



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Ivaretagelse av ville pollinatorer og planter tilknyttet kulturlandskapet i byutviklingen

Oppsummering av forskningsprosjektet BE(E) DIVERSE

NIBIO RAPPORT | VOL. 9 | NR. 124 | 2023



Johansen m.fl.

Avdeling for Kulturlandskap og biologisk mangfold

TITTEL/TITLE

Ivaretagelse av ville pollinatorer og planter tilknyttet kulturlandskapet i byutviklingen.
Oppsummering av forskningsprosjektet BE(E) DIVERSE

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Line Johansen, Elena Albertsen, Annette Bär, Hans Martin Hanslin, Ivar Herfindal, Bert van der Veen, Heidi Vinge, Sølvi Wehn, Erik Solbu, Marie V. Henriksen

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
30.10.2023	9/124/2023	Åpen	11016	17/01623
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17-03367-7	2464-1162	Antall sider	1	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Norges Forskningsråd

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Eli Ragna

STIKKORD/KEYWORDS:

Biologisk mangfold, blomster, byutvikling, pollinatorer, planter, urbanisering, kulturlandskapet, semi-naturlig eng, veikanter

Biodiversity, flowers, pollinators, plants, urbanisation, cultural landscape, semi-natural grassland, road verges

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Kulturlandskap og biologisk mangfold

Landscape and biodiversity

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Det er en global nedgang av ville pollinatorer, og hovedårsaken til dette er at leveområdene deres er under press og går tapt på grunn av urbanisering og andre arealendringer. I BE(E) DIVERSE prosjektet har vi derfor studert hvordan artsmangfoldet og samspillet mellom planter og ville pollinatorer påvirkes av urbanisering og hvordan dette ivaretas i beslutningsprosesser på lokalt nivå og gjennom konkrete forvaltningstiltak. Vi har hatt ett spesielt fokus på artsrike semi-naturlige enger og veikanter.

Oppsummert så viser resultatene fra BE(E) DIVERSE at det viktigste tiltak for å ivareta pollinatorer og deres blomsterressurser er å sikre gjenværende leveområder med høy kvalitet, som semi-naturlige enger, i både urbane og rurale områder. Både semi-naturlig eng og alternative leveområder som veikanter, må skjøttes riktig og inngå i en helhetlig landsapsforvaltning i kommunens arealplanlegging.

LAND/COUNTRY:

Norge

FYLKE/COUNTY:

Trøndelag

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Trondheim

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

STED/LOKALITET:

Sted

GODKJENT /APPROVED

Anders Nielsen

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Line Johansen



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten er en oppsummering av aktiviteter og resultater i forskningsprosjektet BE(E) DIVERSE - Blomster og bier – løsninger og verktøy for en integrert og bærekraftig byplanlegging finansiert av Norges Forskningsråd (NFR). Prosjektet har foregått i perioden 01.02.2018 – 01.12.2022.

I prosjektet BE(E) DIVERSE, har vi undersøkt hvordan urbanisering påvirker ville pollinatorer og planter i en bykommune. Målsettingen er at resultatene skal gi grunnlag for bedre ivaretagelse av det biologiske mangfoldet i byplanlegging.

Partnere i prosjektet har vært NIBIO (Line Johansen, Annette Bär, Anders Nielsen, Elena Albertsen, Bert van der Veen, Marie Henriksen, Hans Martin Hanslin, Erik Solbu, Sølvi Wehn), Ruralis (Heidi Vinge, Katrina Rønningen), NTNU (Ivar Herfindal), University of Reading (Stuart Roberts, Michael Garratt) og University of Helsinki (Tuuli K. Toivonen). Prosjektet har hatt en referansegruppe bestående av representanter fra WWF, Naturvernforbundet, Bioveier i byen, Miljødirektoratet, NINA og Trondheim kommune. Line Johansen, NIBIO, Avdeling for Kulturlandskap og biomangfold, har ledet prosjektet og Anders Nielsen har vært administrativ ansvarlig.

Takk til alle grunneiere som har latt oss få lov til å gjøre feltarbeid på deres eiendommer og til Per Vesterbukt, Julio Morales Can, Knut Anders Hovstad, Johannes Volløyhaug, Eveliina Kallioniemi og Kristin Daugstad for hjelp med feltarbeidet.

Tusen takk til vår kontaktperson i Forskningsrådet Eli Ragna for godt samarbeid.

Trondheim, 29.09.2023

Line Johansen

Innhold

1	Sammendrag.....	6
2	Summary.....	8
3	Anbefalinger for ivaretagelse av biodiversitet av ville pollinatorer og planter	10
4	Pollinatorene og deres leveområder er under press	11
4.1	Truede arter, leveområder og økosystemtjenester	11
4.2	Urbanisering	12
4.3	Leveområder.....	13
4.3.1	Primære leveområder -semi-naturlig eng.....	13
4.3.2	Alternative leveområder til semi-naturlig eng	14
4.3.3	Etablering av nye leveområder	15
4.4	Samspill mellom planter og pollinatorer	16
5	BE(E) DIVERSE-prosjektet	17
5.1	Målsettinger	17
5.2	Studieområde	17
5.3	Datagrunnlag	18
5.4	Dataanalyser.....	21
6	Planter og ville pollinatorer i semi-naturlig eng i Trondheim	24
7	Plante- og pollinatorsamfunn.....	25
7.1	Alternative leveområder for planter tilknyttet semi-naturlig eng.....	25
7.2	Variasjon av blomstrende planter i veikanter og semi-naturlige enger i tid og rom.....	26
7.3	Flere blomster, flere pollinatorer	30
7.4	Plante-pollinator nettverk i enger og veikanter	35
7.5	Effekt av landskap og urbanisering.....	37
8	Artsmangfold i byutvikling.....	41
8.1	Prioritering av områder i forvaltning av biomangfold	41
8.2	Etablering av nye leveområder for planter og pollinatorer.....	42
8.3	Menneskene i forvaltningen og arealplanenes rolle	44
9	Konklusjon	47
10	Litteraturreferanse	48
11	Vedlegg	52

1 Sammen drag

Det er en global nedgang av ville pollinatorer, og hovedårsaken til dette er at leveområdene deres er under press og går tapt på grunn av urbanisering og andre arealendringer. Semi-naturlige enger er en svært artsrik naturtype både for planter og pollinatorer og er en av de viktigste leveområdene for pollinatorer som går tapt. Semi-naturlig eng er i dag en truet naturtype på grunn av arealendringer.

I BE(E) DIVERSE prosjektet har vi studert hvordan artsmangfoldet og samspillet mellom planter og ville pollinatorer påvirkes av urbanisering og hvordan dette ivaretas i beslutningsprosesser på lokalt nivå og gjennom konkrete forvaltningstiltak. Trondheim kommune har vært studieområdet og vi har hatt ett spesielt fokus på semi-naturlige eng og artsrike veikanter. Her presenterer vi utvalgte resultater fra prosjektet.

I Trondheim finnes de fleste semi-naturlige egner i det rurale kulturlandskapet som ligger omkring de mest tettbebygde delene av byen, men det finnes også noen få svært artsrike semi-naturlige enger i de mest urbane delene av kommunen. Det høye artsmangfoldet i semi-naturlige enger er opprettholdt av skjøtsel med slått eller beite, men også det omkringliggende landskapet er viktig i byen. Resultatene våre viser at urbaniseringen er positivt for tallrikhet av pollinatorene kun dersom de urbane semi-naturlige engene er omgitt av mye grønne arealer, både langs veiene og i landskapet generelt. Dette betyr at en helhetlig arealforvaltning, hvor mange arter, leveområder og det omkringliggende landskapet blir sett i sammenheng er viktig for å ivareta artsmangfoldet av både planter og pollinatorer.

Ettersom semi-naturlig eng er en svært sjelden og truet naturtype i Norge har vi undersøkt om det finnes andre, mer vanlige alternative leveområder for arter som har semi-naturlig eng som sitt primære leveområde (habitat spesialister). Sammenlignet med skog, oppdyrket varig eng og gjengrodd semi-naturlig eng så har veikantene størst potensiale som alternativt leveområdene for semi-naturlig eng spesialistene. Resultatene viser at veikanter er artsrike og inneholder mange semi-naturlig eng spesialister som trives der siden skjøtselen med slått åpner opp vegetasjonen i veikantene og gir god lystilgang. Veikanter er ofte artsrike og inneholder også plantearter som er typiske for mange andre naturtyper som skog, og skrotemarker. Det finnes imidlertid semi-naturlige eng spesialister som ikke forekommer i noen andre leveområder enn i semi-naturlig eng. Disse plantene er spesielt utsatte når semi-naturlig eng er under press fra arealendringer ettersom de ikke har andre alternative leveområder.

Til tross for at veikantene er artsrike når det gjelder planter er de ikke nødvendigvis like attraktive for pollinatorene. En grunn til dette kan være at semi-naturlige enger har mere blomsterressurser tilgjengelig gjennom hele sesongen sammenlignet med veikantene. Våre resultater viser at både plante- og pollinator artene er mer tallrike i semi-naturlig eng enn i veikantene og det er flere samspill (stort økologisk nettverk) mellom planter og pollinatorer i semi-naturlige enger sammenlignet med veikantene. Særlig solitære bier foretrekker semi-naturlige eng fremfor veikantene. Sett fra et økosystemperspektiv kan veikanten dermed aldri erstatte de viktige og artsrike semi-naturlige engene som leveområde. Ettersom veikanter er betydelig mer vanlige i bynære kulturlandskap enn semi-naturlige enger kan veikanter likevel fungere som viktige alternative leveområder for noen arter og et bindeledd i et landskap som artene kan benytte til å forflytte seg mellom de få semi-naturlige engene som fremdeles finnes. Resultatene våre viser at det finnes arter av både planter og pollinatorer som klarer å fungere som et bindeledd mellom de få semi-naturlige engene som finnes i kulturlandskapet i Trondheim. Disse artene har dermed en nøkkelrolle i å opprettholde biodiversiteten og viktige økosystemfunksjoner.

Årsaken til den høye biodiversiteten i semi-naturlig eng er lang kontinuitet i skjøtsel med slått eller beite og store variasjoner innad en eng, noe som gir levevilkår for et stort mangfold av arter. Resultater fra prosjektet viser at den høye romlige variasjonen i artsforekomster betyr at semi-naturlig eng må ha

en viss størrelse for å kunne opprettholde levedyktige bestander av viktige blomsterplanter for pollinatorer. Variasjonen bidrar også til at man i liten grad kan modellere forekomst av arter i tid og rom i både semi-naturlige enger og artsrike veikanter basert på kunnskap fra nærliggende lokaliteter eller andre tidspunkt for kartlegging. Dette viser at det nødvendig med en detaljert og oppdatert kartlegging i felt for å få et godt inntrykk av artsforekomster og blomstring.

I Norge blir bier, og spesielt humler, ansett som de viktigste pollinatorene. Våre resultater viser at det er store variasjoner i hvor mange blomstrende planter de ulike pollinatorene besøker. Noen arter, som for eksempel åkerhumle og jordhumle, besøker mange plantearter mens andre arter, som for eksempel lundsandbie, besøker veldig få plantearter i landskapet. Solitære bier besøker generelt færre plantearter enn humler og er derfor mere spesialiserte i deres valg av blomster. Dette betyr at skal man legge til rette for pollinatorer i et landskap må man ta hensyn til at ulike arter har ulike krav til tilgang på blomstrende arter. De mest besøkte planteartene for pollinatorene samlet sett var rundbelg, blåklukke, tepperot, engsoleie, grasstjerneblom, hvitkløver, skogstorkenebb, rødknapp, fyllblom, blåknapp, rødkløver og gjerdevikke.

I byutviklingen er det ofte et mål å etablere rom for biodiversitet, som for eksempel nye blomsterrike enger, som kan fungere som leveområder for planter og pollinatorer. Disse etableres oftest med frøblandinger tilpasset lokale forhold og med en andel gras for å binde jord og hindre erosjon. Graset konkurrerer dessverre med de ønskede plante artene. Vi har i prosjektet dokumentert viktigheten av å både redusere mengden gras i blandingene og å unngå konkurransesterke grasarter for å få god etablering av viktige blomsterressurser for pollinatorene.

Arealplanlegging som har konsekvenser for biologisk mangfold skjer ofte på kommunalt nivå. Intervju med informanter som jobber med forvaltningen av biodiversitet i Trondheim viser at kompetente og engasjerte fagfolk innen arealplanlegging og naturforvaltning er avgjørende for å sikre langsiktig ivaretagelse av biodiversitet gjennom offentlig forvaltning. Samarbeid mellom naturforvaltningen og andre aktører i kommunen, som frivillige, beboere og bydrift, kan også gi stor effekt når det kommer til å ivareta pollinatorer og deres leveområder.

Oppsummert så viser resultatene fra BE(E) DIVERSE at det viktigste tiltak for å ivareta pollinatorer og deres blomsterressurser er å sikre gjenværende leveområder med høy kvalitet, som semi-naturlige enger, i både urbane og rurale områder. Både semi-naturlig eng og alternative leveområder må skjøttes riktig og inngå i en helhetlig landsapsforvaltning i kommunens arealplanlegging. For å kunne følge disse anbefalingene trenger kvalifiserte fagfolk i natur- og arealforvaltningen den nødvendige finansieringen og ressursene for å kunne gjennomføre og følge opp tiltakene.

2 Summary

There is a global decline in pollinators and the main reason is that the pollinators habitats are under pressure and are being lost due to urbanization and other land use changes. Semi-natural grasslands are species-rich habitat for both plants and pollinators and are one of the most important habitats for pollinators that are being lost. Semi-natural grasslands are threatened due to land use changes.

In the BE(E) DIVERSE project, we have studied how species diversity and the interactions between plants and pollinators are affected by urbanization as well as how this is considered in decision-making processes at local level and management measures. Trondheim municipality is the study area and we have had a particular focus on semi-natural grasslands. Here we present selected results from the BE(E) DIVERSE project.

In Trondheim, a few species-rich semi-natural grasslands are found in the most urban parts of the municipality, but most are found in the surrounding agricultural landscape. The high species diversity in semi-natural meadows is maintained by management with mowing or grazing, but the surrounding landscape is also important. Our results show that urbanization can only be positive for the abundance of pollinators if urban semi-natural grasslands are surrounded by other types of green areas along roads and in the landscape in general. A holistic approach to landscape-scale management of species and habitats is therefore important to safeguard biodiversity.

As semi-natural grasslands is a threatened habitat type, we have investigated whether there are other more widespread, alternative habitats for the species that have semi-natural grassland as their main habitat (habitat specialists). Roadsides have the greatest potential as alternative habitats compared to forests, permanent grassland and abandoned semi-natural grasslands. Roadsides are a suitable alternative habitat as they are rich in species and contain many semi-natural grassland specialists. Some semi-natural grassland specialists only occurred in semi-natural grasslands and not in any other habitats. These plants may be particularly vulnerable when semi-natural grasslands are under pressure from land-use changes as they have no other widespread, suitable alternative habitats available.

Even though roadsides are rich in plant species, they are not necessarily as attractive to pollinators as semi-natural grasslands. One reason for this is that semi-natural grasslands have more flowers available throughout the season compared to roadsides. Both plant and pollinator species are more numerous in semi-natural grasslands than in roadsides and there are more interactions (larger ecological networks) between plants and pollinators in semi-natural grasslands compared to roadsides. Solitary bees in particular, prefer semi-natural grasslands to roadsides. The roadsides can thus never replace the important and species-rich semi-natural grasslands as a habitat for plants and pollinators. As roadsides are significantly more common in urban cultural landscapes than semi-natural grasslands, roadsides may however still be important as supporting habitats and corridors in a landscape that enable species to move between the few remaining semi-natural grasslands. The results also show that there are species of both plants and pollinators that manage to connect the few remaining patches of semi-natural grasslands found in Trondheim. These species thus have a key role in maintaining biodiversity.

Semi-natural grasslands provide good living conditions for many species due to its long continuity of extensive management and spatial variation in plant species occurrences. As a result of this variation, more effort must be put into surveying the diversity within this habitat. Furthermore, to maintain viable populations of important flowering plants, large areas of semi-natural habitats are needed.

In Norway, bees, and especially bumblebees, are considered the most important pollinators, but we have seen that there are large variations in how many flowering plants wild bees visit. Some species, such as *Bombus pascuorum*, visit many plant species, while other species (e.g., *Andrena semilaevis*,

Osmia bicornis) visit very few plant species. Solitary bees generally visit fewer plant species than bumblebees and are therefore more specialized in their choice of flowers.

In urban development, it may be necessary to establish new flower-rich meadows that can function as habitats for plants and pollinators. A cost-effective method is to establish a starter vegetation with grasses that can facilitate the germination of local flowering plants which are important resources for pollinators. When establishing new habitats, it is important to choose weakly competitive grass species for this purpose. The amount of grass seeds in relation to flower seeds is also crucial for the establishment of the flowering plants. The most visited plant species for the pollinators as a whole were *Anthyllis vulneraria*, *Campanalua rotundifolia*, *Potentilla erecta*, *Ranunculus acris*, *Stellaria graminea*, *Trifolium repens*, *Geranium sylvaticum*, *Knautia arvensis*, *Leontodon autumnalis*, *succisa pratensis*, *Trifolium pratense* and *Vicia sepium*.

Interviews with informants who are involved in the management of biodiversity in Trondheim show that competent and committed professionals in spatial planning and nature management are crucial to ensure the long-term safeguarding of biodiversity through public administration. Cooperation between nature management and other actors in the municipality such as volunteers, residents and city management can also have a great effect when it comes to looking after pollinators and their habitats.

In summary, the results from BE(E) DIVERSE show that a very important measure to safeguard pollinators and their flower resources is to ensure remaining high-quality habitats, such as semi-natural grasslands, in both urban and rural areas. Both semi-natural grasslands and alternative habitats must be properly managed and restored and integrated in comprehensive land use management and spatial planning in the municipality. However, qualified professionals need the necessary funding and resources to follow through on these recommendations.

3 Anbefalinger for ivaretagelse av biodiversitet av ville pollinatorer og planter

I lys av den samlede kunnskapen fra BE(E) DIVERSE prosjektet, anbefaler vi noen tiltak for å ivareta ville pollinatorer og deres leveområder tilknyttet kulturlandskapet i forbindelse med byutvikling:

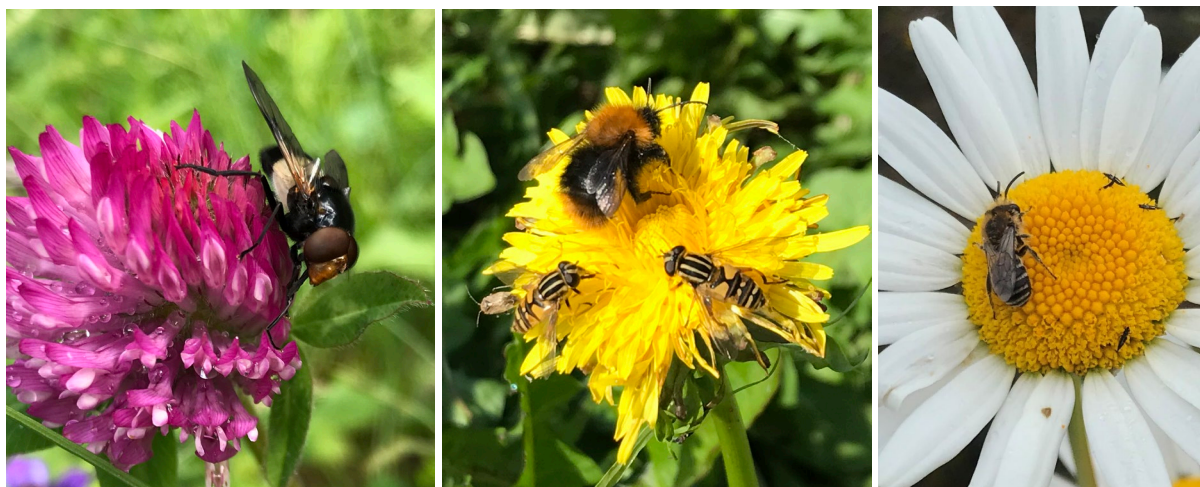
- Før man gjennomfører tiltak for ivaretagelse av biodiversitet av planter og pollinatorer er det viktig med en kartlegging i felt for å få et godt inntrykk av artsforekomster og blomsterressurser for pollinatorene. Blomsterressurser for pollinatorer bør kartlegges flere ganger i løpet av sesongen ettersom ulike arter blomstrer til ulik tid.
- Det må sikres at pollinatorene har tilgang på gode leveområder som inneholder et stort mangfold av plantearter som blomstrer til ulike tidspunkter gjennom hele sesongen.
- For Trondheim spesielt bør det legges til rette for blomstring av rundbelg, blåklokke, tepperot, engsoleie, grasstjerneblom, hvitkløver, skogstorkenebb, rødknapp, føllblom, blåknapp, rødkløver og gjerdevikke som er spesielt tiltrekkende for pollinatorer.
- Semi-naturlig eng er et spesielt viktig leveområde med en unik artsrikhet av planter og pollinatorer. Semi-naturlig eng bør sikres og restaureres med oppfølgende forvaltning som innebærer ekstensiv beite og/eller slått.
- Det er spesielt viktig å legge til rette for de nøkkelarter av planter og pollinatorer som bidrar til å skape økologiske sammenhenger mellom semi-naturlige enger i landskapet.
- Det er viktig med en helhetlig arealforvaltning med tilrettelegging for flere egnede leveområder som artsrike veikanter mellom de artsrike semi-naturlige engene.
- I urbane områder er grønne arealer i landskapet rundt semi-naturlige enger positivt for pollinatorene.
- Ved etablering av nye leveområder med innsåing av blomsterengfrø er det viktig å velge konkurransesvake grasarter. Mengden grasfrø bør holdes under 2 gram per kvadratmeter for å få god etablering av blomsterplantene. Det anbefales å bruke lokalt eller regionalt frømateriale.
- Suksessfull arealplanlegging og naturforvaltning i kommunen krever tilgang på kompetente og engasjerte fagfolk. Det bør etableres samarbeid mellom miljøforvaltningen og andre aktører i kommunen som frivillige, beboere og bydrift.

4 Pollinatorene og deres leveområder er under press

4.1 Truede arter, leveområder og økosystemtjenester

Pollinatorene er under et stort press både nasjonalt og globalt (IPBES 2016). Ser man på humler og andre villbier, som er noen av de viktigste pollinerende artsgruppene i nordlige områder, er 31 % av dem rødlistet i Norge og de fleste har en pågående nedgang i arealet eller kvaliteten av leveområdene (Artsdatabanken 2021). Hovedårsaken til dette er at de viktige blomsterrike leveområdene til pollinatorene går tapt på grunn av urbanisering og andre arealendringer (McKinney 2002, Winfree et al. 2009, Seto et al. 2012). Et av de viktigste leveområdene for ville pollinatorer er artsrike semi-naturlige enger, men også andre semi-naturlige naturtyper som kystlynghei og semi-naturlig strandeng. Semi-naturlige naturtyper er formet gjennom langvarig, ekstensiv skjøtsel som beite, slått eller lyngbrenning, og er avhengig av denne skjøtselen for ikke å gå tapt. Opphør av ekstensiv skjøtsel fører til at naturtypene gror igjen. Blir skjøtselen for intensiv erstattes de semi-naturlige naturtypene med næringsrike og mindre arstrike naturtyper. I dag er alle semi-naturlige naturtyper truet og i tilbakegang både i Norge (Hovstad et al. 2018) og i Europa (IUCN 2023), hovedsakelig på grunn av arealendringer og opphør av ekstensiv skjøtsel.

Nedgangen av både mangfoldet og antallet av pollinatorer har konsekvenser for både biologisk mangfold og de økosystemtjenester (naturgoder) som mennesker får fra naturen. Insektpollinering bidrar til en stor del av matproduksjonen i verden, og er derfor en av de viktigste godene vi mennesker har fra naturen (IPBES 2016). Det er derfor en betydelig gjensidig avhengighet mellom planter, pollinatorer og mennesker. Tretti prosent av maten vår, både frukt, bær, erter, kaffe, kakao og andre bønner, er direkte eller indirekte avhengig av insekter. Uten pollinatorer vil store deler av matproduksjonen kollapse. De ville plantene er også avhengige av pollinatorene. Omtrent 80 % av planter i verden avhengige av insektenes pollinering for å produsere frø (IPBES 2016). Mange grupper av insekter bidrar til pollinering (figur 1), men i Norge er ville bier og spesielt humler, ansett som de viktigste (Totland et al. 2013). Det er svært viktig å sikre høyt mangfold av pollinatorer og høy kvalitet av deres leveområder for å sikre både matproduksjon og sunne og robuste økosystemer.



Figur 1. Ulike pollinatorer (blomsterfluer, humle og solitær bie) som er vanlige i kulturlandskapene i og rundt byen i Norge. Foto: M. V. Henriksen/NIBIO

4.2 Urbanisering

Det er forventet at det totale arealet med urbane områder globalt skal økes tre ganger innen år 2030 (Seto et al. 2012). Dette betyr at det er stort behov for kunnskap om hvordan urbanisering og tilhørende arealendringer påvirker artsmangfold og økosystemtjenester, og at denne kunnskapen inkluderes i både byplanleggingen og skjøtsel av leveområdene for både planter og pollinatorer.



Figur 2. Blomsterrike leveområder for pollinatorer, som semi-naturlig enger er under press i en by. Foto: L. Johansen/NIBIO

I urbanisering forflyttes befolkningen, markeder og tjenester fra landsbygda og inn i byområdene. Urbaniseringen har mange aspekter og inkluderer både utvidelse og fortetting av selve byen i tillegg til endringer i jordbruksdrift og kulturlandskapet rundt selve byen (Antrop 2004). Urbaniseringen medfører både intensivering av jordbruksdriften på gjenværende arealer og opphør av skjøtsel på marginale arealer, noe som fører til tap av viktige leveområder i de rurale områdene. Urbaniseringen har derfor konsekvenser for biologisk mangfold langt utenfor bygrensene (Grimm et al. 2008). Arealendringer fra semi- naturlige og naturlige leveområder til urbane arealer medfører derfor en trussel mot artsmangfold, samspillet mellom arter og de økosystemtjenester som de leverer (Totland et al. 2013, Uematsu et al. 2010).

En av årsakene til den store effekten av urbanisering på artsmangfold er at mange byer er lokalisert i høyproduktive områder med høyt artsmangfold (Cincotta et al. 2000). Derfor er byene ofte omgitt av, og inneholder, et kulturlandskap med semi-naturlige økosystemer som er blant Europas mest artsrike naturtyper (Billeter et al. 2008, Veen et al. 2009 (figur 2)).

I urbaniseringsprosessen bygges de opprinnelige leveområdene for arter ned (eks: semi-naturlige enger) og nye (konstruerte) arealer etableres (eks: veikanter). Areal brukt til infrastruktur øker i takt med urbaniseringen og dermed også areal knyttet til bl.a. veikanter og grønnstrukturer.

4.3 Leveområder

Gode leveområder for pollinatorer kjennetegnes av et høyt mangfold av blomsterarter gjennom hele sesongen, høy blomstertetthet, og nærhet til bol- og overvintringsplasser. Dette gir pollinatorene god tilgang til både blomsterressurser som nektar og pollen og reirplasser. Skjøtselsavhengige naturtyper i kulturlandskapet som semi-naturlige enger og kystlynghei er spesielt gode leveområder for pollinatorer (Bär et al. 2022, Departementa 2018). Når de viktige (primære) leveområdene som semi-naturlige enger er under press og går tapt er det viktig å ha kunnskap om hva dette betyr for artene tilknyttet disse leveområdene, og om artene kan utnytte andre alternative leveområder i landskapet, inkludert nye konstruerte arealer.

Her behandler vi leveområder til pollinatorer og planter fra tre ulike perspektiver:

- Primære leveområder: Semi-naturlige eng med spesielt høyt mangfold av planter og pollinatorer.
- Alternative leveområder: Leveområder som har lignende vekstforhold og skjøtsel som semi-naturlig eng.
- Nye leveområder: Leveområder som ny konstrueres, innsås og designes i forhold til artssammensetning og struktur for å kunne fungere som leveområde for pollinatorer.

4.3.1 Primære leveområder -semi-naturlig eng

Semi-naturlig eng er et av de mest artsrike økosystemene i verden (Billeter et al. 2008, Veen et al. 2009) spesielt for planter og pollinatorer. Siden engene kjennetegnes ved at de har mange plantearter som blomstrer er disse ofte omtalt og kjent som blomsterenger (figur 3). Engene har vanligvis ingen fysiske spor etter pløying, tilsåing eller sprøyting og kun svake eller ingen spor etter gjødsling (Artsdatabanken 2022). Derfor er artsmangfoldet høyt og består av hjemmehørende arter som har tilpasset seg dette bruksregimet som gir levevilkår for artene med behov for god lystilgang og relativt lave mengder med næring i jorda. Arter som er spesielt tilpasset levevilkårene og har sin hovedutbredelse i semi-naturlige enger kalles for semi-naturlig eng spesialister (Johansen et al. 2022).

Biodiversitet handler ikke bare om antall arter og deres fordeling, men også om den funksjonelle diversiteten til artene i et samfunn; dvs. fordelingen av ulike trekk til artene eller roller de har i et økosystem. Eksempler på slike trekk er om de klassifiseres som generalister eller spesialister; dvs. tilpasningsgrad til og avhengighet av et økosystem og deres struktur og funksjoner. Funksjonell diversitet sammen med artsdiversiteten er et nøkkeelement i å opprettholde økosystemtjenester og -funksjoner (Laureto et al. 2015) i de semi-naturlige engene.

Semi-naturlige enger finnes i kulturlandskapet utenfor byen og inngår i driften av jordbrukslandskapet. Men de kan også finnes i byene, oftest som fragmenter fra det tidligere jordbrukslandskapet før urbaniseringen. Her har bruken av arealet vanligvis gått over til et skjøtselsregime som etterligner tidligere jordbruksdrift for å opprettholde tilstand og artsmangfold av slike verdifulle arealer. Dette innebærer ofte at engene slås én gang sent i sommersesongen og at graset hesjes eller tørkes på bakken før det blir fraktet bort.



Figur 3. Semi-naturlig eng (slåttemark, blomstereng) inneholder svært mange ulike plantearter som leverer nektar og pollen til pollinatorene. Foto: L. Johansen /NIBIO.

4.3.2 Alternative leveområder til semi-naturlig eng

Dersom tilgang på primære leveområder i et landskap er begrenset kan andre egnede leveområder fungere som alternativer for både planter og pollinatorer. Det finnes svært lite semi-naturlig eng i Norge (Hovstad et al. 2018) og det er store avstander mellom engene. På grunn av små og fragmenterte lokaliteter er det viktig å undersøke hvilke andre leveområder som er nyttige for arter som er spesielt tilpasset levevilkårene i semi-naturlige enger og har dette som sitt primære leveområdet (semi-naturlig eng spesialister).

Alternative leveområder kjennetegnes ved at de har lignende vekstforhold og skjøtsel som de primære leveområdene. For arter som er spesielt tilknyttet semi-naturlig eng kjennetegnes alternative leveområder ved at de er åpne med god lystilgang for plantene, lav næringstilgang og/eller ekstensiv skjøtsel med beite eller slått som sikrer god tilgang på blomsterressurser for pollinatorer (Johansen et al. 2022). Eksempler på potensielle, alternative leveområder for semi-naturlige engarter i og nært byen kan være parker, grøntarealer eller veikanter. I utkanten og utenfor byen finnes det også diverse kantsoner, åkerholmer, hogstfelt, kraftgater, oppdyrkede enger og produksjonsareal med for eksempel frukt og bær som tilbyr mange blomsterressurser (Bär et al. 2022, Bartual et al. 2019, Li et al. 2020, Sydenham et al. 2016).

Slike alternative leveområder kan supplere og støtte de primære leveområdene og på den måten kan artene utnytte flere ressurser i landskapet når det er få semi-naturlige enger tilgjengelig. Alternative leveområder kan fungere som spredningsveier og korridorer (såkalte «stepping stones») mellom de få og fragmenterte primære leveområdene som finnes i landskapet (Ohwaki et al. 2018, Ram et al. 2020) og legge til rette for spredning, stabilitet og opprettholdelse av arter og populasjoner. Størrelsen og tettheten på de alternative habitatene må være store nok til å ha en betydning for artene. Det betyr at

alternative habitater kan være viktige for å ivareta arter som er spesielt tilknyttet et sjeldent og truet leveområde, som semi-naturlig eng.

4.3.3 Etablering av nye leveområder

Det kan i mange sammenhenger være nødvendig eller ønskelig å etablere nye leveområder for planter og pollinatorer for å opprettholde levedyktige bestander og øke økologiske funksjoner i landskapet (IPBES 2016). Dette kan være aktuelt i forbindelse med utbygging av ulike typer infrastruktur. For å etablere nye leveområder trenger man praktisk gjennomførbare metoder som er kostnadseffektive og samtidig basert på lokale frøkilder (Bucharova et al. 2017, Vander Mijnsbrugge et al. 2010). Et alternativ kan være å reetablere artssammensetning i eksisterende grasarealer, eller etablere nye artsrike blomsterenger basert på regionale frøblandinger (figur 4).



Figur 4. Etablering av nye leveområder for pollinatorer og planter i Trondheim (Lysgården, Sluppen). Blomsterengen er etablert med regional frøblending. Foto: L. Johansen/NIBIO

Å øke artsmangfoldet i eksisterende artsfattige grasarealer som plen er vanskelig ettersom mange grasarter er svært konkurransesterke sammenlignet med nyetablerte blomsterplanter. Resultater fra «Fra gras til blomstereng» prosjektet (Hanslin et al. 2020) viste at selv omfattende forbehandling for å svekke konkurranseevnen til graset sjelden ga gode resultater. Metoder med stripping av jord i små områder for direktesåing av blomsterengplanter, eller bruk av pluggplanter i etablert plen eller eng kan fungere, men er ressurskrevende. Den enkleste tilnærmingen er å så blomsterengblandinger på bar jord, men der er oftest sammensetningen av frøblandingen og hvor tett de sås av betydning. Spesielt hvilke grasarter blomsterengplantene blir sådd sammen med og hvilke såmengder som brukes er viktige faktorer for etableringssuksessen av blomsterengplantene. Det er en balanse mellom å legge til rette for etablering av blomsterengplanter i frøblandingen og spontan etablering av arter fra landskapet rundt, men samtidig unngå etablering av uønskede arter og erosjon.

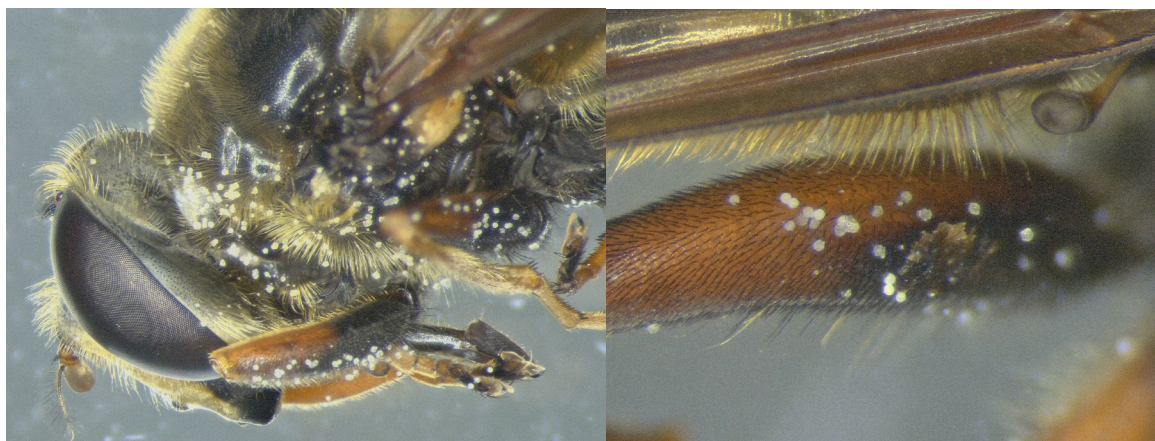
Tilgangen på kommersielt produsert frø av regionalt frømateriale blir stadig bedre, men mange av de artene man ønsker seg til revegetering av eng er ikke alltid tilgjengelige. En løsning på denne utfordringen er å etablere en startvegetasjon med frø som er lett tilgjengelig som så legger til rette for etterfølgende etablering av stedege arter fra lokale frøkilder og samtidig hemmer etableringen av invasive og fremmede arter. Artssammensetning i den opprinnelige vegetasjonen vil påvirke

sannsynligheten for at andre ønskede arter fra den lokale artspoolen etablerer seg ved senere tidspunkt (Weidlich et al. 2017). For å utnytte disse effekter i økologisk restaurering og for å skape nye habitater, trenger vi en grundig forståelse av hvordan den første frøblanding påvirker videre etableringen av arter.

4.4 Samspill mellom planter og pollinatorer

Pollinatorer besøker blomster for å hente pollen og nektar og frakter derfor pollen med seg fra blomst til blomst, noe som bidrar til plantenes reproduksjon. Det finnes en rekke pollinerende insekter i Norge inkludert humler, solitære bier, fluer, sommerfugler og biller (Totland et al 2013). Når pollinatoren besøker blomstene samler de opp pollen på små hår som sitter på kroppen (Figur 5). Artene har ulike grad av behåring på kroppen noe som kan påvirke hvor mange pollenkorner de transporterer med seg og dermed hvor effektive de er som pollinatorer (Stavert et al. 2016).

Utformingen av blomstene til de ulike planteartene er avgjørende for hvilke pollinatorer som besøker dem (Klumpers et al. 2019). Arter med lange tunger som sommerfugler og noen humlearter besøker ofte blomster med lange kronrør hvor de kan få tilgang til nektar nederst i kronrøret. Andre arter som ikke har lange tunger, for eksempel fluer og solitære bier, foretrekker åpne blomster hvor nektaren er lettere tilgjengelig. Dette betyr at et stort mangfold av plantearter generelt tiltrekker seg mange ulike pollinatorer og at samspillet mellom planter og pollinatorer er avhengig av egenskapen til både pollinatoren og plantene (Fründ et al. 2010; Klumpers et al. 2019;).



Figur 5. Pollen festet til kroppen av blomsterfluer. Foto: M.V. Henriksen/NIBIO

5 BE(E) DIVERSE-prosjektet

Forskningsprosjektet «BE(E) DIVERSE - Blomster og bier – løsninger og verktøy for en integrert og bærekraftig byplanlegging» finansiert av Norges Forskningsråd (NFR) ble gjennomført i perioden 01.02.2018 – 01.12.2022. I BE(E) DIVERSE har vi jobbet med å utvikle kunnskap for arealplanlegging i byer som kan bidra til å ivareta og restaurere biodiversitet av planter og pollinatorer, deres samspill og økosystemtjenestene de leverer.

Ved å studere hvordan artsmangfoldet og samspillet mellom planter og pollinatorer påvirkes under urbaniseringen, får man en bedre forståelse og et bedre kunnskapsgrunnlag for å utarbeide anbefalinger for en bærekraftig byutvikling som tar tilstrekkelig hensyn til biodiversitet.

I de kommende kapitlene presenteres målsetting, metode og resultater fra BE(E) DIVERSE prosjektet.

5.1 Målsettinger

Hovedmålet med dette tverrfaglige prosjektet er å utvikle kunnskap som skal brukes i arealplanlegging for å ivareta biodiversitet av planter og pollinatorer, og deres samspill som en viktig økosystemtjeneste i kulturlandskap som er under press fra urbanisering.

Andre målsettinger er:

- Etablere kunnskapsgrunnlag om rollen til biodiversitet av planter og pollinatorer i urbane arealplanleggingsprosesser og arealbrukspraksis.
- Kartlegge og modellere biodiversitet for å utforske forholdet mellom urbanisering og diversitet av planter og pollinatorer.
- Undersøke hva som kan være alternative leveområder for arter som er tilknyttet sjeldne og truede naturtyper i kulturlandskap i og rundt byen.
- Undersøke hvordan planter, pollinatorer og deres samspill påvirkes av urbanisering.
- Utvikle en effektiv måte å etablere nye artsrike arealer på som er attraktive for pollinatorer.
- Utvikle enkle kart som kan brukes som verktøy i byplanlegging for å ivareta biodiversitet.

5.2 Studieområde

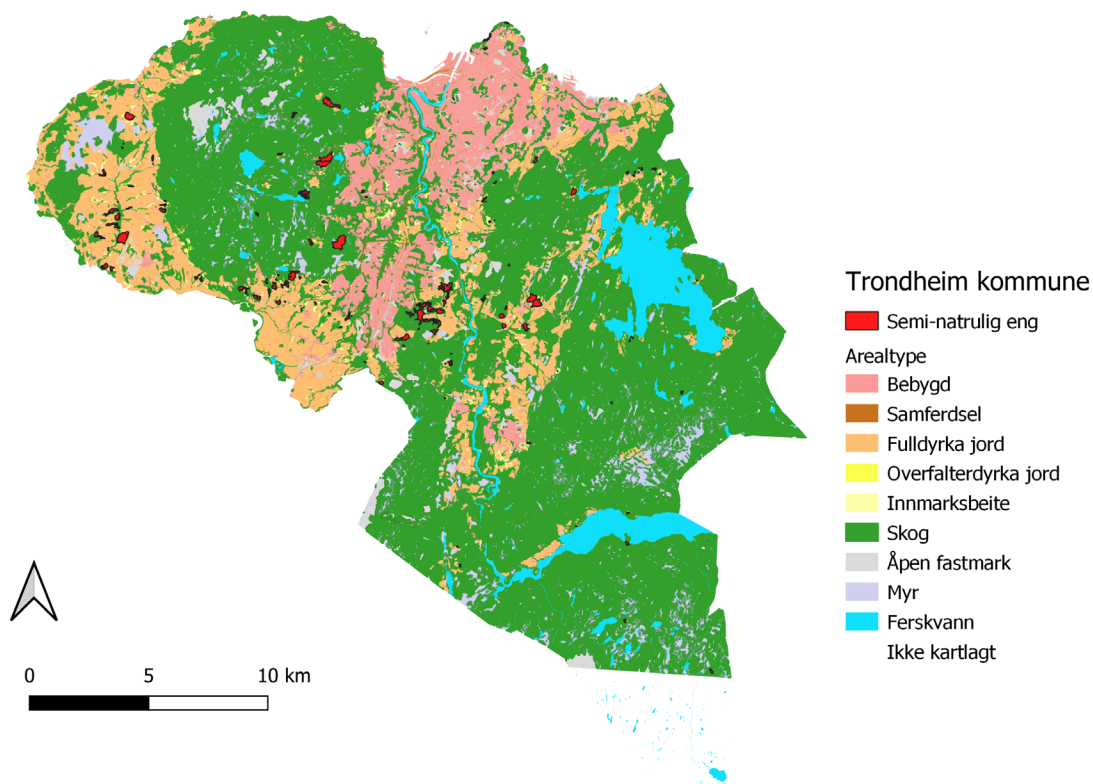
I BE(E) DIVERSE brukte vi Trondheim som studieområde. Trondheim (figur 6) er Norges tredje mest folkerike kommune (Tønnessen et al. 2015). Trondheim er en typisk vekstkommune og befolkning har doblet seg hvert femtiende år i løpet av de siste 200 årene (Eiksund 2014). Befolkningen er beregnet å øke med 20 % innen 2040 (Leknes 2015). Kommunen består av ulike arealtyper som bebyggelse og infrastruktur som befinner seg i bykjernen, og kulturlandskap og store skogsområder utenfor bykjernen (figur 6). Det er en tydelig urbaniseringsgradient fra urbane, suburbaner til rurale områder i kommunen.

I motsetning til de fleste europeiske byområdene har Trondheim fortsatt jordbruk og rester av naturtyper (eks. semi-naturlig eng) som er spesielt viktige for biodiversitet innen og i nærheten av de tettbygde delene av kommunen (figur 6). I 2022 var det registrert totalt 185 semi-naturlig enger i Trondheim kommune. Engene er registrert i ulike kartleggings- overvåkings- og forskningsprosjekter og har svært forskjellig tilstand og bruk (data fra naturbase, Arealrepresentativ overvåking av semi-naturlig eng (ASO) og BE(E) DIVERSE).

Trondheim kommune egner seg spesielt godt til å undersøke effektene av urbanisering på biodiversitet ettersom det er en by i utvikling, men som fremdeles har viktige leveområder for både planter og

pollinatorer både innen bykjernen og i omkringliggende områder med ulik grad av urbanisering. Byutviklingen og urbaniseringen medfører at viktige områder for naturmangfold og jordbruket er under et kontinuerlig arealpress.

Vi har også benyttet Rauma kommune som studieområde for et utvalg av datainnsamlingen og forskningsspørsmålene. Rauma er en rural kommune dominert av skog, kulturlandskap og fjell og er valgt for å representere et landskap uten en sterk urban påvirkning.



Figur 6. Fordeling av arealtyper (AR5) og semi-naturlige enger i Trondheim kommune i 2022. Kartutsnitt: @kartverket

5.3 Datagrunnlag

Urbaniseringsgradient

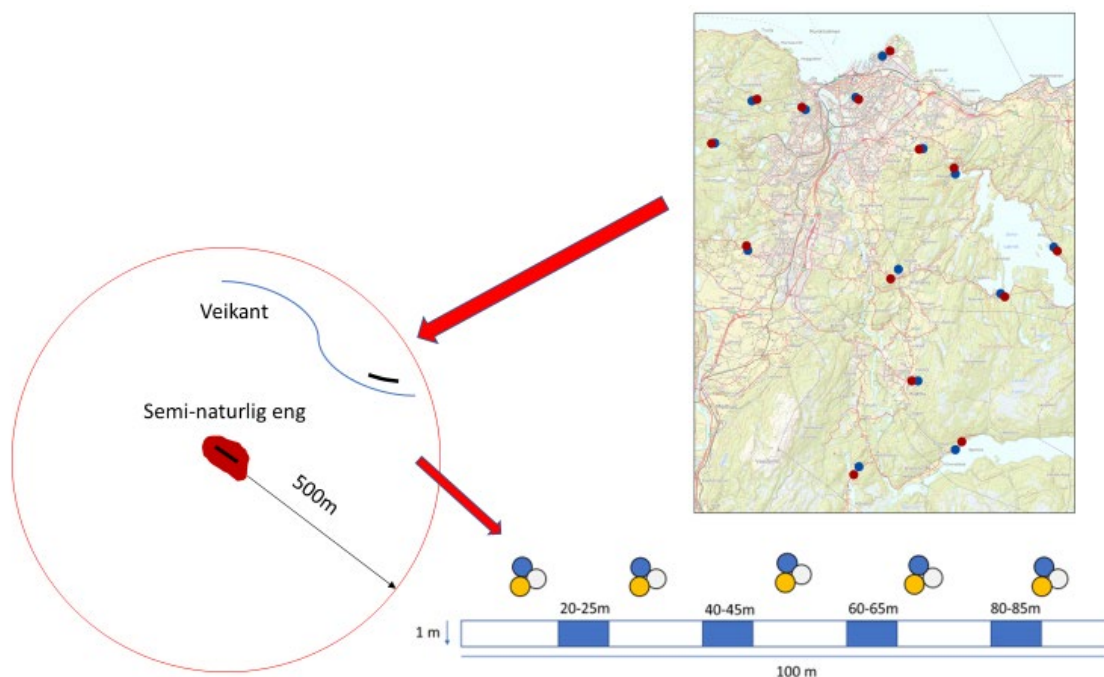
Vi utviklet en urbaniseringsgradient for Trondheim kommune basert på andel av arealklassene skog og bebyggelse i AR5 kart (1:5000). Urbaniseringsgradienten ble beregnet ved overlay analyse i QGIS 2.18.16 som ga andelen av hver arealklasse med skog og bebyggelse i grid på 1x1 km i hele kommunene.

Plante- og pollinator samfunn

I Trondheim (juni-august 2018) og Rauma (juni-august 2018) registrerte vi artsmangfold av planter i et utvalg av naturtyper kartlagt etter NiN i målestokk 1:5000; semi-naturlig eng (T32), oppdyrket mark med preg av semi-naturlig eng(T41), gjengrodd semi-naturlig eng (T32), skog (T4) og veikanter (T40). I tillegg ble funksjonelle trekk for plantene hentet fra ulike databaser, inklusiv semi-naturlige eng spesialister (Halvorsen et al. 2016), insektspollinerte planter (Ecoflora, Fitter & Peat 1994), vekstformer (Lid & Lid 2005) og ettårig/ flerårig arter (LEDA, Kleyer et al. 2008). Detaljer i denne datainnsamlingen er publisert i Johansen et al. (2022).

Vi fokuserte på å studere semi-naturlige enger og nærliggende alternative leveområder som veikanter innenfor en radius i landskapet som biene typisk kan forflytte seg over. Solitære bier flyr maksimalt 150-600 meter fra sine bol for å samle pollen og nektar (Gathmann & Tscharntke 2002) noe som er

kortere enn flere humle arter og honningbier (Hagen et al. 2011). Vi samlet derfor data om samspillet mellom planter og pollinatorer i 14 semi-naturlige enger og nærliggende veikanter som var innen en radius på 500 meter fra kanten av hver eng (figur 7). Par av semi-naturlige enger og veikanter er valgt ut i svært tettbygde til mindre tettbygde områder i Trondheim. Semi-naturlige hadde en skjøtselshistorikk med enten slått eller beite mens veikantene ble slått årlig.



Figur 7. Design for innsamling av data om plante- og pollinatorsamfunn i Trondheim kommune. Innenfor en radius på 500 meter ble det valgt en lokalitet med semi-naturlig eng (blå punkter) og en veikant (røde punkter), der karplanter ble kartlagt langs et transekt på 100 meter i fire ruter (blå ruter langs transektet) tre ganger i 2019 på hver lokalitet. Det ble plassert fem fargefeller for å fange insekter (hver med tre farger: gul, hvit og blå sirkler) langs hvert transekt. Kartutsnitt: @kartverket

Alle karplanter er registrert i ett 100 meter transekt i hver eng og veikant (14 stk.) og antall blomster på karplanter ble talt i fire ruter (1x5 meter) i hvert transekt (figur 7). Det ble innsamlet pollinatorer (bier og blomsterfluer) ved bruk av fargefeller (hvite, gule og blå) langs hver transekt (figur 7 og 8). I et utvalg av enger og veikanter (10 stk.) ble bier og blomsterfluer dessuten innsamlet ved håving i de samme transektene og det ble registrert hvilken planteart hvert individ besøkte (1,5 timers observasjon per registreringstidspunkt). Både plante- og pollinator data ble samlet inn tre ganger (13.-28. juni, 2.-21. juli, 5.-27. august) gjennom sommeren 2019. Biene ble artsbestemt, mens blomsterfluer registrert som en samlet gruppe. Pollen på kroppen til et utvalg av bier som var innsamlet i transektene (totalt 598 individer av 29 arter) ble sendt til QSI (Laboratory for Food and Pharmaceuticals Analysis) for morfologisk bestemmelse av pollentyper (standard palynologisk analyse; Von der Ohe et al. 2004). Planterlekten eller familien som pollen kommer fra ble identifisert. Pollen på kroppen av pollinatorer gir informasjon om tidligere blomsterbesøk og øker derfor informasjonen om hvilke samspill som finnes mellom planter og pollinatorer i systemet. Da biene kan bære på pollen som er hentet utenfor studieområdet ble bare pollentyper fra planter som blomstret i transektet på innsamlingstidspunktet inkludert i de etterfølgende analyser.



Figur 8. Eksempler på datainnsamling i BE(E) DIVERSE: registrering av planter og blomster og observasjon av pollinatorer i transekt (t.v.), fargefelle til innsamling av pollinatorer (i midten), prøver av pollen fra kroppen av pollinatorer (t.h.).
Foto: M.V. Henriksen/NIBIO

Landskap

Rundt de 14 utvalgte semi-naturlige engene analyserte vi landskapsstrukturen innenfor en radius av 800 meter fra engens sentrum. Denne avstanden ble valgt basert på to kriterier; (i) landskapet rundt de utvalgte veikanter ble inkludert i landskapsanalysen og (ii) det ble ingen overlapp mellom analyserte områder, og dermed uavhengighet mellom landskapsvariabler, for de enger som lå nær hverandre. Innenfor de 800 meter er landskapets sammensetning og struktur analysert basert på heldekkende AR5 kart. Det ble beregnet mengde areal med «grønne veier» (veier som er opp mot et grønt areal, eks. skog, fastmark, innmarksbeite), åpne grønne områder (åpen fastmark, semi-naturlig eng, innmarksbeite og overflatedyrket mark) og semi-naturlig eng, gjennomsnittsstørrelse på de grønne områdene, heterogenitet (Shannon diversitet) og fragmentering i landskapet (antall oppdelte områder).

Etablering av nye leveområder

Vi gjennomførte et felteksperiment hvor vi testet ut en metode for etablering av nye leveområder ved såing av blomsterengblandinger på bar jord. Vi undersøkt hvordan startvegetasjon påvirker videre etableringen av blomsterengarter som er viktige for pollinatorer. Vi gjennomførte et forsøk der ulike grasblandinger med engkvein, rødsvingel og sauesvingel ble sådd i ruter på 1 x 2 meter med såmengder fra 0 til 8 g/m². Grasblandingene ble komponert med en blandingsdesign som vist i Tabell 1. Jorda var i utgangspunktet næringsfattig og sandig og ble noe gjødslet opp. Et sett med ni blomsterengarter ble sådd ut i småruter innen samme forsøksflaten, enten samtidig med gras (juni 2019), eller et eller to år senere. 20 spiredyktige frø av prestekrage, engtjæreblom, tiriltunge, blåkløkke, engsmelle, firkantperikum, ryllik, smalkjempe og rødkløver ble sådd per smårute og tidspunkt. Antall frøplanter etablert per art og smårute ble talt opp før slått i første halvdel av august året etter såing. Nye såinger av blomsterengarter ble gjennomført rett etter slått. Det var noe ujevn etablering innen rutene, så grasdekket ble estimert per smårute ved hvert registreringstidspunkt.

Tabell 1. Design av grassammensetningen i frøblandingene. Symmetriske kombinasjoner av monokultur, dominant og kodominante forhold basert på andel av total frømasse, korrigert for ulik spireprosent.

Design	Rødsvingel	Engkvein	Sauesvingel
Monokultur	1	0	0
	0	1	0
	0	0	1
Lik andel	0.34	0.33	0.33
Dominant	0.7	0.15	0.15
	0.15	0.7	0.15
	0.15	0.15	0.7
Kodominant	0.45	0.45	0.1
	0.45	0.1	0.45
	0.1	0.45	0.45

Naturforvaltningen på kommunalt nivå

Det ble totalt gjennomført ni dybdeintervju med aktører som vi gjennom et innledende dokumentstudium identifiserte som relevante for forvaltning av Grønlia semi-naturlig eng i Trondheim, men også for forvaltning av biodiversitet i Trondheim kommune generelt sett.

5.4 Dataanalyser

Alle datanalyser er utført i statistikkprogrammet R (R Core Team 2021) om ikke annet er nevnt i avsnittene under.

Primære og alternative og leveområder

Data om plantearter i alle naturtyper kartlagt i Trondheim og Rauma ble benyttet til å analysere hvordan alternative leveområder kan bidra til forvaltningen av plantearter som er spesielt tilknyttet de truede semi-naturlige engene. Vi beregnet artsrikhet (gjennomsnittlig lokal rikhet, total og estimert regional rikhet) for tre artsgrupper: alle plantearter, insektpollinerte planter og semi-naturlige enge spesialister. Vi sammenlignet gjennomsnittlig artsrikhet for hver naturtype med artsrikhet i semi-naturlig eng for alle tre gruppene ved bruk av generaliserte lineære modeller (glm med poisson fordeling) med artsrikhet for hver gruppe som respons og naturtype som forklaringsvariabel, samtidig som vi tok hensyn til forskjeller mellom kommunene. Detaljer om datanalysen er publisert i Johansen m.fl. (2022).

Pollinatorer og blomsterressurser i semi-naturlig eng

Basert på registreringer av blomster og pollinatorer i transektene (figur 7 og 8) undersøkte vi sammenhengen mellom blomsterressurser og antall ville bier i semi-naturlige enger i Trondheim. I hvilken grad antall individer og arter av bier samvarierte med det totale antallet blomster i rutene (på tvers av arter), antallet av blomstrende arter i transektene og tid for registrering (juni, juli og august) ble testet i hver sin generaliserte lineære modell (glm med quasipoisson fordeling).

Variasjon i forekomst av insekts pollinerte planter i tid og rom

Vi har benyttet flerartsmodeller (HMSC) for å undersøke variasjon i plantesamfunnet på semi-naturlig eng og veikant, både i tid og rom (Ovaskainen & Abrego 2020). Tidligere metoder for å analysere artssamfunn baserte seg ofte på statistiske modeller der hver art ble modellert uavhengig av de andre, eller på enkle indekser for artsdiversitet som ofte var vanskelig å tolke økologisk (Norberg et al. 2019). De siste årene har det blitt utviklet nye statistiske verktøy hvor alle arter blir analysert samlet. Styrken til disse flerartsmodellene er at man kan bruke informasjon om tilstedeværelse av en art til å finne sannsynligheten for at andre arter er til stede (Warton et al. 2015). Dette øker presisjonen til modellen

fordi arter ikke opptrer uavhengig av hverandre. Slike modeller gir også mulighet til å predikere forekomst av arter i tid og rom, og å identifisere hvilke arter som det er vanskelig å predikere forekomsten av.

Analysene ble gjort på to måter. Først predikerte vi forekomst av arter på hver av de tre tidspunktene data er samlet inn, basert på informasjon om artssamfunnet på lokalitetene på de to andre tidspunktene. Dette gir informasjon om hvor stabile områdene er over tid og for eksempel i hvilken grad man kan si noe om artssamfunnet sent i sesongen basert på det som er observert tidlig. Deretter predikerte vi forekomst av arter i ett av de fire rutene i et transekt basert på informasjon om forekomst av arter fra de tre andre rutene innen samme transektet. Dette vil si noe om den romlige variasjonen i artssamfunnet. I begge analysene hentet vi ut antallet arter med tilfredsstillende prediksjon for alle lokaliteter, kun semi-naturlig eng, og kun veikant. God prediksjon er målt som $AUC > 0,7$ (Ovaskainen og Nerea 2020).

Effekt av urbanisering og landskap på pollinatorsamfunn

For å tolke forskjeller i pollinatorsamfunn langs urbaniseringsgradienten og identifisere hvilke landskapsvariabler som er assosiert med økt tallrikhet av bier, brukte vi en modellbasert multivariat metode som heter 'Generalized Latent Variable Models' (GLLVM; van der Veen et al., 2023). Dette er en nylig utviklet metode for å finne sammenhenger mellom miljøgradienter og artssammensetninger. Registreringene for tallrikhet av pollinatorene langs urbaniseringsgradienten er hentet fra fargefellene. For denne analysen var vi hovedsakelig interessert i effektene på biesamfunnet, men siden blomster resurser kan ha stor innflytelse på pollinator bestandene, inkluderte vi også antall blomster i analysen for å kontrollere deres effekt på artssammensetningen til pollinatorene. Vi valgte landskaps variablene (se seksjonen 5.3. «Landskap») for denne analysen fordi vi forventet at de vil ha en positive eller negativ innvirkning på bie bestandene. For eksempel, høye mengde med grønne arealer og grønne veikanter kan indikere bedre tilgjengelighet av blomster resurser i området (parker, grønne veikanter, osv.), noe som kan være spesielt viktig i tettbebygde byer.

Samspill mellom planter og pollinatorer

Samspill mellom plantegrupper (identifisert til slekt eller familie) og biearter ble visualisert i to nettverk, et for samspill i hhv. semi-naturlig eng og veikanter. Datasett av samspill ble sammensatt basert på observasjoner av blomsterbesøk i transekter og pollen fra kroppene til de bier som ble innsamlet i transektene. Da pollen bare ble identifiseres til slekts- eller familienivå er plantearter innenfor samme slekt/familie kombinert i analysen. Antall av samspill mellom hver kombinasjon av plantegruppe og bieart ble utregnet som antall bieindivider som hadde besøkt planten (besøk observert i transektet inkludert tidligere besøk identifisert fra pollen).

Informasjon om blomsterbesøk for semi-naturlige eng og veikant ble kombinert i et samlet nettverk for hvert leveområde: et nettverk for semi-naturlige eng og et nettverk for veikanter. De to nettverk er visualisert ved bruk av R-pakken bipartite (Dormann et al. 2008). For semi-naturlige eng ble det også konstruert nettverk på transektnivå (totalt ti nettverk) og disse ble organisert i en tredimensjonal matrise (et såkalt multi-lag nettverk) bestående av samspill mellom semi-naturlige eng, planter og bier. Vi analyserte strukturen av dette nettverket for å identifisere hvilken rolle ulike arter har i landskapet etter metoden beskrevet i Hackett et al. (2019). I analysen blir hver art av både planter og bier tildelt en rolle basert på hvor mange samspill de har innenfor hver semi-naturlig eng og hvilken rolle de utfører som bindeledd mellom semi-naturlige eng på tvers av det urbane landskapet.

Etablering av nye leveområder

Vi analyserte etableringen av frøplanter av blomsterengplantene i forsøket (summert antall frøplanter per smårute) med en negativ-binomial regresjonsmodell (glm) med dekning av grasvegetasjonen, såmengde og tid siden etablering av grasvegetasjonen som forklaringsvariabler.

Kartverktøy

Vi benyttet artskartegging av plantearter i semi-naturlige enger som grunnlag for å lage et kart som viser prioriteringer av områder i Trondheim kommune for ivaretagelse av planter i semi-naturlig eng. For å supplere med data utenfor de 14 semi-naturlige engene i dette studiet brukte vi data fra Artskart ([www.artsobservasjoner](http://www.artsobservasjoner.no), data lastet ned 26.09.2022, observasjoner fra 2019 til 2020) for de plantearter som både var til stede i semi-naturlige enger og i Artskart. Dette ble brukt til å lage heldekkende prioriteringskart basert på artsforekomster ved bruk av programvaren Zonation (Moilanen et al. 2009).

6 Planter og ville pollinatorer i semi-naturlig eng i Trondheim

Vi registrerte i snitt 45 karplantearter, 34 insektpollinerte plantearter og 15 ville bierarter per semi-naturlig eng i Trondheim. Det var imidlertid store variasjoner mellom de semi-naturlige engene i antall arter registret. Det var mellom 32-60 karplantearter og 9-24 ville bierarter i disse semi-naturlige engene (tabell 2).

I Trondheim kommune finnes de fleste semi-naturlige engene i kulturlandskapet rundt selve bykjernen (figur 6). Den semi-naturlige engen med flest karplantearter (60 arter) og ville bierarter (24 arter) ligger likevel på Festningen som er en svært urban del av Trondheim kommune. Et annet eksempel på en urban semi-naturlig eng er Grønlia som også har et svært høyt antall karplanter (51 arter) og ville bierarter (19). Det var også svært artsrike semi-naturlige enger i kulturlandskapet utenfor de urbane delene av kommune, for eksempel en eng på Tangen som hadde 58 plantearter. Til tross for mange plantearter hadde denne engen færrest observasjoner av ville bierarter (9 arter) hovedsakelig fordi det ikke ble funnet noen solitære bier i engen (se vedlegg). Dette viser at det finnes viktige leveområder for pollinatorer både inne i bykjernen så vel som i kulturlandskapet rundt. Derfor er det viktig å ivareta i utgangspunktet alle gjenværende semi-naturlige enger. De få engene som er igjen i byen er spesielt sårbare og kan spille en svært viktig rolle som leveområde for pollinatorer og planter siden de fungerer som refugia i et bylandskap med få tilgjengelige leveområder av høy kvalitet.

Tabell 2. Antall arter med karplanter, insektpollinerte plantearter og ville bier i studerte semi-naturlige enger i Trondheim BE(E) DIVERSE prosjektet.

	Antall karplantearter	Antall insektpollinerte plantearter	Antall ville bierarter
Minimum	18	17	9
Maksimum	60	46	24
Gjennomsnitt	45,14	34	15,29
St. avvik	10,78	8,49	3,63

7 Plante- og pollinatorsamfunn

7.1 Alternative leveområder for planter tilknyttet semi-naturlig eng

Vi har undersøkt hvordan skog, oppdyrket varig eng, gjengrodd semi-naturlig eng og veikanter (figur 9) kan fungere som alternative leveområder for plantearter som er spesielt tilknyttet semi-naturlig eng. Disse naturtypene er valgt ettersom de har lignende vekstforhold som semi-naturlige enger (mye lys og lite næring) eller er en del av en suksesjonsgradient mellom eng og skog.

Sammenlignet med semi-naturlig eng, gjengrodde semi-naturlige enger, skog og oppdyrket varig eng er veikanter den mest artsrike naturtypen for karplanter totalt (figur 10). Dette skyldes sannsynligvis at veikantene er veldig varierte og at arter fra tilgrensende naturtyper som f.eks. skog ofte etablerer seg i kantarealene. Veikanten inneholder flere skogsarter som busker, trær og lyngarter (Johansen et al. 2022) mens busker og trær i semi-naturlig eng vanligvis fjernes for å øke beitekvaliteten eller artene blir beitet ned av husdyrene. Både semi-naturlige enger, veikanter og gjengrodde semi-naturlige enger har flest planter som produserer pollen og nektar til pollinatorer (insektpollinerte arter) sammenlignet med oppdyrkede varige enger og skog (figur 10). Mange insekt-pollinerte plantearter bidrar til et mangfold av nektar og pollenressurser for pollinatorene gjennom hele sesongen.



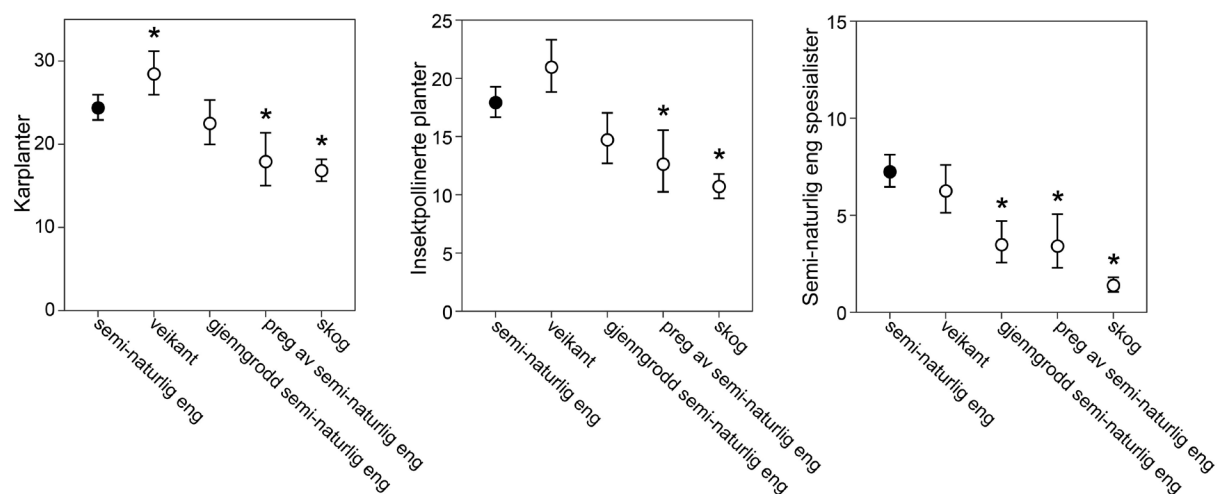
Figur 9. En artsrik veikant kan inneholde mange arter som har sin hovedutbredelse i semi-naturlige eng. Foto: L. Johansen

I semi-naturlig eng finnes det arter som er spesielt tilpasset levevilkårene i semi-naturlig eng og har sin hovedutbredelse her (semi-naturlig eng spesialister). I motsetning til spesialistene er generalister vanlige i mange ulike typer leveområder. Veikantene har like mange semi-naturlig eng spesialister som semi-naturlige enger, mens gjengrodde semi-naturlige enger, oppdyrket varige enger og skog har færre (figur 10 og 11). Semi-naturlig eng spesialister trives i veikantene siden skjøtselsregime med 1-2 slåtter

i løpet av vekstsesongen er nokså likt bruksregimet for semi-naturlig eng og danner et lysåpent leveområde.

Det finnes imidlertid noen semi-naturlige eng spesialister som kun finnes i semi-naturlig eng (figur 11). Disse artene har ingen andre alternative leveområder. Eksempel på slike arter er smalkjempe, bakketimian, vårpengurt, dunkjempe og aurikkelsveve. Det betyr at disse artene er spesielt utsatte for å dø ut når semi-naturlig eng forsvinner.

Resultatene viser at veikanten har potensiale som alternativt leveområde for et utvalg av de karplantene som er semi-naturlig eng spesialister. Selv om det er stor overlapp i artene som er til stede kan veikanter likevel ikke erstatte semi-naturlig eng fullt ut som leveområde for artene fordi det er flere arter som ikke finnes i veikantene, men bare i semi-naturlig eng.

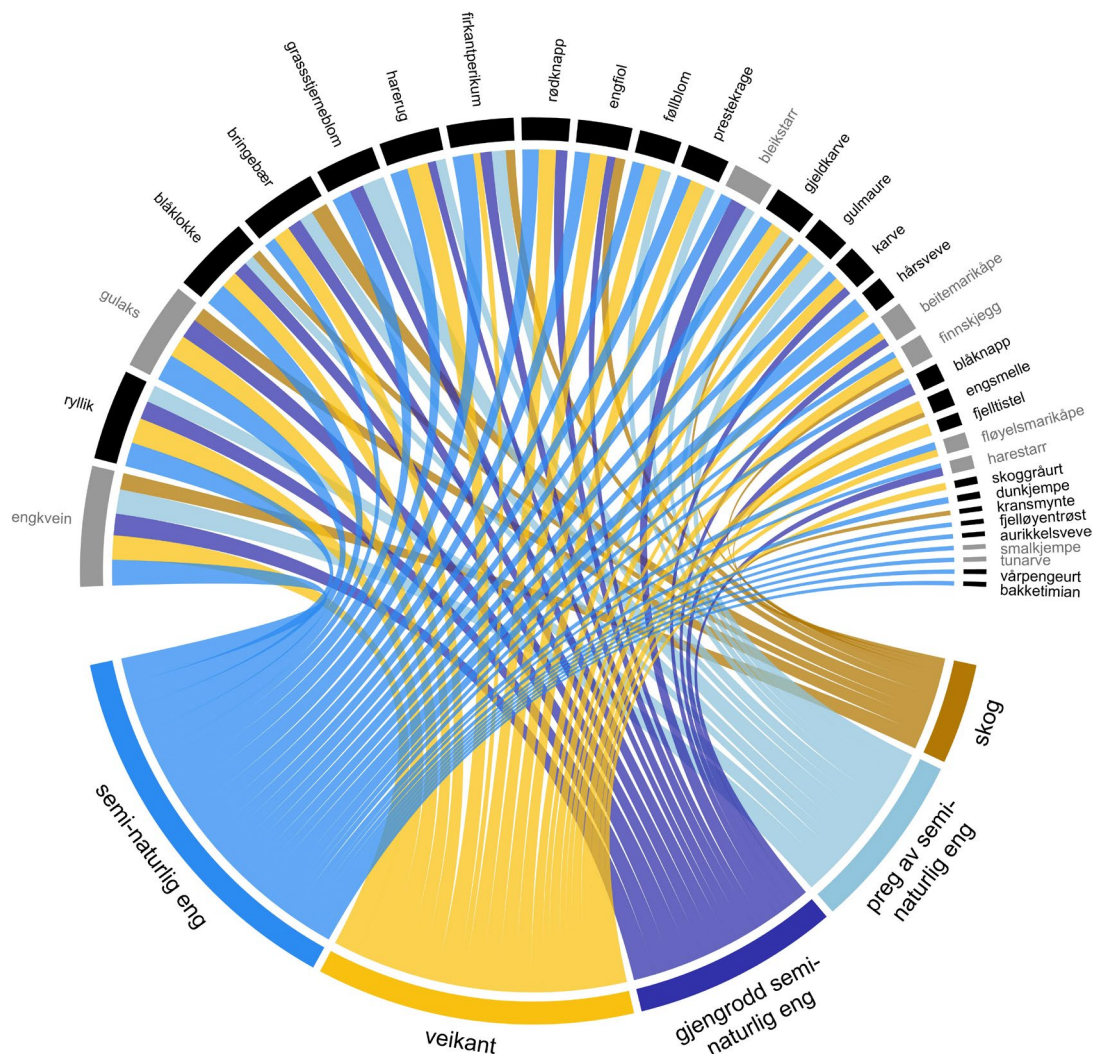


Figur 10. Predikert gjennomsnittlig artsrikdom ($\pm 95\%$ konfidensintervall) av planter i ulike naturtyper i kulturlandskapet. Stjerne angir signifikant forskjell i artsrikdom mellom semi-naturlig eng (svarte sirkler) og andre naturtyper (hvite sirkler). Figur tilpasset fra Johansen et al. 2022.

7.2 Variasjon av blomstrende planter i veikanter og semi-naturlige enger i tid og rom

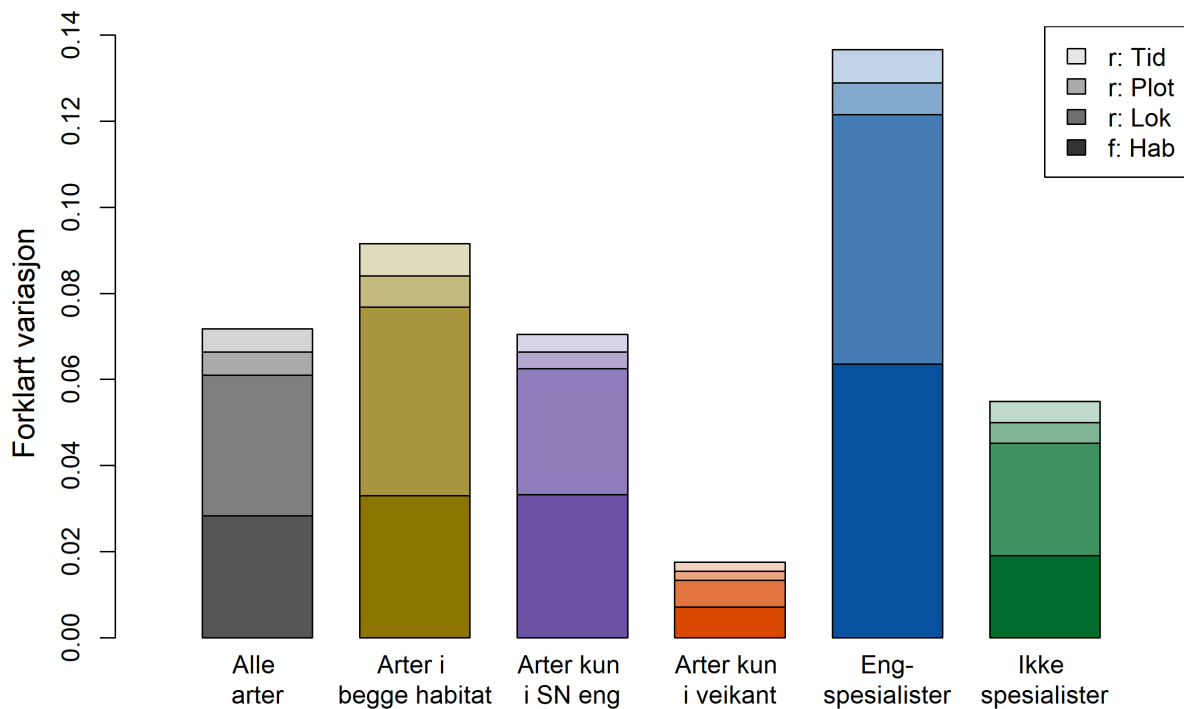
Et økosystem blir ikke bare beskrevet som de artene som er til stede ved et gitt tidspunkt. Variasjon i forekomst av arter i rom og over tid er viktige kjennetegn som kan påvirke for eksempel hvor sårbart økosystemet er forstyrrelser og inngrep. Slik variasjon i blomsterplanter vil også kunne ha stor påvirkning på tilgangen på pollen og nektar ressurser for insekter, og føre til en større biodiversitet av pollinatorer (Le Provost m.fl. 2022).

Romlig og temporær variasjon i artsforekomster er ofte resultat av småskala variasjoner i klimatiske og næringsmessige forhold, eller påvirket av bruk og skjøtsel over lang tid, spesielt i semi-naturlig eng.



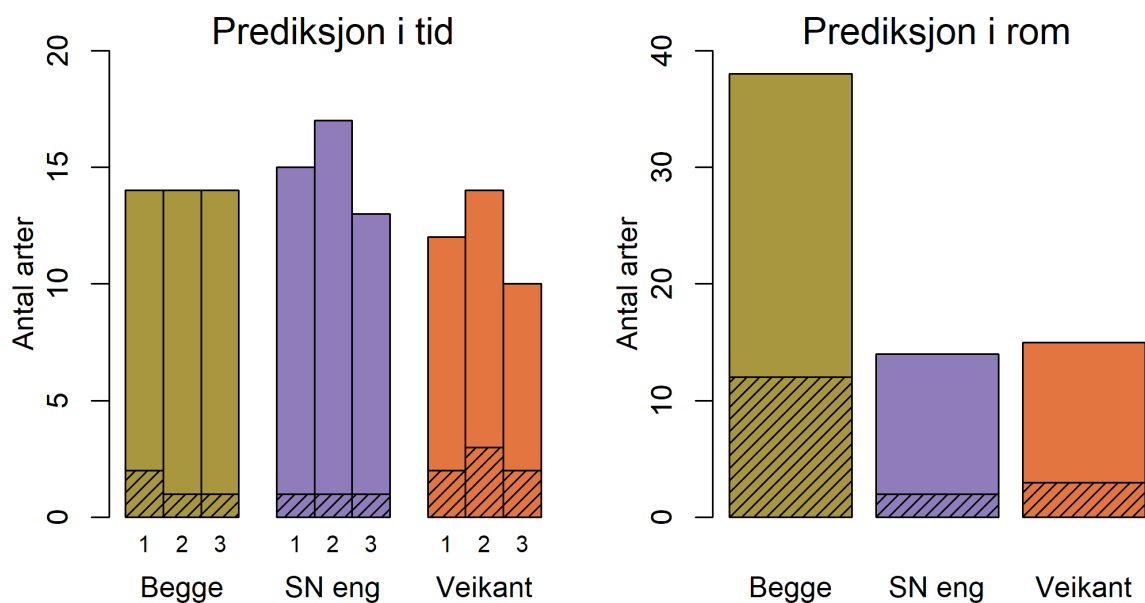
Figur 11. Tilstedeværelse av semi-naturlig engarter (planter) i fem habitater illustrert som et nettverk av samspill mellom habitater og planter. Størrelsen på linjene er kvadratroten av relativ tilstedeværelse av artene per habitat. Insektpollinerte planter er i svart. Planter som kun finnes i semi-naturlig eng vises helt til høyre. Figur tilpasset fra Johansen et al. 2022.

For å undersøke dette analyserte vi hvordan forekomsten av blomstrende planter varierte mellom lokaliteter, innen lokaliteter, og gjennom sesongen, i semi-naturlig eng og veikanter. Andelen av variasjonen i blomstrende planter som var forklart av modellen var 0,07 (figur 12, grå stolpe). For arter som kun var funnet i semi-naturlig eng var andelen forklart variasjon omtrent den samme, mens den var betydelig lavere for arter som kun var observert i veikanter. Dette kan skyldes at de artene som kun fantes i veikanter var svært sjeldent i datasettet, mens artene som kun fantes på semi-naturlig eng var ganske vanlige. Arter som er spesialister for semi-naturlig eng hadde en høy andel av variasjonen i forekomst forklart av modellen, sammenlignet med andre arter (blå og grønn stolpe i figur 12). Leveområde, altså semi-naturlig eng eller veikant, og lokalitet forklarte det meste av variasjonen i forekomst av blomstrende planter, noe som er forventet. Selv om semi-naturlig eng og veikant hadde 43 blomstrende arter til felles, vil artssammensetningen i hvert transekt ofte variere mellom leveområder. For eksempel er alle 17 blomstrende semi-naturlig eng spesialister i semi-naturlig eng i gjennomsnitt til stede i 4,12 lokaliteter per art, mens kun ti blomstrende semi-naturlig eng spesialister er funnet i veikanter, og da i gjennomsnitt på 1,59 lokaliteter pr art. Det er altså flere blomstrende semi-naturlige eng spesialister i semi-naturlig eng, og hver art er også vanligere enn de som er til stede i veikanter. Til tross for at veikantene inneholder mange semi-naturlige eng spesialister (figur 11) så er det svært få av disse artene som blomstrer, noe som kan ha konsekvenser for bestandenes overlevelse på lang sikt.



Figur 12. Hvor stor andel av variasjonen i forekomst av blomstrende planter som er forklart av ulike komponenter i flerartsmodellen. "f: Hab" - habitat (leveområde), "r: Lok" - lokalitet, "r: Trans" - transekt innen lokalitet, og "r: Tid" - tidspunkt for datainnsamling. Grå stolpe viser for alle arter, mens de andre stolpene viser ulike utvalg av arter. "SN eng" - semi-naturlig eng.

Av de 82 blomstrende planteartene hadde kun 14 god prediksjon av forekomst på et tidspunkt basert på informasjon fra tidligere eller senere tidspunkt når både veikanter og semi-naturlige enger ble vurdert samlet (figur 13, brune stolper i venstre panel). Prediksjonene var noe høyere for semi-naturlig eng enn for veikant, for alle tidspunkt, noe som kan skyldes et høyere antall blomstrende arter i semi-naturlig eng. Når vi analyserer veikanter og semi-naturlige enger hver for seg er det bedre evne til å predikere forekomst av blomstrende arter på en lokalitet midt i sesongen basert på informasjon tidligere og senere i sesongen fra samme lokalitet, mens det er vanskeligere å predikere hva som blomstrer sent i sesongen basert på hvilke arter som blomstret tidligere i sesongen (figur 13, venstre panel, blå og røde stolper). Det var generelt en dårlig prediksjon av de semi-naturlig eng spesialistene (skraverte areal i figur 13). Dette betyr at vi ikke kan predikere godt hvordan blomstrende arter endrer seg gjennom sesongen på en lokalitet basert på kun ett registreringstidspunkt. Hovedårsaken til dette kan være at det er stor variasjon i hvilke arter som blomstrer til ulike tidspunkter gjennom sesongen (figur 14). Blomsterressursene for pollinatorene må derfor kartlegges flere ganger gjennom sesongen.



Figur 13. Figurene viser hvor godt modellen for forekomst av blomstrende planter kan predikere i tid (venstre panel) og rom (høyre panel). "Begge" er prediksjon i semi-naturlig og veikant samtidig. "SN eng" er kun for semi-naturlig eng, og "Veikant" er kun for veikanter. 1 (juni), 2 (juli) og 3 (august) viser til hvilket tidspunkt for datainnsamling gjennom sommeren som er predikert for, basert på informasjon om artsforekomster i de to andre tidspunktene. I høyre panel er det predikert for et transekt på hver lokalitet basert på informasjonen i de andre 3 transektene i den lokaliteten. Skraverte deler av stolpene viser antall semi-naturlig eng spesialister med god prediksjon. God prediksjon er målt som AUC > 0,7 (Ovaskainen og Nerea 2020).

For begge leveområder samlet var den romlige prediksjonen ganske høy for alle arter og semi-naturlig eng spesialister. Dette er som forventet, fordi vi nå også tar hensyn til habitat, som er viktig for å forklare forekomsten av arter i et landskap (figur 13). Den romlige prediksjonen for semi-naturlige eng og veikant hver for seg var imidlertid mye lavere (figur 13). Den lavere presisjonen på de romlige prediksjonene i semi-naturlig eng og veikanter kan skyldes at det er fin-skala variasjon i forekomst av arter som er vanskelig å fange opp fra et fåtall kartlegginger i nærliggende områder. Dette gjelder i enda større grad arter som er spesialister i semi-naturlig eng. De økologiske konsekvensene av denne høye romlige variasjonen i artsforekomster er at disse semi-naturlige engene må ha en viss størrelse for å kunne opprettholde levedyktige bestander av viktige blomsterplanter for pollinatorer. Det har også praktiske konsekvenser for kartleggingen av semi-naturlig eng. Ettersom man i liten grad kan predikere forekomst av arter i tid og rom basert på kunnskap fra nærliggende lokaliteter eller andre tidspunkt for kartlegging, kreves en mer omfattende innsats for å få et godt bilde av artsmangfoldet og tilstanden til semi-naturlig eng. Områder med høy variasjon i forekomst av arter innen korte avstander er også mer utsatt for lokal utdøing, fordi hver delbestand av artene er små og sårbare. I slike områder er det spesielt viktig å unngå reduksjon i areal.

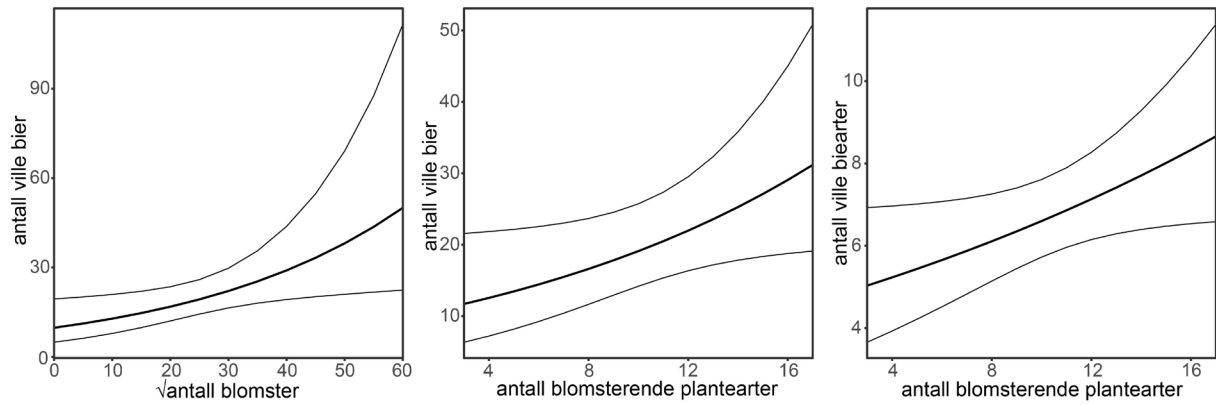


Figur 14. Mangfoldet av planter som blomstrer til ulike tidspunkter i en semi-naturlig eng er viktig for å levere nektar og pollen til pollinatorer gjennom hele sesongen. Foto Marie V. Henriksen/ NIBIO

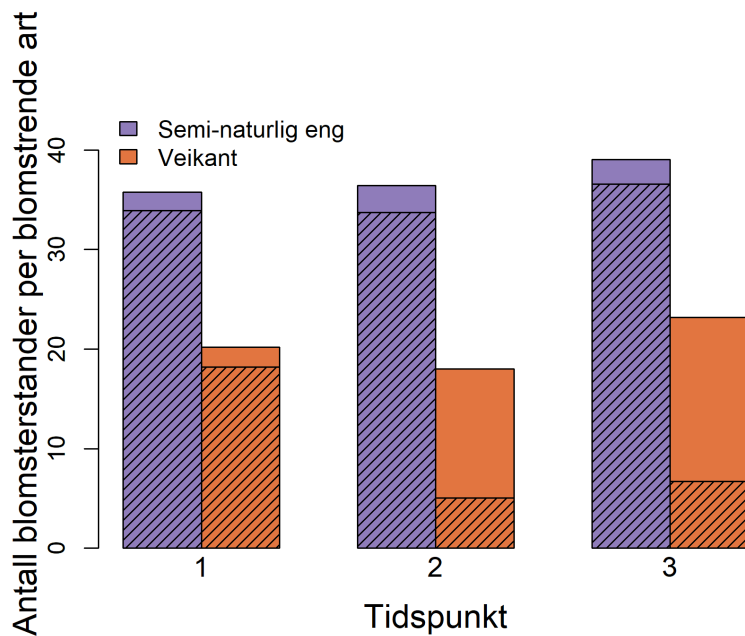
7.3 Flere blomster, flere pollinatorer

Det er en positiv sammenheng mellom antall bier og antall blomster (figur 15). Det finnes også nesten dobbelt så mange individer av bier i et leveområde når antall blomstrende arter fordobles (figur 15). Dette betyr at leveområder med mye blomsterressurser er mest attraktive for pollinatorer.

Totalt ble det kartlagt 62 blomstrende arter på de 14 lokalitetene i Trondheim kommune. Det ble funnet omtrent like mange blomster per blomstrende art gjennom hele sesongen (figur 16) i både veikanten og semi-naturlig eng. Sammenlignet med veikanten har derimot semi-naturlig eng flest blomster per art (figur 16 og 17) og flest individer innen pollinatorgruppene humler og andre ville bier (figur 19) og per pollinatorart (figur 17). Dette viser at til tross for at veikantene har flere arter enn de semi-naturlige engene (figur 10) så har de færre blomsterressurser tilgjengelig for pollinatorene og dermed også færre individer av pollinatorer. Mange av de samme planteartene finnes i veikantene og i de semi-naturlige engene, men i veikantene er det mindre sannsynlig at de blomstrer. Dette kan være på grunn av forskjeller i skjøtsel mellom veikant og semi-naturlig eng. Flere av veikantene ble slått i løpet av studieperioden og dette kan påvirke mengde av blomster som blir produsert. Blomstrende arter som er spesialister for semi-naturlig eng var spesielt fåtallige i veikanter (figur 16). Dette kan ha betydning for både reproduksjon og overlevelse på lang sikt for disse artene.



Figur 15. Det er en positiv sammenheng mellom antall ville bie (til venstre og i midten) og antall ville biearter (til høyre) (\pm standardfeil) og deres blomsterresurser (antall blomstrende plantearter og kvadratroten av antall blomster) i semi-naturlig enger i Trondheim.

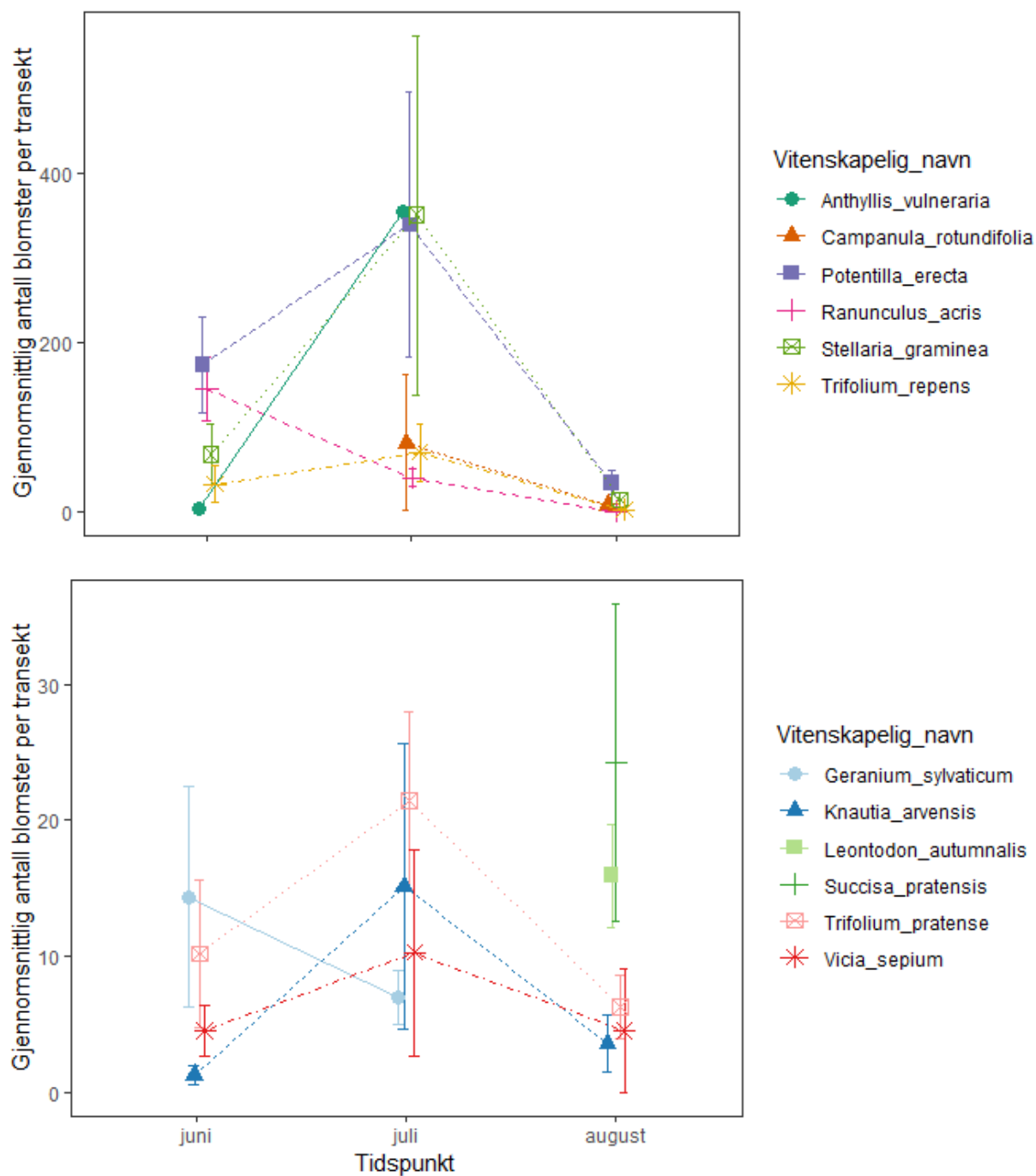


Figur 16. Antall blomsterstander per art på en lokalitet med semi-naturlig eng eller veikant i juni (tidspunkt 1), juli (tidspunkt 2) og august (tidspunkt 3) (snittverdi pr lokalitet). Skraverte deler er kun for arter som har sin hovedutbredelse innen semi-naturlig eng (semi-naturlig eng spesialister).

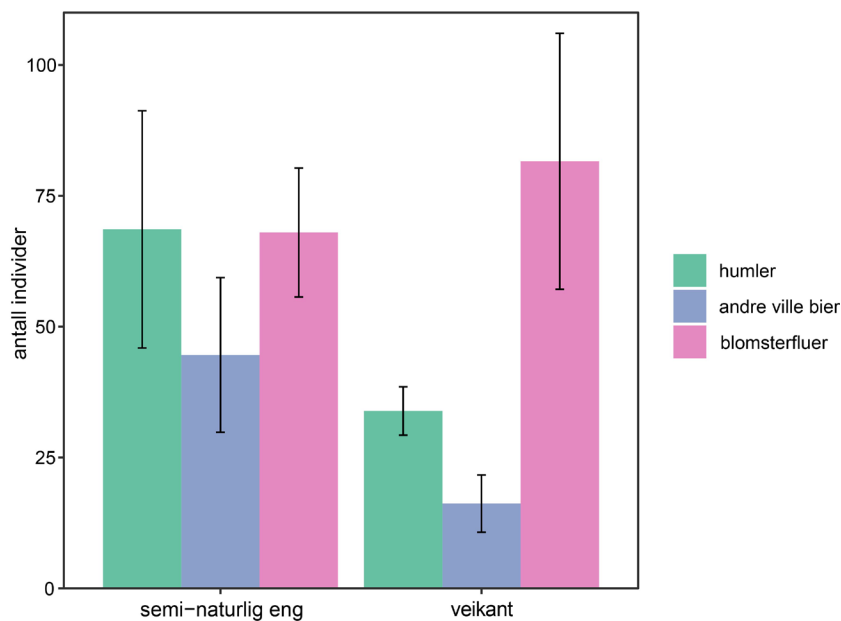
De planter som var mest besøkt av ville bier var rundbelg, blåklokke, tepperot, engsoleie, grasstjerneblom, hvitkløver, skogstorkenebb, rødknapp, føyblom, blåknapp, rødkløver og gjerdevikke (figur 18). Disse plantene blomstrer til ulike tidspunkter og bidrar til å levere blomsterressurser gjennom hele sesongen for pollinatorene (figur 18). Dette betyr at et viktig tiltak i ivaretagelse av pollinatorer kan være å legge til rette for blomstring av disse artene i landskapet. Det kan for eksempel innebære å vente med slått av veikanter og enger til disse artene er ferdig blomstret.

I Norge er særlig humler og andre ville bier viktige for pollinering (Totland et al. 2015). De hårete humlene er effektive pollinatorer ettersom de mye pollen fester seg til hårene deres på hvert blomsterbesøk (Totland et al. 2013). Blomsterfluer har generelt færre hår på kroppen hvor pollen kan feste seg sammenlignet med humler og blir derfor ansett som mindre effektive pollinatorer (Totland et al. 2013). Den totale pollineringen som de ulike pollinatorgruppene bidrar med i landskapet avhenger også av hvor mange individer som bidrar til pollineringen. Blomsterfluene kan derfor likevel være en viktig leverandør av pollinering når de er talrike. Resultater viser at det er relativt mange individer av blomsterfluer i både enger og veikanter mens det generelt er færre bier i veikanter enn i enger (figur 18).

Resultatene viser samlet at semi-naturlig eng er spesielt viktig som leveområde for både planter og pollinatorer (som også vist i andre studier, f.eks. Johansen et al. 2019, Kallioniemi et al. 2017, Potts et al. 2003) ettersom de inneholder mye blomster og det er flest pollinatorer i semi-naturlig eng sammenlignet med veikanten. Pollinatorer har ulike preferanser og muligheter for å få tak i pollen og nektar som skyldes kroppens utforming og blomstenes fasong. Et høyt artsmangfold av karplanter i semi-naturlig eng betyr vanligvis at det finnes flere planter med ulike blomsterutforminger. Dette sikrer tilgang for mange ulike type pollinatorer samt at plantemangfoldet kan tilby blomsterressurser gjennom hele vekstsesongen.



Figur 18. Antall blomster (gjennomsnitt \pm standardfeil) gjennom sesongen (juni, juli og august) på planter (*Antyllis vulneraria* rundbelg, *Campanula rotundifolia* blåkløkke, *Potentilla erecta* tepperot, *Ranunculus acris* engsoleie, *Stellaria graminea* grasstjerneblom, *Trifolium repens* hvitkløver, *Geranium sylvaticum* skogstorkenebb, *Knautia arvensis* rødknapp, *Leontodon autumnalis* føyllblom, *Succisa pratensis* blåknapp, *Trifolium pratense* rødkløver og *Vicia sepium* gjerdevikke) som fikk flest besøk av ville bier vist for arter med hhv. mange (øverst) og få (nederst) blomster. For hver planteart er gjennomsnittet utregnet basert på antall transekter ienger og veikanter hvor arten forekom.



Figur 19. Gjennomsnittlig antall individer (\pm standardfeil) i veikanter og enger for blomsterfluer, humler og andre ville bier.

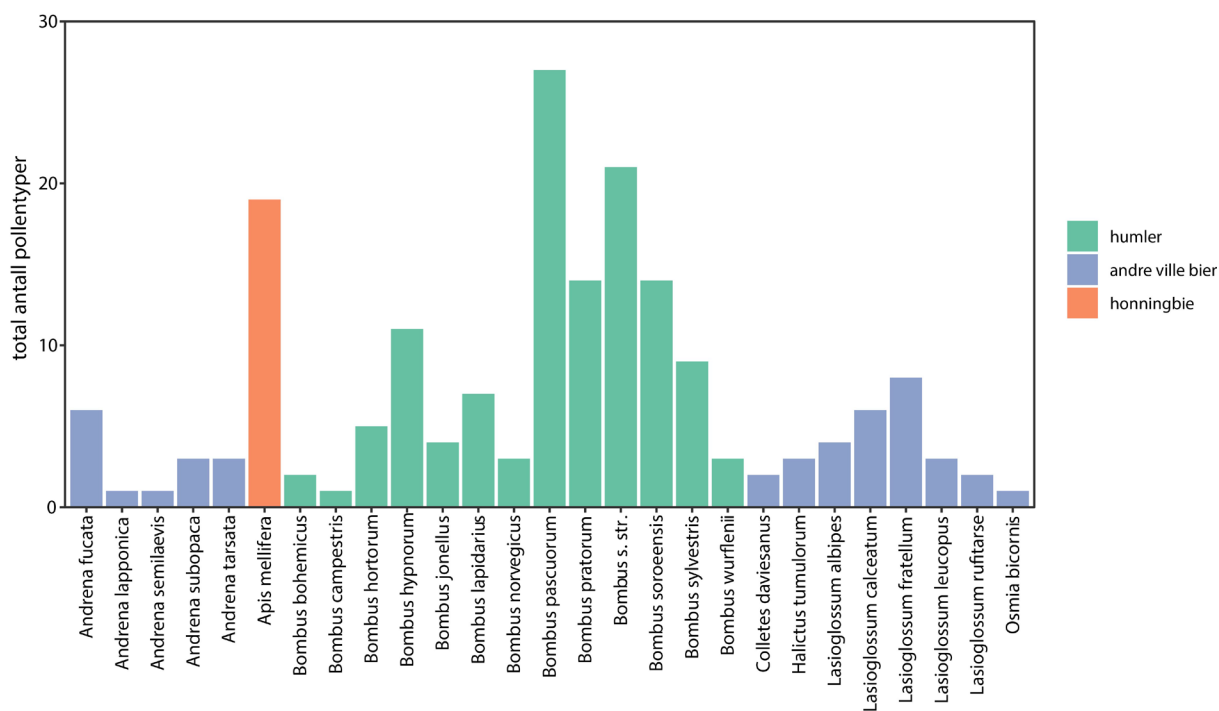
7.4 Plante-pollinator nettverk i enger og veikanter

Pollenkornene til ulike plantearter har ulik utforming. Ved å undersøke hvilke pollentyper pollinatorene har på kroppen kan man finne ut av hvilke plantearter de har besøkt. Dette gir oss kunnskap om hvordan de ulike pollinatorer utfører pollinering i landskapet og hvor spesialiserte de ulike pollinatorer er i sitt valg av blomsterressurser. Resultater fra innsamlingene i Trondheim viser at det er stor forskjell mellom hvor mange plantearter ulike bier besøker (figur 19). Noen arter besøker mange plantearter (for eksempel åkerhumle, *Bombus pascuorum*, og jordhumlene, *B. s. str.*) mens andre er mer spesialiserte og har samlet få pollentyper (for eksempel lundsandbie, *Andrena semilaevis*, og hornmurerbie, *Osmia bicornis*). Solitære bier bærer generelt på færre pollentyper og er derfor mer spesialiserte i deres ressursvalg enn humlene (figur 20, 21).

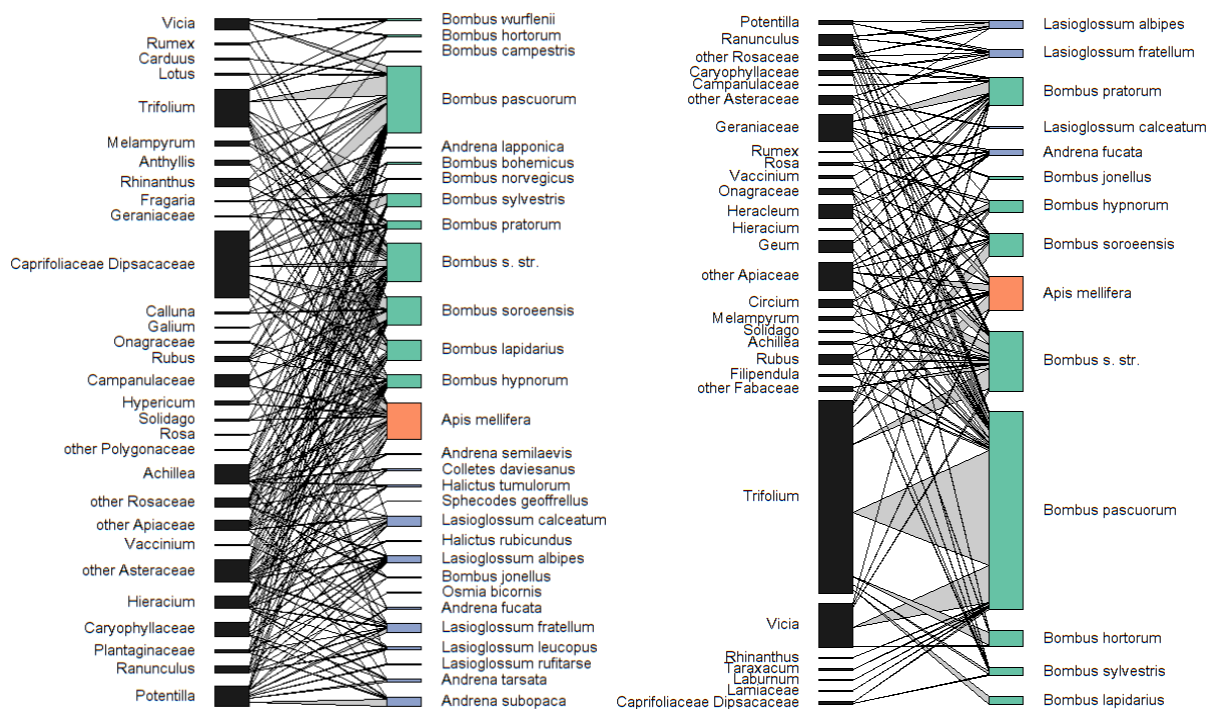
Økologiske nettverk beskriver interaksjonene mellom arter i økosystemer. Nettverkens mangfold og struktur kan brukes til å vurdere økosystemets funksjon og stabilitet under press (Tylianakis et al. 2010). I nettverk med mange arter og samspill kan enkeltarter forsvinne uten at det får store konsekvenser for den overordnede strukturen i økosystemet. I motsetning kan lav artsrikdom og lav kompleksitet indikere at et system er sårbart for endringer og at tap av arter kan forplante seg og i verste fall føre til økosystemkollaps. Nettverk krever observasjoner av både arter og deres samspill og er derfor tidskrevende å samle inn (Jordano et al. 2016). Samtidig blir den observerte strukturen av nettverket påvirket av hvilke metoder som brukes til å observere interaksjonene. En kombinasjon av flere innsamlingsmetoder (for eksempel observerte besøk kombinert med besøk identifisert fra pollen på kroppen til pollinatorer) kan derfor forbedre kunnskapen om nettverkets virkelige struktur (Bosch et al. 2009).

Det økologiske nettverket i de semi-naturlige engene er rikere i både arter og samspill enn nettverket fra veikantene og det er forskjell på hvordan de enkelte artene bidrar til nettverksstrukturen i de to leveområdene (figur 21). Forskjell i rikdom skyldes i hovedsak et større antall ville bier og spesielt solitære bier som det ble observert få av i veikantene. Interaksjonene i nettverket fra veikantene er dominert av åkerhumle (*Bombus pascuorum*) og kløverarter (*Trifolium*) som står for de største andelene av samspill i veikantene. I engene er interaksjonene mer jevnt fordelt både innenfor bie- og plantesamfunn. Forskjellene mellom nettverk i de to leveområder indikerer også at veikanter ikke kan

inneholde alle deler av nettverket som finnes i semi-naturlig eng og at man derfor risikerer å miste både arter og økosystemfunksjoner ved fremtidig tap av semi-naturlig enger.



Figur 20. Totalt antall pollentyper av arter av humler, andre ville bier og honningbie.

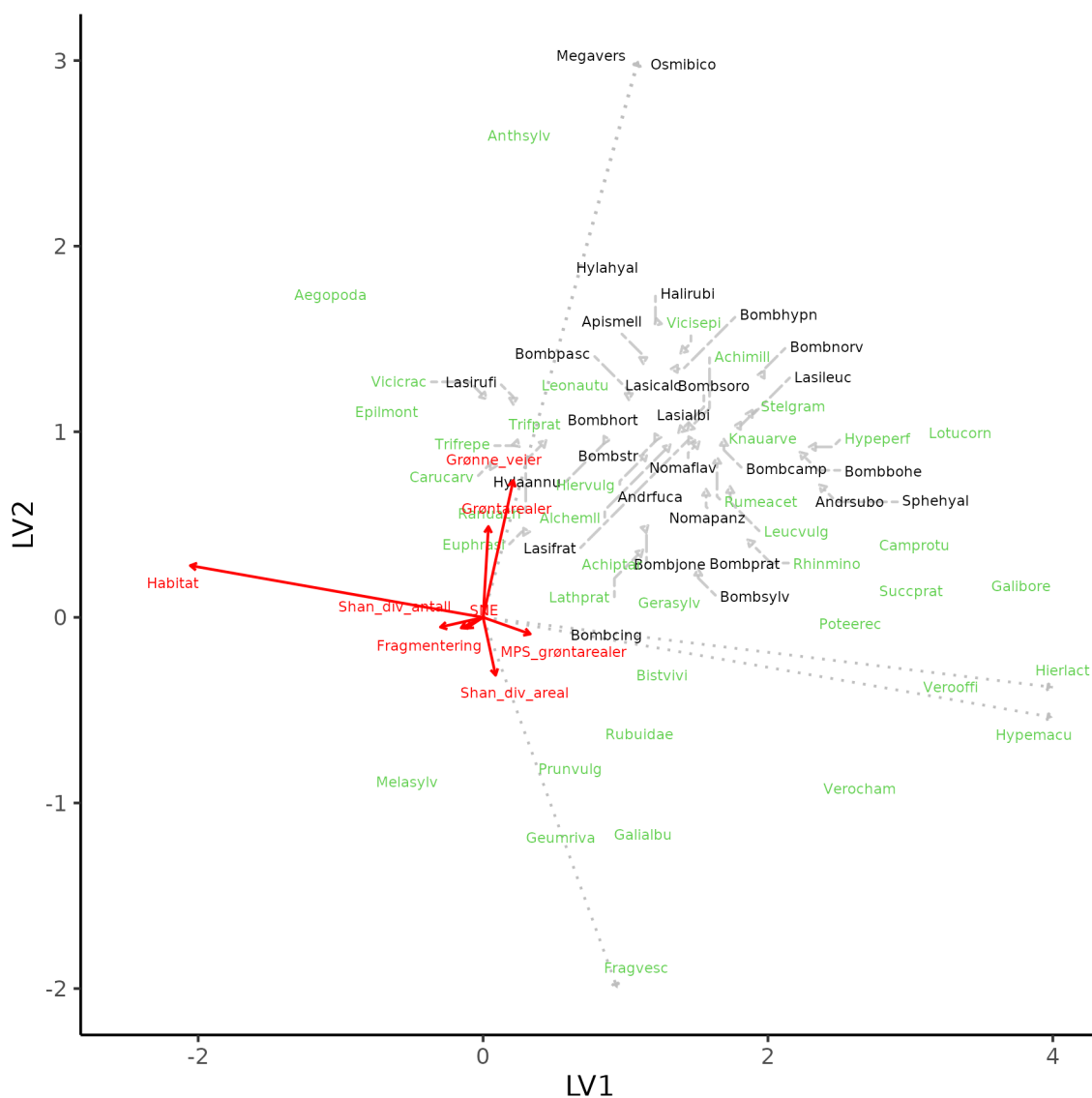


Figur 21. Nettverk i semi-naturlig enger (venstre) og veikanter (høyre). Bredden av bokser angir andelen av besøk plantene har fått (svarte bokser) av pollinatorer og andelen av individer observert av hver pollinatorart (grønn: humler, blå: andre ville bier, oransje: honningbie). Bredden av grå piler angir andelen av biindivider som besøkte ulike planter.

7.5 Effekt av landskap og urbanisering

Endringer i landskapet gjennom urbanisering resulterer ofte i økt fragmentering, mindre heterogenitet og færre grønne arealer, og viktige leveområder som semi-naturlig eng blir færre og mindre. Disse forholdene kan påvirke pollinatorer forskjellig og som konsekvens skaper en endring i pollinatorsamfunnet (Ayers & Rohan 2021).

Resultatene fra ordinasjonsanalysen viser at latent variabelen 2 (LV2) var sterkt positivt korrelert med urbaniseringsgradienten og der LV2 var positiv var tallrikhet av pollinerende insekter størst (figur 21, svart artsnavn). Dette betyr at det er en tendens til at pollinatorer er mer artsrike i de mer urbane semi-naturlige engene og veikantene. I de semi-naturlige engene og veikantene fra studiet kan vi se at tallrikhet av blomsterressursene til et flertall av planteartene (figur 22, grønt skrift) er plassert langs positive verdier av LV2, noe som tyder på at urbanisering kan virke positivt eller nøytral på en stor andel plante arter også.

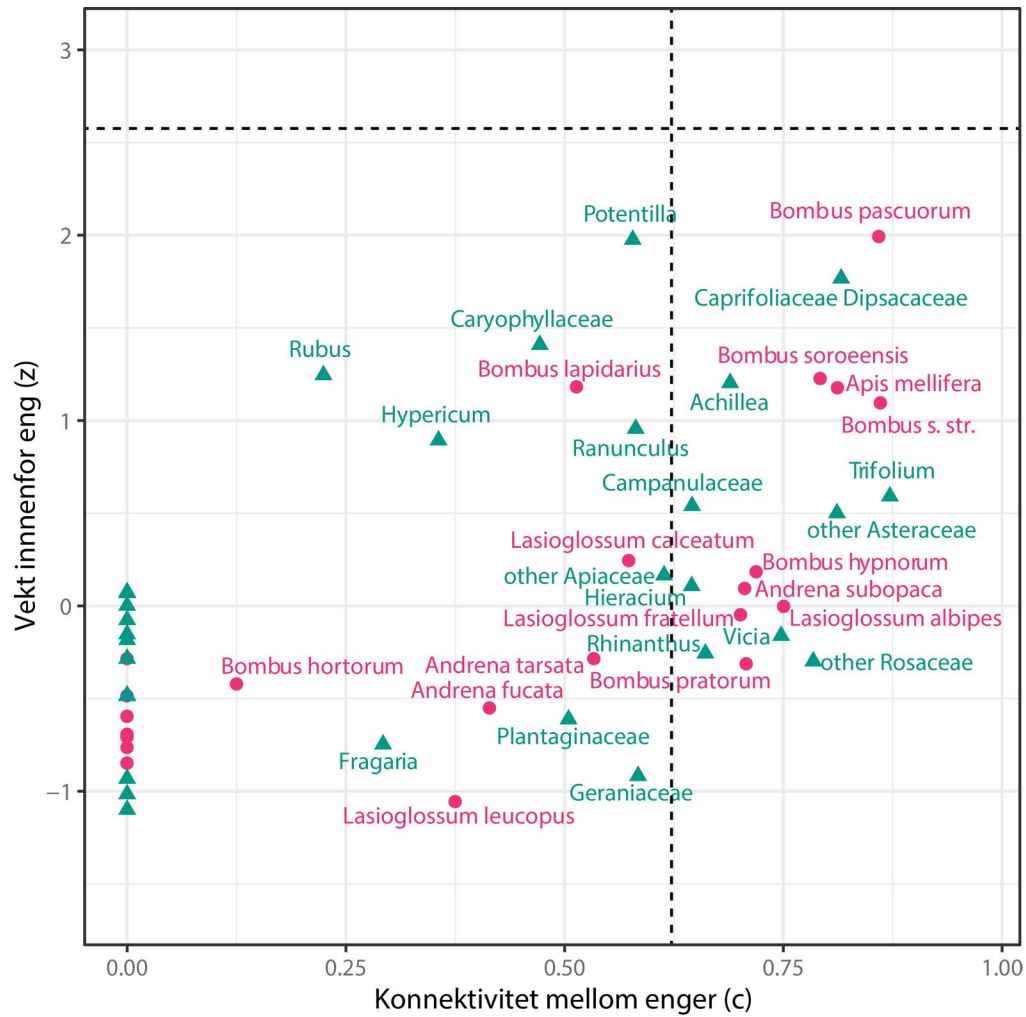


Figur 22. Ordinasjonsplot av planter (grønn tekst) og bier (svart tekst) langs to akser (LV1 og LV2). Røde piler viser effekten av forklaringsvariablene, jo lengre pilen er jo større andel i datasettet kan forklares av denne variabelen. Prikkete piler indikere plasseringer av arter som faller utenfor grafens grenser. Stiplet linjer mellom et artsnavn og punkt viser artens plassering i grafen. For liste over artsnavn se vedlegg.

Av alle landskapsvariablene vi har vurdert i denne analysen er det mengde grønne arealer langs veier (grønne veier) og grønne områder som best forklarer forskjellene i artssammensetningen vi finner blant lokalitetene våre (figur 22). Det er flest individer av de fleste pollinatorarter og blomstrende planter i veikanter og semi-naturlig enger som er omgitt av grønne veier (figur 23). I tillegg til enger, inkluderte vi også veikanter som kan ha mange av de samme artene. Type leveområde (veikant eller semi-naturlig eng) forklarer mye av variasjonen vi finner i pollinatorsamfunnet, noe som tyder på at det er noen forskjeller mellom veikant og semi-naturlig eng. Resultatene viser at effekten av urbaniseringen på antall av pollinatorer og blomstrende planter kan være positiv om de semi-naturlige engene er omringet av mye grønne arealer, både langs veiene og i landskapet generelt.

Det kan virke overraskende at urbaniseringen kan virke positivt, men dette fenomenet har blitt observert i andre studier der man finner flest pollinatorer i områder med moderat urbanisering (Banaszak-Cibicka et al. 2018, Wenzel et al. 2020). Områder med moderat urbanisering kan være svært produktive sammenlignet med rurale områder (McKinney 2008), og det kan finnes en blanding av parker, hager, semi-naturlig og naturlig mark som utgjør samlet sett en stor variasjon av blomstrende plantearter. Derfor kan slike områder støtte et stort mangfold av pollinatorer og planter.

Konnektivitet mellom de få semi-naturlige engene som finnes i byen og i det rurale landskapet rundt er avgjørende for å opprettholde både artsmangfoldet og populasjonenes levedyktighet. Vi trenger derfor kunnskap om hvilke arter som klarer å opprettholde konektivitet mellom de semi-naturlige engene. Analysen av multi-lag nettverket viste at det er 18 planter og bier som skaper sammenheng mellom de semi-naturlige engene i landskapet (høy c-verdi i figur 24). Av disse artene er det en del humler (*Bombus*), men det er også andre arter av ville bier som har denne rollen (for eksempel *Lasioglossum fratellum* og *Andrena subopaca*). Blant plantene er det kløver- og soleiearter som hadde en konnektivitetsfunksjon. Arter som skaper konnektivitet på tvers av landskapet er spesielt viktige for bevaring av artsmangfold på landskapsnivå (Hackett et al. 2019). Disse artene er sentrale for å opprettholde artsmangfold i semi-naturlige enger i byen. Analysen kan gi en pekepinn på hvilke arter det bør legges til rette for ved skjøtsel av alternative leveområder eller innsåing av vegetasjon ved etablering av nye leveområder i byen for å skape bedre sammenhenger mellom de eksisterende semi-naturlige engene.



Figur 24. Rollene til planter (rosa) og ville bier (grønne) innenfor og mellom semi-naturlige enger i Trondheim kommune. Arter med høy z-verdi står for en stor andel av interaksjonene innenfor enkelte enger mens arter med høy c-verdi har like andel av samspill på tvers av engene. Fordi de finner deres interaksjonspartnere jevnt på tvers av engene anses arter med høy c-verdi (til høyre for den svarte skillelinjen) for å være de arter som klarer å forbinde de økologiske nettverkene på tvers av landskapet. Arter med c=0 forekommer kun én gang.

8 Artsmangfold i byutvikling

Nåværende byutvikling fokuserer ofte på å bygge tettbefolkede byer av flere grunner, inkludert transporteffektivitet og å redusere tap av landbruks- og rekreasjonsarealer (Regjeringen 2023). Dette betyr høyere bygninger, flere felles grøntområder og færre private hager. Det er også en økt interesse blant både allmennheten og byplanleggere for å skape habitater som er egnede leveområder for artsmangfold tilhørende semi-naturlig eng. Eksempler på prosjekter spenner fra slottsparken (figur 25) til offentlige hager til "Summende hager" og "Bioveier i Byen"-prosjekter. Det er viktig å forstå hvordan overgangen til tettere befolkede byer påvirker artsmangfoldet, og også hvordan man bedre kan legge til rette for det biologiske mangfoldet i den moderne byutviklingen.



Figur 25. I slottsparken i Oslo er det etablert blomsterenger for å bidra til ivaretagelse av det biologiske mangfoldet Foto: L. Johansen/NIBIO

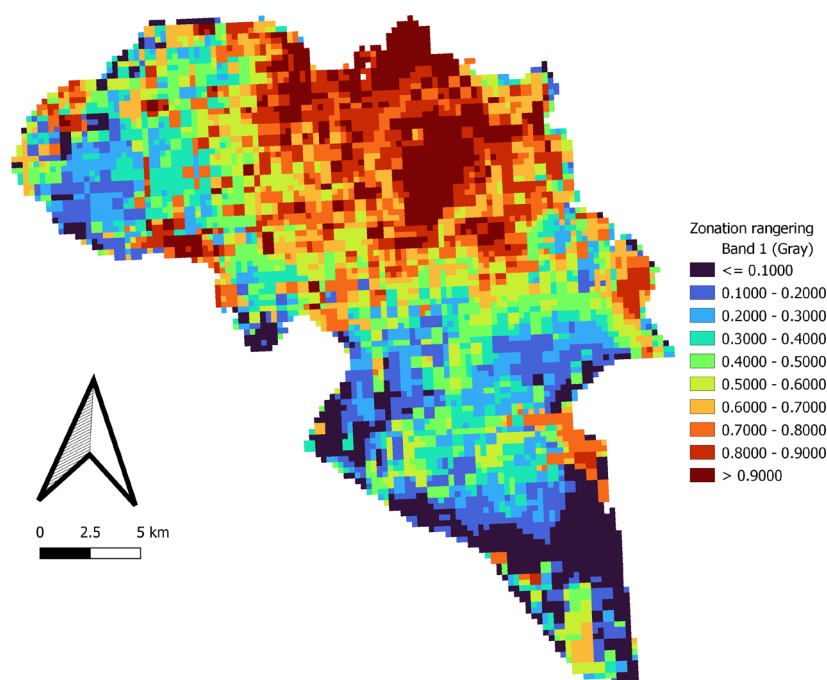
Mange studier tyder på at urbane landskap kan planlegges og forvaltes for å støtte bevaring av planter og pollinatorer (Aronson et al. 2017, Glaum et al. 2017). Urbane grønne områder planlegges og forvaltes både formelt gjennom arealplanleggingsprosesser og forvaltningsplaner og uformelt gjennom bybefolkningens daglige arealbrukspraksis. Lovverket om urbant artsmangfold gjenspeiles i prinsippet i plansystemet. Det er imidlertid bekymring for mangel på tilstrekkelig hensyn til de kumulative effektene av ressursbruk på artsmangfold (Aronson et al. 2017).

8.1 Prioritering av områder i forvaltning av biomangfold

Arealplanlegging og beslutningstaking skjer ofte på lokalt nivå i kommunen (Theobald et al. 2000). På kommunalt nivå er det ofte lite vitenskapelige data, og muligheten til å bruke og tolke slike data i planprosesser kan være begrenset (Geneletti 2008). For at kunnskap om artsmangfold skal bli tatt i

bruk av lokale beslutningstagere er det avgjørende at slik kunnskap er tilgjengelig på en lettvinnt operasjonell måte og da gjerne som kart (Laurila-Pant et al. 2015). Kartverktøy er særlig egnet i avgjørelser som omhandler arealbruk ettersom ulike arealtyper og naturmangfoldelementer lett kan vises på et kart.

I mange tilfeller handler arealplanlegging om et valg og en prioritering av hva et areal skal brukes til. I forvaltningen av biologisk mangfold kan det derfor være nyttig å ha et kart som viser hvilke arealer i kommunen er spesielt viktige for biologisk mangfold og som derfor bør prioriteres i arealforvaltningen. Vi har brukt programvare Zonation (Moilanen et al. 2009) til å identifisere prioriterte områder for arts mangfold og resultatene kan benyttes som en støtte til arbeidet innen miljøforvaltning, arealplanlegging, og andre lignende oppgaver.



Figur 26. Illustrasjon av prioriteringskart for biologisk mangfold innen hele Trondheim kommune. Kartet viser resultater fra Zonation analyser basert på 87 plantearter som både er registrert i utvalgte semi-naturlige enger i prosjektet og oppført i artsdatabanken.no fra samme tidsrom. Høye verdier (røde) viser de områder som har høyest prioritering for ivaretagelse av arts mangfold, og blå områder har lavere prioritering. Se figur 6 for fordeling av arealtyper i Trondheim kommune.

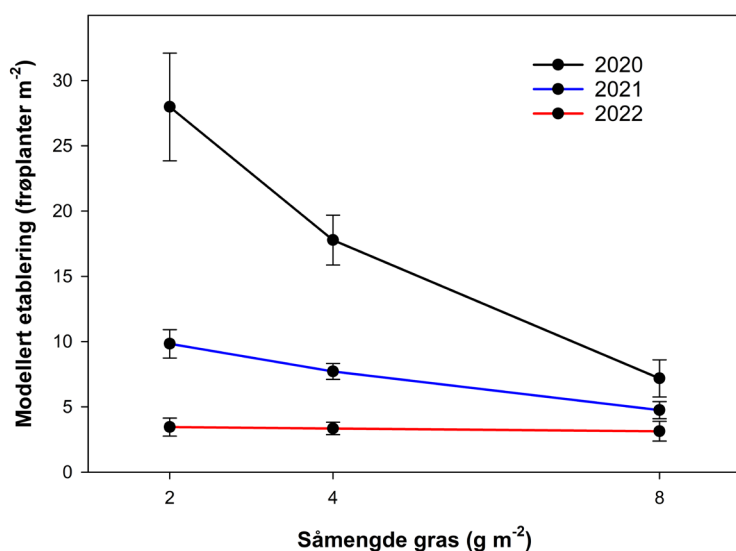
Figur 26 viser en illustrasjon av prioriteringskart fra Zonation basert på 87 plantearter som både er registrert i utvalgte semi-naturlige enger i prosjektet og funn i Artskart (artsdatabanken.no) fra samme tidsrom. For hver art er det utviklet en utbredelsesmodell som prøver å ta hensyn til forskjellige datakilder (og metodikk), og benytter arealressurskategorier (AR5) som forklaringsvariabler. Zonation prioriterer områder med høyest gjennomsnittlig fordeling av arter (CAZ2), uten vektning av noen arter eller andre parameter. Høye verdier (røde) viser de områder som har høyest prioritet for arts mangfold. Lave verdier (blåe områder) viser de områder med lavest prioritering (figur 25). Kartet viser at det er generelt høyest prioritering av områder rundt de mest befolkningstette delene av Trondheim kommune og i noen områder av kulturlandskapet i de mer rurale delene av kommunen. Dette betyr at arealer både rundt sentrum og i det nærliggende kulturlandskapet bør prioriteres høyest i forvaltningen av plantenes arts mangfold i Trondheim kommune.

8.2 Etablering av nye leveområder for planter og pollinatorer

I en byutvikling er det i mange sammenhenger ønskelig å etablere nye blomsterrike enger som kan fungere som et leveområde for både planter og pollinatorer og bidra til å binde landskapet sammen.

En hovedutfordring her er konkurranse med gras i etableringsfasen. Både mengden grasfrø og type gras er viktig for hvordan andre arter klarer å etablere seg. Vi gjennomførte et eksperiment for å undersøke hvordan grasandelen i frøblandingene bør justeres slik at det blir enkelt for andre arter å etablere seg samtidig med gras og senere.

Vi fant en klar sammenheng mellom antall frøplanter av blomstrende planter (prestekrage, engtjæreblom, tiriltunge, blåklokke, engsmelle, firkantperikum, ryllik, smalkjempe og rødkløver) som ble registrert i forsøket, hvor mye gras som ble sådd ved etablering (såmengde) og hvor lang tid det hadde gått siden etablering av gras. Det var en tydelig positiv effekt av en lav såmengde av gras i etableringsåret (2020), men etter hvert som gras vokste til og dekket mer av arealet forsvant effekten av såmengde i etableringen og antall frøplanter av blomsterplanter etablert ved såing to år etter (2022) etablering av gras var svært begrenset (figur 27). Spredning av gras mellom forsøksrutene med frø jevnet ut forskjeller i artssammensetning og dekning av gress. Dette gjaldt spesielt engkvein som etter hvert dominerte mange av rutene. Dekningen av bjørnemose økte også betydelig gjennom forsøket. Effekten på etablering av blomstrende planter var derfor en sum av effekten av dekning av gras og mosen, spesielt i 2022.



Figur 27. Antall frøplanter av innsådde blomsterarter i forhold til såmengde av gras i etableringsåret (2020), ett (2021) og to (2022) år etter innsåing.

Det var stor variasjon i etablering av frøplanter med blomstrende arter mellom rutene, fra ingen til over 30 frøplanter per smårute, og fra ingen til maksimalt åtte av de sådde blomsterengartene i samme smårute. Medianen for alle rutene lå på syv frøplanter til sammen av tre arter i etableringsåret. Disse tallene var lavere etter såing et og to år etter spiring av gras. De etablerte frøplantene var hovedsakelig en blanding av de konkurransesterke smalkjempe, rødkløver, ryllik og tiriltunge. Engtjæreblom, firkantperikum og blåklokke hadde svært få etablerte frøplanter alle år, mens etablering av arter som prestekrage og engsmelle var mer variabel.

Forsøket viste at en redusert såmengde av gras ved etablering gir bedre muligheter for etablering av konkurransesterke blomstrende arter som sås samtidig med gras. Dette er i tråd med erfaring fra andre pågående forsøk. For at denne effekten skal holde seg for arter som eventuelt sås senere eller sprer seg inn fra landskapet rundt bør såmengden med gras ligge under 2 g m⁻². Selv om artssammensetningen av frøblanding til gras hadde mindre betydning, var engkvein klart den dominerende arten over tid. Den har vesentlig mindre frø enn svingelartene og gir mange individer per vekstbasis. Engkvein kan nok i en del prosjekter utelates helt, eventuelt reduseres til bare noen få vektprosent.

8.3 Menneskene i forvaltningen og arealplanenes rolle

En kolle med strå, blomster og små trær reiser seg i landskapet. Her var det tidligere beitedyr og høsting av fôr og brensel midt i et jordbrukslandskap. Nå er det midt i Trondheim by, i bydelen som heter Lade. På den ene siden er det en skole og en skolegård, på den andre siden en kirkegård, på den tredje en rekke av eneboliger i samme stil. Gule, røde, blå og grønne. Bortenfor der ligger et av de største kjøpesentre i landsdelen, og en nyutviklet bydel i et gammelt industriområde. Midt inne i dette ligger Grønlia eng, som er en hotspot for artsmangfold (figur 28). Hvordan har denne enga blitt bevart? Dette var utgangspunktet for den kvalitative dybdestudien vi nå skal beskrive.

Det er i hovedsak menneskenes handlinger som truer artsmangfoldet, og samfunnet trenger derfor kunnskap om aktørenes virkelighetsforståelse. Vi var derfor interessert i å skaffe kunnskap om de subjektive forståelsene, erfaringene og praksisene til menneskene som jobber med forvaltningen av natur. Ved å studere virkeligheten sett fra aktørene, fikk vi øye på praksiser og strategier i forvaltning av artsmangfold, men også rollen til dokumenter, tall og planer.

Intervjuene med informanter fra forvaltningen, viste stor kreativitet i det som er et tilsynelatende regelstyrt og stivbent byråkratisk system. Vi finner stor grad av engasjement og følelser i det som ofte oppfattes som nøytrale byråkrater på vegne av naturen og artsmangfoldet. Materialet viste også hvordan også statsansatte hver dag jobber iherdig for å finne muligheter og optimalisere muligheter med de begrensede ressursene de har til rådighet, noe som er en egenskap litteraturen gjerne beskriver hos gründere og småbedrifter.



Figur 28 Grønlia er en svært artsrik semi-naturlig eng (slåttemark) som har blitt bevart i en av de mest tettbygde delene av Trondheim kommune.

Et viktig funn fra intervjuene er hvordan bier ble bevisst brukt som indikatorart av forvalterne for å få lettere gjennomslag for tiltak. Slike indikatorarter var nyttige for å verne natur som også andre arter har nytte av:

«Å finne indikatorarter å tilrettelegge for. Pollinerende insekter er i vinden, kan bruke det. Hvilke andre grupper har nytte av det? Vilt – hvis vi etablerer viltkorridorer har flere enn elgen nytte av det.» *Informant forvaltning*

Å få festet vern og tiltak i planer eller databaser vektlegges som særs viktig for å få gjennomført tiltak for å bevare arts mangfoldet.

Biodiversitet handler om fysiske prosesser (biologiske, økologiske, m.m.), men også sosiale og kulturelle prosesser er viktig - formelle og uformelle. Arts mangfold materialiserer seg gjennom planer og praksiser. Forvaltningen bruker mye av sin tid på å lage gjennomarbeidede planer – som «Handlingsplan for naturmiljøet i Trondheim». Trondheim kommune var tidlig ute med planlegging for å ta vare på arts mangfold. Allerede i 1999 ble det bevilget penger til kartlegging av biologisk mangfold i Trondheim kommune for å sette av grøntstruktur i arealdelen, men det var ikke et arealformål da. Informantene forteller at det å sette av areal for naturen i de overordnede planene som gjelder, hjelper veldig mye for alle beslutninger som skal tas. Der ligger det i et bakgrunnskart. Trondheim kommune har laget en «Temaplan for naturmiljøet» (Trondheim kommune 2017), som definerer seks forskjellige forvaltningsmål, med en smørbrødtype med tiltak på slutten av hvert forvaltningsmål.

“Det bevilges ikke så mye penger over bykassen til tiltakene, så vi må være kreative. Her kan vi gjøre noe fordi det står i temaplanen. Den har vært til veldig god hjelp for oss når vi skal lage strategier, kan støtte oss.» *Informant forvaltning*

De forsøker også å få midler til prosjekter gjennom offentlige utlysninger. Disse midlene er gjerne små pottter på 10.000-20.000 kroner, der det oppleves som at det tar uforholdsmessig mye tid til både søking og rapportering. Når det er store temaplaner som skal vedtas, tar dette all tid, og da har de ikke hatt mulighet til å søke om støtte til andre prosjekter. Planarbeid kan også føre til at de må nedprioritere prosjekter som allerede er satt i gang:

«Kløverhumle er et slikt prosjekt. Egentlig har sjefen sagt at vi ikke skal søke penger om det i år, men vi har akkurat begynt, bydrift er med, mange frivillige er med, mange tiltak er i gang. Vi kan ikke slutte midt i. Men man har egentlig ikke tid til å følge opp som vi tenkte. Det er et helt klart signal fra ledelsen om at det ikke skal prioriteres akkurat nå. Vi prøver å støtte litt. Så det går forhåpentligvis litt av seg selv når ballen først er begynt å rulle.» *Informant forvaltning*

Naturforvalterne brenner for å skape en bedre verden. De har mange oppgaver og begrenset med tid og midler, men prøver som best de kan å utnytte muligheter de ser for små tiltak til det beste for natur mangfoldet i byen. De opplever seg som ombud for naturen i den kommunale saksbehandlingen, og snakker naturens sak i alle plansaker de får til behandling. Den indre drivkraften for saken er enorm. Tidvis kan frustrasjonen derfor bli stor for noen. Særlig er frustrasjonen stor over manglende ressurser, og over at den grundige jobben de har gjort i saksforberedelsene ikke blir tatt hensyn til i politisk behandling.

At utbyggere lager reguleringsplaner for områdene de skal bygge ut i stedet for kommunen, skaper utfordringer for prioritering av naturhensyn i offentlig saksbehandling. Dette sitatet illustrerer dette:

«Jeg setter spørsmål ved forbindelsen mellom politikere og utbyggere i f.eks. Rotvoll-saken. Rådmannen ønsket ikke utbygging i området. Når utbyggeren i tillegg skal lage planer og bygge tettest mulig for å tjene mest mulig er det vanskeligere å ivareta naturverdier enn hvis kommunen lager planer selv. Vi har likevel skrevet naturuttalelser tidlig i prosessen, stilt spørsmål om åpning av bekken, om Schmettows allé kan gjøres bredere. Det er vanskelig å få

grønt lys når det er de private som lager planer, det er vanskelig nok når kommunen lager planer selv. I den saken har utbygger fått lov til å lage reguleringsplanen.» *Informant forvaltning.*

Språket er viktig i forvaltning og politikk, og særlig i utarbeidelsen av kunnskapsgrunnlag for politiske avgjørelser. Politikken har endret vektlegging fra tidligere forskningsbasert politikk, til kunnskapsbasert politikk. Dette tydeliggjør et av prosjektets funn, om hvordan konsulentrapporter bestilt av utbygger likestilles med forskningsrapporter når politiske avgjørelser skal tas.

9 Konklusjon

Resultatene fra Be(e) diverse prosjektet viser at semi-naturlige enger er svært viktige leveområder for pollinatorene og planter. De semi-naturlige engene finnes både inne i sterkt urbaniserte byområder og i mer rurale omkringliggende kulturlandskap. Felles for alle semi-naturlige enger er at de er unike artsrike økosystemer med et mangfoldig samspill mellom pollinatorene og de blomstrende plantene.

Pollinatorene er under press på grunn av at de mister sine viktige leveområder inkludert semi-naturlige enger som er en truet naturtype i Norge. For å ivareta pollinatorene i en byutvikling trenger vi å legge til rette for en forvaltning som samtidig ivareta de viktige semi-naturlige engene for pollinatorer og planter og samtidig legger til rette for alternative og nye leveområder som kan fungere som korridorer i landskapet mellom de få semi-naturlige enger som fremdeles finnes. Andre naturtyper kan inneholde noen av de artene vi finner i semi-naturlig eng, men de kan aldri fullt ut erstatte det biologiske mangfoldet og samspillet mellom arters som vi finner i semi-naturlig eng.

Det er svært viktig å ha tiltak, virkemidler, økonomi og kompetent naturfaglig kompetanse i kommunal arealforvaltning som kan bidra til stans av videre tap av semi-naturlig eng både innen bykjernene og i omkringliggende kulturlandskap.

10 Litteraturreferanse

- Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 67 (1-4), 9-26.
- Aronson, M. F. J., Lepczyk, C. A., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B., MacIvor, J. S., Nilon, C. H., & Vargo, T. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management [Review]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 189-196
- Artsdatabanken (2021). Mange pollinerende insekter på Rødlista. Norsk rødliste for arter 2021. <https://artsdatabanken.no/rodlisteforarter2021/fordypning/mangepollinerendeinsekterparodlista> Nedlastet <11/05/2023>.
- Artsdatabanken (2022). https://www.artsdatabanken.no/Pages/171950/Semi-naturlig_eng Nedlastet <11/05/2023>.
- Ayers, A.C. & Rohan, S.M. (2021). Supporting bees in cities: How bees are influenced by local and landscape features. *Insects* 12, 2. doi.org/10.3390/insects12020128
- Banaszak-Cibicka, W., Twerd, L., Fliszkiwicz, M., Giejdasz, K. & Langowska, A. (2018). City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems* 21:599–613.
- Bär, A., Henriksen, M., Albertsen, E., & Johansen, L. (2022). Gode leveområder for pollinatorer i kulturlandskapet. NIBIO POP.
- Bartual, A. M., Sutter, L., Bocci, G., Moonen, A. C., Cresswell, J., Entling, M., Giffard, B., Jacot, K., Jeanneret, P., Holland, J., Pfister, S., Pinter, O., Veromann, E. Winkler, K. & Albrecht, M. (2019). The potential of different semi-natural habitats to sustain pollinators and natural enemies in European agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 43-52.
- Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S., Baudry, J., Bukacek, R., & Burel, F. (2008). Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, 45 (1), 141-150.
- Bosch, J., Martín González, A.M, Rodrigo, A. & Navarro, D. (2009). Plant–pollinator networks: adding the pollinator’s perspective. *Ecology Letters*, 12 (5), 409-419.
- Bucharova, A., Michalski, S., Hermann, J. M., Heveling, K., Durka, W., Hölzel, N., Kollmann, J., & Bossdorf, O. (2017). Genetic differentiation and regional adaptation among seed origins used for grassland restoration: lessons from a multispecies transplant experiment. *Journal of Applied Ecology*, 54 (1), 127-136.
- Cincotta, R. P., Wisniewski, J. & Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 404 (6781), 990.
- Departementa (2018). Nasjonal pollinatorstrategi. Ein strategi for levedyktige bestander av villbier og andre pollinerende insekter.
- Dormann, C.F., Gruber B. & Fruend, J. (2008). Introducing the bipartite Package: Analysing Ecological Networks. *R news* Vol 8/2, 8 - 11.
- Eiksund, S. (2014). Befolkningsutvikling og boligbehov 2014-2050.
- Gathmann, A., & Tschardtke, T. (2002). Foraging ranges of solitary bees. *Journal of animal ecology*, 71 (5), 757-764.
- Geneletti, D. (2008). Incorporating biodiversity assets in spatial planning: methodological proposal and development of a planning support system. *Landscape and Urban Planning*, 84 (3), 252-265.
- Glaum, P., Simao, M. C., Vaidya, C., Fitch, G., & Iulinao, B. (2017). Big city Bombus: Using natural history and land-use history to find significant environmental drivers in bumble-bee declines in urban development [Article]. *Royal Society Open Science*, 4 (5), Article 170156. <https://doi.org/10.1098/rsos.170156>
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319 (5864), 756-760.

- Hackett, T. D., Sauve, A. M., Davies, N., Montoya, D., Tylianakis, J. M., & Memmott, J. (2019). Reshaping our understanding of species' roles in landscape-scale networks. *Ecology Letters*, 22(9), 1367-1377.
- Hagen, M., Wikelski, M., & Kissling, W. D. (2011). Space use of bumblebees (*Bombus* spp.) revealed by radio-tracking. *PLoS One*, 6(5), e19997.
- Halvorsen, R., Bendiksen, E., Bratli, H., Moen, A., Norderhaug, A., & Øien, D.-I. (2016). NiNnaturesystemversjon 2.1.1. Artstabeller og annen tilrettelagt dokumentasjon for variasjonen langs viktige LKM. *Natur i Norge*, Artikkel 9, 1–125.
- Hanslin, H.M., Svalheim, E.J., Bratli, H., Wissman, J., Knudsen, G.K., Kollmann, J. & Aamlid T. (2020). Final report: From dense swards to biodiverse roughs. STERF report.
- Hovstad, K. A., Johansen, L., Arnesen, G., Velle, L.G. & Svalheim, E. (2018). Semi-naturlige naturtyper. *Norsk rødliste for naturtyper 2018*.
<https://www.artsdatabanken.no/Pages/259194/Semi-naturlig>
- IPBES (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production (Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Issue.
- IUCN (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2.
<https://www.iucnredlist.org>
- Johansen, L., & Albertsen, E. (2020). Åpent lavland. I S. Jakobssen & B. Pedersen (Eds.), *Tilstand og utvikling for biodiversitet* (Vol. 1886, pp. 73-98). NINA Rapport.
- Johansen, L., Henriksen, M. V., & Wehn, S. (2022). The contribution of alternative habitats for conservation of plant species associated with threatened semi-natural grasslands. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(3), e12183.
- Johansen, L., Westin, A., Wehn, S., Iuga, A., Ivascu, C. M., Kallioniemi, E., & Lennartsson, T. (2019). Traditional semi-natural grassland management with heterogeneous mowing times enhances flower resources for pollinators in agricultural landscapes. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00619.
- Jordano, P. (2016). Sampling networks of ecological interactions. *Functional Ecology* 30 (12), 1883-1893.
- Kallioniemi, E., Åström, J., Rusch, G.M., Dahle, S., Åström, S., & Gjershaug, J.O. (2017). Local resources, linear elements and mass-flowering crops determine bumblebee occurrences in moderately intensified farmlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 90-100.
- Klumpers, S. G., Stang, M., & Klinkhamer, P. G. (2019). Foraging efficiency and size matching in a plant–pollinator community: the importance of sugar content and tongue length. *Ecology letters*, 22(3), 469-479.
- Laureto, L.M.O., Cianciaruso, M.V. & Samia, D.S.M. (2015). Functional diversity: an overview of its history and applicability. *Natureza & Conservação*, 13 (2), 112-116.
- Laurila-Pant, M., Lehtikoinen, A., Uusitalo, L. & Venesjärvi, R. (2015). How to value biodiversity in environmental management? *Ecological Indicators* 55, 1-11
- Le Provost, G., Schenk, N. V., Penone, C., Thiele, J., Westphal, C., Allan, E., . . . Manning, P. (2022). The supply of multiple ecosystem services requires biodiversity across spatial scales. *Nature Ecology & Evolution*. Advance online publication.
<https://doi.org/10.1038/s41559-022-01918-5>
- Leknes, S. (2015). Regionale befolkningsframskrivinger 2016-2040, Statistics Norway.
- Li, P., Kleijn, D., Badenhausser, I., Zaragoza-Trello, C., Gross, N., Raemakers, I., & Scheper, J. (2020). The relative importance of green infrastructure as refuge habitat for pollinators increases with local land-use intensity. *Journal of Applied Ecology*, 57(8), 1494-1503.
- McKinney, M. L. (2008). Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *Bioscience*, 52 (10), 883-890.

- Moilanen, A., Kujala, H., & Leathwick, J.R. (2009). The Zonation framework and software for conservation prioritization. *Spatial conservation prioritization*, 135, 196-210.
- Norberg, A., Abrego, N., Blanchet, F.G., Adler, F.R., Anderson, B.J., Anttila, J., m.m. Ovaskainen, O. (2019). A comprehensive evaluation of predictive performance of 33 species distribution models at species and community levels. *Ecological Monographs*, 89 (3). <https://doi.org/10.1002/ecm.1370>
- Ohwaki, A., Koyanagi, T. F., & Maeda, S. (2018). Evaluating forest clear-cuts as alternative grassland habitats for plants and butterflies. *Forest Ecology and Management*, 430, 337-345.
- Ovaskainen, O. & Abrego, N. (2020). Joint species distribution modelling - With applications in R. *Ecology, biodiversity and conservation*. Cambridge United Kingdom, New York NY: Cambridge University Press.
- Potts, S.G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84 (10), 2628-2642.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ram, D., Lindström, Å., Pettersson, L. B., & Caplat, P. (2020). Forest clear-cuts as habitat for farmland birds and butterflies. *Forest ecology and management*, 473, 118239.
- Regjeringen (2023). Fortetting, transformasjon og knutepunktutvikling. https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan_bygningsloven/planlegging/fagtema/fortetting_transformasjon_knutepunktutvikling/id2898349/
- Seto, K.C., Güneralp, B. & Hutyra, L.R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109 (40), 16083-16088.
- Stavert, J. R., Liñán-Cembrano, G., Beggs, J. R., Howlett, B. G., Pattemore, D. E., & Bartomeus, I. (2016). Hairiness: the missing link between pollinators and pollination. *PeerJ*, 4, e2779.
- Sydenham, M. A., Moe, S. R., Stanescu-Yadav, D. N., Totland, Ø., & Eldegard, K. (2016). The effects of habitat management on the species, phylogenetic and functional diversity of bees are modified by the environmental context. *Ecology and Evolution*, 6(4), 961-973.
- Theobald, D.M., Hobbs, N.T., Bearly, T., Zack, J.A., Shenk, T., & Riebsame, W.E. (2000). Incorporating biological information in local land-use decision making: designing a system for conservation planning. *Landscape Ecology*, 15 (1), 35-45.
- Tønnessen, M., Leknes, S. & Syse, A. 2015. Population projections 2016-2100: Main results. *Statistics*.
- Totland, Ø., Hovstad, K.A., Ødegaard, F. & Åström, J. (2015). State of knowledge regarding insect pollination in Norway – the importance of the complex interaction between plants and insects (Norwegian Biodiversity Information Centre, Issue. N. B. I. Centre.
- Trondheim kommune (2006) *Handlingsprogram for naturmiljøet i Trondheim. Bærekraftig forvaltning og bevaring av biologisk mangfold.* <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/temaplaner/markaplanen/temaplan-for-naturmiljoet/handlingsrapport-for-naturmiljoet/handlingsprogram-for-naturmiljoet-rapport.pdf>
- Trondheim kommune (2017) *Temaplan for naturmiljøet i Trondheim – bærekraftig forvaltning mot 2020.* <https://www.trondheim.kommune.no/tema/bygg-kart-og-eiendom/arealplaner/temaplaner-prosjekter-og-utredninger/markaplanen/temaplan-for-naturmiljoet/>
- Tylianakis, J.M., Laliberté, E., Nielsen, A. & Bascompte, J. (2010). Conservation of species interaction networks. *Biological Conservation* 143 (10), 2270-2279.
- Uematsu, Y., Koga, T., Mitsuhashi, H., & Ushimaru, A. (2010). Abandonment and intensified use of agricultural land decrease habitats of rare herbs in semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 135 (4), 304-309.

- van der Veen, B., Hui, F.K., Hovstad, K.A., & O'Hara, R.B. (2023). Concurrent ordination: Simultaneous unconstrained and constrained latent variable modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 14 (2), 683-695.
- van der Veen, B., Francis, K.C., Hui, F.K., Hovstad, K.A. & O'Hara, R.B. (2022). Concurrent ordination: simultaneous unconstrained and constrained latent variable modelling. *Methods in Ecology and Evolution*. In press
- Vander Mijnsbrugge, K., Bischoff, A. & Smith, B. (2010). A question of origin: where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11(4), 300-311.
- Veen, P., Jefferson, R., Smidt, J.D. & Straaten, J. (2009). Grasslands in Europe of high nature value. KNNV.
- Warton, D.I., Blanchet, F.G., O'Hara, R.B., Ovaskainen, O., Taskinen, S., Walker, S.C. & Hui Francis K.C. (2015). So many variables: Joint modeling in community ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 30 (12), 766–779. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.09.007>
- Wehn, S. & Olsson, E.G.A. (2015). Performance of the endemic alpine herb *Primula scandinavica* in a changing European mountain landscape. *Annales Botanici Fennici*,
- Von Der Ohe, W., Oddo, L. P., Piana, M. L., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S18-S25.
- Weidlich EWA, von Gillhausen P, Delory BM, Blossfeld S, Poorter H, Temperton VM. 2017. The Importance of Being First: Exploring Priority and Diversity Effects in a Grassland Field Experiment. *Frontiers in Plant Science*, 7
- Wenzel, A., Grass, I., Belavadi, V.V., Tschardt, T. (2020). How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. *Biological Conservation* 241: 108321.
- Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D.P., LeBuhn, G. & Aizen, M.A. (2009). A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90, 2068–2076.

11 Vedlegg

Identifiserte plantearter innenfor slekter og familier basert på pollenanalyse. Dette inkluderer bare plantearter som blomstret i transektene på de tidspunktene pollinatorene ble samlet inn.

Plante slekt/familie	Planteart
Achillea	<i>Achillea millefolium</i>
	<i>Achillea ptarmica</i>
Anthyllis	<i>Anthyllis vulneraria</i>
Campanulaceae	<i>Campanula rotundifolia</i>
Caprifoliaceae Dipsacaceae	<i>Knautia arvensis</i>
	<i>Succisa pratensis</i>
Carduus	<i>Carduus crispus</i>
Caryophyllaceae	<i>Stellaria graminea</i>
Cirsium	<i>Cirsium arvense</i>
Fragaria	<i>Fragaria vesca</i>
Geraniaceae	<i>Geranium sylvaticum</i>
Geum	<i>Geum rivale</i>
Heracleum	<i>Heracleum mantegazzianum</i>
Hieracium	<i>Hieracium lactucella</i>
	<i>Hieracium umbellatum</i>
	<i>Hieracium vulgata</i>
Hypericum	<i>Hypericum maculatum</i>
	<i>Hypericum perforatum</i>
Laburnum	<i>Laburnum anagyroides</i>
Lamiaceae	<i>Prunella vulgaris</i>
Lotus	<i>Lotus corniculatus</i>
Melampyrum	<i>Melampyrum pratense</i>
Onagraceae	<i>Epilobium angustifolium</i>
Andre Apiaceae	<i>Aegopodium podagraria</i>
	<i>Anthriscus sylvestris</i>
	<i>Pimpinella saxifraga</i>
Andre steraceae	<i>Leontodon autumnalis</i>
	<i>Leucanthemum vulgare</i>
andre Fabaceae	<i>Lathyrus pratensis</i>
	<i>Lupinus polyphyllus</i>
Andre Polygonaceae	<i>Polygala vulgaris</i>
Plantaginaceae	<i>Linaria vulgaris</i>
	<i>Plantago media</i>
	<i>Veronica chamaedrys</i>
	<i>Veronica officinalis</i>
Potentilla	<i>Potentilla erecta</i>
Ranunculus	<i>Ranunculus acris</i>
Rhinanthus	<i>Rhinanthus major</i>
	<i>Rhinanthus minor</i>

<i>Rosa</i>	<i>Rosa</i> sp.
<i>Rubus</i>	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Solidago</i>	<i>Solidago virgaurea</i>
<i>Trifolium</i>	<i>Trifolium pratense</i>
	<i>Trifolium repens</i>
<i>Vaccinium</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
<i>Vicia</i>	<i>Vicia cracca</i>
	<i>Vicia sepium</i>

Utvalgte semi-naturlige enger i Trondheim kommune med registrert antall karplanter og pollinatorer

Lokalitet	Antall karplantearter	Antall insektpollinerte plantearter	Antall ville biearter
Bjørklimarka	48	37	15
Festningen	60	46	24
Grønlia	51	43	19
Hallset	18	17	14
Lavollen	37	25	12
Solberg	44	34	10
Stokkanhaugen	32	21	16
Stykket	44	32	15
Sverresborg	55	39	19
Tangen	58	44	9
Tovåsen	50	39	15
Vikaraunet	45	35	15
Østerlia	38	26	15
Øydalen	52	38	16

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

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

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

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