



Høgskulen
på Vestlandet

MASTEROPPGAVE

Bjørkemåsan – Myr til karbonlagring
eller boligområde?

*Bjørkemåsan – peatland for carbon storage or
housing development?*

Margit Sandem Fjellengen

Climate change management

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap (FIN)

Veiledere; Knut Rydgren, Marte Lange Vik, Mette Kusk Gillespie &
Lisbeth Dahle

7. juni 2022

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.



Høgskulen
på Vestlandet

Bjørkemåsan – Myr til karbonlagring eller boligområde?

Masteroppgave i Climate Change Management

Forfatter: Margit Sandem Fjellengen	Forfatter sign. <i>Margit S Fjellengen</i>
Masteroppgave innlevert: Vår 2022	Åpen masteroppgave
Hovedveiledere: Knut Rydgren & Marte Lange Vik Medveileder: Mette Kusk Gillespie & Lisbeth Dahle	
Emneord: Myr, karbonlagring, georadar, russerbor, arealplanlegging, klimaforandringer, klimagassutslipp, kommunal planlegging, plan- og bygningsloven & naturmangfoldloven.	Tal sider: 36 + Vedlegg: 5 Sogndal, 07.juni 2022 Stad/Dato/år
Dette arbeidet er gjennomført som del av masterprogrammet i Climate change Management (norsk navn: Planlegging for klimaendringer) ved Institutt for miljø- og naturvitenskap, fakultet for ingeniør- og naturvitenskap, Høgskulen på Vestlandet. Studenten står selv ansvarlig for metodene som er brukt, resultatene som er kommet fram, og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.	

Forord

Jeg ønsker å takke venner og familie som har støttet meg gjennom dette prosjektet, og spesielt mine veiledere Knut Rydgren, Marte Lange Vik, Mette Kusk Gillespie, og Lisbeth Dahle for faglig gode råd, tålmodighet og inspirasjon.

Takk til Knut Rydgren som hjalp meg både i felt, på laboratoriet og gjennom statistiske analyser og annen vitenskap om myr og karbon. Mette Kusk Gillespie for god veiledning gjennom georadarundersøkelsen og for dybdekartet som ble interpolert i ArcGIS Pro. Marte Lange Vik & Lisbeth Dahle for god hjelp til å forstå og analysere det norske planleggingssystemet. Medstudenter Ingvild Moland og Kristine Andersen for å ha bidratt til gode faglige samtaler om myr og utbygging. Jeg takker dere for godt samarbeid gjennom hele prosjektet fra feltarbeidet til innlevering. En takk rettes også til Nordby Maskin AS og Nannestad kommune for dialog og tilgang på Bjørkemåsan.

Dataene til oppgaven ble samlet inn i samarbeid med, og deles med bacheloroppgaven «Boligutvikling på myrareal: et forskningsstudie basert på tap av naturlig karbonlagring i myr» (2022), ved Høgskulen på Vestlandet av Ingvild Moland og Kristine Andersen.

Alle bilder er tatt av undertegnende, eller brukt med tillatelse fra fotografen.

Sammendrag

Naturen er et gigantisk karbonlager, og myr er en av de mest karbonrike naturtypene i verden. Typiske høymyrer er en sterk truet naturtype i Norge, der utbygging er dens største trussel. Utbygging fører til at karbonet som er lagret i myra frigjøres. Derfor er det spesielt viktig å bevare disse naturlige karbonlagrene, nå som vi står ovenfor klimakrisen. Kunnskapen om karboninnholdet i myr har hatt en kraftig økning det siste tiåret, som også har gitt nye lovkrav i henhold til bærekraftig planlegging. I Norge mangler det et arealregnskap i kommunal planlegging, og dermed vet man ikke hvor mye karbon som frigjøres ved inngrep i ulike typer natur. Det kan gå flere år mellom vedtak om utbygging, til selve inngrepet starter. Det har skapt utfordringer i arealplanleggingen fordi planprosessen havner i strid med nyopprettede lovkrav underveis. Et eksempel på dette er Bjørkemåsan i Nannestad kommune, der det i 2007 ble vedtatt utbygging av 1200 boliger på myr, men selve utbyggingen startet i 2020. Planprosessen til Bjørkemåsan har særs lite utredninger om hvor mye karbon som går tapt i utbyggingen. Målet for denne oppgaven var derfor å beregne Bjørkemåsans karbonlager, og undersøke hvordan kommunen utredet utslipp fra myra.

Ved hjelp av georadarundersøkelse, og laboratorieanalyser av torv, beregnet jeg at omtrent 123 978 CO₂-ekvivalenter har blitt frigjort fra utbyggingen av Bjørkemåsan. Trolig er utslippet større i virkeligheten, fordi Bjørkemåsan bærer preg av store inngrep siden 1915-tallet. Dokumentstudier viste en omfattende og langvarig planprosess, ettersom utbyggingen kom i kjølvannet av det oppdaterte lovverket om planlegging, og bruk- og vern av naturen. Det er gjort saksbehandlingsfeil, og det finnes vedtak som er i strid med plan- og bygningsloven, og naturmangfoldloven. Bjørkemåsan ble bygget ut del-for-del, og dermed ble også konsekvensene vurdert del-for-del. Den samlede konsekvensen av utbyggingene ble ikke sett i helhet, som gjorde at det totale karbonlageret ikke ble gjort rede for. Nannestad kommune som er ansvarlig for dette enorme utslippet, fikk ingen konsekvenser. Det er derimot klimaet vårt som får konsekvensene.

English abstract

The nature store vast amounts of carbon, where peatlands being one of the most carbon richest nature type. Interventions of peatlands lead to emission of carbon stored in the peat. It is therefore important to conserve peatland, especially in times of the ongoing climate crisis. The Norwegian planning system is lacking an area account, which makes it difficult to know how much carbon is lost due to these interventions. Knowledge on the carbon content in peatlands has increased sharply the last decade, and this has caused challenges in spatial planning. The planning process from decision to development can span over several years, and in some cases old decisions have conflicted with newly established legal requirements when the development takes place. An example of this is Bjørkemåsan in Nannestad municipality, where the development of 1200 housing units on peatland were enacted in 2007, but the actual development started in 2020. The planning process of Bjørkemåsan lacks knowledge on how much carbon will be lost due to the development. The aim of this study was therefore to calculate the carbon stock of Bjørkemåsan, and to examine how the emissions were investigated by the municipality.

With a ground-penetrating radar survey, and laboratory analysis of the peat, I calculated that approximately 123 978 CO₂-equivalents have been emitted from the development at Bjørkemåsan. The amount is likely larger in the reality because Bjørkemåsan has been used for peat extraction, and there have been major interventions since the 1915s. Document studies showed a comprehensive and lengthy planning process, as the development came in the wake of the updated legislation on the use and protection of nature. Bjørkemåsan was developed part-by-part, and thus the consequences were also assessed part-by-part. The overall impact of the development was not seen as a whole, which meant that the total carbon storage was not accounted for. Nannestad municipality, which is responsible for this huge spill, had no consequences. However, it is our climate that must suffer the consequences.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
English abstract	III
Figur-liste	V
Tabell-liste	VI
1. Innledning.....	1
2. Material og metode.....	5
2.1 Studieområdet.....	5
2.2 Avgrensning av studieområdet.....	6
2.3 Feltarbeid.....	8
2.4 Kartlegging av karboninnhold	9
2.4.1 Georadarundersøkelse.....	9
2.4.2 Torvprøver med russerborr.....	13
2.4.3 Utregning og laboratorieanalyser.....	14
2.5 Undersøkelse av klimagass-utredninger i planprosessen	15
3. Resultater	16
3.1 Torv-dybder og volum	16
3.2 Volumtetthet og innhold av organisk materiale	18
3.3 Karbonestimat.....	19
3.4 Klimagassutredninger.....	20
4. Diskusjon	24
4.1 CO ₂ utslipp fra utbyggingen av Bjørkemåsan.....	24
4.2 Usikkerheter rundt karbonestimatet.....	25
4.3 Kommunens utredninger om utslipp av klimagasser.....	27
5. Konklusjon	32
6. Referanser	33
Vedlegg A – Georadarundersøkelse på Bjørkemåsan	37
Vedlegg B – Torvprøver.....	40

Figur-liste

<i>Figur 1. Bjørkemåsan var en ~335 daa stor myr som lå nord for Teigebyen i Nannestad kommune.</i>	<i>5</i>
<i>Figur 2. Myra grenset til løvskog, og det fantes enkelte furutrær i tresjiktet (a). Tranebær vokste på Bjørkemåsan (b).</i>	<i>6</i>
<i>Figur 3. Prestmosen og Bjørkemåsan var en sammenhengende myr fram til 1970-tallet, som utgjorde ~625 daa med myr og vises med rød avgrensing. De parallelle stripene langs vestsiden av myra er tydelige sår etter torvuttaket, som avtok på 1960-tallet (a). I 2020 var Prestmosen borte, og inngrep på Bjørkemåsan startet (b).....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 4. Myrarealet i studieområdet er avgrenset med rød linje og kalles Bjørkemåsan. Områdereguleringsplanen er delt inn i åtte delområder og friområder. Delområde B1 er ferdig utbygd. Bygging er igangsatt på B8 og B2. Torvstikkerveien ble oppført i 2020. B6, B7 og B8 ligger både på myr og skog. Nordvestlige del av myra blir ikke utbygd.</i>	<i>8</i>
<i>Figur 5. Illustrasjon av en georadarundersøkelse der sender (Tx) og mottaker (Rx) antenner blir dratt mot venstre av personen. EM-bølger reflekteres ved laggrensen. I studieområdet utgjorde overgangen mellom myr og marine avsetninger en kraftig reflektor. TVT er tiden EM-bølgene brukte mellom overflaten og laggrensen. Myras dybde (d) er illustrert med grønnfarge.....</i>	<i>10</i>
<i>Figur 6. Jeg gjorde 14 torvstikk-målinger (røde punkter) på den vestlige delen, og 26 torvstikk-målinger på den østlige delen. Grønne linjer viser hvor vi gikk med georadaren. I bakgrunnen ses Norgeskart i gråfarge. Boligene under georadar linjene ble oppført i etterkant.</i>	<i>11</i>
<i>Figur 7. Et ferdig prosessert og tolket profil fra planområdet. Den røde streken (tolkning) illustrerer bunnen til myra, hvor TVT ble lest av på y-aksen. Langs x-aksen ses distansen på profilen, og posisjonen til torvstikkene vises med hvite firkanter. Reflektoren som ses under den røde streken (multipel) skyldes at refleksjonen fra bunnen av myra er kraftig, og at signalet reflekteres frem og tilbake to ganger (a). Den samme profilen er eksportert til Qgis. Myrtykkelsen langs den tolkede profilen ble visualisert med ulike fargekoder der rød er dypest, og blå er grunnest. I bakgrunnen ses topografisk norgeskart i gråtoner (b).</i>	<i>12</i>
<i>Figur 8. Høyden leses av på russerboret under feltarbeidet i planområdet (a). En 10 cm lang torvprøve ble skjært ut fra russerboret, og dybden til prøven ble lest av på målestokken (b). Et utvalg av torvprøvene etter gløding i ovn. I bunnen av diglene lå det restmaterialer (c).</i>	<i>13</i>
<i>Figur 9. Delområde B3 og B5 fra planområdet lå på den vestlige delen av myra, og hadde tydelige groper etter torvuttaket og var betydeligere våtere. EM-hastigheten i dette området er 0,036 m/ns.</i>	<i>16</i>
<i>Figur 10. Dybdekart over myra i planområdet. Myra er dypest i midten og på den vestlige delen (rødfarge), og grunnest i nord og sør-østlige deler (grønnfarge). Grå linjer viser hvor georadarmålingene ble tatt. Dybdekurvene er vist med tall, og i bakgrunnen ses topografisk Norgeskart i gråtoner.</i>	<i>17</i>
<i>Figur 11. Spredningen til volumtettheten i torva lå hovedsakelig mellom 0.05 – 0.09 g/cm³ (a). Innhold av organisk materiale per torvprøve lå hovedsakelig mellom 92-98 % (b).</i>	<i>18</i>

<i>Figur 12. Karbonestimatet ble beregnet tusen ganger, med ulike kombinasjoner av volumtetthet og innhold av organisk materiale i likning 1. Blå prikker representerer estimatene. Hvit boks viser hvor estimatene mellom 1. og 3. kvartil ligger, og medianverdien vises som svart strek.</i>	<i>19</i>
<i>Figur 13. Planprosessen til Bjørkemåsan er kartlagt i øvre tidslinje. I den samme tidsperioden, vist i nedre tidslinje har kommunen laget to styringsdokumenter som angår myr og karbonutslipp. De røde pilene viser hvor i planprosessen det er gjort utredninger om klimagassutslipp fra myra i planområdet.</i>	<i>20</i>
<i>Figur 14. Etter en grundigere undersøkelse av Bjørkemåsan kom det fram at midtre deler av myra var tilsynelatende intakt likevel. Hele den tilsynelatende intakte delen av Bjørkemåsan ble utbygd, illustrert i Nannestad kommune (2020b).</i>	<i>23</i>
<i>Figur 15. Skjermbilde av interpoleringen i ArcGIS Pro. Den sirkulære søksradiusen er på 100 m, og inndelt i fire sektorer der mellom 10 og 15 observasjoner fordeles på disse sektorene.....</i>	<i>39</i>

Tabell-liste

<i>Tabell 1. Elektromagnetiske (EM) hastigheter for ulike materialer etter (Norges geologiske institutt, 2015; Parsekian et al., 2012; Sjöberg et al., 2015).</i>	<i>11</i>
<i>Tabell 2. De seks dokumentene som inneholder utredninger om CO₂-utslipp fra Bjørkemåsan er listet opp, og de viktigste funnene er gjengitt.</i>	<i>21</i>

1. Innledning

Klimaforandringene fører til et varmere klima, og ekstremvær blir mer intenst og forekommer oftere enn før. Det gir alvorlige konsekvenser for oss mennesker, dyr og naturen (IPCC, 2021). Oppvarmingen skjer på grunn av utslipp av klimagasser, der karbondioksid (CO₂) er en av de vanligste (Miljødirektoratet, 2021a). Utslippene kommer fra olje og gassutvinning, industri, transport, og jordbruk, men ødeleggelse av karbonrike naturområder er en av de største kildene (Joosten & Clarke, 2002; Miljøstatus, 2020). Karbon sirkulerer i naturen der organismer tar opp CO₂ i fotosyntesen, og store mengder karbon har bygd seg opp i ulike naturtyper gjennom millioner av år. Utbygging av naturen gjør at karbonet blir sluppet ut igjen i løpet av kun tiår eller hundreår. Dette fører til et overskudd av CO₂, som gir oppvarming av atmosfæren (IPCC, 2021).

Naturen er et gigantisk karbonlager, og det finnes tre ganger mer karbon bundet opp i jordsmonnet enn i atmosfæren. Myr er en av naturtypene som langsomt både fanger og lagrer store mengder karbon (Joosten & Clarke, 2002, s. 6). Myrene er dominert av torvmoser som kan ta opp store mengder vann, og dermed kan de også dempe flom og overvann ved at de regulerer og fordrøyer vannet (Joosten & Clarke, 2002, s. 80; Kyrkjeeide et al., 2020). Myrer har et rikt naturmangfold, og i denne fuktige naturtypen lever forskjellige planter og dyr (Klima- og miljødepartementet, 2021). Norske myrer kan være opptil 10 meter (m) dype. Når plantene og dyrene dør, startes en nedbrytningsprosess og de blir en del av det øvre sjiktet i jordsmonnet. Oppå overflaten vil nye planter vokse, og i en velfungerende myr vil jordsmonnet gradvis bygge seg opp med 0,5-1 mm per år, fordi produksjonen er høyere enn nedbrytninga (Joosten & Clarke, 2002, s. 25). Det skyldes vannmettet og sure forhold, og resultatet blir en karbonholdig masse, nemlig torv (Joosten & Clarke, 2002, s. 25; Kyrkjeeide et al., 2020).

Vi har hatt dårlig kunnskap om utbredelsen av myr i Norge inntil 2018, der en ny kartlegging viste at Norge har 50 % mer myr enn antatt, og totalt ca. 9 % av landet er dekket av myr (Bryn et al., 2018). Det vil si at Norge har store reservoarer som både fanger og lagrer karbon. Sett i klimasammenheng er det nettopp derfor viktig å ta vare på myrene. Men i mer enn 1000 år, har myra hatt en helt annen betydning for menneskeheten. Myrer har blitt grøftet

og drenert slik at torva tørker ut, som gir fine forhold for jordbruk. Tørr torv kan også nyttes som husdyrstrø, eller brensel for å holde varmen (Øien et al., 2017). I Norge finnes det noen myrer som brukes til torvproduksjon fortsatt, selv om store deler av produksjonen avtok på 1960-tallet (Nannestad Historielag, 2022). Før i tiden visste man ikke at torvuttak ga utslipp av klimagasser. Når torv tørker ut blir karbonet som er bundet opp i torva frigjort som CO₂, i tillegg til metangass (CH₄) og lystgass (N₂O), fordi de eksponeres for oksygen (Bárcena et al., 2016). Myrer som har vært utsatt for inngrep kan derfor ha lavere karboninnhold en intakte og velfungerende myrer (Kyrkjeeide et al., 2020).

Hvor mye karbon som lagres kommer an på dens volum, torvas tetthet, innhold av organisk materiale, og organisk karbon i torva. Dette mangler det kunnskap om, fordi hver myr har et unikt innhold av karbon, og det er vanskelig å beregne karboninnholdet uten å ha undersøkt myras egenskaper grundig (Chambers et al., 2010; Parsekian et al., 2012). Det trengs gode data på torvas tetthet og innhold av organisk materiale for å estimere dens karboninnhold, samt undersøkelser i laboratoriet (Chambers et al., 2010). Det er dog estimert at intakte myrer i Norge har et gjennomsnittlig karboninnhold på 50-55 kg/m³ (Grønlund et al., 2010; Kyrkjeeide et al., 2020). Måling av myrdybder med torvstikk ble brukt allerede for 100 år siden (Stangeland, 1892). Det er fortsatt en vanlig metode i dag, men i tillegg brukes ofte moderne måleinstrumenter som georadar. De er raske i felt og kartlegger store arealer på kort tid (Parry et al., 2014; Parsekian et al., 2012; Rosa et al., 2009).

På 1970-tallet kom de første verneplanene for myr, der hensikten var bevaring av naturmangfoldet, fordi karbonlagring fortsatt ikke var et aktuelt tema (Moen, 1973). Bruk av myr til andre formål som boligområder og nydyrking har foregått siden, og over en tredjedel av Norges myrer er ødelagt (Klima- og miljødepartementet, 2018, 2021). Myras største trussel i nyere tid er utbygging og ødeleggelser til andre arealformål. I 2009 kom naturmangfoldloven (NML), som legger føringer for hvordan offentlige beslutninger skal sikre bærekraftig forvaltning av naturen. Beslutninger av utbygging på myrområder skal blant annet bygge på tilstrekkelig kunnskap om naturtypen, og inngrepets belastning må ses i helhet for hele økosystemet (Naturmangfoldloven, 2009).

Utbygging av boligområder i Norge reguleres av plan- og bygningsloven (PBL), sammen med en rekke forskrifter. Utbygging vedtas som reguleringsplan for større tiltak, eller som byggesak etter byggesaksforskriften (Plan og bygningsloven, 2008). PBL § 3-1 første ledd bokstav g stiller krav om å ta hensyn til klimaforandringer gjennom reduksjon av klimagassutslipp, og tilpasning av samfunnet til forventede klimaforandringer (Plan og bygningsloven, 2008). Planer som kan få vesentlige virkninger for samfunnet og miljøet, skal ha en konsekvensutredning (KU). Forskrift om KU stiller krav om at uttak av mer enn 200 dekar (daa) med torv skal konsekvensutredes. Det stilles ingen krav til utredning av klimagassutslipp fra naturen ved arealinngrep (Forskrift om konsekvensutredninger, 2017; Plan og bygningsloven, 2008).

Kunnskapen om karbonlagring i myr har økt kraftig det siste tiåret, og bevaring av myr har fått økt oppmerksomhet. I 2021 ble det forbud mot nydyrking av myr (Jordlova, 1995; Klima- og miljødepartementet, 2021). Det innebærer at myr ikke kan gjøres om til landbruksareal. Siden det ikke har kommet et tilsvarende forbud i PBL mot utbygging av boliger, veier og annen infrastruktur, er dette fortsatt lovlig. Klimaendringene krever en bærekraftig arealplanlegging. Samfunnsutvikling, med boliger, veier og annen infrastruktur er viktige temaer, som må veies opp mot bevaring av natur og karbonlagring (Movik & Stokke, 2022). Til nå har det ikke vært en vanlig praksis i det norske planleggingssystemet å beregne utslipp av karbon ved utbygging på myr, eller ved utbygging generelt på andre naturtyper.

I Norge har det vært flere store inngrep i naturen som har ført til store karbonutslipp. Flere av disse inngrepene har blitt vedtatt, eller behandlet i det samme tidsrommet som kunnskapen om myr har økt. Planmyndighetene har ofte manglet kunnskap om hvor mye CO₂ som frigjøres i slike inngrep. Det har ført til sterke reaksjoner fra landet rundt av befolkningen, politikere og klima- og naturaktivister (Haltbrekken & Rotevatn, 2020). Et eksempel på dette er Bjørkemåsan i Nannestad kommune. Der ble det vedtatt en reguleringsplan for 1200 boliger på myr i 2007, og selve utbyggingen startet i 2020 (Nannestad kommune, 2007). Det er en omfattende planprosess som har foregått i 15 år, fordi naboer, miljøvern-organisasjoner og andre planmyndigheter har engasjert seg i saken (Nannestad kommune, 2021b). Parallelt med utbyggingen har Nannestad kommune jobbet med klimaomstilling. Utslippskutt og tilpasning til

framtiden har stort fokus gjennom planer for klimastrategier og bevaring av naturmangfold (Nannestad kommune, 2019b, 2020a). Mange har reagert på hvordan Nannestad kommune har arbeidet med klimatilpasning, og samtidig tillatt utbygging på myr. Det vil derfor være interessant å beregne hvor stort karbonlageret i Bjørkemåsan er, og sammenligne det med kommunens vurderinger av klimagassutslipp fra den 15 år lange planprosessen. Jeg har definert følgende problemstillinger for oppgaven:

1. Hvor mye CO₂ vil bli frigitt fra Bjørkemåsan under utbyggingen av boligområdet, og hvor usikkert er estimatet?
2. Hvordan har Nannestad kommune utredet CO₂-utslipp i planprosessen til Bjørkemåsan?

For å beregne karboninnholdet til Bjørkemåsan har jeg kartlagt Bjørkemåsans volum ved hjelp av georadarmålinger, og undersøkt torvas egenskaper. For å finne ut hvordan kommunen har utredet klimagassutslipp fra Bjørkemåsan har jeg gjort et dokumentstudie av planprosessen. De klimagassutredningene som er gjort av kommunen ble diskutert opp mot mine egne utslippsberegninger, og annen relevant litteratur.

2. Material og metode

2.1 Studieområdet

Studieområdet til oppgaven var Bjørkemåsan, en myr som lå nord for Teigebyen i Nannestad kommune, Viken fylke (fig. 1). Landskapet i Nannestad består av skogkledde åser og ravedaler, med innslag av tjern og myrer (Askheim, 2020). Bjørkemåsan lå 198 m over havet, og var omtrent 355 daa stor. Nannestad har innlandsklima, med lite vind og moderat nedbør på omtrent 800 mm årlig. Middelsestemperaturen om sommeren er mellom 15 til 17 °C, mens den om vinteren ligger mellom -4 til -8°C (Mamen, 2020; Norsk klimaservicesenter, 2021).



Figur 1. Bjørkemåsan var en ~335 daa stor myr som lå nord for Teigebyen i Nannestad kommune.

Myra grenset til bar- og løvskog i øst, og dyrket mark- og skog i vest. På myra sto det spredt enkeltstående individer av kortvokst furu (fig. 2). Vanlige arter i feltsjiktet var tranebær, rundsoldogg, kvitlyng, røsslyng, torvull, mens ulike torvmose-arter dominerte i bunnsjiktet (fig. 2). Det har vært observert rødlistede fuglearter som storspove, gulspurv, stær, fiskemåke og taksvale på myra (Nannestad kommune, 2021b). Bjørkemåsan var en eksentrisk høymyr, som er en sterk truet (EN) naturtype i Norge på grunn av arealinngrep (Lyngstad et al., 2018). Høymyrer

som Bjørkemåsan får vanntilførsel hovedsakelig via nedbør (Lyngstad & Vold, 2015). Myra lå under marin grense, og det finnes tykk marin avsetning, i form av leire, sand og grus under torva (Olerud, 2002). I området rundt Nannestad finnes det ravinedaler, og det er registrert mange små løsmasseskred og kvikkleireskred i tiden etter siste istid (Nannestad kommune, 2019a). I forbindelse med utbyggingen ble det utført grunnundersøkelse med funn av kvikkleire, men lokal stabilitet for området vurdert til tilfredsstillende (Løvlien Georåd, 2020).

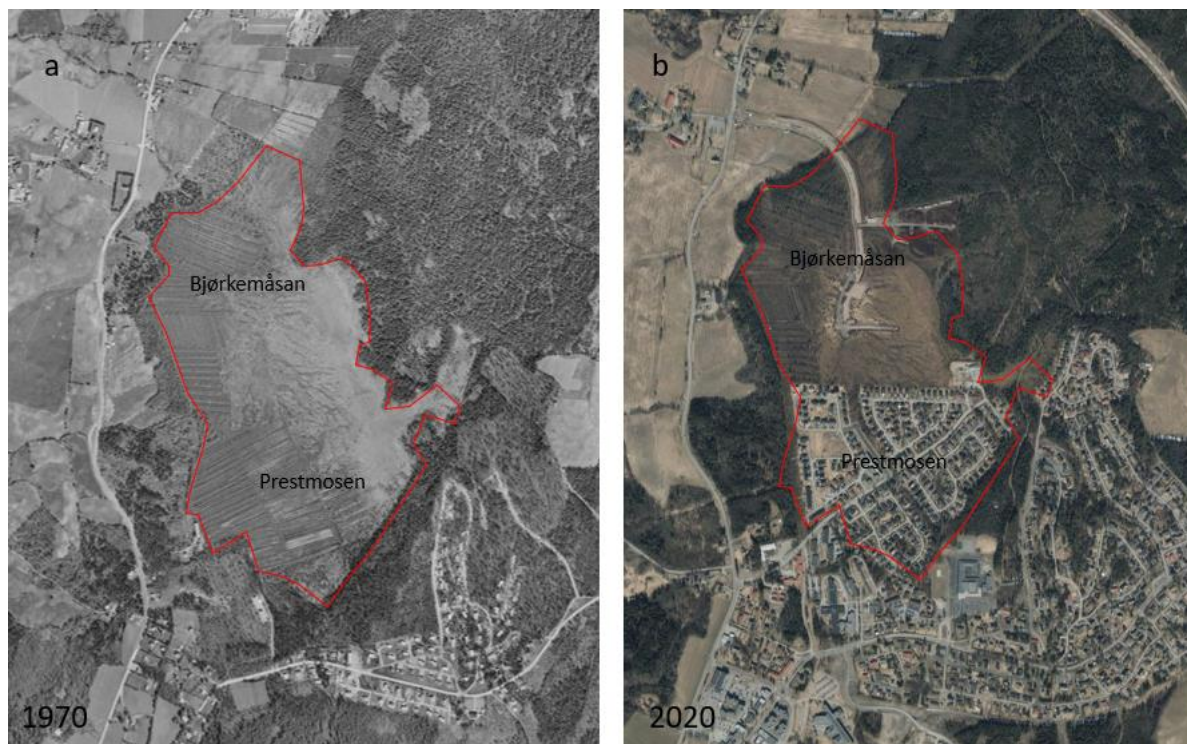


Figur 2. Myra grenset til løvskog, og det fantes enkelte furutrær i tresjiktet (a). Tranebær vokste på Bjørkemåsan (b).

Det finnes torvdybdekartlegginger av Bjørkemåsan fra 1892, der målinger med torvstikk viste dybder på opptil 3,5 m (Stangeland, 1892). I 2020 ble det forsøkt å kartlegge tykkelsen på myra med georadar uten hell, og dermed ble det gjort målinger med torvstikk av utbygger i stedet (pers. medd. Karl-Martin Nordby, 2021). Tykkelsen på myra ble beskrevet som 1-4 m i Bjørkemåsans planprogram til utbyggingen (Nannestad kommune, 2021b).

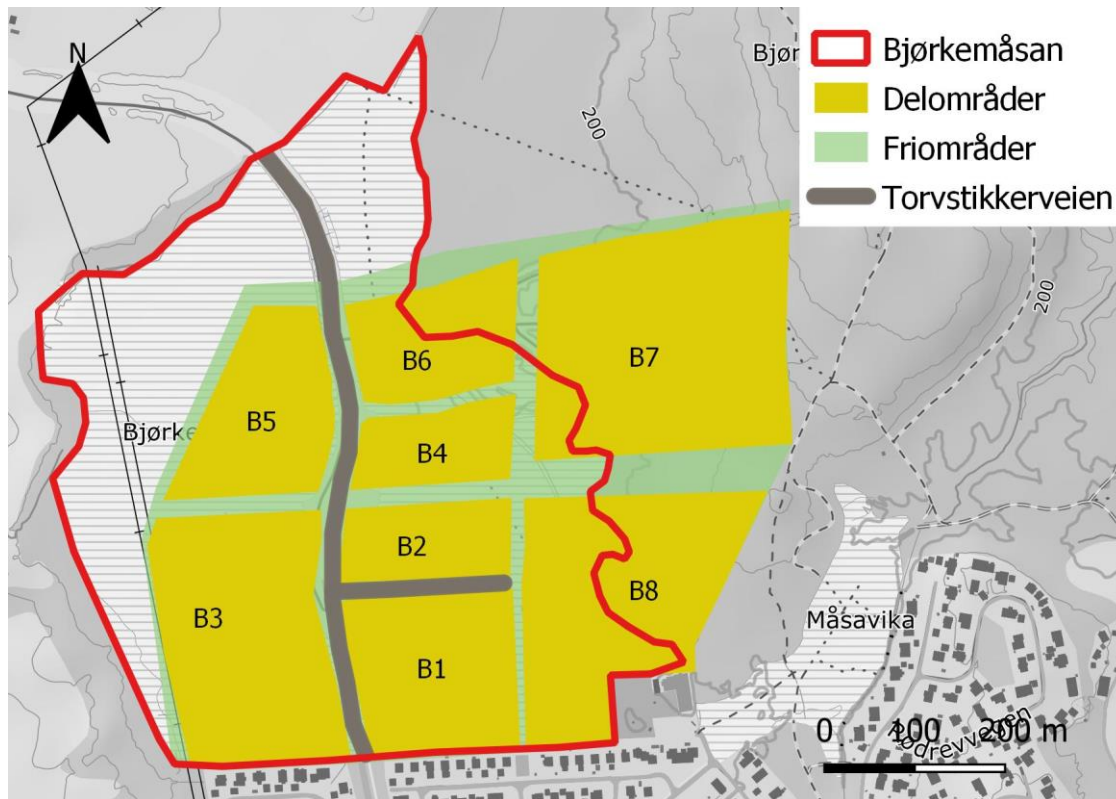
2.2 Avgrensning av studieområdet

Bjørkemåsan var en del av det som tidligere ble kalt Prestmosen, og totalt var myrarealet på ~625 daa fram til omkring 1970-tallet (fig. 3). Store deler av Bjørkemåsan og Prestmosen ble brukt til torvuttak fra 1915-tallet fram til 1960 (Nannestad Historielag, 2022). Mellom 1980 – tallet og 2000 ble Prestmosen bygget ut i ulike omganger (Nannestad kommune, 2021b).



Figur 3. Prestmosen og Bjørkemåsan var en sammenhengende myr fram til 1970-tallet, som utgjorde ~625 daa med myr og vises med rød avgrensing. De parallelle stripene langs vestsiden av myra er tydelige sår etter torvuttaket, som avtok på 1960-tallet (a). I 2020 var Prestmosen borte, og inngrep på Bjørkemåsan startet (b).

På den gjenværende delen av Bjørkemåsan er det regulert et planområde på 352 daa, der 190 daa utgjør myr, og 162 daa skog (fig. 4). Planområdet er delt inn i åtte mindre delområder (B1-B8) med friområder. B1 ble utbygd i 2020, B2 og B8 er under oppføring per dags dato (egne observasjoner). I den nordvestlige delen av myra er det et areal på 91 daa som ikke blir utbygd (fig. 4).



Figur 4. Myrarealet i studieområdet er avgrenset med rød linje og kalles Bjørkemåsan. Områdereguleringsplanen er delt inn i åtte delområder og friområder. Delområde B1 er ferdig utbygd. Bygging er igangsatt på B8 og B2. Torvstikkerveien ble oppført i 2020. B6, B7 og B8 ligger både på myr og skog. Nordvestlige del av myra blir ikke utbygd.

Videre i oppgaven vil jeg referere til delområde B1-B8 med friområder som *planområdet* (fig. 4), og hele myrarealet for Bjørkemåsan (jf. rød avgrensning i fig. 4) i forbindelse med beregning av karbonestimat. Jeg vil også gjøre noen beregninger for det totale myrarealet som en gang var (~625 daa), referert som *Prestmosen* videre i oppgaven (fig. 3).

2.3 Feltarbeid

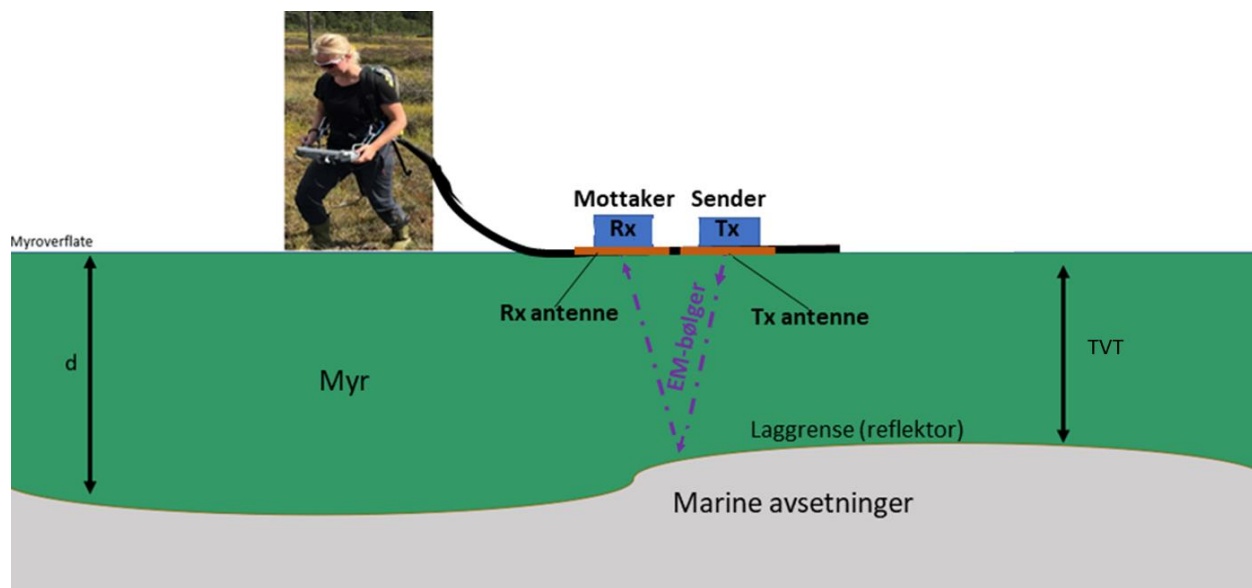
Vi gjennomførte datainnsamlingen med feltarbeid i perioden 9.-11. august 2021, av undertegnende, to bachelorstudenter og to veiledere. Alle dataene ble samlet inn innenfor planområdet fordi det var avgrenset med anleggsgjerder. På denne tiden var Torvstikkerveien anlagt gjennom myra og område B1 var utbygd (fig. 4). I utgangen av april 2022 var all torv øst for Torvstikkerveien fjernet (egne observasjoner).

2.4 Kartlegging av karboninnhold

2.4.1 Georadarundersøkelse

For å kartlegge volumet av myra brukte vi georadar, som er en geofysisk målemetode (Norges geologiske institutt, 2015). En myr kan ha store forskjeller i dybden, og georadaren samlet inn tusenvis av datapunkter på kort tid, uten å skade myra. I studier hvor man trenger en detaljert kartlegging av myras dybder og morfologi, er georadar en velutviklet og godt brukt metode (Parry et al., 2014). Vi samlet inn 36 georadarmålinger langs 50-500 m lange profiler i planområdet. Vi brukte en Malå ProEx radar med 100 MHz RTA (rough terrain antennas) som ble dratt i gangtempo over myra.

En georadar bruker elektromagnetiske bølger (EM-bølger) via en sender og mottaker antenne (fig. 5). EM-bølger sendes ned i myra, og reflekteres tilbake av forskjellige materialer som ulike lagdelinger eller objekter (Parsekian et al., 2012; Sjöberg et al., 2015). Hvor dypt bølgene går og hvor god oppløsningen på dataene en ønsker, avhenger av valg av antennefrekvens. Økning i antennefrekvens gir mer detaljer, men kortere penetrasjonsdybde. Ofte brukes antenner mellom 50 og 1000 MHz (Norges geologiske institutt, 2015). Vi forsøkte først med en 500 MHz shielded antenne, men bunnreflektoren til myra var svak og vanskelig å tolke. Dermed byttet vi til en 100 MHz RTA, som ga en tydeligere refleksjon fra grensen mellom myra og materialene under.



Figur 5. Illustrasjon av en georadarundersøkelse der sender (Tx) og mottaker (Rx) antenner blir dratt mot venstre av personen. EM-bølger reflekteres ved laggrensene. I studieområdet utgjorde overgangen mellom myr og marine avsetninger en kraftig reflektor. TVT er tiden EM-bølgene brukte mellom overflaten og laggrensene. Myras dybde (d) er illustrert med grønnfarge.

I georadarundersøkelser er det nødvendig å vite den elektromagnetiske hastigheten til det materialet en undersøker, og gjøres ved hjelp av likning 1 (Parsekian et al., 2012; Sjöberg et al., 2015).

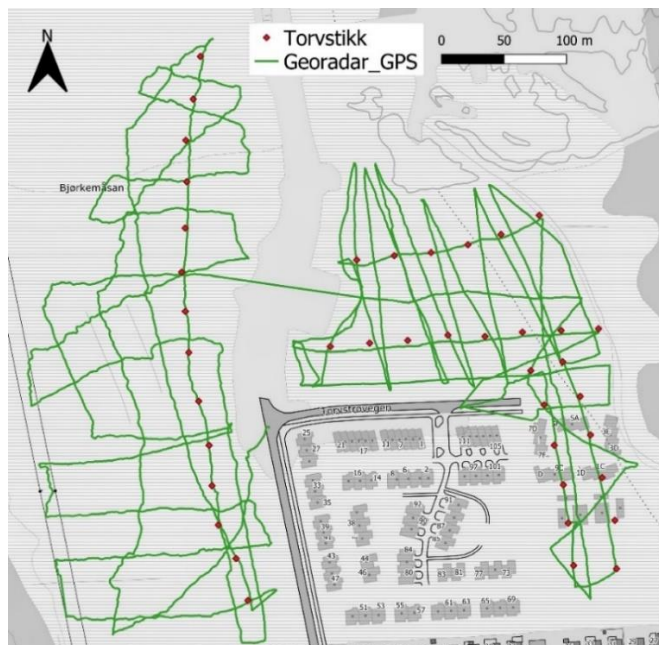
$$EM - \text{hastighet av myr} = \frac{2 \times \text{dybde } (d)}{TVT \cdot ns} \quad (1)$$

Tiden det tar for EM-bølgen å reise fra senderen til bunnen av myra (eller andre reflektorer) og tilbake til mottakeren, kalles to-veis reisetid (TVT). EM-hastigheter brukes derfor til å beregne to-veis reisetid om til myrddybder. Ulike materialer som fjell, leire, grus og torv har ulike EM-hastigheter på grunn av forskjell i deres dielektriske permittiviteter (tab. 1). For torv er vanninnhold den viktigste faktoren, der en vannmettet torv har raskere EM-hastigheter en tørr torv (Sjöberg et al., 2015).

Tabell 1. Elektromagnetiske (EM) hastigheter for ulike materialer etter (Norges geologiske institutt, 2015; Parsekian et al., 2012; Sjöberg et al., 2015).

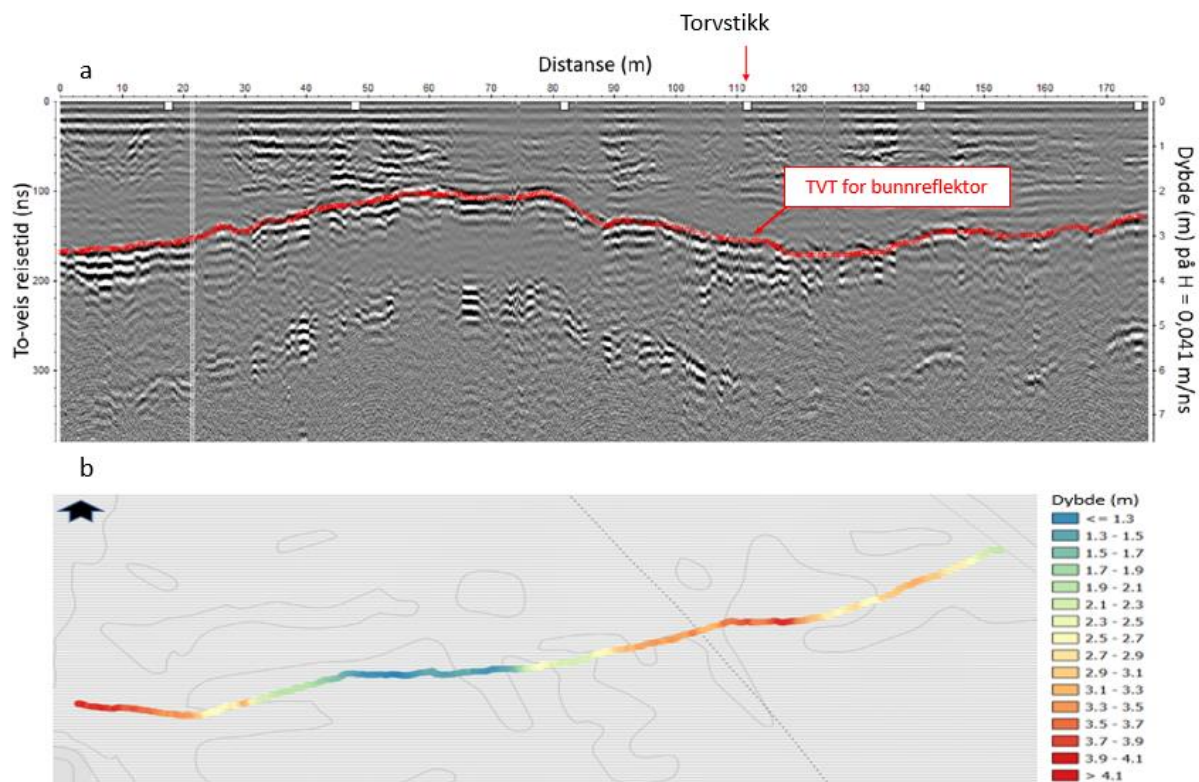
Materiale	EM-hastighet (m ns ⁻¹)
Tørr torv	0.046 – 0.052
Vannmettet torv	0.033 – 0.049
Vann	0.033
Leire	0.05 – 0.013
Fjell	0.10 – 0.13

I planområdet brukte vi torvspyd til å gjøre 40 manuelle torvstikk-målinger av dybden (d) i punkter langs profilene i felt. Det var anlagt en vei igjennom myra fra sør til nord, og vi tok 14 torvstikk på delen vest for veien, og 26 torvstikk øst for veien (fig. 6). Fra likning 1 ses det at observasjoner av TVT til refleksjonen fra bunnen av myra, kombinert med torvstikk-målinger (d) i samme punkter muliggjorde en utregning av EM-hastigheten. Når EM-hastigheten er beregnet for myra, kan man finne ut tykkelsen til myra i de områdene som ikke har målinger. Torvas TVT leses av i et ferdig prosessert profil (fig. 7).



Figur 6. Jeg gjorde 14 torvstikk-målinger (røde punkter) på den vestlige delen, og 26 torvstikk-målinger på den østlige delen. Grønne linjer viser hvor vi gikk med georadaren. I bakgrunnen ses Norgeskart i gråfarge. Boligene under georadar linjene ble oppført i etterkant.

Et ferdig prosessert profil viste lagdelinger og morfologien til myra, og jeg kunne tolke myras bunnreflektor (fig. 7). Prosessering innebar redigering av georadar dataene for å visualisere bunnreflektoren av myra, og de 36 georadarprofilene ble prosessert i dataprogrammet Reflex2Dquick (Sandmeier, 2017). Innstillinger for prosesseringen kan ses i vedlegg A. Jeg eksporterte de 36 tolkede profilene til Qgis, og hvert profil inneholder koordinater slik at dybdene kunne visualiseres på kartet ved hjelp av fargekoder (fig. 7). Til slutt ble de 36 profilene interpolert i ArcGIS Pro til et dybdekart (vedlegg A).



Figur 7. Et ferdig prosessert og tolket profil fra planområdet. Den røde streken (tolkning) illustrerer bunnen til myra, hvor TVT ble lest av på y-aksen. Langs x-aksen ses distansen på profilen, og posisjonen til torvstikkene vises med hvite firkanter. Reflektoren som ses under den røde streken (multipel) skyldes at refleksjonen fra bunnen av myra er kraftig, og at signalet reflekteres frem og tilbake to ganger (a). Den samme profilen er eksportert til Qgis. Myr-tykkelsen langs den tolkede profilen ble visualisert med ulike fargekoder der rød er dypest, og blå er grunnest. I bakgrunnen ses topografisk norgeskart i gråtoner (b).

2.4.2 Torvprøver med russerbore

For å estimere karboninnholdet i myra, tok vi opp torvprøver som ble brukt til å beregne volumtetthet og innhold av organisk materiale i torva (fig. 8). I 12 av GPS-punktene ble det hentet opp to til tre torvprøver med russerbor på forskjellige dybder for å representere hele torvlaget. I myrer finnes det små mengder karbon i de øverste 10 cm av torva og i biomassen på overflaten, men hovedandelen ligger under bakken i selve torva (Grønlund et al., 2010; Joosten & Clarke, 2002, s. 73). I de øverste 10 cm av torva ble det derfor unngått å ta prøver, da dette laget ofte er mindre omdannet og dermed mindre egnet til beregning av volumtetthet og innhold av organisk materiale (De Vleeschouwer et al., 2010).

Russerboret jeg brukte bestod av en 50 cm lang halvmåne-sylinder med et knivblad, festet på et stag med justerbar høyde (fig. 8). Boret ble ført ned i torva, og vridd 180° mot høyre for å aktivere knivbladet, som samlet torv i sylinderen med en radius på 2,5 cm. Vi skar ut 10 cm lange torvprøver som ble tatt med i en papirpose med plastikkpose rundt. Totalt 40 torvprøver med volum på 98 cm³ ble fraktet til laboratoriet og tørket i tørkeskap på 105°C i omtrent et døgn (vedlegg B).



Figur 8. Høyden leses av på russerboret under feltarbeidet i planområdet (a). En 10 cm lang torvprøve ble skjært ut fra russerboret, og dybden til prøven ble leset av på målestokken (b). Et utvalg av torvprøvene etter gløding i ovn. I bunnen av diglene lå det restmaterialer (c).

2.4.3 Utregning og laboratorieanalyser

Jeg beregnet karbonlageret med likning 2 (Yu, 2012).

$$\mathbf{Karbon\ i\ torv\ (kt) = V \times VT \times GT \times K\ (tonn)} \quad (2)$$

Volum (V) av planområdet ble beregnet i QGIS fra dybdekartet. Volumet av Bjørkemåsan og Prestmosen ble beregnet med gjennomsnittsdybden fra georadarundersøkelsen.

Torvprøvenes volumtetthet (VT) ble beregnet med vekt (g) av tørre torvprøver, delt på volum (cm^3) av våt torvprøve. Innholdet av organisk materiale i torva ble regnet ut med likning 3, ved hjelp av glødetapsanalyser (GT) i laboratorium (Krogstad, 1992).

$$\mathbf{Glødetap\ (GT) = \frac{m3 - m4}{m3 - m1}} \quad (3)$$

Papirposene med torvprøvene ble tørket i varmeskap på 105 °C i minst seks timer, og tomme digler ble brent rene ved 550 °C i glødeovn i tre timer og deretter veid ($m1$).

Torvprøvene ble så siktet gjennom en stålsikt med 2 mm åpninger. Prøvene ble lagt i rene digler og sto i seks timer til tørking ved 105 °C i tørkeskap, etterfulgt av 20 minutter i eksikator før ny innveiling av vekt ($m3$). Deretter ble prøvene glødet i glødeovn i seks timer ved 550 °C, og avkjølt i 20 minutter i eksikator. Til slutt ble diglene med reststoffet veid ($m4$) og glødetapet (GT) beregnet (fig. 8). Diglene ble til enhver tid håndtert med klype for å unngå fingermerker (Krogstad, 1992). Én av torvprøvene inneholdt omtrent kun leire, og ble tatt ut av datasettet.

Flere myrstudier estimerer proporsjon av karbon (k) i organisk materiale, basert på forholdet mellom organisk karbon og organisk materiale og bruker en gjennomsnittsverdi (Chambers et al., 2010). I mine beregninger av karboninnhold ble gjennomsnittsverdien 0,5 brukt, som er i tråd med Lyngstad et al. (2015) og Fyfe et al. (2014).

Når torva tilføres oksygen, vil karbonet binde til seg oksygen og frigjøres som klimagassen CO_2 . Effekten gassen har på global oppvarming regnes om til enheten CO_2 -ekvivalenter (ekv.), og gjøres ved å multiplisere mengden karbon med 3,664, ettersom CO_2 er 3,664 ganger tyngre enn karbon (Kyrkjeeide et al., 2020).

For å undersøke usikkerheten til karboninnholdet gjorde jeg en «Bootstrap resampling» på samme måte som i Draper et al. (2014). En tilfeldig verdi av VT og GT ble plassert i likning 2, og gjentatt 1000 ganger for å skape en gjennomsnittsverdi (Draper et al., 2014).

2.5 Undersøkelse av klimagass-utredninger i planprosessen

For å besvare problemstilling 2, kartla jeg planprosessen fra 2007 og fram til 2022 for å få oversikt over alle dokumenter. Dokumentstudiet begrenser seg til dokumenter vedtatt før 1. mai 2022. På den tiden var konsekvensutredninga til utbyggingen av B3-B7 i planområdet fortsatt under utarbeidelse, og dermed ikke tilgjengelig. Jeg fikk innsyn i aktuelle byggesøknader fra studieområdet ved forespørsel til kommunen. Øvrige dokumenter var offentlig tilgjengelig i kommunens politiske møtekalender på nett (Nannestad Kommune, 2016a).

3. Resultater

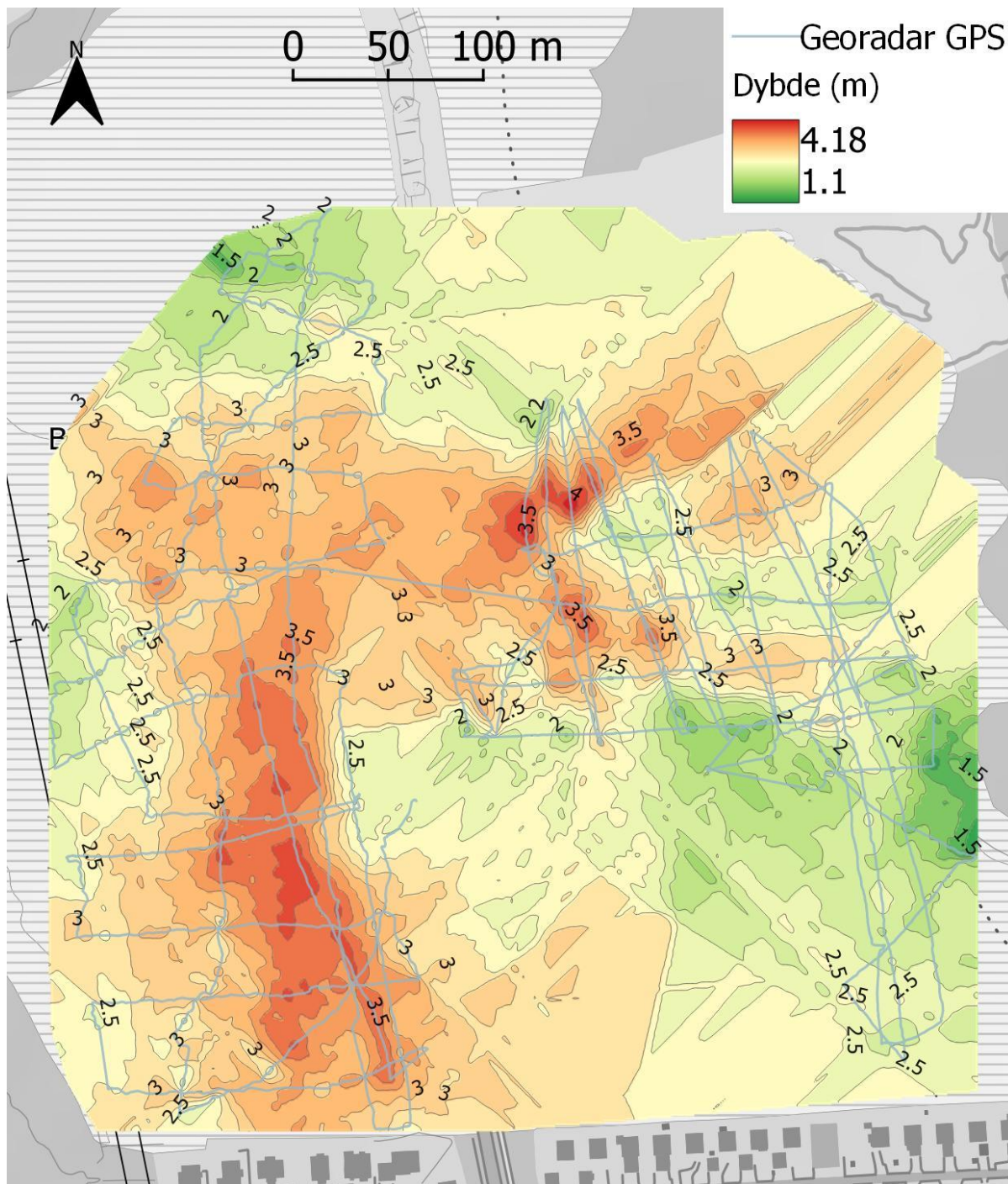
3.1 Torv-dybder og volum

Med torvstikkene var det enkelt å finne myrdybdene, da det var lett å kjenne når torvspydet støtte på leirlaget under torva. De 40 torvstikkene varierte fra 1,60 – 3,42 m (gj. snitt 2,58 m). Den vestlige delen av planområdet hvor delområde B3 og B5 lå i områdereguleringen, hadde tydelige preg av torvuttaket for 60 år siden. Her var myra betydelig våtere enn den østlige delen (fig. 9), og jeg beregnet derfor to ulike gjennomsnittshastigheter for EM-bølgene. Den vestlige delen hadde EM-hastighet på 0,036 m/ns, og den østlige delen hadde EM-hastighet på 0,041 m/ns. Georadar-målingene ga gode refleksjoner av torvbassenget, der lagdelingen mellom torv og leire kom tydelig fram (vedlegg A). Med fastsatte EM-hastigheter ga tolkningen av georadarprofilene totalt 44 485 dybde-estimater i planområdet, der 1,10 m var det grunneste og 4,18 m var det dypeste (gj. snitt 2,80 m).



Figur 9. Delområde B3 og B5 fra planområdet lå på den vestlige delen av myra, og hadde tydelige groper etter torvuttaket og var betydeligere våtere. EM-hastigheten i dette området er 0,036 m/ns.

Planområdet var dypest i midten (4,18 m), og på den vestlige delen som hadde et jevnt parti med dybder mellom 3,5 og 4,0 m. Den østlige og nordlige delen var grunnest med dybder mellom 1,5 og 2,5 m. Interpoleringa over delområde B1 viser at myra kan ha vært mellom 2,5 m til 3,0 m dyp i sør (fig. 10). Volumet av myra i planområdet beregnet jeg til 532 000 m³. Bjørkemåsans volum ble beregnet til 994 000 m³, og Prestmosens volum til 1 750 000 m³.

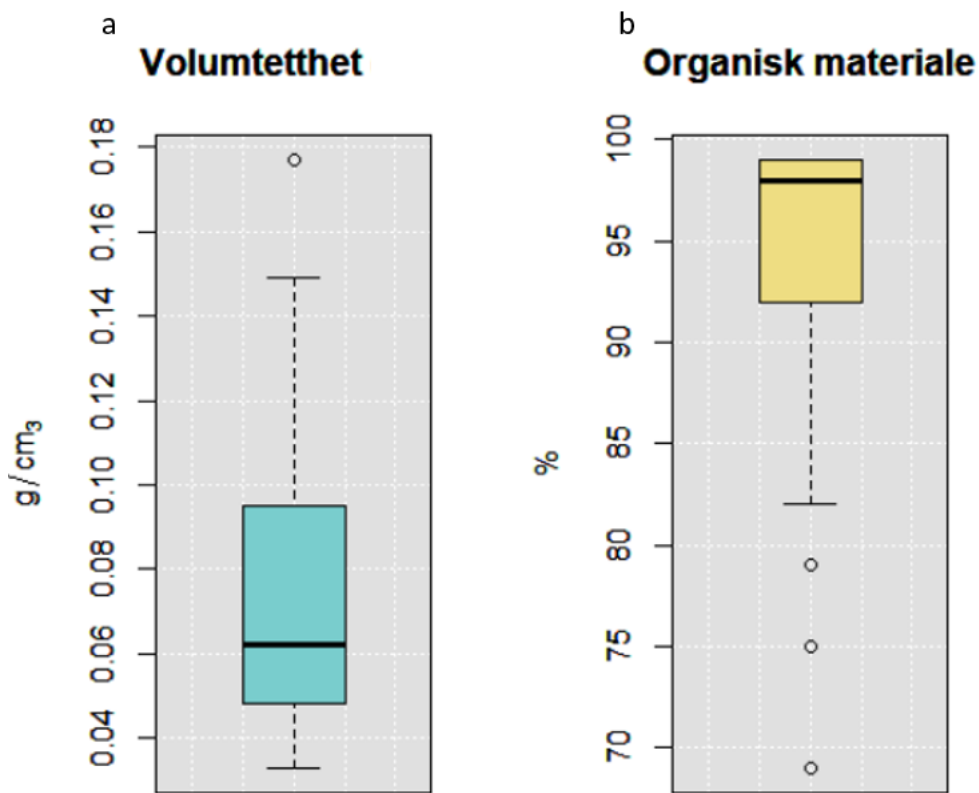


Figur 10. Dybdekart over myra i planområdet. Myra er dyppest i midten og på den vestlige delen (rødfarge), og grunnest i nord og sør-østlige deler (grønnfarge). Grå linjer viser hvor georadarmålingene ble tatt. Dybdekurvene er vist med tall, og i bakgrunnen ses topografisk Norgeskart i gråtoner.

3.2 Volumtetthet og innhold av organisk materiale

Volumtettheten (VT) til torva i planområdet hadde medianverdi på $0,062 \text{ g/cm}^3$ (gj. snitt $0,073 \text{ g/cm}^3$). Variasjonen i tettheten var relativ stor der første kvartil var $0,049 \text{ g/cm}^3$, og tredje kvartil var $0,095 \text{ g/cm}^3$, basert på 39 verdier. Det var en ekstremverdi på $0,117 \text{ g/cm}^3$ (fig. 11).

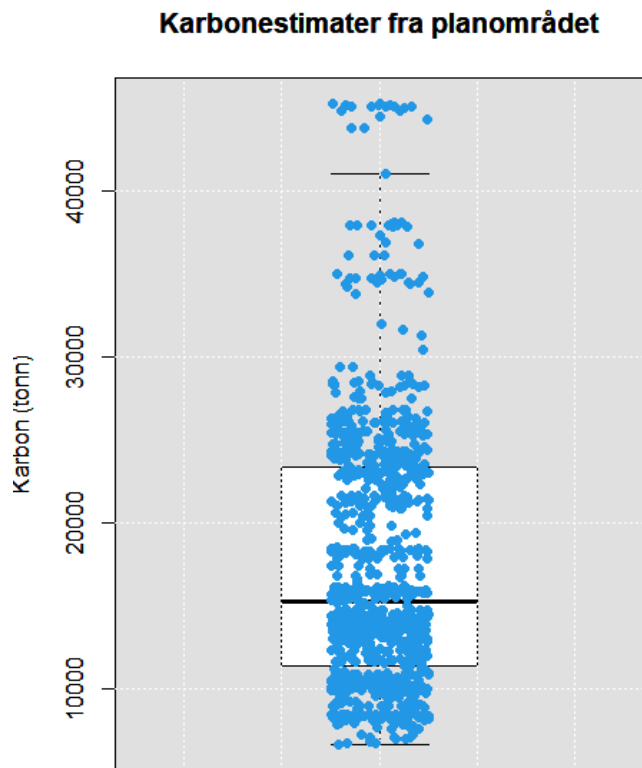
Innholdet av organisk materiale i torva hadde medianverdi på 98 % (gj. snitt 94 %) basert på 39 verdier. Første kvartil var 92 % og tredje kvartil var 99 %. Spredningen var størst i første kvartil, og det var tre ekstremverdier på 68, 75 og 79 % (fig. 11).



Figur 11. Spredningen til volumtettheten i torva lå hovedsakelig mellom $0,05 - 0,09 \text{ g/cm}^3$ (a). Innhold av organisk materiale per torvprøve lå hovedsakelig mellom 92-98 % (b).

3.3 Karbonestimat

Utbyggingen av planområdet ga et utslipp på 17 812 tonn karbon (gj. snitt) fra torva, tilsvarende 65 263 tonn CO₂-ekv. Usikkerheten ble testet tusen ganger i likning 2, med ulike kombinasjoner av volumtetthet og innhold av organisk materiale (fig. 12). Estimatenes hadde stor spredning rundt medianen (15 296 tonn karbon), der første kvartil var 11 424 tonn karbon, og tredje kvartil var 23 383 tonn karbon (fig. 12). Én kubikkmeter torv i planområdet inneholder 29 kg k/m³.

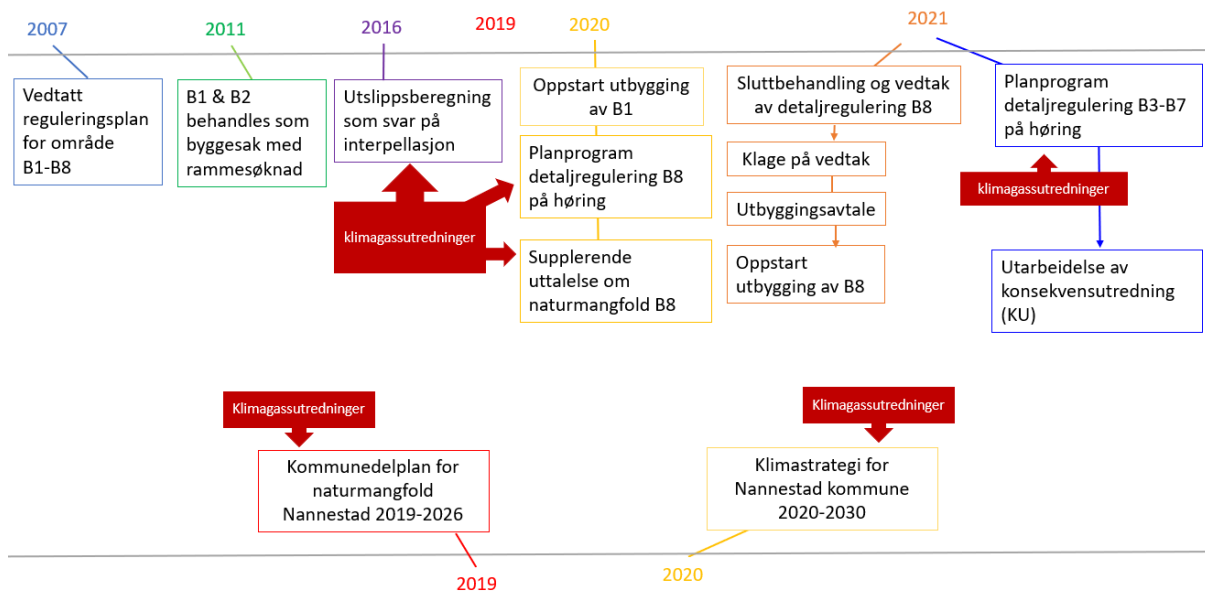


Figur 12. Karbonestimatet ble beregnet tusen ganger, med ulike kombinasjoner av volumtetthet og innhold av organisk materiale i likning 1. Blå prikker representerer estimatene. Hvit boks viser hvor estimatene mellom 1. og 3. kvartil ligger, og medianverdien vises som svart strek.

Tatt i betraktning at hele Bjørkemåsan tørket ut som en følge av utbyggingen, ble omtrent 33 937 tonn karbon, tilsvarende 123 978 tonn CO₂-ekv. frigjort. Hele Prestmosens karbonlager ble beregnet til 60 234 tonn karbon (220 698 tonn CO₂-ekv.).

3.4 Klimagassutredninger

Den 15 år lange planprosessen på Bjørkemåsan bestod av mange vedtak, innspill og utgreiinger. Jeg fant fire dokumenter fra planprosessen som inneholdt klimagassutredninger fra planområdet (fig. 13). I tillegg til to styringsdokumenter fra kommunen som ble laget i den samme tidsperioden (fig. 13).



Figur 13. Planprosessen til Bjørkemåsan er kartlagt i øvre tidslinje. I den samme tidsperioden, vist i nedre tidslinje har kommunen laget to styringsdokumenter som angår myr og karbonutslipp. De røde pilene viser hvor i planprosessen det er gjort utredninger om klimagassutslipp fra myra i planområdet.

Da områdereguleringen på Bjørkemåsan ble foreslått i 2007, kom det ingen innspill som tok opp myra som karbonlager, og planen ble vedtatt (Nannestad kommune, 2007). Delområde B1 og B2 ble behandlet som byggesak med rammesøknad i 2011, uten krav til detaljregulering. Det ble derfor ikke gjort noen utredninger i forbindelse med klimagassutslipp (kommune, 2011). Flere naboer av Bjørkemåsan begynte å stille spørsmål til utbyggingsplanene, og i 2016 gjorde kommunen en beregning av CO₂-utslipp, etter en interpellasjon til ordføreren (tab. 2).

Kommunen lagde en egen detaljregulering for delområde B8, og det ble gjort klimagassberegninger basert på de samme tallene som i interpellasjonen (tab. 2). Kommunen fikk innspill fra fylkesmannen om at kunnskapsgrunnlaget om myr og karbonlagring ikke var tilstrekkelig, og dermed ble det laget en supplerende uttalelse for naturmangfoldet på

Bjørkemåsan (tab. 2). I uttalelsen kom det fram at myra tilsynelatende var intakt likevel, og at utbyggingen var uheldig for myra (fig. 14).

For de resterende delområdene B3-B7, ble det laget en felles detaljregulering i 2020 (Nannestad kommune, 2021a, 2021b). Planprogrammet utredet klimagassutslipp i liten grad (tab. 2). Detaljregulering for B3-B7 er 260 daa, og utløste krav om KU i henhold til Forskrift om konsekvensutredninger (2017).

I kommunedelplan for naturmangfold fra 2019 ble Bjørkemåsans verdi ansett som tapt, fordi området var regulert til boligformål og utbyggingen var igangsatt (tab. 2). I klimastrategien sto det at Nannestad kommune kan få utslipp fra myr i framtiden som følge av utbygging. Det er ikke gjort rede for hvor mye utslipp som kan forekomme, eller konsekvenser av dette (tab. 2).

Tabell 2. De seks dokumentene som inneholder utredninger om CO₂-utslipp fra Bjørkemåsan er listet opp, og de viktigste funnene er gjengitt.

Dokument	Utredning
Svar på interpellasjon til ordføreren (Nannestad Kommune, 2016b)	Kommunen ble nødt til å beregne utslipp fra utbygging av B1 og B2 etter en interpellasjon til ordføreren. De har ikke antagelser på myras volumtetthet og innhold av organisk materiale, men de har lagt til grunn at én kubikkmeter (m ³) torv inneholder 128 CO ₂ -ekv., og at Bjørkemåsan er mellom 1 og 2 m dyp. Det gir et utslipp på henholdsvis 23 000 tonn CO ₂ -ekv. og 46 000 tonn CO ₂ -ekv.
Planbeskrivelse til detaljregulering av B8, kap.7 – Virkninger av planen (Nannestad kommune, 2021a)	I avsnitt 7.1 - <i>Virkninger av planen</i> , har kommunen gjort beregninger av CO ₂ -utslipp fra delområde B8. Det ble brukt samme metode som i interpellasjonen, og torvdybdene ble endret til 3 m innenfor B8. Det ga estimatet 14 976 tonn CO ₂ -ekv. Det vises ellers til at de negative konsekvensene er avklart gjennom områdereguleringsplanen.

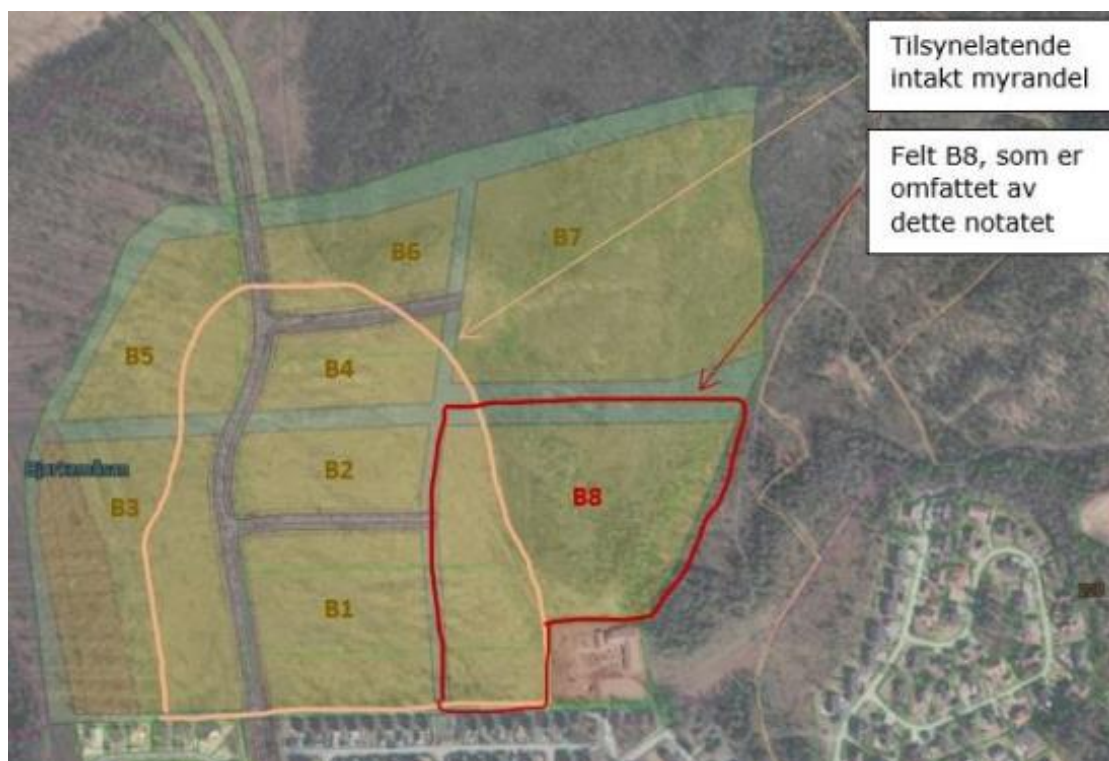
	<p>I avsnitt 7.21 konkluderes det med at videre utbygging ikke skal termineres, fordi det ikke er avdekket negative virkninger av planforslaget. Ettersom myra fra før har gjennomgått store inngrep er verdien og tilstanden redusert, selv om en ytterligere senkning av grunnvannstanden medfører tilførsel av oksygen i torva, som gir CO₂-utslipp.</p>
<p>Supplerende uttalelse om naturmangfold for Bjørkeåsen B8 (Nannestad kommune, 2020b)</p>	<p>På side 5 nevnes det at utbygging av myr er uheldig for klimagassutslipp. Det ble funnet at Bjørkemåsan har en del som er tilsynelatende intakt likevel, og som ble rammet av utbyggingen (s. 4).</p>
<p>Planprogram til områdereguleringsplan av B3-B7, kap. 5 – problemstillinger (Nannestad kommune, 2021b)</p>	<p>I Avsnitt 5.5 gjøres det rede for at punktering av myr og endringer i dens vannbalanse vil føre til utslipp av klimagasser, og ha en negativ effekt på atmosfærens klimabalanse. Det er ikke gjort beregninger på hvor mye utslipp det vil medføre. Videre nevnes det at ei ødelagt myr vil være vanskelig å restaurere, og at prosessene som allerede er igangsatt på myra er irreversible.</p> <p>Det konkluderes med at klimagassutslipp som følge av fjerning av torvmasser skal beregnes og konsekvensutredes for området.</p>
<p>Kommunedelplan for Naturmangfold i Nannestad 2019-2026 (Nannestad kommune, 2019b)</p>	<p>I vedlegg 4 til kommunedelplanen nevnes det at myr er viktige karbonlagre, og at Nannestad har store myrområder. Men da det foreslås å avsette Bjørkemåsan som et lokalt viktig område, er det på grunn av at myra er et viktig hekkeområde for fugl. Forslaget avises fordi arbeid med reguleringsplanen er startet,</p>

og konkluderer med at myrområdet og dens verdier er ansett å være tapt.

**Klimastrategi for
Nannestad kommune
2020-2030**

(Nannestad kommune,
2020a)

Kommunen påstår på side 7 at det hittil har vært små utslipp som følge av at myrområder har blitt gjort om til bebyggelse, men at dette kan øke i framtiden hvis kommunens myrareal reduseres ytterligere.



Figur 14. Etter en grundigere undersøkelse av Bjørkemåsan kom det fram at midtre deler av myra var tilsynelatende intakt likevel. Hele den tilsynelatende intakte delen av Bjørkemåsan ble utbygd, illustrert i Nannestad kommune (2020b).

4. Diskusjon

Det er mange faktorer som påvirker hvor mye CO₂ som ble frigjort fra Bjørkemåsan. I tillegg til selve karbonlageret i torva, vil blant annet utslipp fra skogen, anleggsmaskiner og endret vannbalanse, gjøre at det faktiske utslippet er høyere. Nannestad kommune har beregnet utslipp fra delområde B1, B2 og B8. Men kommunens kartlegging av myras egenskaper er mangelfull, og estimatet er basert på en standardverdi for karboninnhold i myr. Planprosessen til Bjørkemåsan startet i 2007, og den første utbyggingen av boligområdet skjedde i 2020. I det 15 år lange tidsrommet har kunnskapen om myr og karbonlagring økt. Derfor er det gamle vedtak på Bjørkemåsan, som er i strid med dagens lovverk.

4.1 CO₂ utslipp fra utbyggingen av Bjørkemåsan

Utbyggingen av planområdet vil frigjøre 17 812 tonn karbon, tilsvarende 65 263 tonn CO₂-ekv. fra torva. Selv om ikke hele myra bygges ut, vil vannbalansen endres på grunn av inngrepet, som i verste fall kan føre til uttørking av hele Bjørkemåsan og mer utslipp av CO₂. Tar man derfor hele Bjørkemåsans karbonlager med i beregningen (355 daa), forhøyes estimatet til 33 837 tonn karbon, som tilsvarer 123 978 tonn CO₂-ekv. Det er like mye utslipp som flytrafikken på Oslo lufthavn hadde i 2020 (Miljødirektoratet, 2021b). Legger man til torvmengdene som fantes i Prestmosen også (~625 daa), er utslippet på omtrent 220 698 tonn CO₂-ekv.

Beregningene av volumtetthet og innhold av organisk materiale ble gjort med laboratorieanalyser av torvprøver, som jeg hentet opp etter at utbyggingen på Bjørkemåsan startet. Bjørkemåsan er en typisk høymyr, en ombrogen myr, som får vanntilførsel hovedsakelig fra nedbør (Lyngstad & Vold, 2015). Vannbalansen i typiske høymyrer gjør at torva ofte lagrer mer karbon enn andre typer myr (Joosten & Clarke, 2002, s. 34). Men ettersom inngrepet hadde startet da feltarbeidet ble utført, var store mengder karbon allerede frigjort. Torvfabrikken på Bjørkemåsan og Prestmosen har fjernet mye torv, som garantert har gitt store utslipp av CO₂ i tillegg. Det vil si at det reelle karbonlageret, og utslippet fra Bjørkemåsan er høyere enn i mine beregninger. Planområdet har omtrent 108 daa med skog (Nannestad kommune, 2021b). Norsk skog er definert til å inneholde 15 kg karbon per m³ med skogbunn (Kyrkjeeide et al., 2020). Det vil si at i tillegg til utslippet fra torva, vil skogen slippe ut ytterligere 5 935 tonn CO₂-ekvivalenter

som en følge av utbyggingen. I tillegg til direkte utslipp fra torva og skogen finnes det flere utslippskilder fra selve bygningsarbeidet, for eksempel de hundrevis av lastebillassene med torv som blir kjørt vekk.

4.2 Usikkerheter rundt karbonestimater

Karbonestimater fra planområdet har den mest eksakte beregningen fordi det også har mest nøyaktig volumberegning. De tusen estimatene lå fortrinnsvis mellom 11 424 tonn karbon og 23 383 tonn karbon.

En forutsetning for presis dybdekartlegging i georadarundersøkelsen, var korrekt bestemmelse av EM-hastigheten til torva. Hastigheten varierer med vanninnholdet, og jeg beregnet to ulike EM-hastigheter i planområdet. Den noe bløtere vestsiden av planområdet, hadde raskere EM-hastigheter enn den tørrere østsiden med henholdsvis 0,036 m/ns og 0,041 m/ns. De beregnede EM-hastighetene indikerer likevel at torva på begge sider var vannmettet ettersom begge hastighetene kan plasseres i kategorien for vannmettet torv (tab. 1). Min beregning av to ulike hastigheter var dog med på å redusere usikkerheten i dybdekartleggingen. Om man går fra en tørrere del av myra til en våtere del, og bruker samme EM-hastighet for begge vil tolkningen gi feil dybder. Da vil myra blir presentert som grunnere enn den er i virkeligheten (Parsekian et al., 2012). Hastighetene stemmer godt med andre myrstudier, der hastighetene starter på 0,033 m/ns for bløtere myrer, og går opp til 0,052 m/ns for tørrere myrer (Parsekian et al., 2012; Sjöberg et al., 2015). Kalibrering av georadarmålingene med torvstikk var et viktig steg i prosesseringen etter datainnsamlingen, for å sikre at den faktiske dybden av myra ble kartlagt (Parry et al., 2014). I planområdet tok jeg 40 torvstikk, og er dermed sikker på at myras dybdevariasjoner ble tatt god høyde for, fordi en statistisk sett bør ha minimum 30 torvstikk-målinger uavhengig av den geologiske settingen (Rosa et al., 2009).

Med EM-hastighetene i planområdet, regnet jeg ut myrddybden for alle 36 profiler, som ga dybder mellom 1,10-4,18 m (gj. snitt 2,80 m). Volumet til torva i planområdet ble beregnet til 532 000 m³, fra interpolasjonen av dybdekartet. Planområdet ble godt dekket av georadarmålinger, bortsett fra delområde B1, og langs Torvstikkerveien hvor torva var fjernet. Dybdene i disse områdene ble derfor interpolert basert på målinger rundt. Delområde B1 er

omtrent 100 m bredt, og derfor er det 100 m mellom georadarmålingene, og dermed en usikkerhet i myrdybden her. Jeg kunne ha brukt gjennomsnittsdybden i stedet for interpolering i volumberegningen. Men ettersom målingene langs østsiden av B1 tyder på relativt tynn myr (< 2,5 m) i dette området, kunne myrdybden blitt underestimert. Andre myr-studier som har 100 m mellom hver georadarprofil har dog vist gode resultater i dybdekartlegginger (Plado et al., 2011). Sammenlignet med dybdemålingene gjort for 100 år siden (Stangeland, 1892), kan det tyde på at myra har vært tykkere i delområde B1 og ved Torvstikkervegen. Dybdekartet kan også antyde en sammenheng mellom dybdene på 3,5 m midt i planområdet (fig. 10). Dermed mistenker jeg at gjennomsnittsdybden ville blitt dypere om vi hadde gjort feltarbeidet før utbyggingen startet, og dermed også karbonestimatet. Volumet til hele Bjørkemåsan (~994 000 m³) ble beregnet med gjennomsnittsdybden (2,80 m). Det området vi ikke fikk kartlagt utenfor planområdet var lenger enn 100 m, og en interpolering av dette området ville kun basert seg på dybden fra en side, istedenfor en sirkulær radius slik som jeg gjorde for B1.

En georadar kan i noen tilfeller der randsonen av myra endres til f.eks. grøft, registrere side-refleksjoner istedenfor selve myrdybden. For å unngå at dette påvirket gjennomsnittsdybden ble det unngått å ta målinger i disse randsonene. Det var likevel noen enkeltpunkter fra målingene som viste skurrete signal, og ble slettet manuelt i prosesseringa. Dette skyldtes hovedsakelig støy på overflaten fra objekter, som for det meste var restmaterialer av stål etter torvfabrikken på den vestlige delen. Georadaren ble dratt i profiler som krysset hverandre på myra. Hver profil ble tolket hver for seg, og noen av krysningspunktene fikk forskjellige dybder. Det skyldes enten en side-refleksjon, støy på overflaten eller en feilmargin i GPS-signalet. Når alle profilene var tolket ble krysningspunktene sammenlignet i Qgis. Krysningspunkter med stor forskjell i dybden ble slettet eller modifisert for å sikre at den faktiske dybden i myra ble representert. Bjørkemåsan er en høymyr, og får vanntilførsel via nedbør (Lyngstad & Vold, 2015). Tilføres kun regnvann til en myr, har vannet en lav konduktivitet og EM-bølgene fra georadaren dempes lite, som gir et tydelig signal. Dersom det er omvendt, der kun grunnvann tilføres, er konduktiviteten høyere og dempingen av signalet større (Lowry et al., 2009). Georadar-signalet var lett å tolke under prosesseringen, som tyder på at myra hovedsakelig består av regnvann.

Volumtettheten (VT) til torva hadde en medianverdi på 0,062 g/cm³ (gj. snitt 0,073 g/cm³). Tettheten til torv varierer vanligvis mellom 0,05– 0,2 g/cm³, basert på hvor omdannet torva er (Chimner et al., 2014). I mine resultater varierte tettheten mellom 0,03 – 0,17 g/cm³, som kan tyde på at noen av torvprøvene ikke var helt omdannet til torv, ettersom myra har vært utsatt for inngrep (Lyngstad et al., 2015). Prøvene kan også ha blitt hentet for nærme overflaten siden tettheten var lavere enn i Chimner et al. (2014). Torvprøvene jeg tok ~10 cm fra overflaten kunne muligens vært utelatt i beregningene. Innholdet av organisk materiale i torva hadde en relativ høy medianverdi på 98 % (gj. snitt 94%). Resultatet lå mellom 92 – 99 %, noe som samsvarer med andre myr-studier der variasjonen vanligvis beskrives mellom 85 – 98 % (Carless et al., 2021; Chambers et al., 2010).

I de tusen karbonberegningene med likning 2, brukte jeg dog hele datasettet for VT og innhold av organisk materiale (39 verdier) i ulike kombinasjoner, for å ta høyde for dybdevariasjonen til torva. Beregningene viste at én kubikkmeter torv i planområdet inneholdt 29 kg karbon, som er betraktelig lavere enn karboninnholdet i intakte myrer på 50-55 kg k/m³ (Grønlund et al., 2010; Kyrkjeeide et al., 2020). Det beviser at store deler av Bjørkemåsans karbonlager allerede har blitt frigjort. 29 kg k/m³ samsvarer dog bedre med estimatet som ble gjort av NIBIO forsker Arne Grønlund i interpellasjonen til ordføreren, som estimerte 35 kg karbon per kubikkmeter torv på Bjørkemåsan (Nannestad Kommune, 2016b).

4.3 Kommunens utredninger om utslipp av klimagasser

Det første vedtaket på Bjørkemåsan ble gjort i 2007, og det er fortsatt saker som er under behandling per dags dato. I løpet av den hittil 15 år lange planprosessen, er det kun fire av utallige mange plandokumenter, som utreder utslipp av klimagasser fra torva. Planområdet på Bjørkemåsan ble delt inn i 8 delområder (B1-B8), og det er gjort forskjellig saksbehandling og vedtak for delområdene.

For å komme raskere i gang med utbygging etter ønske fra forslagsstiller ble utbygging av delområde B1 og B2 behandlet som byggesak, i henhold til Byggesaksforskeriften (SAK10) med rammesøknad i 2011 (kommune, 2011). Det var ingen som kom med innspill, og det ble gitt rammetillatelse. SAK10, kapittel 6 (Kommunens saksbehandling), § 6-4 første ledd bokstav f;

Forhold til utvalgte naturtyper, fastslår at inngrep som berører utvalgte naturtyper fastsatt i NML § 52, skal konsekvensutredes dersom de ikke alt er vurdert etter lovens regler om konsekvensutredninger. Da rammetillatelsen ble gitt i 2011, var ikke Bjørkemåsan vurdert til å være en utvalgt naturtype. Etter en kartlegging av Lyngstad og Vold i 2014, ble Bjørkemåsan kategorisert som en eksentrisk høymyr, som er en sterkt truet (EN) naturtype (Artsdatabanken, 2018). Eksentrisk høymyr er en utvalgt naturtype fordi dens største trussel er forringelse av arealet (Lyngstad et al., 2018). Dermed hadde Bjørkemåsans verdi endret seg før utbyggingen av delområde B1 i 2020. De negative konsekvensene av utbyggingen, deriblant utslipp av CO₂, og tapet av en sterkt truet naturtype, ble ikke gjort rede for av kommunen.

Karboninnholdet til ulike naturtyper av våtmark kan ha store lokale forskjeller basert på myras egenskaper og tilstand. Jeg beregnet torva i planområdet inneholdt 29 kg k/m³. Da det i 2016 ble gjort utslippsberegninger av kommunen som svar på en interpellasjon til ordføreren, ble det foreslått at én kubikkmeter torv på Bjørkemåsan inneholder 35 kg karbon (Nannestad Kommune, 2016b). I interpellasjonen tok de høyde for at myra var mellom 1 og 2 m dyp. Men myrddybden i området til Bjørkemåsan og Prestmosen har vært kjent siden slutten av 1800-tallet, da Stangeland (1892) gjorde feltundersøkelser og beskrev myra med dybder opptil 3,6 m. Kommunen estimerte utslipp på henholdsvis 23 00 tonn CO₂-ekv. (1m) og 46 000 tonn CO₂-ekv. (2m). Hvis kommunen hadde ganget sin standardverdi (35kg k/m³) med riktig myrddybde, ville utslippstallet blitt betraktelig høyere. Dermed kommer det fram at deres estimat per kubikkmeter stemmer godt overens med mine funn, men at de har underestimert myras dybde.

Da planprogrammet til delområde B8 kom i 2021 ble delområdets myrddybde endret fra 1-2 m, til 3 m (Nannestad kommune, 2021a). Med den samme standardverdien for karbon i torv (35kg k/m³) ble det beskrevet at inngrepet på B8 vil frigjøre 14 976 tonn CO₂-ekv. Selv om kommunen nå har gjort rede for hvor mye CO₂ som frigjøres, påstår de at myras tilstand er så dårlig fra før, at det ikke er et alternativ å stoppe videre utbygging (Nannestad kommune, 2021a). På dette tidspunktet hadde Bjørkemåsan status som en ikke intakt myr, og dens verdier var allerede ansett som tapt i Nannestads kommunedelplan for naturmangfold (Nannestad kommune, 2019b). En intakt myr fanger og lagrer karbon, men en myr som blir utsatt for inngrep og drenering, vil frigjøre CO₂ fordi karbonbalansen forstyrres (Kyrkjeeide et al., 2020;

Miljødirektoratet, 2020). Etter høring av planen ble kommunen bedt av Fylkesmannen å utbedre kunnskapsgrunnlaget knyttet til naturtypen, i henhold til NML § 8 – *kunnskapsgrunnlaget* (Naturmangfoldloven, 2009). Dermed kom det fram av den supplerende uttalelsen om naturmangfold, at midtre deler av Bjørkemåsan var tilsynelatende intakt likevel, og at Bjørkemåsan var en sterkt truet naturtype (Nannestad kommune, 2020b). Plasseringen av delområdene dekker hele den intakte delen. Delområdene kunne i stedet vært plassert på den delen som allerede er ødelagt fra torvproduksjonen, slik at den intakte delen kunne blitt bevart. Det finnes eksempler på myrer som har vært ødelagte slik som Bjørkemåsan, men som har blitt restaurert med suksess (Miljødirektoratet, 2020). Dersom utbyggingen hadde blitt stoppet, og myra restaurert istedenfor, kunne Bjørkemåsan fortsatt med karbonlagring. I Norge finnes det i dag tekniske installasjoner for karbonfangst- og lagring. Det er store samfunnsøkonomiske tiltakskostnader, der gjennomsnittsprisen per tonn CO₂ fanget og lagret er omtrent 600 kr (Miljødirektoratet, 2019). Det vil si at det koster omtrent 80 millioner kroner å fange og lagre karbonet fra Bjørkemåsan.

Delområde B8 er på 39 daa torv, som betyr at den ikke utløser krav om KU ved uttak av torv, i henhold til Forskrift om konsekvensutredninger (2017). Ser man hele planområdet i sammenheng utgjør det uttak og ødeleggelse av 335 daa torv, og dermed utløser det krav om KU. Kommunen gjorde derfor en saksbehandlingsfeil, og unngikk konsekvensutredning ved å dele reguleringsplanen inn mindre delområder. Dette er et lovbrudd på NML § 10 – *økosystemtilnærming og samlet belastning*, fordi påvirkning av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastning (Naturmangfoldloven, 2009). Den siste områdereguleringen på Bjørkemåsan per dags dato omfatter delområde B3-B7, og planprogrammet ble lagt fram i 2021 (Nannestad kommune, 2021b). Det var stor medvirkning i forbindelse med utbygging av B1, B2 og B8, og lokale innspill krevde konsekvensutredning av klimagassutslipp. Dermed er det utarbeidet et omfattende planprogram til konsekvensutredning for de gjenværende delområdene B3-B7. Selv om konsekvensutredninga utarbeides per dags dato, burde det vært gjort i helhet for områdereguleringen før utbyggingen startet. Nå er 60 daa alt ødelagt og 16 640 CO₂-ekv. har blitt sluppet ut, uten at Nannestad kommune hverken har undersøkt konsekvensene av det, eller fått noen konsekvenser selv.

I den samme tidsperioden som planprosessen på Bjørkemåsan, har kommunen laget en kommunedelplan for naturmangfold (Nannestad kommune, 2019b). Her skriver de at myrer i nyere tid har fått fokus som viktige CO₂ reservoarer. Da kommunen vurderte å sette Bjørkemåsan av som et lokalt viktig område i delplanen, var det ikke på grunn av karbonlagring, men på grunn viktig hekkeområde for fugl. Det nevnes at myr slipper ut CO₂ ved ødeleggelse, og at myr er viktig for karbonlagring, uten at det blir utredet grundigere. Utslipp av klimagasser i enkelte virksomheter er kvotepliktige etter EUs klimavotesystem, og etter prinsippet om at forurensere skal betale (Forurensningsloven, 1981; Miljødirektoratet, 2019). I petroleumsvirksomheten er for eksempel CO₂-avgiften på 460 kr per tonn CO₂, fra forbrenning av naturgass (Miljødirektoratet, 2019). Dersom klimagassutslipp fra myr var omfattet av forurenser betaler prinsippet, måtte Nannestad kommune betalt omtrent 57 millioner kroner i CO₂-avgift for Bjørkemåsan, om man bruker den samme satsen for naturgass. I slutten av 2021 foreslo regjeringen at CO₂-avgiften skal økes til 2000 kr per tonn CO₂ frigjort innen år 2030, og da hadde utslippet på Bjørkemåsan kostet omtrent 246 millioner kroner. En så stor økning i avgiften, understreker alvorligheten i utslipp av klimagasser (Finansdepartementet, 2021).

Klimastrategien til Nannestad kommune (2020a), ble også laget i samme tidsperiode og den gjør rede for utslipp fra skog, myr og beitemark. Der står det at kommunen har hatt små utslipp som følge av utbygging av myr eller skog, men at dette kan øke i framtiden hvis kommunen bygger ut mer myr. Men utslippet fra utbyggingen av planområdet (65 263 tonn CO₂-ekv.), er stort sammenlignet med hele Nannestads kommune årlige utslipp, som har ligget på ~35 000 tonn CO₂-ekv. de siste 10 årene (Miljødirektoratet, 2021b). Utslipp fra myr inngår ikke i kommunens årlige utslipp, selv om det er omtrent dobbelt så mye. Det virker som kommunen har en oppfatning av at det skjer utslipp fra myra. Men hvor store mengder som faktisk frigjøres, og konsekvensene disse har på klimaet mangler en forståelse. Kommunens administrasjon er delt inn i avdelinger, og jeg mistenker de som har jobbet med klimastrategien ikke har vært særlig innblandet i de som jobbet med planprosessen til Bjørkemåsan.

I Klimastrategien ønsker Nannestad kommune å styrke klima- og miljø gjennom blant annet god arealplanlegging. De ønsker at deres tiltak mot klimaforandringer skal bidra til gjennomføringen av FNs bærekraftsmål nummer 13, som handler om å stoppe klimaendringene (FN-Sambandet,

2022; Nannestad kommune, 2020a). Det er et ambisiøst ønske for kommunen, når de velger å ødelegge ett av sine største karbonreservoarer. I Norges statusrapport om bærekraftmålene står det at norske kommuner må gi naturen større prioritering i arealplanleggingen (Kommunal- og moderniseringsdepartementet & Utenriksdepartementet, 2021). Dessuten stiller PBL § 3-1 første ledd bokstav g krav om at planleggingen blant annet skal ta klimahensyn (Plan og bygningsloven, 2008). Det ville derfor vært naturlig for Nannestad kommune å bevare Bjørkemåsan, for å bidra i kampen om å stoppe klimaforandringene.

5. Konklusjon

Utbyggingen av Bjørkemåsan frigjorde omtrent 33 937 tonn karbon, tilsvarende 123 978 CO₂-ekv. Det er enorme mengder karbon som har gått tapt, og trolig er det totale utslippet større enn i mine beregninger. Inngrepene på Bjørkemåsan startet allerede på 1915-tallet, og karbonlageret har gradvis blitt redusert siden. Konsekvensen av tapt karbonlagring fra både Bjørkemåsan og Prestmosen ble ikke sett i helhet under planleggingen. Det har vært en del-for-del-utbygging som til slutt spiste opp myra. Enkelte delområder ikke var store nok alene til å utløse lovkravene. På denne måten unngikk Nannestad kommune nyere lovkrav i henhold til bærekraftig bruk- og vern av naturen. Samtidig med denne storstilte nedbyggingen, har kommunen allerede jobbet med klimaomstilling i noen år. Men det foregår uten at kommunen har noe særlig arealregnskap på hva de mister av myr og karbonlager. Det behøves et bedre samarbeid på tvers i kommunens administrasjon, og bedre utnyttelse av den tilgjengelige kunnskapen.

Utbygging av boligområder på myr er fortsatt lovlig i Norge, men det burde først og fremst vært unngått. Fortetting og gjenbruk av allerede utbygde arealer ville gitt mye mindre utslipp framfor utbygging av verdifulle myrer. Skal klimaforandringene stoppes, og tapet av de verdifulle naturtypene i Norge stanses, må dagens arealplanlegging bygge på et godt kunnskapsgrunnlag. Slik som for eksempel konsekvensene av inngrep på myr. Men selv om det blir brukt ressurser på å utbedre kunnskapen, og det lages strategier på hvordan vi skal stoppe klimaendringene, brukes de ikke alltid i praksis. Dersom utbygging på karbonrik natur fortsetter, burde det få konsekvenser for den som er ansvarlig for utbyggingen. Utbyggingen gir tross alt alvorlige konsekvenser for klimaet- og naturen vår.

6. Referanser

- Artsdatabanken. (2018). *Norsk rødliste for naturtyper*. Hentet 11. mai 2022 fra <https://www.artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper>
- Askheim, S. (2020). *Nannestads natur*. Store norske leksikon. Hentet 23. februar 2022 fra https://snl.no/Nannestads_natur
- Bárcena, T. G., Grønlund, A., Hoveid, Ø., søgaard, G., & Lågbu, R. (2016). Kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr. Sammenstilling av eksisterende kunnskapsgrunnlag om nydyrking av myr og synliggjøring av konsekvenser ved ulike reguleringstiltak. *Norsk institutt for bioøkonmi* 2(43). <http://hdl.handle.net/11250/2415674>
- Bryn, A., Strand, G.-H., Angeloff, M., & Rekdal, Y. (2018). Land cover in Norway based on an area frame survey of vegetation types. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 72(3), 131-145. <https://doi.org/10.1080/00291951.2018.1468356>
- Carless, D., Kulesa, B., Booth, A. D., Drocourt, Y., Sinnadurai, P., Street-Perrott, F. A., & Jansson, P. (2021). An integrated geophysical and GIS based approach improves estimation of peatland carbon stocks. *Geoderma*, 402. Artikkel 115176. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115176>
- Chambers, F. M., Zhengyu Yu, & Beilman, D. W. (2010). Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and carbon dynamics. *Mires and peat* 7:7. <http://mires-and-peat.net/pages/volumes/map07/map0707.php>
- Chimner, R. A., Ott, C. A., Perry, C. H., & Kolka, R. K. (2014). Developing and evaluating rapid field methods to estimate peat carbon. *Wetlands*, 34(6), 1241-1246. <https://doi.org/10.1007/s13157-014-0574-6>
- De Vleeschouwer, F., Chambers, F. M., & Swindles, G. T. (2010). Coring and sub-sampling of peatlands for palaeoenvironmental research. *Mires and Peat* 7:1. http://pixelrauschen.de/wbmp/media/map07/map_07_01.pdf
- Draper, F. C., Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Mitchard, E. T. A., Coronado, E. N. H., Lahteenoja, O., Montenegro, L. T., Sandoval, E. V., Zarate, R., & Baker, T. R. (2014). The distribution and amount of carbon in the largest peatland complex in Amazonia. *Environmental Research Letters*, 9(12), Artikkel 124017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/12/124017>
- Finansdepartementet. (2021). *Avgift på utslipp av klimagasser og veibruksavgift*. Regjeringen. Hentet 27.mai 2022 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/avgift-pa-utslipp-av-klimagasser-og-veibruksavgift/id2884952/>
- FN-Sambandet. (2022). *Bærekraftsmål 13, Stoppe klimaendringene*. Hentet 30.april <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>
- Forskrift om konsekvensutredninger. (2017). *Forskrift om konsekvensutredninger* (FOR-2017-06-21-854). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-21-854>
- Forurensningsloven. (1981). *Lov og vern mot forurensninger og om avfall* (LOV-1981-03-13-6). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- Fyfe, R. M., Coombe, R., Davies, H., & Parry, L. (2014). The importance of sub-peat carbon storage as shown by data from Dartmoor, UK. *Soil Use and Management*, 30(1), 23-31. <https://doi.org/10.1111/sum.12091>
- Grønlund, A., Bjørkelo, K., Hysten, G., & Tomter, S. (2010). CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. *Bioforsk*, 5(162/2010), 1-37. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2601534/Bioforsk-Rapport-2010-05-162.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Haltbrekken, L., & Rotevatn, S. (2020). *Skriftlig spørsmål fra Lars Haltbrekken (SV) til klima- og miljøministeren*. Stortinget <https://stortinget.no/nn/Saker-og-publikasjoner/Sporsmal/skriftlege-sporsmal-og-svar/Skriftlig-sporsmal/?qid=80120>
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. In: *Climate change 2021. The physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. V. Delmotte, p. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.). *Cambridge University Press*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
- Joosten, H., & Clarke, D. (2002). *Wise use of mires and peatlands*. International peat society and International mire conservation group.
- Jordlova. (1995). *Lov om jord* (LOV-1995-05-12-23). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1995-05-12-23?q=jordlova>
- Klima- og miljødepartementet. (2018). *Våtmarkene truet av utbygging*. Regjeringen <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/kld/nyheter/2018/vatmarkene-truet-av-utbygging/id2601702/>
- Klima- og miljødepartementet. (2021). *Derfor er myr og våtmark viktige*. Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/naturmangfold/innsiktsartikler-naturmangfold/vatmark/id2339659/>
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet, & Utenriksdepartementet. (2021). *Voluntary national review 2021 Norway. Report on the implementation on the 2030 agenda for sustainable development*. Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/cca592d5137845ff92874e9a78bdadea/no/pdfs/voluntary-national-review-2021.pdf>
- Krogstad, T. (1992). Metoder for jordanalyser. *Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag*, 1-32.
- Kyrkjeeide, M. O., Bartlett, J., Rusch, G. M., Sandvik, H., & Nordén, J. (2020). Karbonlagring i norske økosystemer (revidert utgave). *Norsk institutt for naturforskning*, 76b. <https://brage.nina.no/nina-xmlui/bitstream/handle/11250/2655582/76b.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Lowry, C. S., Fratta, D., & Anderson, M. P. (2009). Ground penetrating radar and spring formation in a groundwater dominated peat wetland. *Journal of Hydrology*, 373(1-2), 68-79. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.04.023>
- Lyngstad, A., Barneveld, R., Grønland, A., Hassel, K., & Weldon, S. (2015). Kartlegging av vegetasjon og torvmengder i Sætremyrane naturreservat. Forslag til overvåking og restaurering. *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, vitenskapsmuseet, Naturhistorisk rapport 2015-5*. <https://www.ntnu.no/documents/10476/1262347829/2015-5+Rapport+S%C3%A6tremyrane.pdf/79b0b51b-90fb-4486-80c3-fb3a1bbff707>
- Lyngstad, A., Moen, A., & Øien, D.-I. (2018). *Eksentrisk høymyr, våtmark*. *Norsk rødliste for naturtyper 2018*. Artsdatabanken. Hentet 7. April 2022 fra <https://artsdatabanken.no/RLN2018/146>
- Lyngstad, A., & Vold, E. M. (2015). Kartlegging av typisk høgmyr ved hjelp av flybilder. Østfold, Akershus og sørlige deler av Hedmark. *Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport*, 1-367. <https://www.ntnu.no/documents/10476/1262347829/2015-3+Rapport+-+h%C3%B8gmyr+flybilder.pdf/2bacf0d0-0a77-4ff7-90e9-6560aefa9ebb>
- Løvlien Georåd. (2020). *Bjørkeåsen Nannestad - Vurdering av områdestabilitet* (2). <https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/3036/19-11/Dokumenter/09%20Vurdering%20av%20omr%C3%A5destabilitet%20nr.2,%20rev.2,%202031.03.2020.pdf>
- Mamen, J. (2020). *Akershus klima*. Store norske leksikon https://snl.no/Akershus_-_klima

- Miljødirektoratet. (2019). Kostnader ved karbonfangst- og lagring i Norge. (2019/32). https://www.vista-analyse.no/site/assets/files/6672/va-rapport_2019-32_kostnader_ved_karbonfangst_og_lagring.pdf
- Miljødirektoratet. (2020). *Plan for restaurering av våtmark i Norge (2021-2025)* (M-1903). <https://www.miljodirektoratet.no/sharepoint/downloaditem?id=01FM3LD2QC364EPMFHDFEIQVSTLB3UZRM>
- Miljødirektoratet. (2021a, 01.09.2021). *Klima*. Miljøstatus. Hentet 7.mai 2022 fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/>
- Miljødirektoratet. (2021b). *Utslipp av klimagasser i kommuner*. <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/?area=546§or=-2>
- Miljøstatus. (2020). *Norske utslipp av klimagasser*. Miljødirektoratet. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/>
- Moen, A. (1973). Landsplan for myrreservater i Norge. *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 27(3), 174-193. <https://doi.org/10.1080/00291957308551956>
- Movik, S., & Stokke, K. B. (2022). Innledning. S. Movik & K. B. Stokke (Eds.), *Introduksjon til miljøplanlegging* (pp. 13-20). Universitetsforlaget
- Nannestad Historielag. (2022). *Medlemsnytt Skokla (1-2022)*. <https://portal.styreweb.com/api/files/3909743/jEBYBgg-ZE-CgsjmmLHW4w/Skokla%202022%20nr%201.pdf?DocLinkId=16291&ref=%2fdokumenter%2fskoka%2f>
- Nannestad kommune. (2007). *Vedtak i kommunestyret - 26.11.2007*. https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/3036/07-01/Dokumenter/Vedtak%20-kommunestyre_26-11-07.pdf
- Nannestad kommune. (2011). *Mindre endring av reguleringsplan for Bjørkeåsen*. https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/3036/07-01/mindreendringer/07-01-E1_Saksframlegg%20med%20vedtak%20mindre%20endring%20av%20reguleringsplan.pdf
- Nannestad Kommune. (2016a, 16.11.2020). *Politisk møtekalender*. <https://www.nannestad.kommune.no/sru/>
- Nannestad Kommune. (2016b). *Saksprotokoll i Kommunestyret -01.11.2016*. <https://sru.nannestad.kommune.no//api/utvalg/9/moter/1090/behandlinger/8/behandlinger/0>
- Nannestad kommune. (2019a). *Kartlegging av raviner i Nannestad kommune i 2018* (RAPP-001). https://www.nannestad.kommune.no/siteassets/20-pdf-dokumenter/naturmangfold/kartlegging-av-raviner-i-nannestad-2018_j03.pdf
- Nannestad kommune. (2019b). *Kommunedelplan for naturmangfold i Nannestad 2019-2026*. <https://www.nannestad.kommune.no/siteassets/20-pdf-dokumenter/naturmangfold/kommunedelplan-for-naturmangfold-i-nannestad-2019---2026--vedtatt-26.03.2019.pdf>
- Nannestad kommune. (2020a). *Klimastrategi for Nannestad kommune 2020-2030*. <https://www.nannestad.kommune.no/siteassets/20-pdf-dokumenter/gjeldende-planernormer/klimastrategi-vedtatt-av-kommunestyret--5.-mai-2020.-2.7.2020.pdf>
- Nannestad kommune. (2020b). *Supplerende uttalelse om naturmangfold for Bjørkeåsen B8*. <https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/3036/19-11/Dokumenter/12%20Supplerende%20uttalelse%20Naturmangfold,%2025.06.2020.pdf>
- Nannestad kommune. (2021a). *Planbeskrivelse til detaljregulering Bjørkeåsen B8 (Nasjonal plan-id: 19-11)*. <https://webhotel3.gisline.no/GisLinePlanarkiv/3036/19-11/Dokumenter/03%20Planbeskrivelse%20sist%20rev.%2015.03.2021.pdf>

- Nannestad kommune. (2021b). *Planprogram Bjørkeåsen (plan-id: 07-01)*.
<https://innsyn.nannestad.kommune.no/wfdocument.ashx?journalpostid=1000023690&dokid=47446&versjon=1&variant=A&>
- Naturmangfoldloven. (2009). *Lov om forvaltning av naturens mangfold (LOV-2009.06-19-100)*. Lovdata.
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-100>
- Norges geologiske institutt. (2015). *Georadar - Metodebeskrivelse*
<https://www.ngu.no/sites/default/files/GEORADAR-metodebeskrivelse.pdf>
- Norsk klimaservicesenter. (2021, 01.04.2022). *Klimaprofil Oslo og Akershus*.
<https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oslo-og-akershus>
- Olerud, S. (2002). *Berggrunnskart; Nannestad; 19153; 1: 50 000*. Norges geologiske undersøkelse.
<https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Kart/B50/nannestad.pdf>
- Parry, L. E., West, L. J., Holden, J., & Chapman, P. J. (2014). Evaluating approaches for estimating peat depth. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 119(4), 567-576.
<https://doi.org/10.1002/2013jg002411>
- Parsekian, A. D., Slater, L., Ntarlagiannis, D., Nolan, J., Sebesteyen, S. D., Kolka, R. K., & Hanson, P. J. (2012). Uncertainty in peat volume and soil carbon estimated using ground-penetrating radar and probing. *Soil Science Society of America Journal*, 76(5), 1911-1918.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0040>
- Plado, J., Sibul, I., Mustasaar, M., & Joeleht, A. (2011). Ground-penetrating radar study of the Rahivere peat bog, eastern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60(1), 31-42.
<https://doi.org/10.3176/earth.2011.1.03>
- Plan og bygningsloven. (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (LOV-2008-06-27-71)*. Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- Rosa, E., Larocque, M., Pellerin, S., Gagné, S., & Fournier, B. (2009). Determining the number of manual measurements required to improve peat thickness estimations by ground penetrating radar. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(3), 377-383. <https://doi.org/10.1002/esp.1741>
- Sandmeier, K. J. (2017). *Sandmeier geophysical software - REFLEX 2D-Quick guide*.
<https://www.sandmeier-geo.de/Download/reflex2dquick.pdf>
- Sjöberg, Y., Marklund, P., Pettersson, R., & Lyon, S. W. (2015). Geophysical mapping of palsa peatland permafrost. *Cryosphere*, 9(2), 465-478. <https://doi.org/10.5194/tc-9-465-2015>
- Stangeland, G. E. (1892). *Torvmyrer; inden kartbladet "Nannestad"s omraade*. Kristiania. I kommisjon hos Aschehoug. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2006112300063
- Yu, Z. C. (2012). Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences*, 9(10), 4071-4085. <https://doi.org/10.5194/bg-9-4071-2012>
- Øien, D.-I., Fandrem, M., Lyngstad, A., & Moen, A. (2017). Utfasing av torvuttak i Norge - Effekter på naturmangfold og andre viktige økosystemtjenester. *NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2017-6*, 1-39.
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m963/m963.pdf>

Vedlegg A – Georadarundersøkelse på Bjørkemåsan

Innstillinger under datainnsamlingen

Reisetiden fra signalet sendes ut, til det kommer tilbake (maksimal to-veis reisetid) var 487,038 nanosekunder (ns) mens sampling frequency var på 1018,4 MHz, som beskriver hvor ofte amplituden registreres i løpet av to-veis reisetiden. Målingene ble innsamlet med et konstant tidsintervall på 0,25 sekunder, mens en GPS registrerte posisjonen til målingene. Dette ga 0,2 m avstand mellom hver måling. For å redusere tilfeldig støy, brukte vi «stacking» av 8 målinger sammen som gir middelvei som blir det endelige resultatet.

Prosessering, tolkning og interpolering av georadar-målinger

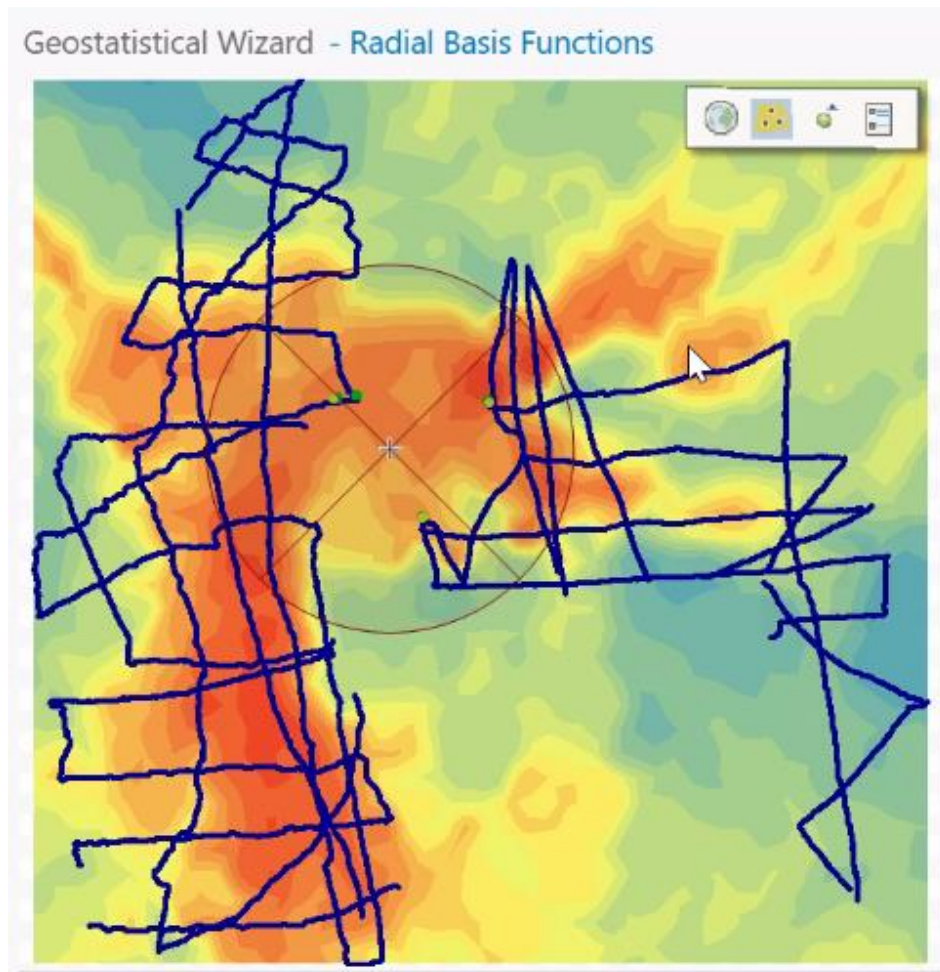
36 profiler ble prosessert i programvaren Reflex2DQuick av Sandmeier Geophysical Research. Følgende prosessering ble gjort med samtlige profiler: Korreksjon av null-punktet på tidsaksen (static correction, first arrival) slik at reisetiden for signalet i myren blir korrekt og kan omregnes til dybde. Det ble lagt på et filter som eliminerer lavfrekvent forskyvning av data (subtract mean: dewow, timewindow = 15 ns). For å kompensere for dempingen av signalet til senere tider, ble signalet forsterket med lineær og eksponential justering av amplituden (gain function: Energy decay, scaling value = 1) (Sandmeier, 2017). Etter prosesseringen ble bunnen av myra tydelig i radargrammet og tolket med en markør (verktøyet «pick – continuous»). GPS-posisjon for radargrammet ble lagt til, og tolkningen eksportertes til Excel. Dette gir en x- og y-verdi for posisjon, samt d-verdi for dybden til myra. Excel-fila eksporteres til QGIS, og jeg visualiserte dybden til profilene med farger på kartet (fig. 1).

De 36 profilene ble brukt som grunnlag for å interpolere dybden til myra i de områdene som ikke ble målt. I ArcGis Pro ble et dybdekart lagd med funksjonen «completely regularized Spline», som lager en glatt gradient mellom profilene, og området rundt. Jeg benyttet en sirkulær søksradius på 100 m inndelt i fire sektorer og i alt mellom 10 og 15 observasjoner fordelt på disse sektorene. Målingene av torvdybdene er konsentrert langs profilene, og disse innstillingene medfører at de interpolerte verdier er basert på observasjoner fra nærmeste

omkringliggende profiler i flere retninger, og ikke bare målinger langs det profil som ligger nærmest. Resultatet blir en mer gradvis og realistisk endring av de interpolerte verdier mellom omkringliggende observasjoner av myrtykkelsen.



Figur 1. Tolkede profiler ble eksportert til Qgis, der fargerike linjer viser dybden. Rød er dypest og grønn er grunnest.



Figur 15. Skjerm bilde av interpoleringen i ArcGIS Pro. Den sirkulære søksradiusen er på 100 m, og inndelt i fire sektorer der mellom 10 og 15 observasjoner fordeles på disse sektorene.

Referanse

Sandmeier, K.J. (2017). *Sandmeier Geophysical software – REFLEX 2D-Quick guide*.

<https://www.sandmeier-geo.de/Download/reflex2dquick.pdf>

Vedlegg B – Torprøver

Under feltarbeidet på Bjørkemåsan tok vi ut 40 torvprøver på ulike dybder fra planområdet.

Prøve nr. 40 inneholdt kun leire og ble derfor tatt ut av datasettet før videre beregninger av volumtetthet og innhold av organisk materiale.

Torvprøve	Dybde (m)	Volumtetthet	Glødetap
1	2,2	0,085	0,958
2	1	0,039	0,986
3	0,9	0,043	0,986
4	2,2	0,095	0,918
5	1,97	0,063	0,973
6	1,1	0,055	0,984
7	2,6	0,072	0,897
8	1,1	0,035	0,987
9	2,6	0,093	0,897
10	2	0,083	0,929
11	2,4	0,097	0,751
12	1,5	0,040	0,975
14	1,5	0,111	0,832
15	1,1	0,090	0,977
16	1,55	0,100	0,908
17	1,9	0,102	0,686
18	2,17	0,053	0,989
19	0,1	0,048	0,987
20	1,3	0,056	0,987
21	2,6	0,095	0,984
22	0,1	0,054	0,990
23	1,35	0,052	0,991
24	2,74	0,099	0,957
25	2,5	0,062	0,983
26	0,1	0,105	0,981
27	3,05	0,137	0,899
28	2,65	0,055	0,959
29	1,1	0,057	0,985
30	0,1	0,046	0,991
31	3,05	0,062	0,988
32	3,15	0,177	0,817
33	1,2	0,033	0,983
34	0,2	0,041	0,970
35	1,19	0,040	0,991
36	3,2	0,149	0,791

37	2,9	0,072	0,988
38	0,1	0,033	0,991
39	0,1	0,062	0,990
40	3,3	ugyldig	ugyldig