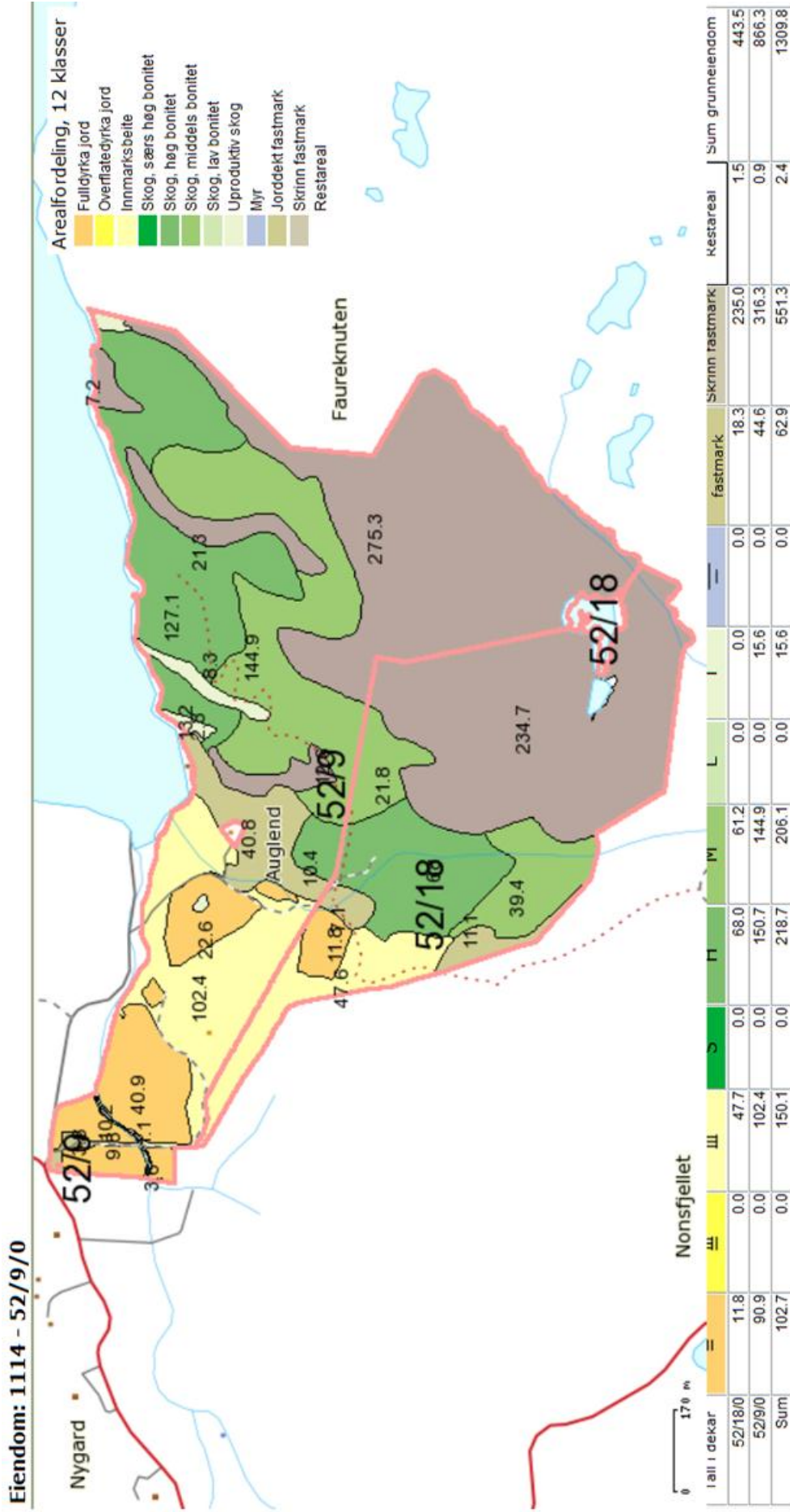


52/6 og 52/10 er samme eiendommen etter disse kartene.

Figur 32. Gårdskart Gbnr 52/6

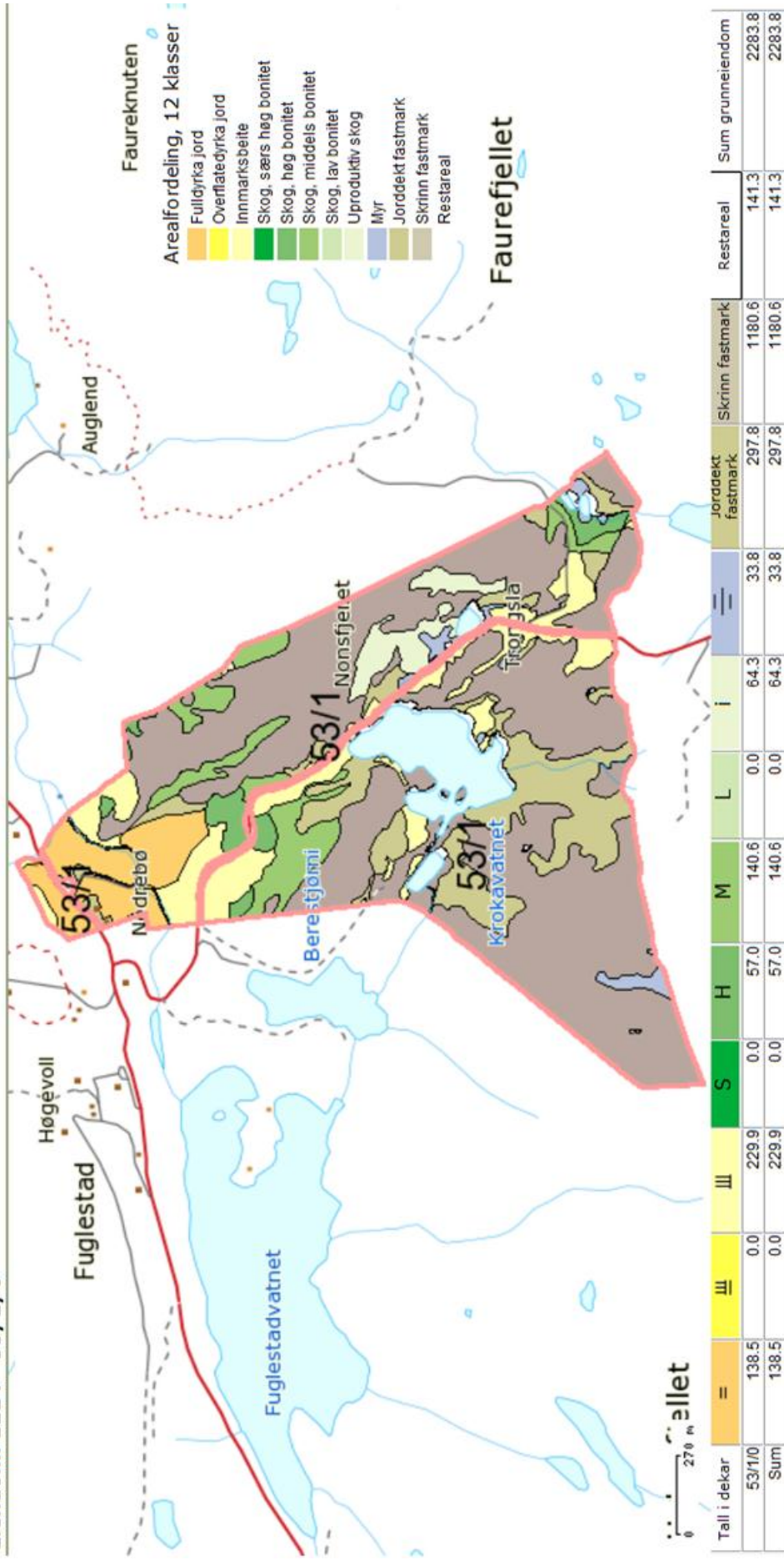


Figur 33. Gårdskart Gbnr 52/7

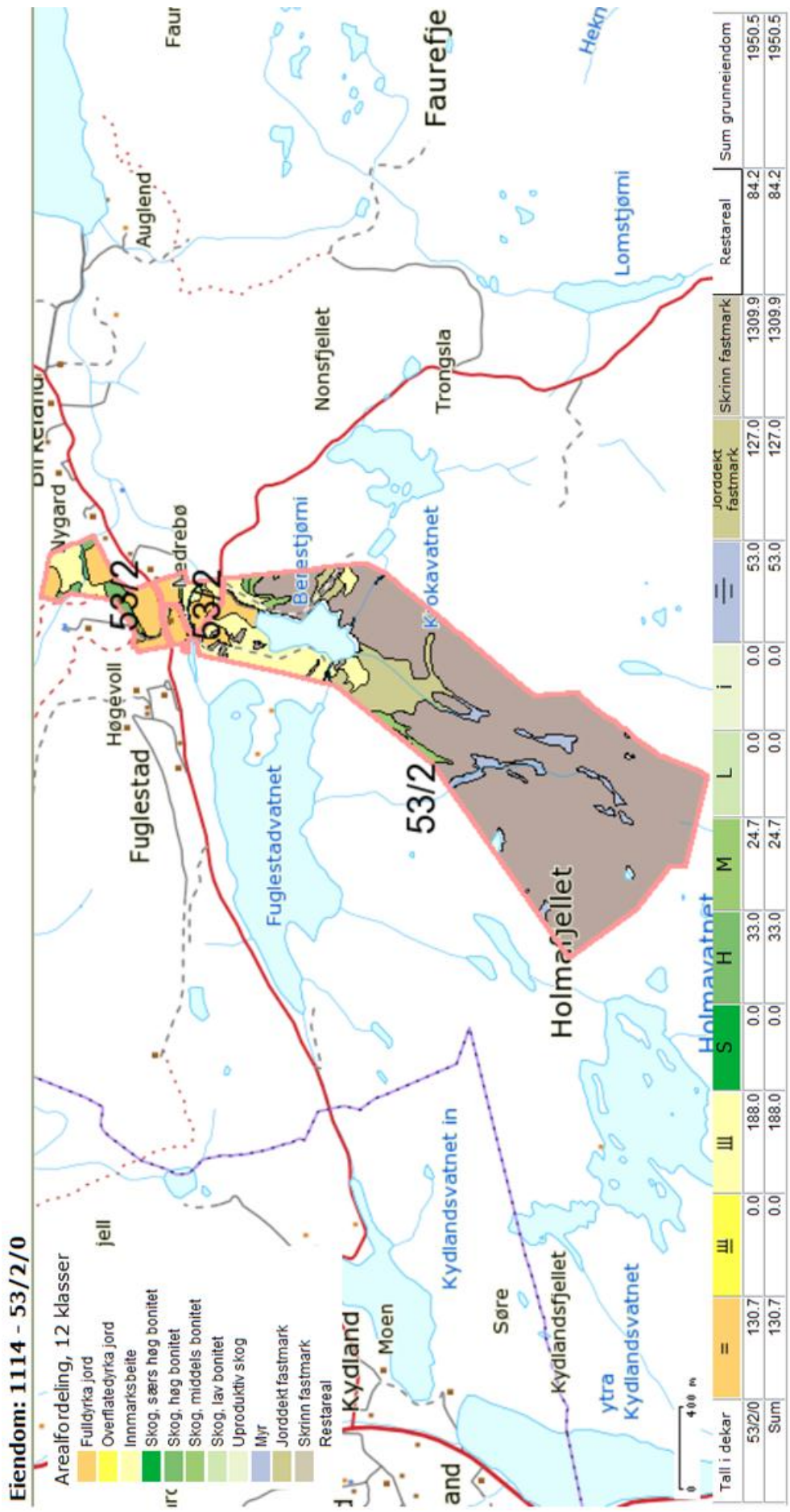


Figur 34. Gårdskart Gbnr 52/9

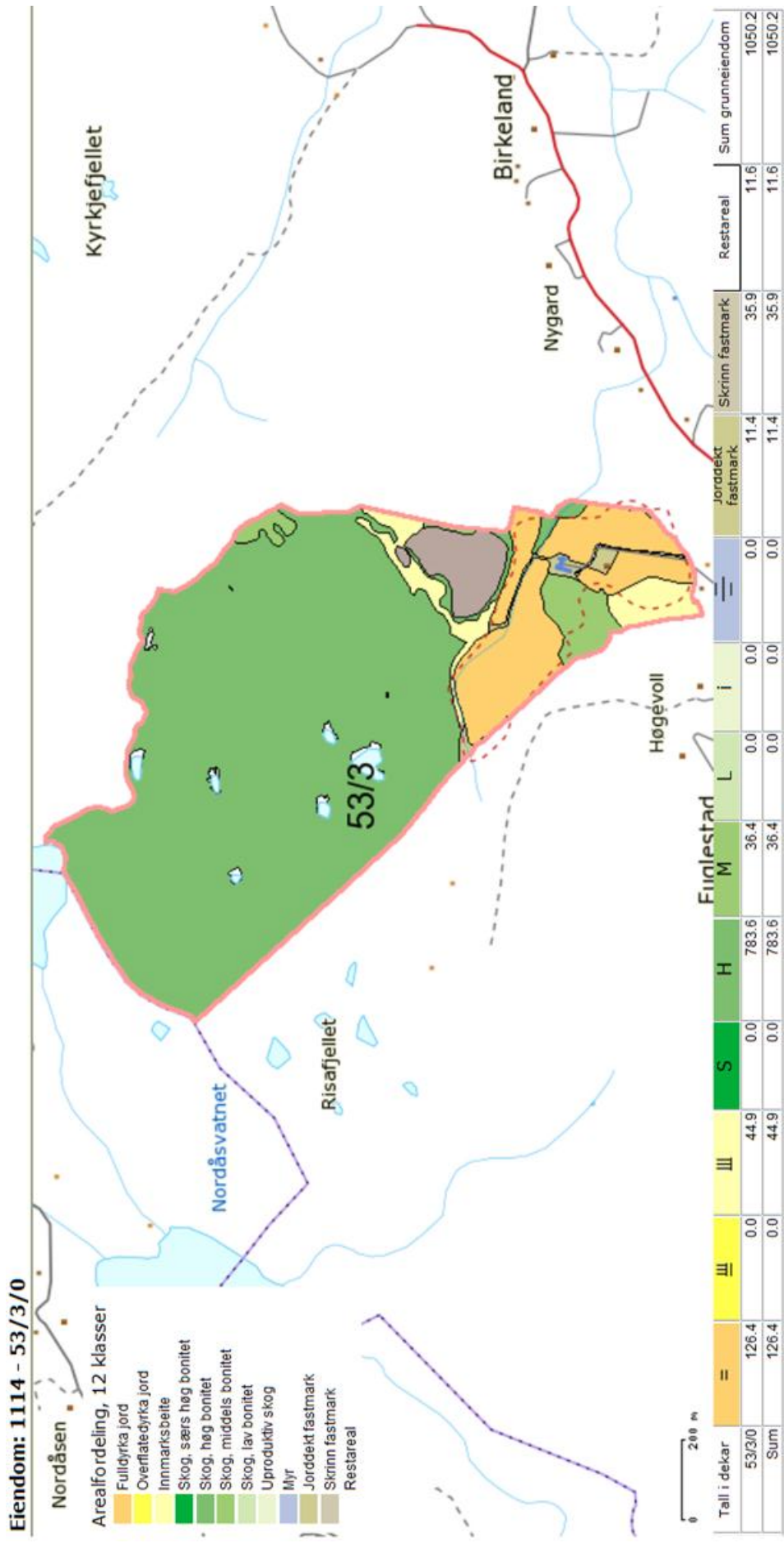
Eiendom: 1114 - 53/1/0



Figur 35. Gårdskart Gbnr 53/1

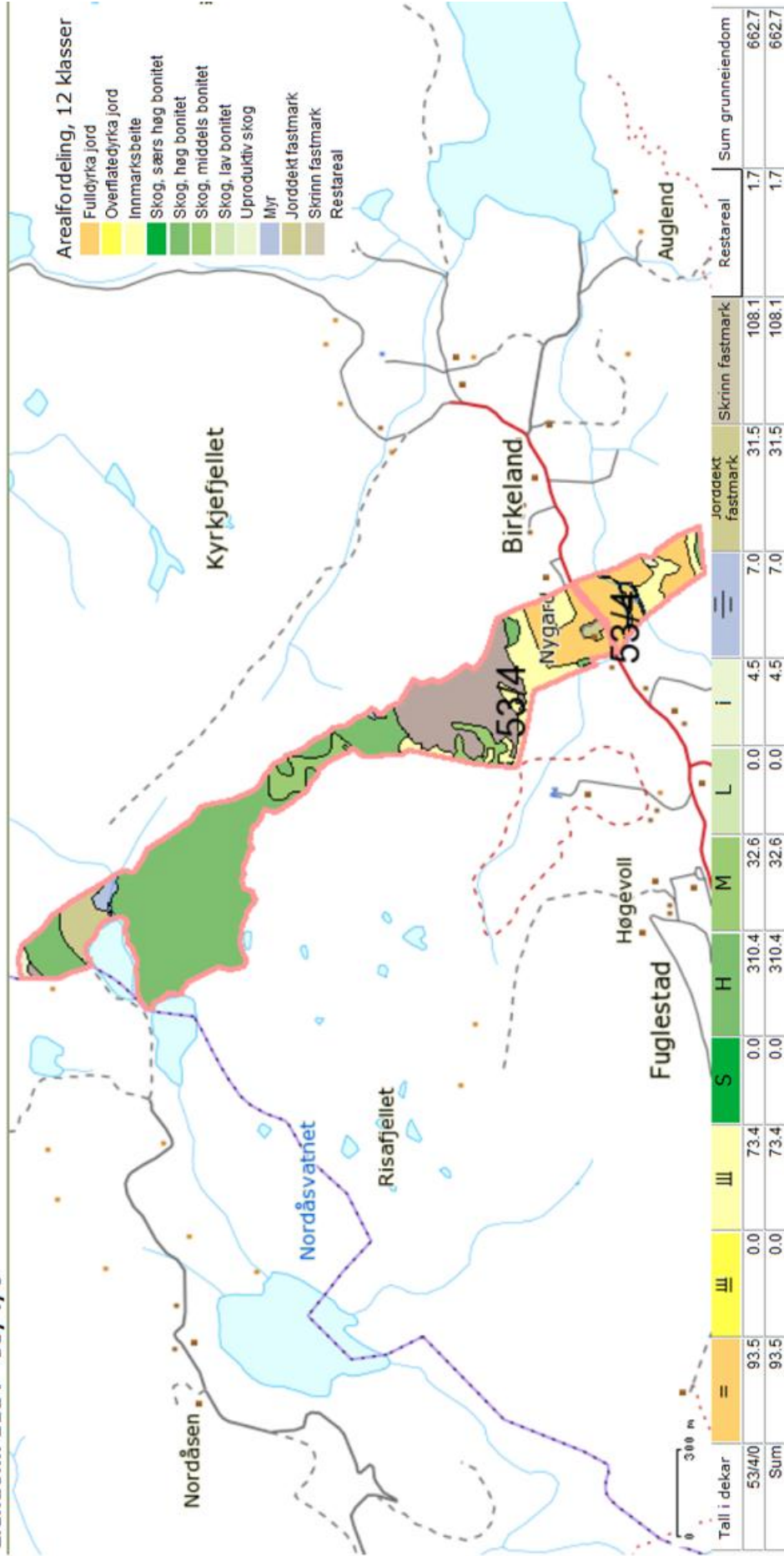


Figur 36. Gårdskart Gbnr 53/2



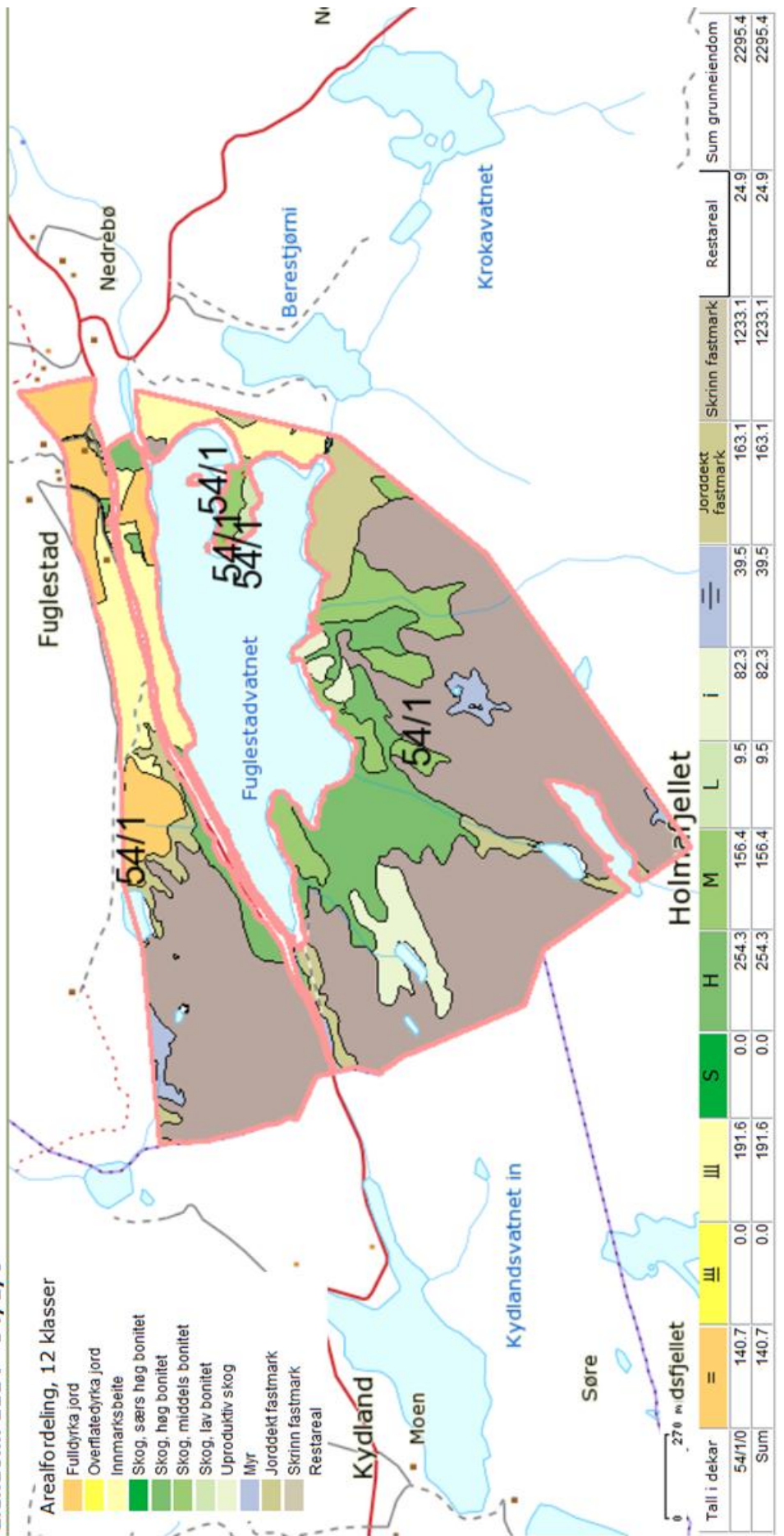
Figur 37. Gårdskart Gbnr 53/3

Fiendom: 1114 - 53/4/0



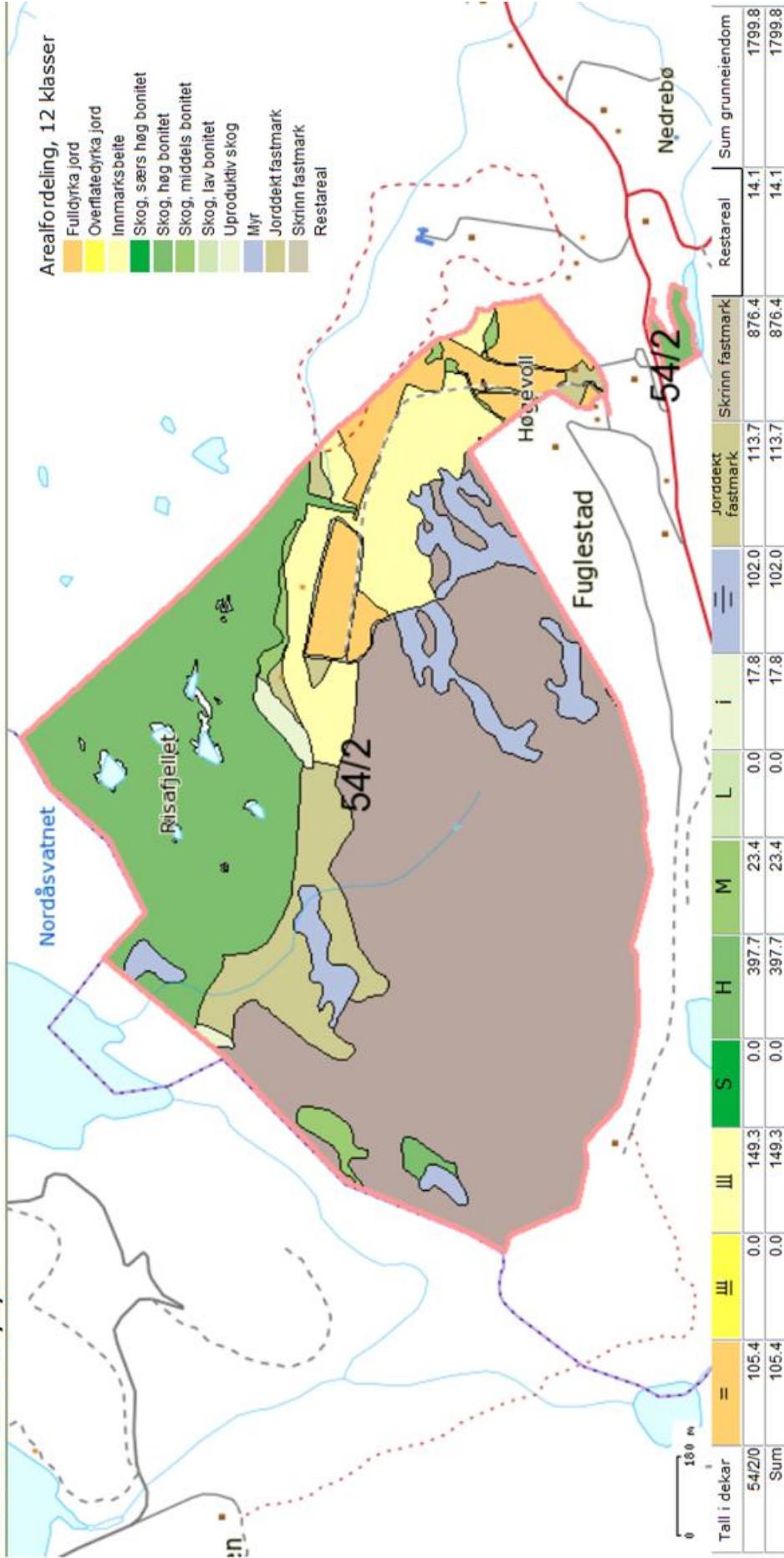
Figur 38. Gårdskart Gbnr 53/4

Eiendom: 1114 - 54/1/0

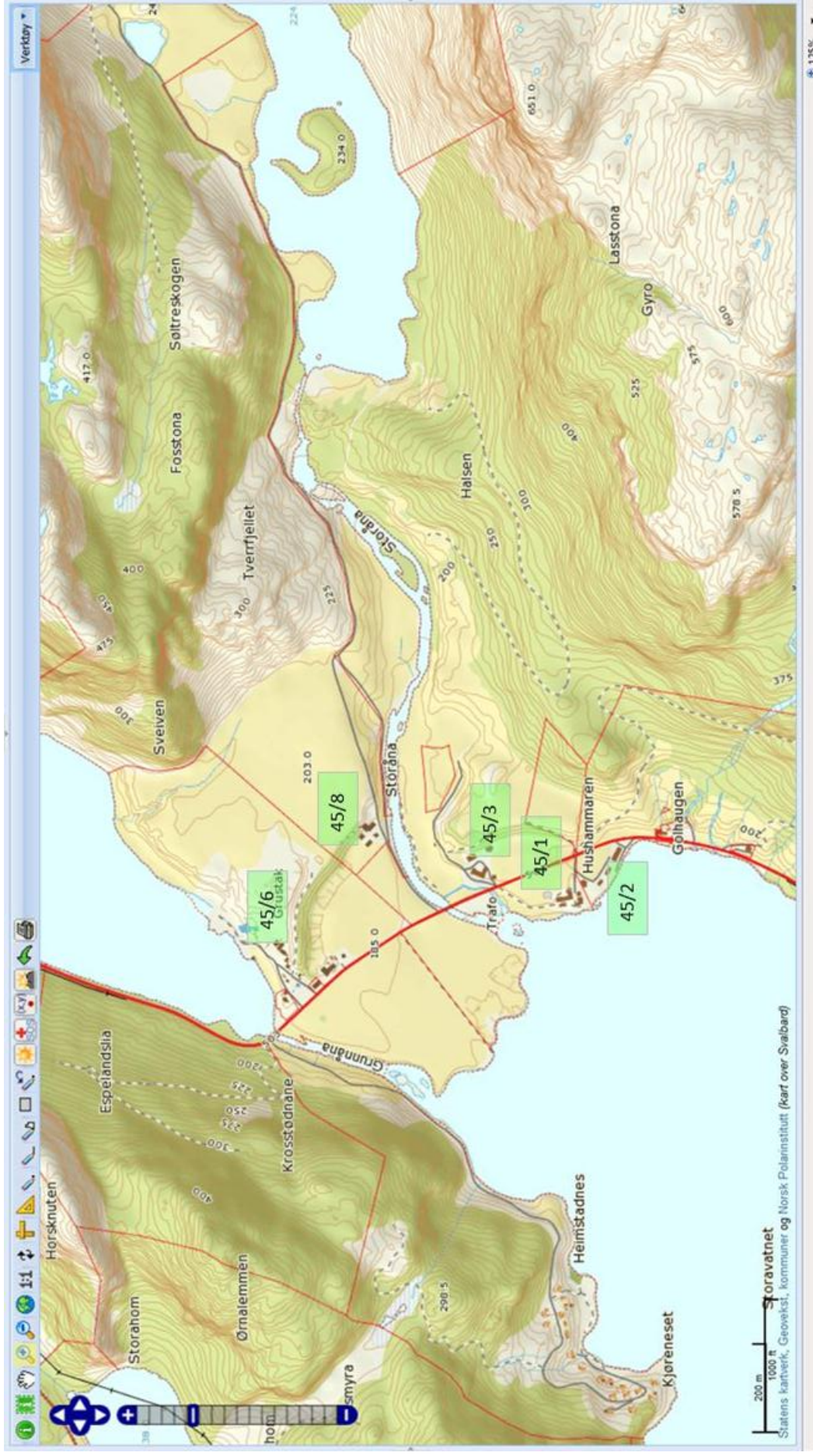


Figur 39. Gårdskart Gbnr 54/1

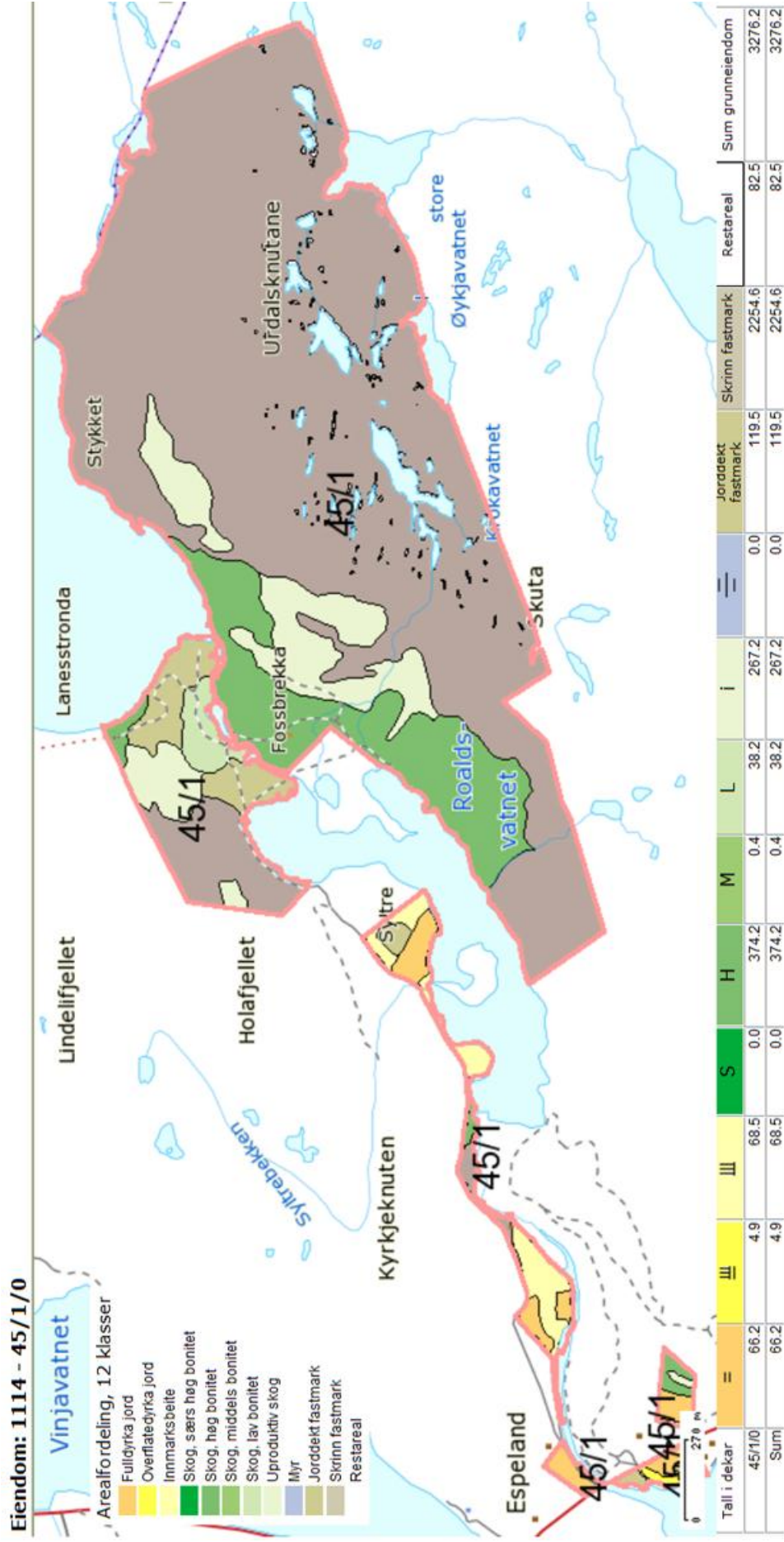
Eiendom: 1114 - 54/2/0



Figur 40. Gårdskart Gbnr 54/2

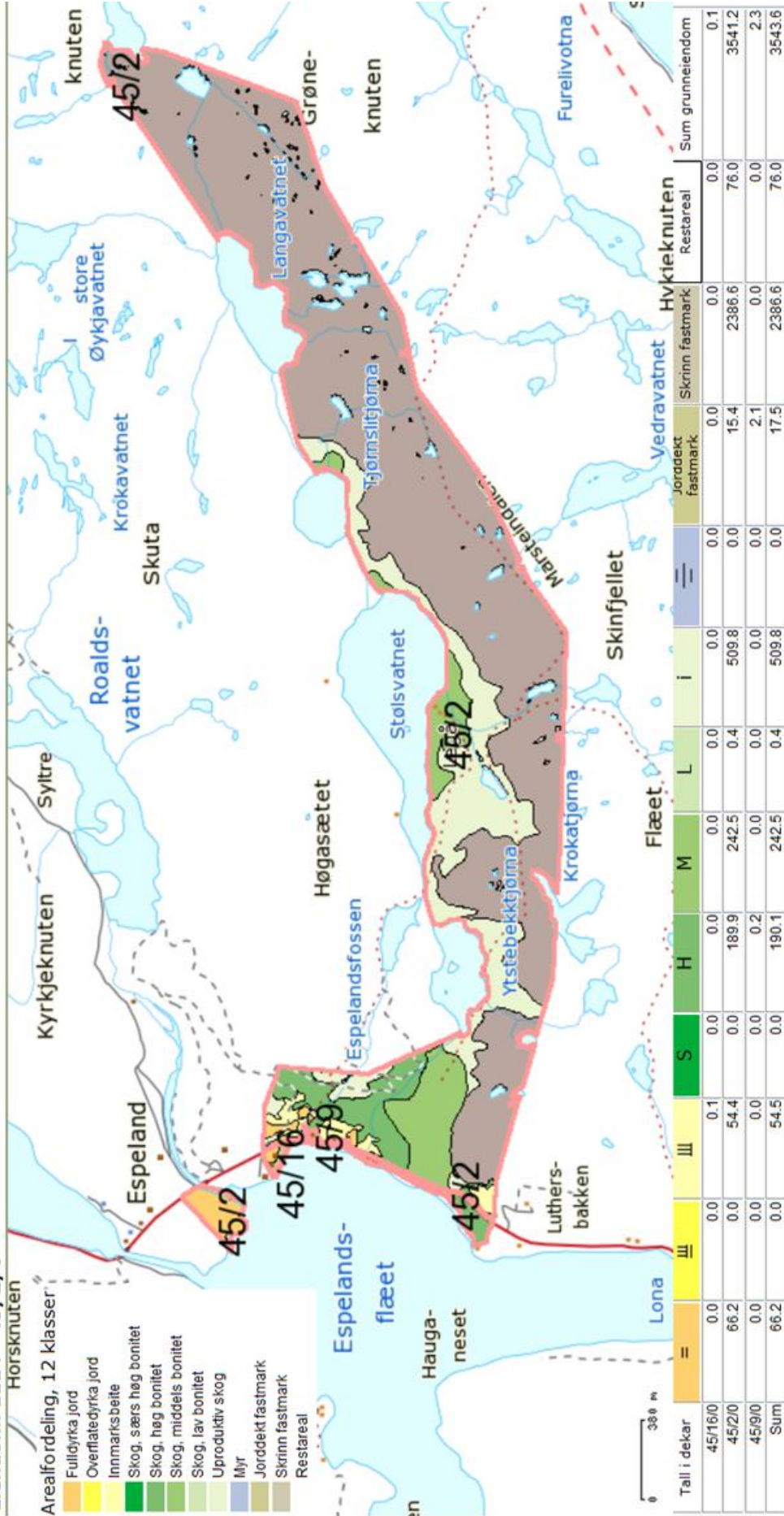


Figur 41. Gårdsbruk i Espelandområdet

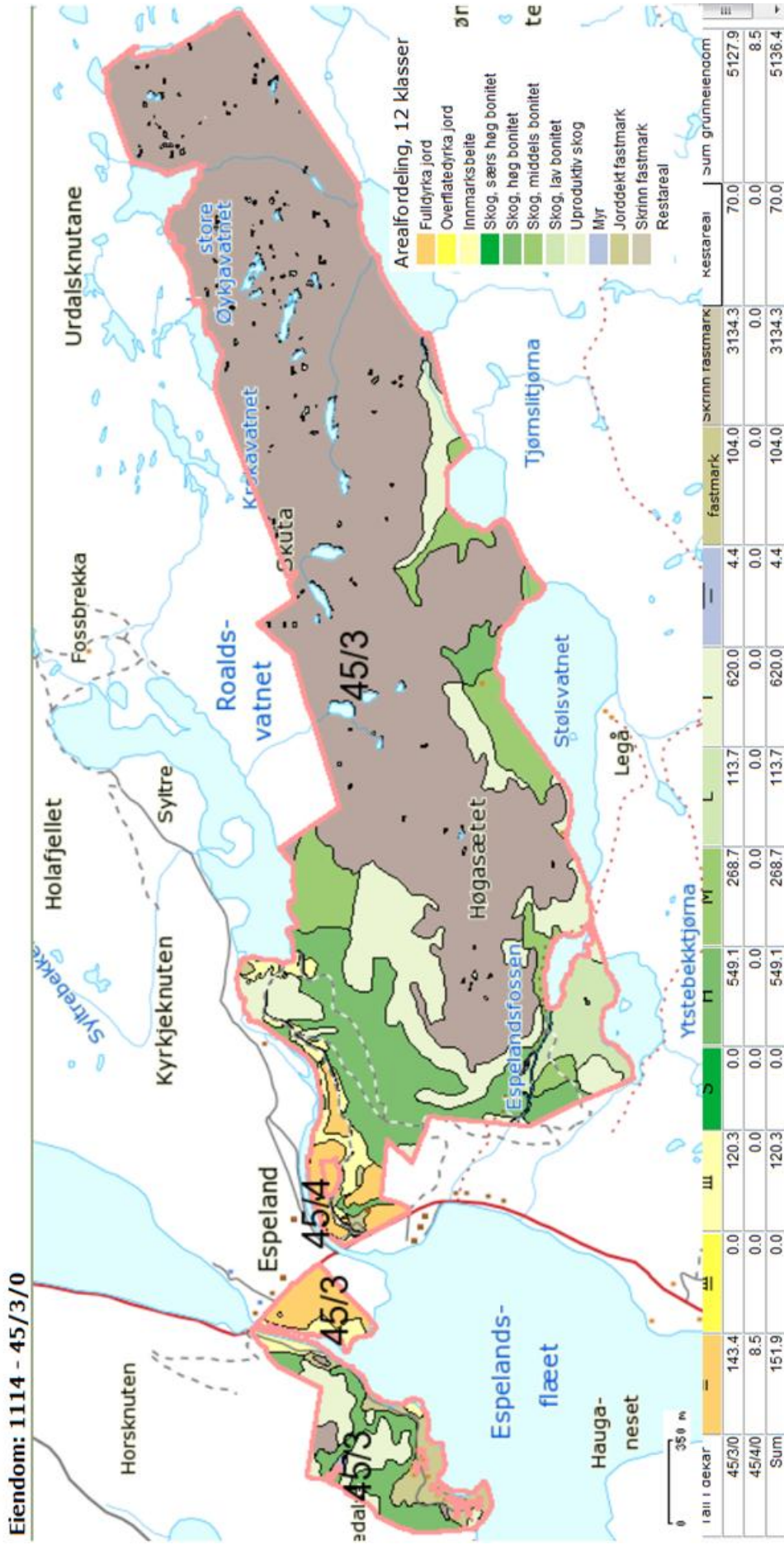


Figur 42. Gårdskart Gbnr 45/1

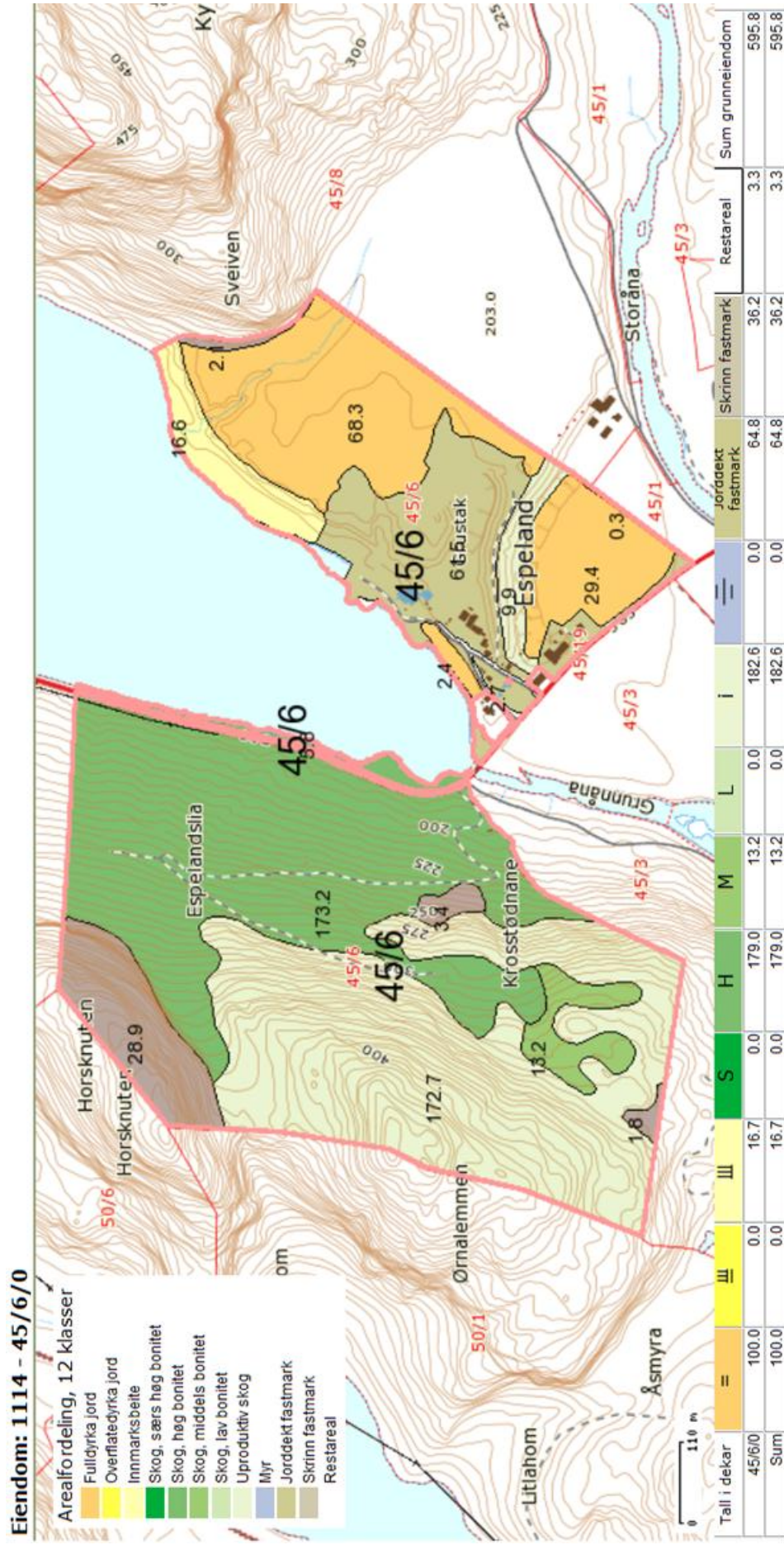
Eiendom: 1114 - 45/2/0



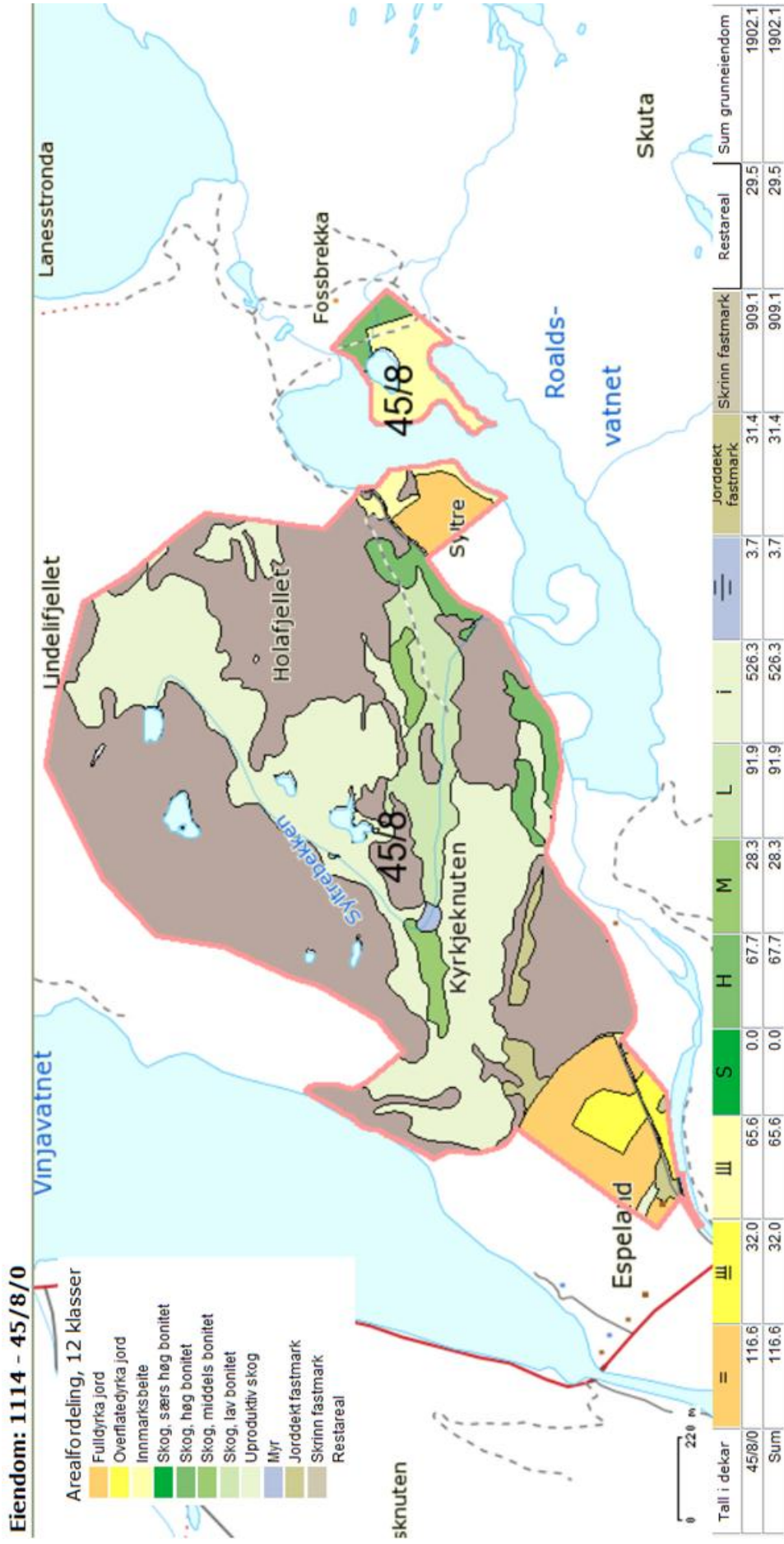
Gårdskart Gbnr 45/2



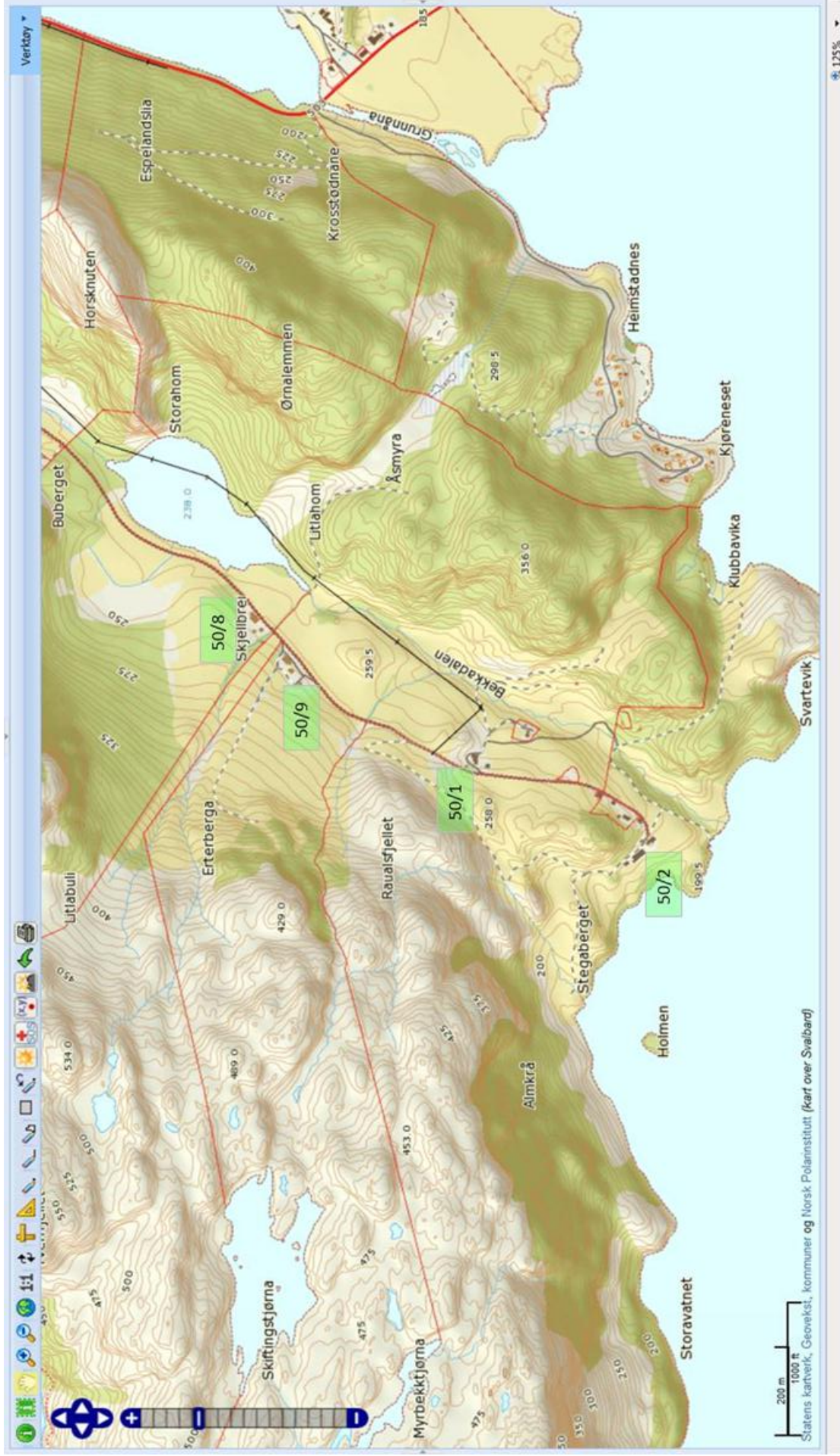
Figur 43. Gårdskart Gbnr 45/3



Figur 44. Gårdskart Gbnr 45/6

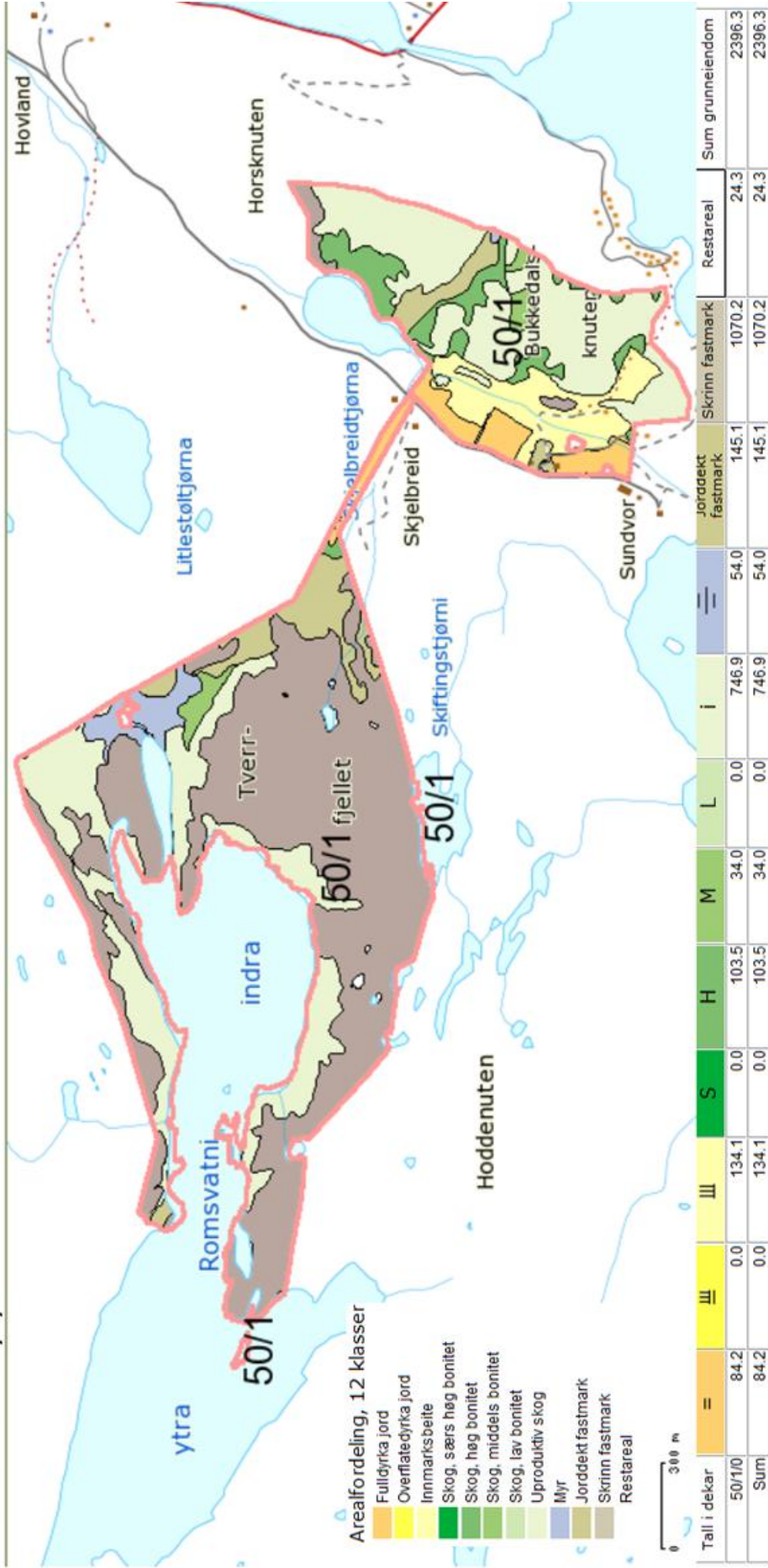


Figur 45. Gårdskart Gbnr 45/8

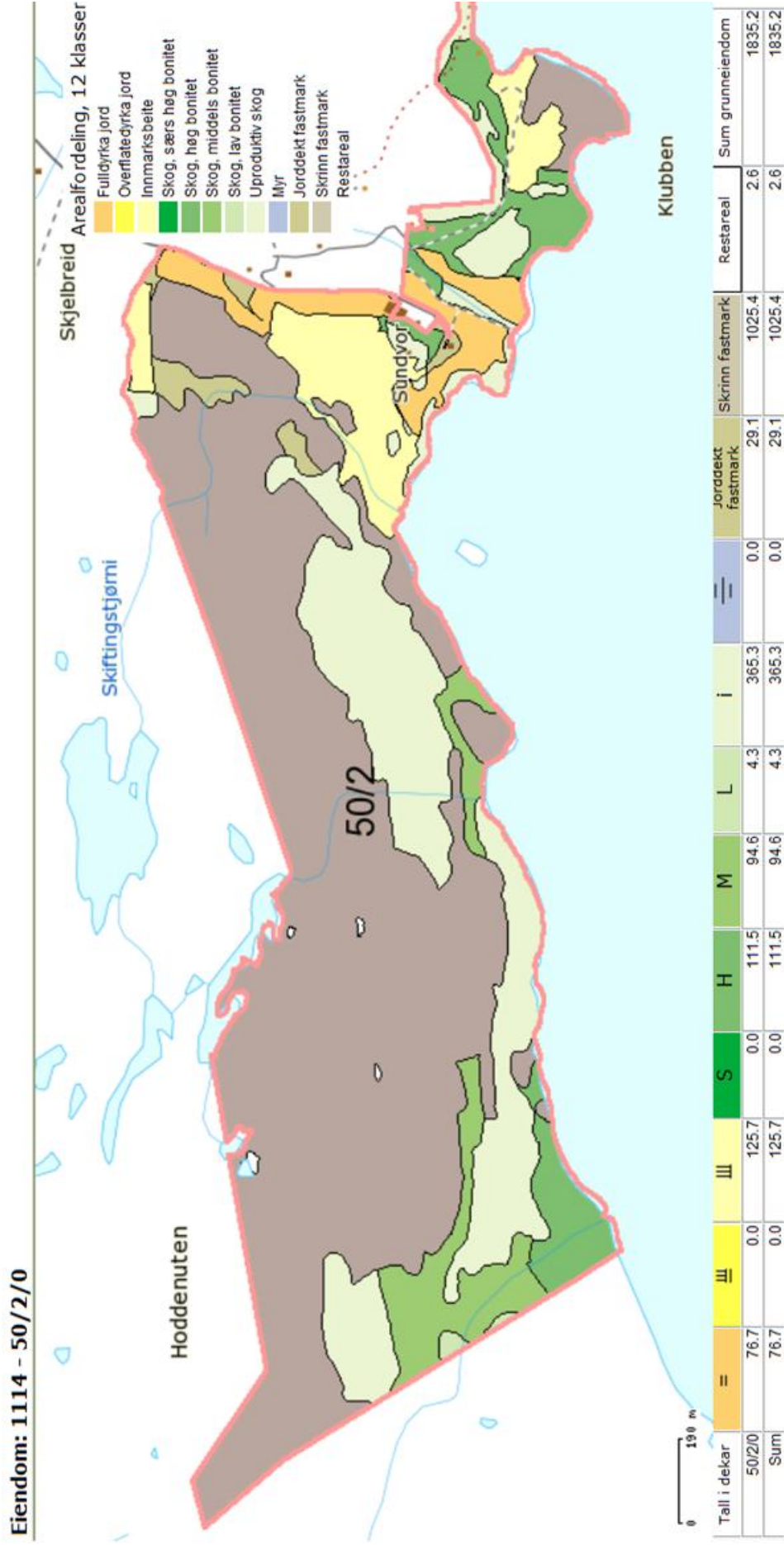


Figur 46. Gårdsbruk i Sundvor området

Eiendom: 1114 - 50/1/0

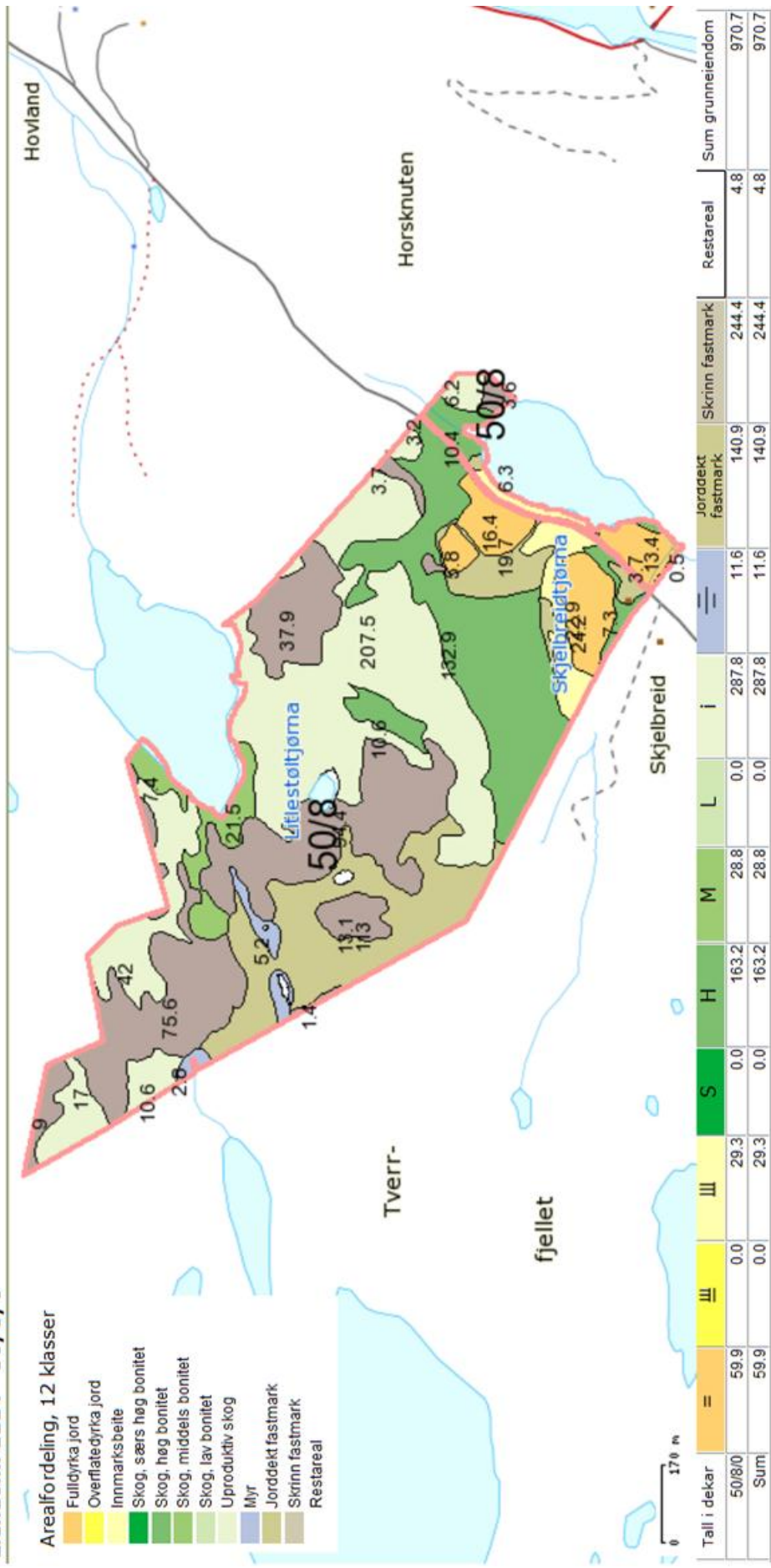


Figur 47. Gårdskart Gbnr 50/1

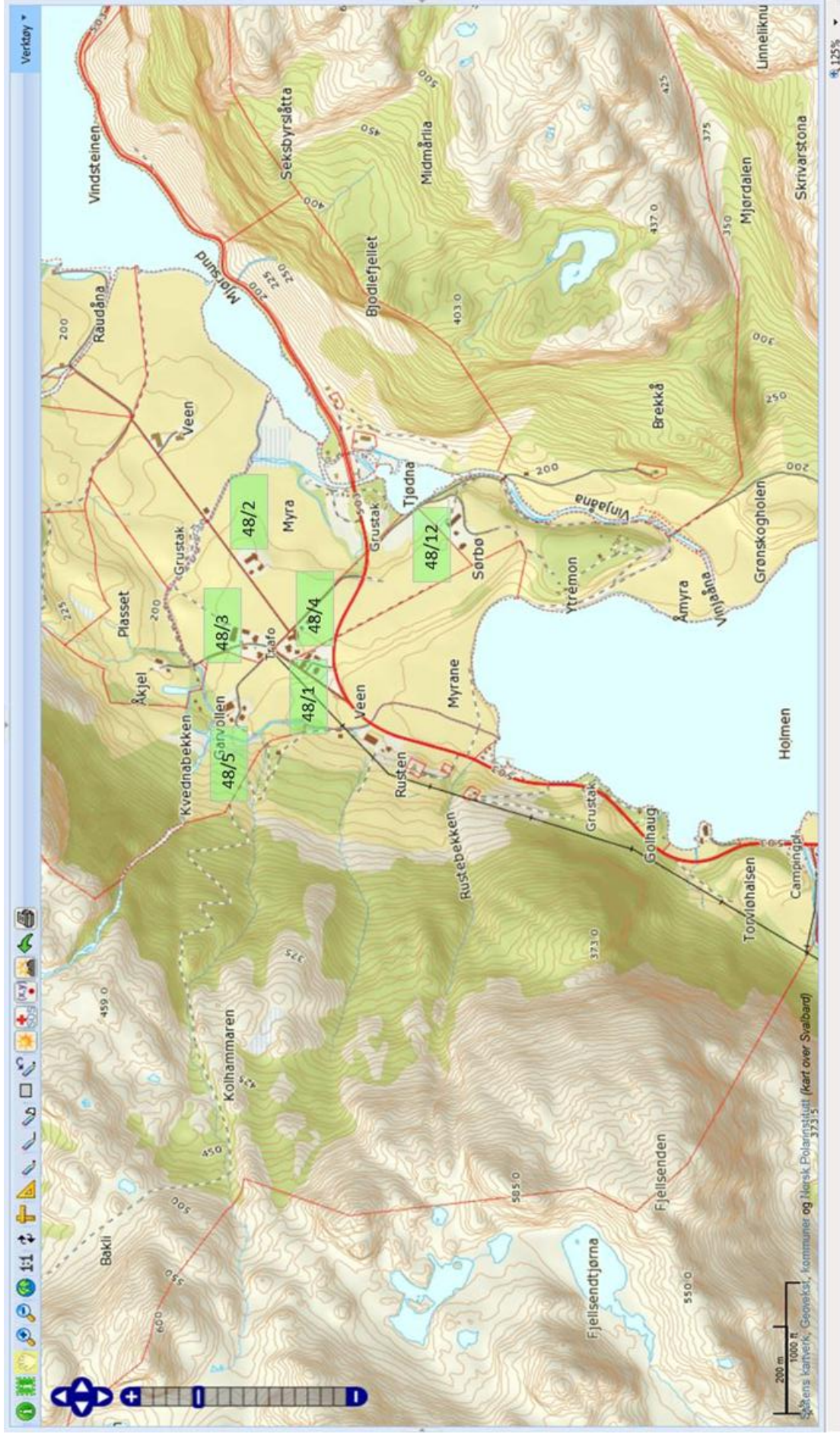


Figur 48. Gårdskart Gbnr 50/2

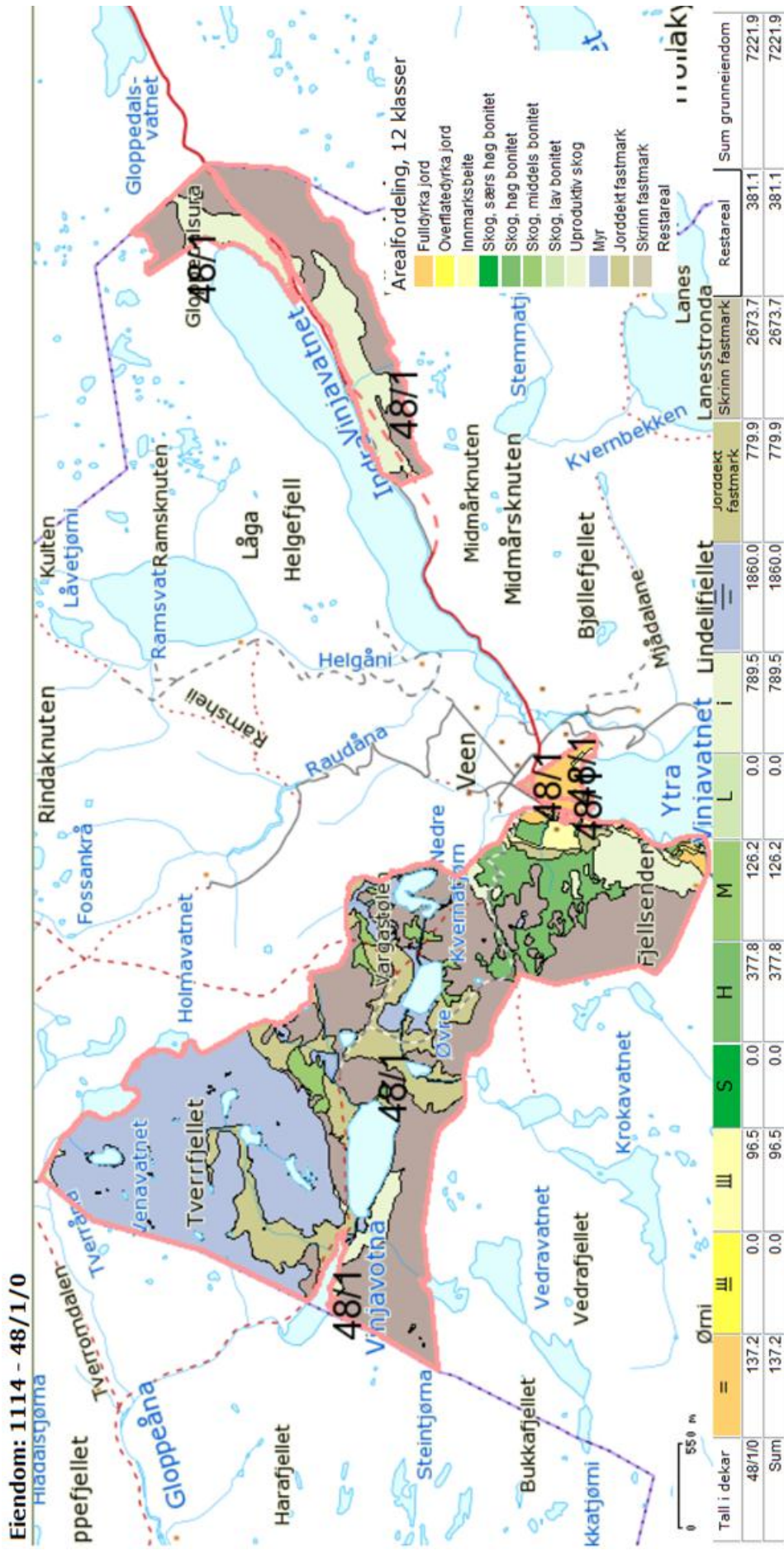
Eiendom: 1114 - 50/8/0



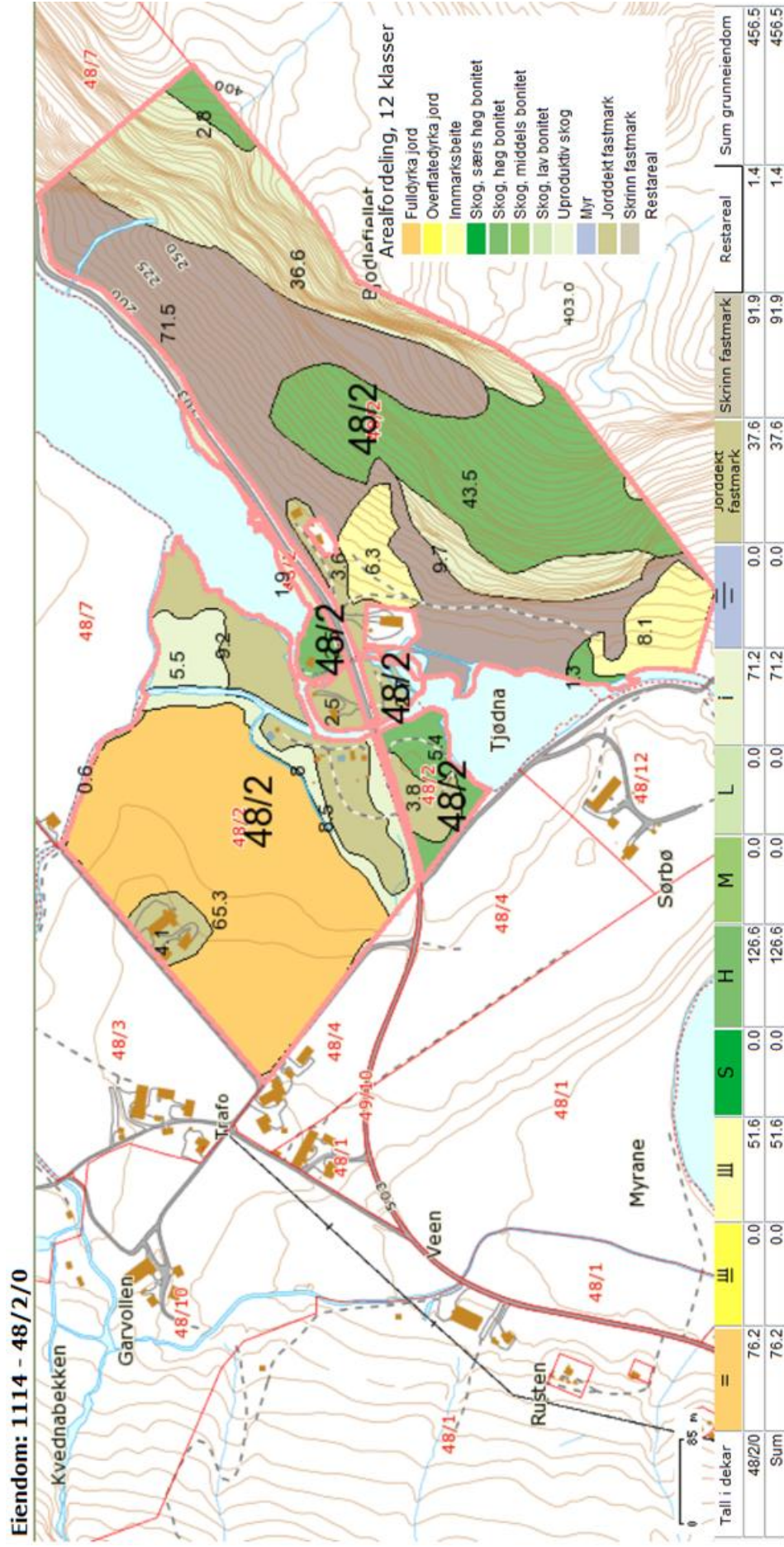
Figur 49. Gårdskart Gbnr 50/8



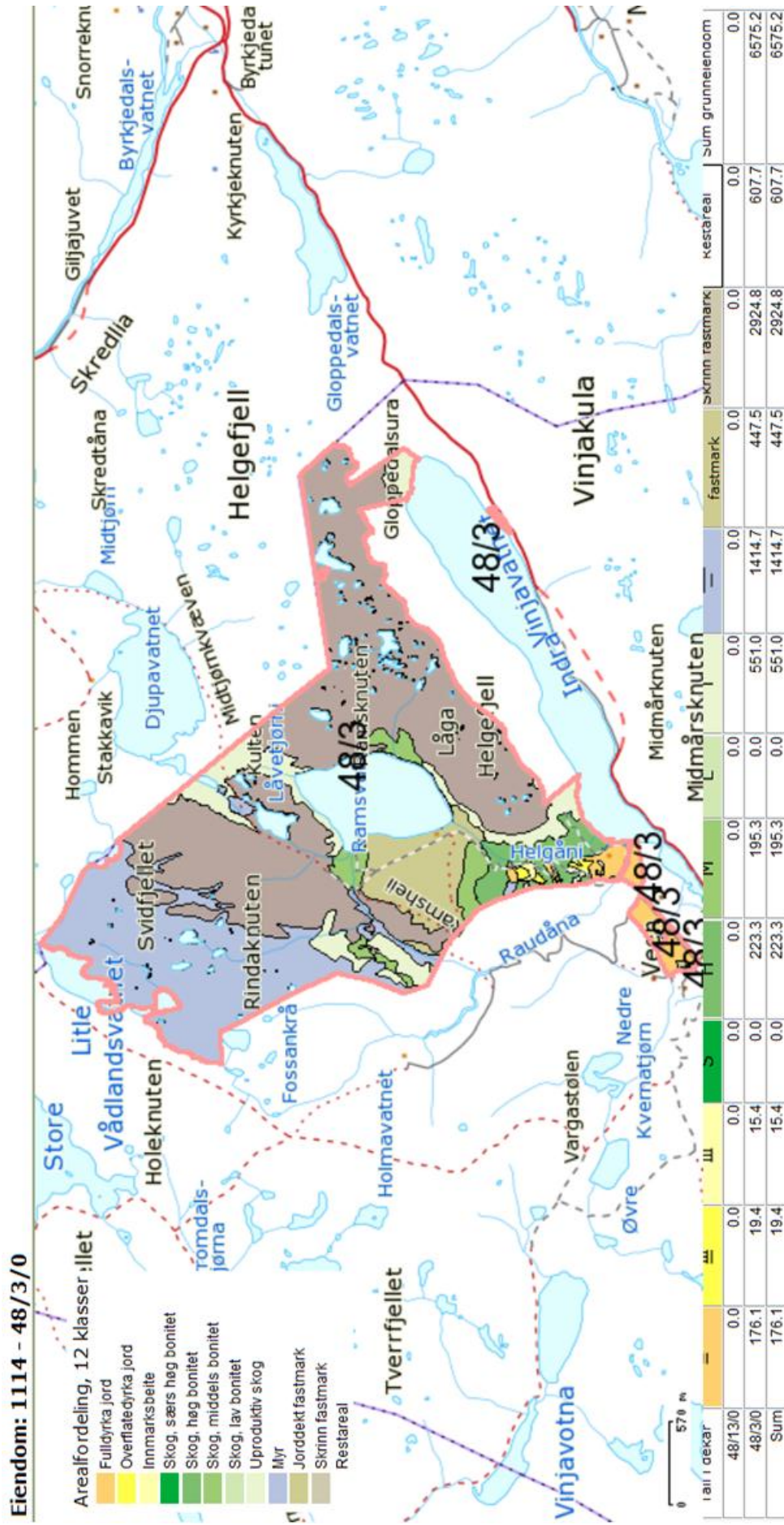
Figur 51. Gårder i Veen-området



Figur 52. Gårdskart Gbnr 48/1

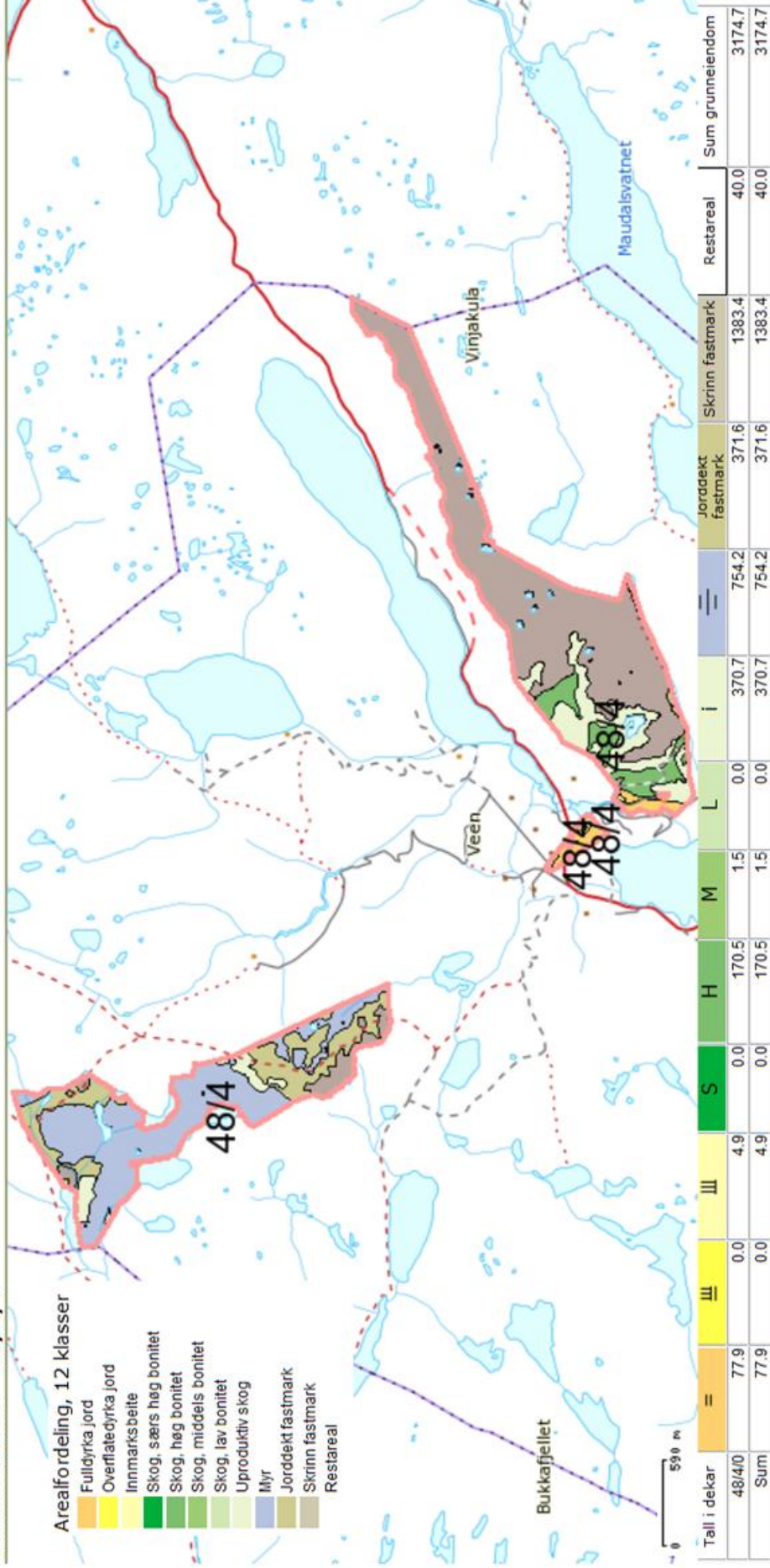


Figur 53. Gårdskart Gbnr 48/2



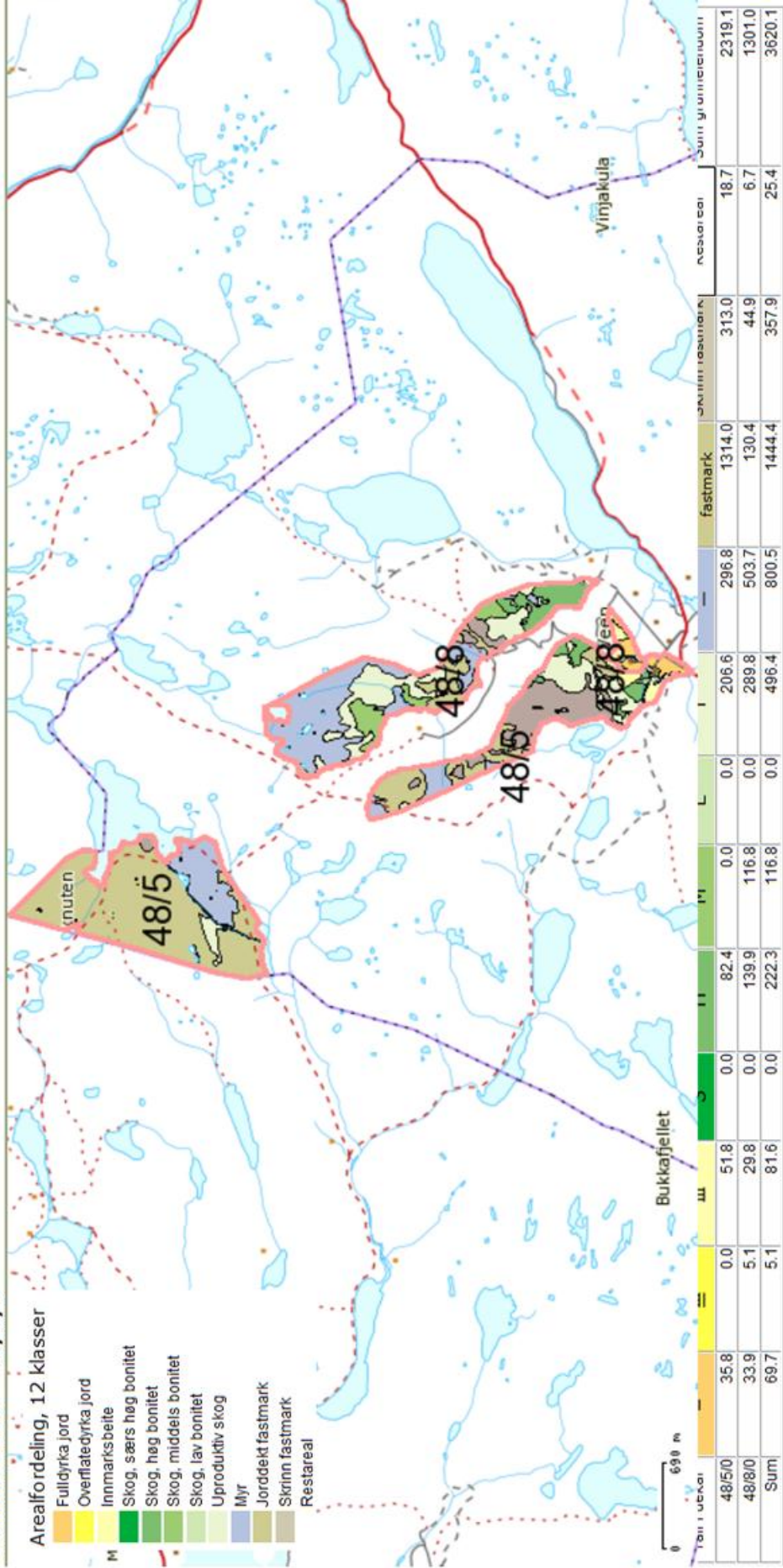
Figur 54. Gårdskart Gbnr 48/3

Eiendom: 1114 - 48/4/0

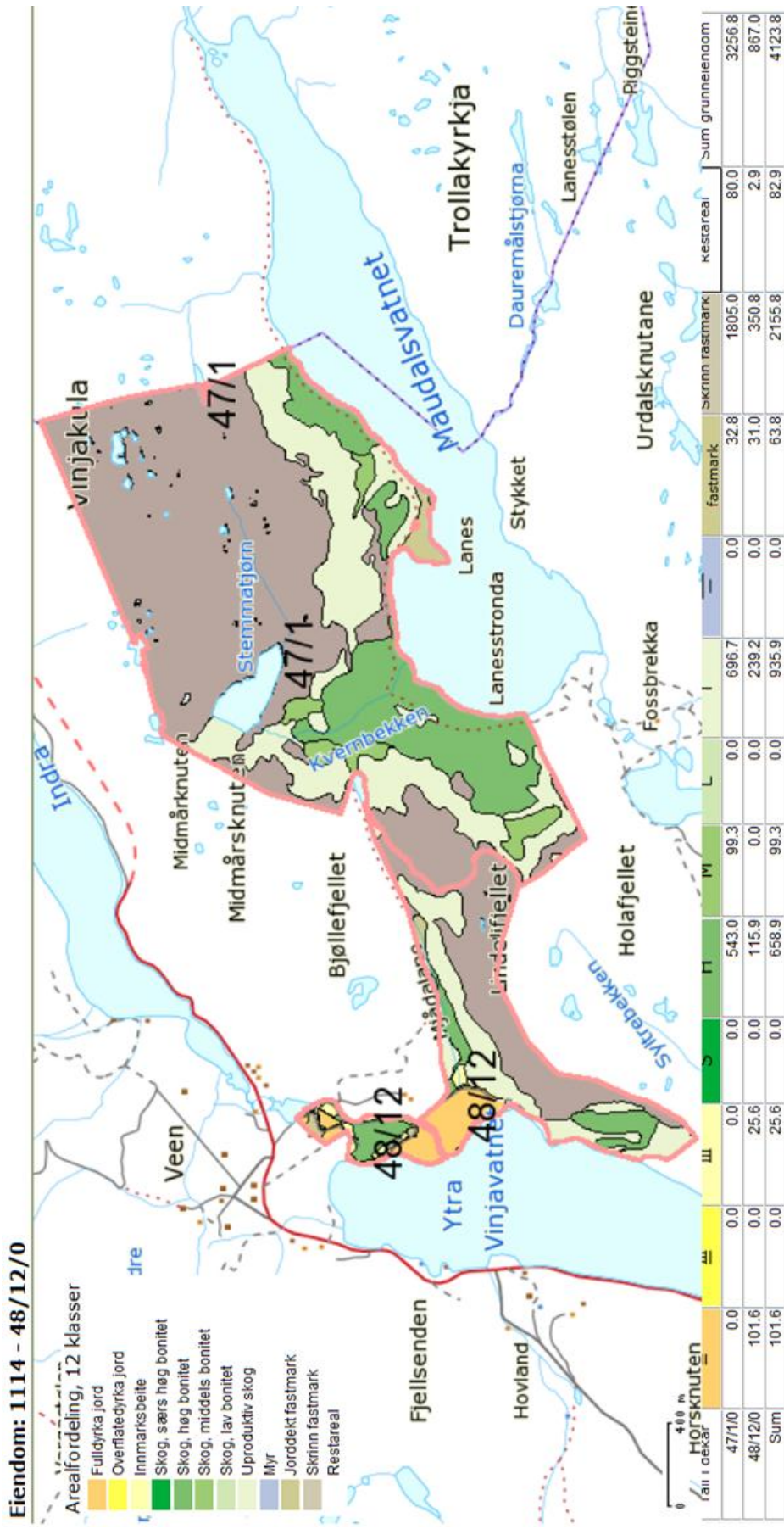


Figur 55. Gårdskart Gbnr 48/4

Eiendom: 1114 - 48/5/0



Figur 56. Gårdskart Gbnr 48/5



Figur 57. Gårdskart Gbnr 48/12

11. Vedlegg 2-Intervjunotater fra 19 gårdsbesøk i Bjerkreim Okt 2011

Nedrebøfeltet

Arild Birkeland, Gbnr 52/1

120 da fulldyrka, 200 da gjødsla beite, 20 voksne storfe, 4 ungdyr og kalver, ca 70 vinterfora sau (1,75 lam per sau). Har dyra normalt inne om vinteren, men mange har sauene ute. Melkekuene er inne, men ammefe er ute om vinteren med tilgang til bingefjøs.

Magnus Svela (Fuglestadvannet), Gbnr 54/1

140 da fulldyrka, 200 da gjødsla beite. Har mulighet til å fulldyrke 100 da til, hvorav 30 vil drenere mot Figgjo. Har mulighet til å anlegge 150 mål med gjødsla beite hvorav 50% vil drenere mot Figgjo, dvs ut av feltet.

Sønner har 2100 gris i 3 isett. Har litt for lite spredeareal.

180 – 250 vinterfora sau (går på sprinkel). Har plass i dynga fra 1. september – 1. april. 2000 gris krever ca 400 da spredeareal. Er med i robot fjøset 240 storfe med stort og smått). Ca 60 melkekyr i robotfjøset.

Følger gjødselplan for kunstgjødsel.

Anbjørn Serikstad, Gbnr 54/2.

120 da dyrka med mulighet for å øke til 50 til på en fem års sikt.

180 da gjødsla beite som kan økes til ca det dobbelte på en ti års sikt.

160 voksne sauer pluss 250 lam.

30 voksne storfe pluss 30 ungdyr. Vil muligens utvide storfe holdet litt.

Svein Solberg, Gbnr 52/15 52/3 52/4

200 da fulldyrka.

259 da gjødsla beite – planer om å øke dette med ca 100 da.

40 kjøtt kveg – skifter til limousin typen.

Bruker ca 30 tonn kunstgjødsel (NPK om våren og en runde med N på sommeren).

Ola Birkeland, Gbnr 52/2, 52/12

Dårlig veg på myr som ikke vil tåle tungtrafikken. Sauene vil ikke ...?

105 da fulldyrka (mest gras, men 4 da kålrot og 1 da poteter).

220 da med gjødslet beite. Ingen utvidelsesmuligheter og derfor ingen planer om dette.

10 voksne melkekyr og ca 10 kalver og ungdyr.

80-85 vinterfora sau.

Gjødsler nesten bare med naturgjødsel. Bruker 1500 kg kalk salpeter og ca 600 kg fullgjødsel 22-2-12.

Anette Nedrebø, Gbnr 53/3

129 da fulldyrka mark, 60 mål med gjødsla beite. 500 mål utmark.

28 kuer + 20 ungdyr og kalver

Kjører ut gjødsla i 3 runder, i april – rundt St. Hans – i slutten av august. Det meste kjøres ut om våren, ca 3,5 tonn per mål og ca 3 tonn per mål ved de neste gjødslingene.

Bruker ca 12 tonn kunstgjødsel i tillegg (fullgjødsel 22-2-12 og 18-3-15, samt og N mest som AN).

Brakker ca 20 mål i året med roundup, og brukes tomahawk mot høymol.

Kåre Søyland, Gbnr 52/9

107 mål fulldyrka. Kan muligens øke det dyrkede arealet med 50 mål, men har ingen planer om det. 110 da gjødsla beite.

20 kviger og 50 sauer (20-30 voksne).

Driver også en gård på Søyland og kjører derfor en del møkk derfra og hit (trenger spredeareal). Bruker i alt 1 tonn fullgjødsel her og 2 tonn AN. Brakker ca 10-15 mål med roundup hvert år. Bruker tomahawk og Alley mot høymol.

Viljen Nedrebø, Gbnr 53/2

150 mål fulldyrka (lite muligheter for utvidelse)

260 mål gjødsla beite - dette kan utvides med 100 da til.

30 voksne kuer pluss 40 ungdyr inkludert kalv og stut

65 sau

3 katt

15 tonn kunstgjødsel i året, nesten bare nitrogen.

Nesten ingen sprøyting (litt mot høymol en sjelden gang).

Sauen ute en gang per dag om vinteren for å lufte seg, ellers inne om vinteren.

Kuene inne fra oktober til mai.

Sundvorfeltet

Trond Hjorteland, Gbnr 50/8

Fulldyrka: 65 mål og har mulighet til å dyrke opp ca 35 da til.

Gjødsla beite: 50 da med mulighet til å utvide til maksimalt 50 til. Ingen konkrete planer om utvidelse.

10 stk skotsk høylandsfe.

20 melkekyr.

30-40 sauer.

50 kg fullgjødsel på målet (22-2-12) og 30 kg AN. Ellers naturgjødsel.

Arvid Sundvor, Gbnr 50/9

80 mål fulldyrka med ingen mulighet for å øke dette arealet.

45 mål med gjødsla beite med mulighet for å øke dette med ca 50 mål til.

37 ammekyr inkludert kalver.

Paul Sundvor, Gbnr 50/1

Fulldyrka ca 80 da med mulighet for å øke dette med 20 da til.

Gjødsla beite ca 150 da med mulighet for å øke dette med 50 da til.

25 ungdyr

40 sauer

Gjødsling omtrent som Trond Hjorteland.

Magnus Sundvor, Gbnr 50/2

Nokså de samme dataene som hos Paul Sundvor.

Espelandfeltet

Torbjørn Espeland, Gbnr 45/8

115 da fulldyrka

90 da gjødsla beite

20 melkekyr + ca 40 ungdyr og kalv

Gjødsler med 70 kg kunstgjødsel på målet på det fulldyrka og 60 kg på målet på det gjødsla beitet. Det aller meste av dette er fullgjødsel (25:2:6). Bruker noe kalksalpeter også.

Per Toralf Gjedreim, Gbnr 45/3

Vil gjerne ha garanti på at drikkevannsprosjektet ikke medfører at det blir lagt et lokk på muligheten for utvikling av dette området.

165 da fulldyrka med planer om å dyrke opp en 10-15 mål til på en ti års horisont.

110 da gjødsla beite med mulighet for å øke dette med ca 30 da.

30 voksne melkekyr og 60 ungdyr og kalver. Ønsker å øke til 60 melkekuer i framtiden.

20 vinterfora sau.

2100 gris med 3 innsett i året, dvs ca 700 på ca 80 kg slaktes hver gang.

Bruker kun naturgjødsel som fosforgjødsel, men bruker en 50-60 kg AN i tillegg på den fulldyrka jorda og ca 20 kg AN på beitet.

Ca 1/4 av arealet brakkes hvert år med roundup. Bruker litt ugressmiddel Tomahawk (Ally) mot høymol.

Ingen dyr ute om vinteren. Stort sett ute fra 1.mai – midt i september. 3 gjødslinger og avlinger per år.

Johan Magnus Espeland, Gbnr 45/2

70 mål fulldyrka

53 mål gjødsla beite med mulighet til å øke til 100 mål

500 gris men vil øke dette med 150 til. Det er mulig at han vil satse på gris og vil da øke til 2100 gris.

16 ammekyr + 15 kalver

Bruker ca 50 kg fullgjødsel på målet på den fulldyrka marka om våren og 30 kg på beitet.

Naturgjødsel kjøres ut 3 ganger om året.

Brakker 1/5 hvert år. Sår da rett etter annen slått. Sprøyter litt mot høymol når man skifter.

Veenområdet / Vinjaområdet

Geir Osmundsen, Gbnr 48/4

80 da fulldyrka

Ikke noe gjødsla beite i dag, men mulighet til utvide dette med 85 da i tillegg. Det er lite spredeareal på Espeland i dag.

2100 slaktegris i 3 innsett per år. Det vil si 700 gris som gjennomsnittsbestand. Slaktevekt ca 80-85 kg.

10-15 ammekyr. Har tenkt at han skal øke dette noe, til det doble i første omgang.

Sprøyter veldig lite, litte grann hvert 3. år omtrent.

Spreer møkk 2 ganger om året (april og st hans), noen ganger 3 spredninger.

Inger Gilja, Gbnr 48/5

75-80 mål fulldyrka

50-60 mål med gjødsla beite

15 voksne og 12 kalver (ammekyr)

Har ikke planer om å utvide da de har arbeid utenom gårdsdriften.

Ivar Veen, Gbnr 48/3

176 da fulldyrka med mulighet for å dyrke opp ca 20 da i tillegg.

34 da gjødsla beite med muligheter for å utvide med ca 100 da til, men dette vil ikke drenere til Storavatnet.

13 voksne melkekyr – 35 kalver og ungdyr – mulighet for å øke til 25 kyr.

40 vinterfora sau

Bruker ca 20 tonn fullgjødse i året, det aller meste er fullgjødse 22:2:12 og 18:1:10.

Sprøyter med glyfosat ved brakking. Ca 1/5 av jorda hvert år.

Halvard Veen, Gbnr 48/12

110 da fulldyrka

20 mål gjødsla beite+20 mål beite som han ikke gjødsler.

130 geiter og 60 kje. Har planer om å utvide med 170 geiter til.

37 sauer

20 høner

3 stuter

8 ender

Bruker ca 70 kg fullgjødse på målet på det fulldyrka marka og 60 kg per mål på beitet. Nesten bare fullgjødse (25:2:6).

Sprøyter med glyfosat ved brakking og litt med Tomahawk mot høymol.

Driver campingplass ved siden av gården. Har 70 faste vogner og 11 hytter. Sesongen varer fra påsken og til ut august. I snitt er det belegg på ca 40 av disse i denne perioden. Har vannklosett med

12. Vedlegg 3 Algetellinger 2011

Tabell Kvantitative planteplanktonanalyser av prøver fra : Birkelandsvatn, 4							
Verdier gitt i mm ³ /m ³ (=mg/m ³ v åtvækt)							
	År	2011	2011	2011	2011	2011	2011
	Måned	5	6	7	8	9	10
	Dag	18	15	21	9	8	4
	Dyp	0-10m	0-10m	0-10m	0-10m	0-10m	0-10m
Cyanophyceae (Blågrønnalger)							
Anabaena lemmermannii	.	.	.	4,1	1,2	0,0	
Aphanocapsa sp.	.	.	0,3	.	.	.	
Aphanothece minutissima	.	.	.	0,2	.	.	
Chroococcus minutus	0,2	.	.	.	.	.
Merismopedia tenuissima	0,5	.	0,1	7,2	0,9	2,0	
Rhabdoderma lineare	.	.	.	.	0,8	0,9	
Snowella atomus	.	.	.	0,3	.	.	
Snowella septentrionalis	.	.	.	.	0,1	.	
Sum - Blågrønnalger	0,6	0,0	0,4	11,9	2,9	2,9	
Chlorophyceae (Grønnalger)							
Bolyococcus braunii	.	.	0,5	0,1	.	0,1	
Chlamydomonas sp. (l=10)	0,5	.	.	.	2,1	2,2	
Chlamydomonas sp. (l=5-6)	.	0,2	.	0,1	.	.	
Chlamydomonas sp. (l=8)	0,3	.	.	.	2,0	0,2	
Cosmarium bioculatum	.	0,2	0,4	.	.	.	
Crucigenia tetrapedia	0,5	.	.	.	.	.
Elakatothrix gelatinosa	.	.	.	.	0,1	0,2	
Elakatothrix genevensis	0,0	0,3	1,7	0,5	1,3	0,2	
Gyromitus cordiformis	.	.	0,3	1,3	0,5	.	
Koliella longiseta	1,1	0,2	0,4	.	.	.	
Monoraphidium dybowskii	0,2	0,9	5,2	3,1	3,5	1,7	
Monoraphidium griffithii	.	0,1	.	.	.	.
Octacanthium bifidum	1,9	.	.	.	.	.
Oocystis lacustris	.	0,0	0,5	0,1	.	.	
Oocystis marssonii	.	.	.	.	0,2	2,7	
Oocystis parva	.	.	.	1,2	0,2	.	
Oocystis rhomboidea	.	.	.	0,1	0,1	.	
Oocystis sp.	.	.	.	.	1,2	1,2	
Scourfieldia complanata	.	.	1,6	0,4	0,2	0,2	
Scourfieldia cordiformis	0,2	.	.	.	.	.
Sphaerellopsis fluvialilis	0,5	.	.	.	.	.
Sphaerocystis schroeteri	.	.	4,7	.	.	.	
Tetraedron minimum	.	0,2	1,0	.	.	.	
Ubest. kuleformet gr.alge (12my)	0,1	.	.	0,8	.	0,1	
Ubest. kuleformet gr.alge (d=5)	.	1,1	3,2	1,1	.	4,5	
Ubest. kuleformet gr.alge (d=6)	.	.	.	.	1,3	.	
Ubest. kuleformet gr.alge (d=9)	.	0,3	.	.	.	.
Sum - Grønnalger	5,3	3,5	19,5	8,9	12,7	13,3	

Chrysophyceae (Gullalger)							
Bicosoeca planctonica	.	.	1,9	0,2	.	.	.
Bitrichia chodatii	.	.	0,8	0,5	0,9	.	.
Chromulina sp.	2,5	12,3	18,9	0,9	7,7	3,6	.
Chromulina sp. (8 * 3)	.	0,8	0,5	0,2	0,3	.	.
Chrysococcus spp.	.	1,8	.	0,5	0,5	.	.
Chrysolykos skujae	4,9	1,0	0,2	0,7	1,1	.	.
Choanoflagellater	1,9	0,2	1,3	0,5	0,8	3,5	.
Cyster av chrysophyceer	0,0	.	.	.	.	.	.
Dinobryon bavarium	.	.	0,3	0,1	0,6	.	.
Dinobryon borgei	.	0,4	1,6	0,5	1,4	.	.
Dinobryon crenulatum	0,3	0,0	4,0	1,5	0,3	0,0	.
Dinobryon cylindricum var. alpinum	3,4	1,4	.	.	.	.	.
Dinobryon sociale v. americanum	.	.	0,1	0,3	0,5	.	.
Dinobryon suecicum	.	.	.	.	0,0	.	.
Dinobryon suecicum v. longispinum	.	.	0,2	.	.	.	.
Kephyrion skujae	.	.	.	.	0,1	.	.
Kephyrion sp.	1,0	0,3	0,1	.	0,4	0,4	.
Løse celler Dinobryon spp.	0,1	0,4	0,4	.	.	.	.
Mallomonas akrokomos	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	.	.
Mallomonas caudata	.	.	.	0,3	0,3	.	.
Mallomonas hamata	.	2,6	0,3	3,8	2,5	0,2	.
Mallomonas spp.	0,2	.	0,9	2,5	5,4	0,3	.
Ochromonas spp.	1,1	4,0	2,8	0,9	1,5	2,2	.
Pseudokephyrion alaskanum	1,2	.	0,4	.	.	.	.
Pseudopedinella sp.	.	.	.	.	.	0,7	.
Spiniferomonas sp.	0,3	.	4,7	1,4	.	1,4	.
Stichogloea doederleinii	.	.	.	.	0,7	.	.
Små chrysomonader (<7)	13,8	13,6	9,8	10,6	23,9	20,7	.
Store chrysomonader (>7)	25,7	18,6	12,0	17,3	13,3	30,6	.
Sum - Gullalger	56,6	57,4	61,3	42,8	62,2	63,5	.
Bacillariophyceae (Kiselalger)							
Aulacoseira sp.	1,0	.	.	.	.	.	.
Cyclotella sp.	.	2,7	34,5	.	.	.	.
Cyclotella sp. (d=14-16 h=7-8)	.	.	1,5	.	.	.	.
Cyclotella sp. (d=8-12 h=5-7)	.	.	.	10,2	5,6	.	.
Cyclotella sp.5 (d=10-12 h=5-7)	0,3	4,1	31,7	2,5	.	6,1	.
Cyclotella sp.6 (d=25)	0,4	.	.	.	.	.	.
Tabellaria flocculosa	.	.	0,1	.	.	.	.
Sum - Kiselalger	1,7	6,7	67,9	12,6	5,6	6,1	.
Cryptophyceae (Svelgflagellater)							
Cryptaulax vulgaris	.	.	.	.	.	0,4	.
Cryptomonas sp. (l=12-15)	.	.	.	1,6	.	.	.
Cryptomonas sp. (l=15-18)	.	0,8	2,0	.	2,0	2,0	.
Cryptomonas sp. (l=20-22)	1,8	.	4,9	15,7	2,5	9,8	.
Cryptomonas sp. (l=24-30)	4,1	3,8	8,2	8,2	14,3	4,0	.
Cryptomonas sp. (l=30-35)	8,3	4,3	16,2	5,4	16,5	4,9	.
Cryptomonas sp. (l=40)	.	.	0,8	.	2,5	.	.
Katablepharis ov alis	2,7	0,7	2,6	0,7	0,4	1,8	.
Plagioselmis lacustris	3,8	1,6	4,9	8,2	4,9	6,5	.
Plagioselmis nannoplantica	6,9	3,3	36,2	76,6	27,0	12,3	.
Sum - Svelgflagellater	27,7	14,6	75,8	116,5	70,0	41,8	.

Dinophyceae (Fureflagellater)							
	Gymnodinium sp. (l=25)	.	.	.	.	3,8	.
	Gymnodinium sp. (l=12)	.	1,4	6,1	.	4,1	.
	Gymnodinium sp. (17*12)	6,3	.	.	.	.	.
	Gymnodinium sp. (d=30)	0,3	0,9	0,3	4,0	.	0,3
	Gymnodinium sp. (l=14-16)	.	0,9	2,1	.	1,5	4,3
	Gymnodinium sp. (l=20-22 b=17-20)	.	.	.	1,6	.	.
	Peridiniopsis edax	.	.	.	0,3	.	.
	Peridinium sp. (d=16-18)	0,6	.	.	.	.	.
	Peridinium sp. (d=25)	.	.	.	.	.	1,3
	Peridinium umbonatum	0,3	.	0,5	0,2	3,5	0,2
	Ubest. dinoflagellat (l=15 b=13)	.	1,0	.	.	.	.
	Sum - Fureflagellater	7,5	4,1	9,1	6,2	12,9	6,1
Ubestemte taxa							
	Ubest.fargel flagellat	.	.	3,1	.	3,1	1,8
	Sum - Ubestemte tax	0,0	0,0	3,1	0,0	3,1	1,8
My-alger							
	My-alger	7,7	13,8	14,5	4,4	8,2	4,4
	Sum - My-alge	7,7	13,8	14,5	4,4	8,2	4,4
	Sum total :	107,0	100,2	251,6	203,1	177,7	139,9

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no