



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



M-880 | 2017

Vegetasjon på grønne tak etablert i *Fremtidens byer* prosjektet, 2014-2017

Delrapport 3

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 134 | 2017



Hans Martin Hanslin og Birgitte Gisvold Johannessen (NTNU)

TITTEL/TITLE

Vegetasjonsutvikling på grønne tak etablert i *Fremtidens byer* prosjektet, 2014-2017

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Hans Martin Hanslin og Birgitte Gisvold Johannessen (NTNU)

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
08.12.2017	3(134) 2017	Åpen	10053	17/03113
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:	
978-82-17- 01960-2	2464-1162	31	2	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Einar Flaa

STIKKORD/KEYWORDS:

Grønne tak, lokal overvannshåndtering, LOD, *Sedum*Green roofs, stormwater management, *Sedum*

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Grøntmiljø

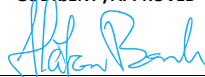
Urban greening

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Grønne tak demper og fordrøyer avrenning etter nedbør og er etablert som et tiltak for lokal overvannsdistribusjon. I prosjektet *Fremtidens Byer*, ble det i 2014 etablert forsøktak med utprøving av ulike tekniske løsninger og vegetasjon i flere norske byer. I denne rapporten følger vi opp utviklingen på disse takene med analyser og vurderinger av vegetasjonen 4 vekstsesonger etter oppstart.

Det er betydelige forskjeller i vegetasjonsutvikling og kvalitet mellom systemene som testes ut, der både artssammensetning i vegetasjonsmattene og oppbygging av takene med vekstmedium, matter og dreneringslag er viktige for hvordan takene utvikler seg over tid. Effekten av disse faktorene påvirkes av lokale forhold som temperatur, vind og nedbørmønster. Systemer basert på vegetasjonsmatter med mye høyvokste arter gir best dekningsgrad, men også redusert arts mangfold over tid. Dette gjelder uavhengig av om systemet har vekstmasser i tillegg til vegetasjonsmattene, eller bare har duk under. Systemer med lave bergknapparter varierer veldig i funksjon mellom lokaliteter. Oppbygningen ser ut til å være viktig og disse artene fungerer noe bedre med vekstmasser under vegetasjonsmatten. Det er betydelig mindre ugrass observert for de tynne løsningene. Antall arter per forsøktak går ned, men er store forskjeller i hvordan de ulike artene utvikler seg over tid. De lavvokste *Sedum* artene har gjennomgående en reduksjon i dekning, mens de større *Phedimus* og *Hylotelephium* artene stort sett øker dekningsgraden på de takene der de finnes. Også her er det betydelige forskjeller mellom lokalitetene. Nedgangen i *Sedum* artene skyldes en kombinasjon av negative effekter av konkurranse med de høyvokste artene, men også mer direkte negative effekter av vekstforholdene. Å utvikle løsninger for vegetasjonen der mangfoldet opprettholdes over tid, er en utfordring det bør gjøres noe med. En videre oppfølging av disse etablerte takene vil gi svar på relevante problemstillinger, men det krever at takene følges opp med skjøtsel og vedlikehold.

GODKJENT /APPROVED



HÅKON BORCH

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



HANS MARTIN HANSLIN



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

1 Innledning

Grønne tak kan holde igjen en vesentlig del av nedbøren og forsinke avrenningen fra takene. De kan derfor brukes som et tiltak for å håndtere overvann lokalt og redusere påslipp til ledningsnett (Noreng et al. 2012, Braskerud 2014a,b, Locatelli et al. 2014). Grønne tak er derfor et av flere tiltak som kan redusere behovet for å oppskalere ledningsnett etter hvert som byer og tettsteder vokser og fortettes. I tillegg til å håndtere overvann lokalt, kan grønne tak ha flere funksjoner og bidra til leveranse av ulike økosystemtjenester og et bedre bymiljø (Oberndorfer et al. 2007, Lundholm og Williams 2015).

De store klimagradiene vi har i Norge gir en del utfordringer både for vegetasjonen, tekniske løsninger og effekten av tiltaket på vannhåndtering (Johannessen et al 2017). Det er foreløpig lite kunnskap om hvordan grønne tak fungerer over tid særlig langs kysten og nordover i landet. For å undersøke hvordan oppbygninger av takene og ulik bruk av vegetasjon påvirker hvordan takene fungerer under forskjellige klimaforhold, ble det i prosjektet *Fremtidens Byer* våren 2014 etablert forsøktak i Oslo, Bærum, Drammen, Sandnes, Bergen, Trondheim og Tromsø. En oversikt over takenes oppbygning er gitt i Hanslin & Johannessen (2015) og i Vedlegg 1. En vurdering av vegetasjonsutviklingen de første par årene er gitt i Hanslin og Johannessen (2016). Vegetasjonen ble igjen registrert i 2017 for bedre å dokumentere endringer i tidlig fase etter etablering.

2 Tilnærming

2.1 Generelle observasjoner

Undersøkelsene ble gjennomført i Bergen (13/7), Sandnes (12/7) og Trondheim (20/7) av Birgitte Gisvold Johannessen og i Drammen (14/9), Bærum (14/9), Oslo (13/9) og Tromsø (11/9) av Hans Martin Hanslin. For hver takrute ble tilstanden vurdert, dokumentert med bilder og sammenholdt med tilstanden tidligere år. Dekningsgrad, skader og ugras ble registrert. Værdata for de ulike byene i perioden 2014-2017 er gitt i vedlegg 2. Vi bruker stort sett norske navn på artene i rapporten. En oversikt over vitenskapelige navn er gitt i Tabell 1. Noen av takene ble i år registrert tidligere enn foregående år. Dette kan ha en effekt på registreringene, da blomstrende individer kan vurderes som større/mer dekkende enn ikke-blomstrende individer. Denne effekten vurderes allikevel til å være liten.

2.2 Metoder vegetasjonsanalyser

Metodene for registrering er beskrevet i Hanslin & Johannessen 2016 og følger anbefalingene i Norsk Standard NS 3840:2015 med unntak av plassering av analyseruter. Vi har fastruter som følges ved hver registrering. Vegetasjonen er i utgangspunktet i tre sjikt med mosene nederst (klassisk bunnsjikt), et sjikt med lavtvoksende/krypende *Sedum* og et sjikt med mer høyvokste *Phedimus* og *Hylotelephium* arter (klassisk feltsjikt). Med svært få unntak er det ingen vegetasjon under de høye artene og lite moser rett under de krypende *Sedum* skuddene. Vi har derfor forenklet registreringen ved å projisere dekningsgrad av all vegetasjon ned på et plan. Dekningsgrad og forekomst registreres i 1 x 1 m fastruter med 10 x 10 cm inndeling (totalt 100 småruter). Dekningsgrad av hver art ble vurdert for hele ruta samlet, inkludert dekning av moser, ugras/spontant etablert vegetasjon og eksponerte vekstmasser. Antall ruter med forekomst per art (=frekvens) og antall ruter med et dekke av bergknapp <40 % dekningsgrad er også registrert for 5 av takene. Definisjonen av ugras er ikke enkel. Vi sikter i utgangspunktet til ikke-plantede arter som har spredd seg til taket naturlig, eller fulgte med i vekstmassene. Det er i utgangspunktet positivt med etablering av flere arter på takene, men med unntak av et par arter, er artene vi registrerte uønskede på denne typen grønne tak da de sterkt konkurrerer ut bergknappvegetasjonen i fuktige perioder og går ut i tørre perioder. Det er problemer med å identifisere noe av plantematerialet som diskutert i Hanslin og Johannessen 2016. Også for registreringene i 2017, ble sibirbergknapp *Phedimus hybridus* (L.) og gullbergknapp *Phedimus kamtschaticus* (Fisch.) slått sammen til en enhet, *Phedimus coll.*

For hver analyserute ble antall arter summert og Shannon diversitetsindeks (H) og evenness (jevnhet) estimert. Diversitetsindeksen gir et estimat på mangfoldet i vegetasjonen basert på antall arter og forekomsten av hver enkelt. Evenness er et mål mellom 0 og 1 på hvor jevnt dekningsgraden er fordelt mellom artene på takene. Høye verdier viser jevn fordeling mellom artene, mens lave verdier viser at en eller noen få arter dominerer.

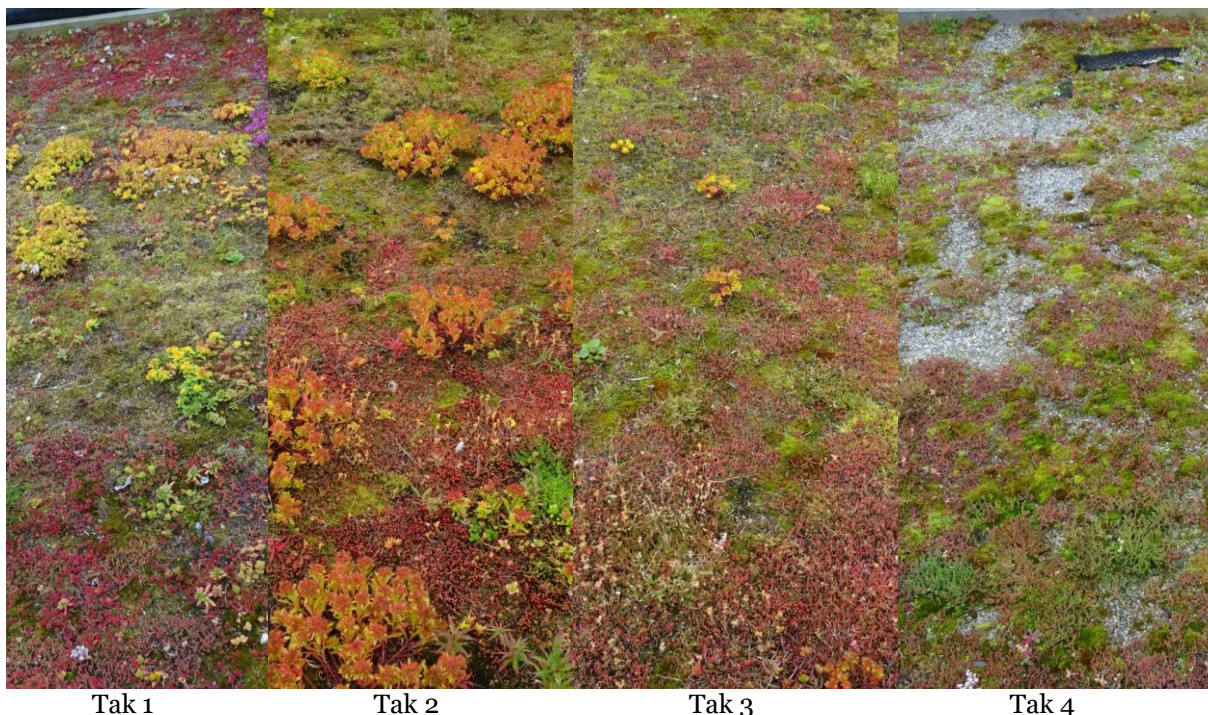
Tabell 1. Oversikt over norske artsnavn brukt i rapporten

Norsk navn	Vitenskapelig navn
Bitterbergknapp	<i>Sedum acre</i> L.
Hvitbergknapp	<i>Sedum album</i> L.
Kystbergknapp	<i>Sedum anglicum</i> Huds.
Gråbergknapp	<i>Sedum hispanicum</i> L.
Lydisk bergknapp	<i>Sedum lydium</i> Boiss.
Broddbergknapp	<i>Sedum rupestre</i> L.
Kantbergknapp	<i>Sedum sexangulare</i> L.
Høstbergknapp	<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb.)
Sibirbergknapp	<i>Phedimus hybridus</i> (L.)
Gullbergknapp	<i>Phedimus kamtschaticus</i> (Fisch.)
Gravbergknapp	<i>Phedimus spurius</i> (M.Bieb.)

3 Status 2017

Her presenterer vi en vurdering av vegetasjonen og takene, sted for sted og tak for tak. Trender i utvikling er notert. Takene er listet etter nummer og systemet er satt i parentes. Oversikt over systemene er gitt i Vedlegg 1.

Tromsø



En stor andel av arealet har utilstrekkelig kvalitet (dekningsgrad av bergknappvegetasjon på 30-56%) og gjennomgående stor dekning av moser i alle takene (>39% i analyserutene) . Mengden ugras er lavere enn i 2016.

1. (1A) Stor nedgang i hvitbergknapp i nye matter lagt ut i 2016. Mye mose og høstbergknapp.
2. (2A) Noe nedgang, men stor dominans av høye arter.
3. (3A) Nedgang i flere arter, spesielt bitterbergknapp. Glissent dekke av lave arter.
4. (4B) Glissent og minkende dekke av bitterbergknapp.
5. (L5) Kreklingrute. Lite krekling igjen, bergknapparter spredt fra de andre takene og ugras tar over
6. (L6) Kreklingrute. Lite krekling igjen, bergknapparter spredt fra de andre takene og ugras tar over. Kreklingkudd fortsatt gule.

Trondheim



Tak 1



Tak 2



Tak 3



Tak 4

Mye ugras (arve) på flere av takene. Bitterbergknapp går mye tilbake i noen av takene. Høyvokste arter øker.

1. (1B) Jevnt vegetasjonsdekke. Variert vegetasjon med blanding av høye og lave arter, men andelen lave arter avtar.
2. (3B) Noe bedring i dekningsgraden av lave arter, men fortsatt store områder uten nevneverdig vegetasjon spesielt i øvre halvdel av ruta. Mye ugras nederst
3. (2D) Tuer med høye arter, ujevnt og glissent dekke av lave arter iblandet mye ugras.
4. (L4) Noe ujevnt tynt lag med lave arter. Mye ugras som arve og kvitkløver. Litt reduksjon av lave bergknapp arter.

Bergen



Tak 1

Tak 2

Tak 3

Tak 4

Tak 5

Mye ugras på alle takene. Mange av rutene med kun rundt 50 % dekning (og lavere) av bergknapparter.

1. (1B) Variert vegetasjon, men mye ugras. Noe økning av lave arter og tilbakegang av høye arter.
2. (3B) Økning i dekke av lave arter og noe mer moser.
3. (2C) Nedgang i dekning av lave arter, men stabil dekning av de høye artene. Mye ugras.
4. (4D) Ujevnt dekke med hovedsakelig lave bergknapp og noe mose. Mye ugras.
5. (L3) Glissent dekke med lave arter. Mye ugras.

Sandnes



Tak 1



Tak 2



Tak 3



Tak 4

God kvalitet på alle rutene og lite endring i sammensetning fra 2016. Dekningsgrad for bergknappvegetasjon 90 % og høyere for alle rutene.

1. (1B) Tett og variert vegetasjonsdekke med høye og lave arter.
2. (2B) Jevnt dekke med dominans av lave arter.
3. (4D) Variert vegetasjon og noen små områder med eksponerte vekstmasser.
4. (3B) Variert vegetasjon.

Drammen

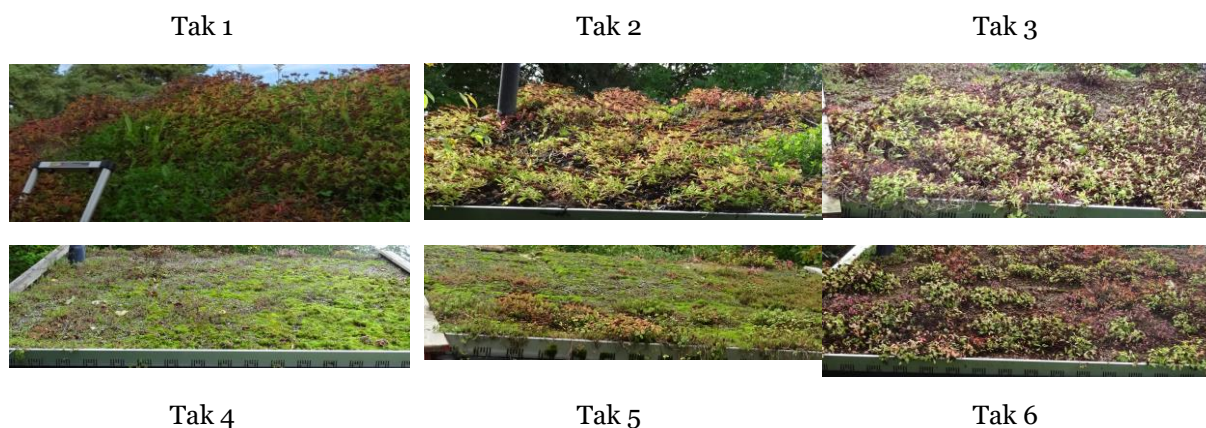


Det er en forsterking av trendene fra tidligere med tettere dekke av de høyvokste artene og noe mer glissent dekke av de lave artene. Vegetasjonen har begrenset evne til å dekke eksponerte vekstmasser på tak 2 og 5.

1. (1B) Tett dekke av høye arter og noen flekker med moser.
2. (3B) Store bare områder med noen tuer av bergknapparter.

3. (2B) Store områder med moser og høye arter. Noe eksponerte vekstmasser.
4. (1B) Godt dekke av høye arter, men større områder med eksponerte vekstmasser og litt hvitbergknapp.
5. (3B) Mye eksponerte vekstmasser og noen tuer med bergknapparter.
6. (2B) Større områder med tett dekke av høyvokste arter, og områder med moser og eksponerte vekstmasser.
7. (L2) Tett dekke av høyvokste arter.
8. (4C) Tynt dekke med lavvokste arter, en del moser og eksponerte vekstmasser.
9. (1B) Tett dekke med høyvokste arter.
10. (L2) Tett dekke med høyvokste arter. Mer glissent mot toppen
11. (4C) Tynt dekke med lavvokste arter, en del moser og eksponerte vekstmasser.
12. (1B) Tett dekke av høye arter.

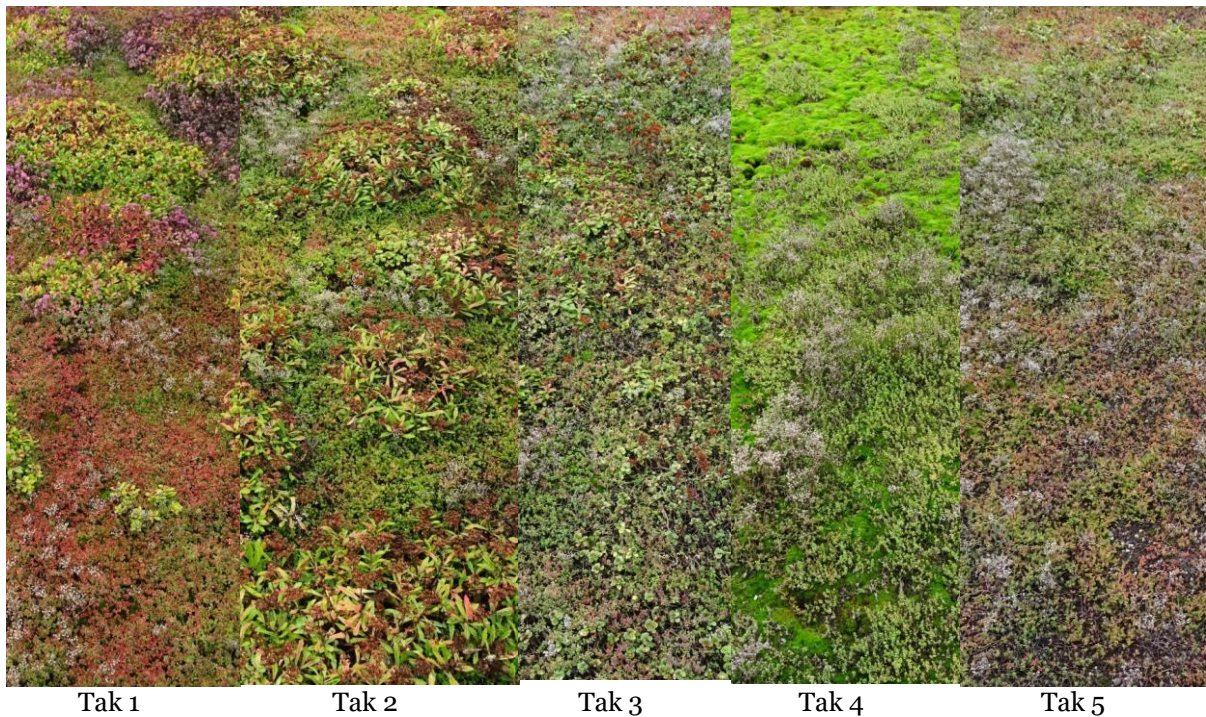
Bærum



Store forskjeller i utvikling, alt etter oppbygning og plassering.

1. (2B) Storvokst vegetasjon med mye ugras. Ikke mye endring
2. (Felles) Lite vegetasjon, mest eksponert substrat. Noe økning i Phed coll
3. (1B) Phedimus coll og noe eksponerte vekstmasser
4. (4C) Glissen vegetasjon med lave arter. Mye eksponerte vekstmasser og moser.
5. (3B) Flekkvis vegetasjon og mye eksponert substrat. Ikke mye endring
6. (Felles) Tuer med høye arter øker noe i dekning. Mye eksponert substrat.

Oslo 1 - Helsefyr



Det er stort sett god kvalitet på takene og lite ugras. Økende mengde moser og nedgang i lave arter registreres i noen av løsningene.

1. (1A) Tett vegetasjonsdekke, hovedsakelig album og høye arter. Mose fyller ut åpne arealer. Høye arter ekspanderer.
2. (2A) Tett vegetasjonsdekke, noe mer mose enn i 1. Fortsatt ekspansjon av høye arter
3. (3A) Stort sett tett vegetasjonsdekke med lite mose. Tilbakegang av lave arter og økende andel høye arter.
4. (4A) Glissent dekke av lave bergknapparter, tilbakegang av bitterbergknapp. Mye mose.
5. (L1) Økende dekke av lave arter.

Oslo2 – Korsvoll (Langmyrgrenda)



Tak 1

Tak 2

Tak 3

To av rutene er eldre enn rute 2 som ble etablert i 2015. Det er gjennomgående god kvalitet på takene, men stor dominans av de storvokste artene i de eldste rutene.

1. (1A) Stor dominans av høye arter som ekspanderer videre. Lite lave arter igjen
2. (2A) Variert tett dekke av lave arter. Lite endring.
3. (1B) Stor dominans av høye arter. Ikke store endringer.

4 Vegetasjonsutvikling

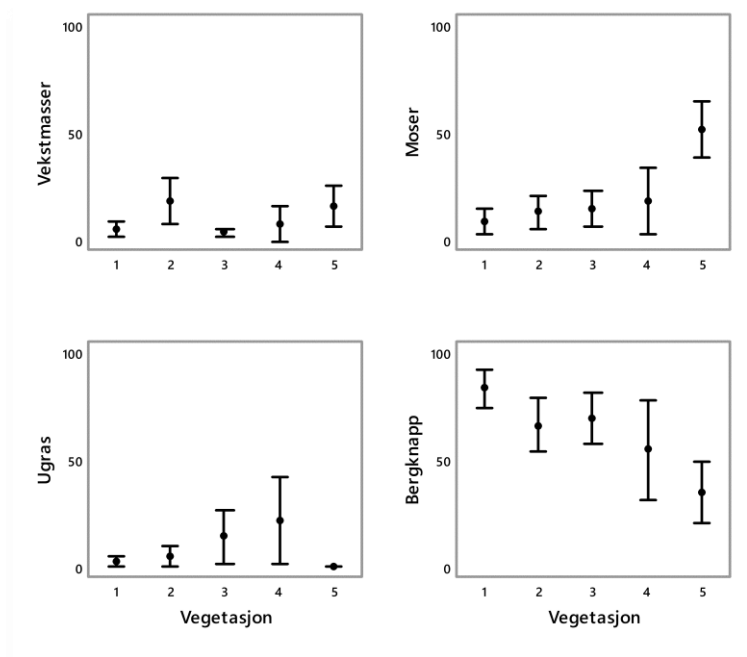
En oversikt over dekningsgrad for enkeltruter er gitt i Figur 1 og Figur 2. Det er stor variasjon i dekningsgrad mellom lokaliteter og systemer og tilsvarende stor variasjon i kvalitet på takene.

Kvalitet på vegetasjonen

Det er stor forskjell i kvalitet på vegetasjonen, målt som andel ruter der ønsket vegetasjon dekker mer enn 40 % av arealet. Noe av dette skyldes forskjeller mellom vegetasjonsmattene, men også forskjeller mellom lokaliteter (Figur 3). For noen av mattene og lokalitetene er det også en økning fra 2016 til 2017, mens det for andre er en reduksjon i andelen småruter med lav dekning. Fortsatt ekspansjon av de høyvokste artene forklarer en del av de positive endringene, mens en reduksjon i dekning av lavvokste arter forklarer en del av nedgangen på ruter uten høyvokste arter.

Eksponerte vekstmasser og moser

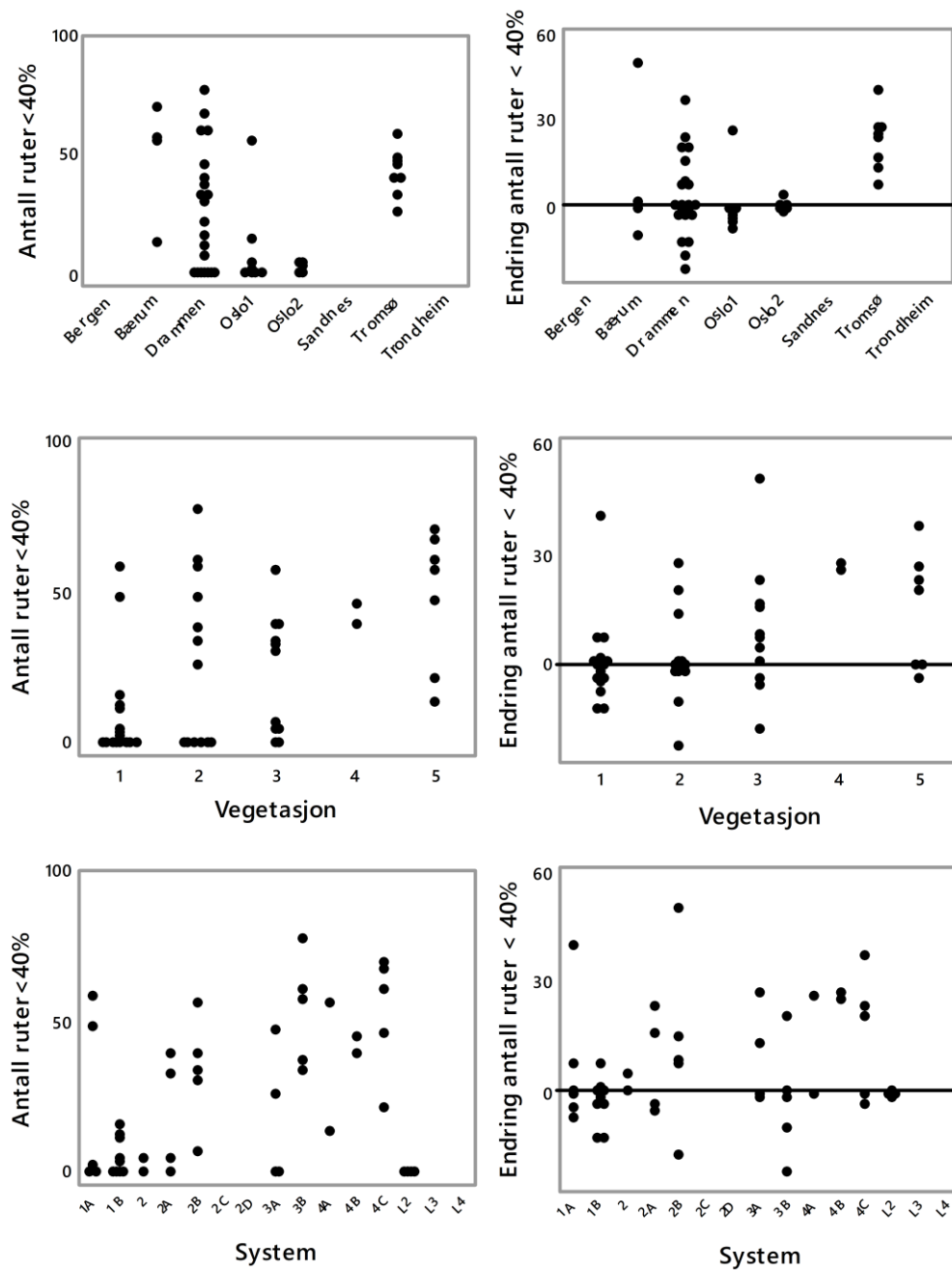
Det er svært stor forskjell i areal med eksponerte vekstmasser (dvs. mangelnde vegetasjon) mellom systemer og lokaliteter (Figur 1 og 2), og dette har en sammenheng med utvikling av moser og sedumvegetasjonen. For noen av vegetasjonsmattene (som 5) dekkes de eksponerte vekstmassene av moser, mens andre forblir eksponert når sedumvegetasjonen reduseres (som 2). Den største andelen ruter med eksponerte vekstmasser finner en for noen av takene i Drammen og Bærum. For alle vegetasjonsmattene, kan moser fylle ut områdene mellom tuer med sedum, men det skjer ikke på alle lokalitetene. En forventer at denne effekten skal være størst under mer fuktige forhold langs kysten, men det er ingen tydelig klimatiske gradienter, selv om dekning av moser er størst i Tromsø.



Figur 1. Dekningsgrad (gjennomsnitt med 95 % konfidensintervall) av eksponerte vekstmasser, moser, ugras og bergknapparter totalt presentert for hver av de 5 typene vegetasjonsmatter



Figur 2. Dekningsgrad i de ulike takrutene fordelt på eksponert substrat, moser, ugras, lave *Sedum* arter og høye arter (*Hylotelephium* og *Phedimus* arter). Koder langs x-aksen viser til systemene for takoppbygging vist i vedlegg 1.



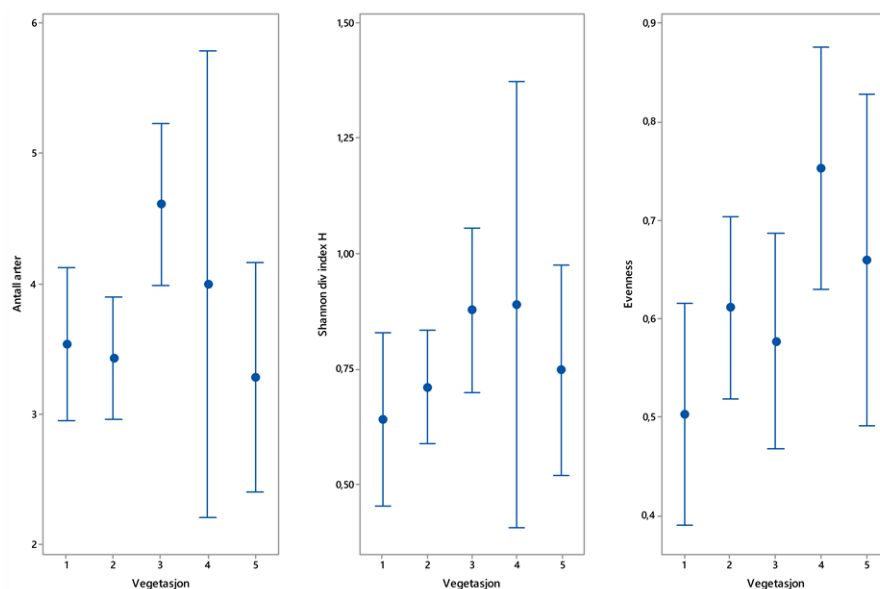
Figur 3. Antall småruter (av 100) per fastrute med dekningsgrad av bergknappvegetasjon mindre enn 40 % fordelt på lokaliteter, type vegetasjonsmatte og system. Dette ble ikke registrert i Bergen, Sandnes og Trondheim. Endringen fra 2016 til 2017 er også vist. En økning i antallet ruter med deking mindre enn 40% viser at kvaliteten på taken går ned.

Endringer på artsnivå

Det er noen få generelle trender i utvikling av vegetasjonen for alle takene sett under ett. Det er en nedgang og utjevning av Shannon diversitetsindeks og antall arter går ned for de fleste vegetasjonstypene. Jevnheten ble lite påvirket for de fleste vegetasjonsmattene, men avtok for type 1 og økte for type 5 (Figur 4). Nedgangen i diversitet skyldes en kombinasjon av færre arter og høyere dominans av enkeltarter. Dekningen av de lavtvoksende *Sedum* artene går stort sett ned, mens *Phedimus coll.* øker stort sett på alle lokalitetene på de taken der de forekommer.

Som forventet, er det forskjeller i utvikling mellom lokalitetene og mellom mattene for enkeltartene (Figur 5). Det er to prosesser som driver dette: konkurranse med andre arter og lokale vekstforhold (regional klima, lokalt klima på taket, vann og næringstilgang i mattene). Lokale vekstforhold påvirker konkurranseevnen til artene, slik at den både har en direkte og indirekte effekt. Konkurranse fra høyvokste arter reduserer dekningsgraden av lavvokste *Sedum* på mange tak, først og fremst der andelen er stor. Det er spesielt *Phedimus coll.* og høstbergknapp som har denne effekten. Der andelen høyvokste arter er liten, ser vi også mer direkte effekter av de lokale miljøforholdene der dekningsgraden av de lave bergknapp artene endres med lokalitet og mellom år. Mattene med det norske materialet gjør det over tid ikke bedre enn de andre mattene og det er overraskende stor nedgang for det norske materialet på noen av takene. Dette kan skyldes flere forhold. De har færre arter (kun 3) og blir da mindre buffret mot effekten av lokale faktorer på enkeltarter. Disse mattene er testet kun med filtmatte under uten ekstra vekstmasser. De får da et større behov for gjødsling, enn på de tykkere mattene og sterkt redusert evne til gjenvekst hvis næringsstoffer ikke er tilgjengelig. Det er heller ingen av de storvokste artene i den norske matten og ingen andre matter med bare lavvokste arter, så det er vanskelig å sammenligne effekten av opprinnelsen til plantematerialet direkte. Det er viktig å være klar over at det med rimelig sikkerhet er forskjellig genetisk opprinnelse innen art mellom de ulike vegetasjonsmattene, f eks. i

Tromsø der tilstanden på bitterbergknapp varierer mellom mattene og til en viss grad innen matter. Vi klarer ikke skille plantematerialets opprinnelse fra egenskapene til mattene i denne studien.



Figur 4. Oversikt over gjennomsnittlig antall arter (med 95 % konfidensintervall) per analyserute for de ulike vegetasjonsmattene samt estimerer på Shannon diversitetsindeks som et mål på botanisk mangfold og Evenness (jevnhet) som et mål på hvor jevnt dekningsgraden er fordelt mellom artene på takene. Vegetasjonsmattene hadde i utgangspunktet hhv. 7, 7, 6, 4 og 3 arter ved utlegging.

Vurdering av enkeltarter:

Bitterbergknapp (*Sedum acre*) går ned på mange lokaliteter som en kombinasjon av vekstforhold og konkurranse. Vekstforhold ser ut til å være avgjørende for nedgangen i Tromsø. Arten øker i Bergen.

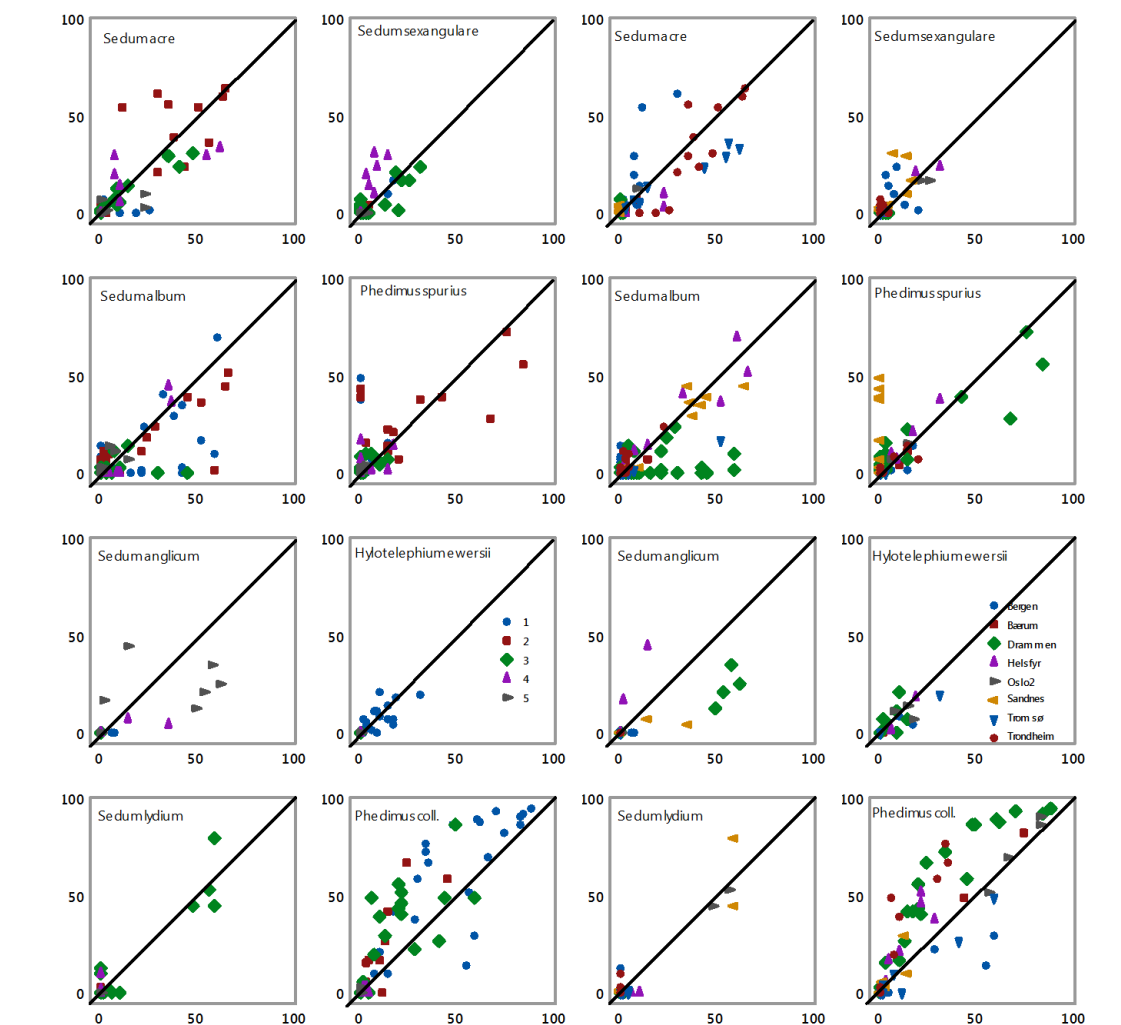
Hvitbergknapp (*Sedum album*) går ned på en del tak pga. konkurranse fra høyere arter (i matter 1, 2, 3) og på noen få tak som i Tromsø pga. vekstforholdene.

Kantbergknapp (*Sedum sexangulare*) øker på noen få tak som i Sandnes og Bergen.

Lydisk bergknapp (*Sedum lydium*) og høstbergknapp (*Hylotelephium ewersii*) har bare noen mindre endringer.

Gravbergknapp (*Phedimus spurius*) er ganske stabil, men går ned i noen ruter i Drammen. Den øker også i ruter i Sandnes da den sprer seg mellom rutene og etablerer seg i ruter der den ikke var opprinnelig.

Phedimus coll. øker på de fleste tak, men har nedgang på noen få tak som Tromsø (nylagte matter med system 1A, samt utgang året før) og Bergen. Spredning mellom takene er svært begrenset. Noen få individer er registrert etablert enten via skuddfragmenter eller frø. Disse artene setter store mengder frø på alle takene, men etableringen fra frø ser ut til å være svært begrenset under forholdene på tak.



Figur 5. Forholdet mellom dekningsgrad i 2016 (X akse) og 2017 (Y akse) for de ulike bergknappartene. Symbolene viser ulike vegetasjonsmatter (til venstre) og lokaliteter (til høyre). Diagonalene viser et 1:1 forhold, dvs. ingen endring fra 2016 til 2017

Vurdering av systemene

En vurdering av hvordan de ulike systemene fungerer på de ulike lokalitetene viser forskjeller både mellom systemer og lokaliteter (Tabell 2, Figur 6). System 1 og 2 som begge har mye av de høyvokste *Phedimus* og *Hylotelephium* artene fungerer gjennomgående best, men det varierer mellom lokalitetene. Kvaliteten er noe vanskelig å vurdere da ugrashåndteringen i praksis er forskjellig fra sted til sted. Over tid vil det sterkt påvirke kvaliteten på takene.

Tabell 2. Vurdering av kvalitet på tak basert på dekningsgras, ugras, moser, eksponert substrat og dynamikk i de 4 første årene etter utlegging for hovedsystemene av takkonstruksjoner. Vurdering på en skala fra 1 til 5, der 5 er best.

System	Oslo1	Oslo2	Bærum	Drammen	Sandnes	Bergen	Trondh.	Tromsø	Snitt system
1	5.0	5.0	2.0	4.5	5.0	3.0	5.0	2.0	3,9
2	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	2.0	4.0	3.0	3,8
3	4.0		2.0	1.5	5.0	3.5	3.5	3.0	3,2
4	2.0		1.0	2.5	5.0	2.5		2.0	2,5
Snitt lokalitet	4	5	2	2,9	5	2,8	4,2	2,5	3,5

System 2 med vegetasjonsmatte 3, gjør det jevn over best mhp. diversitet (antall arter, Shannons diversitets index og Eveness). Løsningen har et eget substratlag og drengslag, med bedre vannlagringskapasitet enn de tynne løsningene og dermed et mindre tørkeutsatt system. Dette er trolig også årsaken til at dette systemet, relativt sett, har mere ugras.

System 1 med vegetasjonsmatte 1 er en løsning med kun en filtmatte under vegetasjonsmatten. Denne kombinasjonen scorer blant de dårligste på artdiversitet og de høyvokste artene dominere her. Løsningen fungerer ikke like bra i Tromsø med rask utgang av flere arter og lavere dekning enn på de andre lokalitetene.

System 3B med grodan substratmatte og vegetasjonsmatte 2 har en høy andel eksponerte vekstmasser, mens system 3A med 40 mm substrat er testet ut på kun to lokaliteter med varierende resultat.

System 4 med vegetasjonsmatter 4 og 5 er et system som i likhet med system 1 mangler et eget substratlag. Det er observert stor variasjon i ytelsen for denne løsningen. Løsningen fungerer godt i Sandnes, men andre lokaliteter har vist større innslag av bart substrat og moser. Vegetasjonen er basert på færre arter i utgangspunktet, med et stort innslag av korte og lave sedumarter.

Forskjell mellom lokaliteter

Taken i Oslo og Sandnes viser jevn over gode resultater mhp. dekningsgrad, ugras, moser og eksponert vekstsubstrat. Disse takene har allikevel få fellesnevner. De har ulikt regionalt klima og også betydelige forskjeller i lokalt klima og vekstforhold. Takene på Oslo1-Helsfyr er eksponert for innstråling og vind i 11. etasje, mens takene Oslo2-Korsvoll og Sandnes ligger mer skjernet.

På Helsfyr er det en viss balanse mellom høye og lavvokste arter på flere av takene, selv om de førstnevnte øker. På Korsvoll dominerer de høye artene på to av takene. Disse to takene er også eldre enn de andre i studien. Redusert gjødsling er forsøkt for å redusere dominansen av de høye artene, men det har ikke gitt tydelige utslag enda. Taket med kun lave arter har tett dekke.

Takene i Bærum har en negativ utvikling, noe som hovedsakelig skyldes skygge. Her bør annen vegetasjon testes ut.

I Sandnes er andelen lave sedumarter relativt stor og antall arter er høyt. Taket ligger beskyttet til for vind og klimaet er karakterisert med milde vintere og lang vekstsesons sammenlignet med flere av de andre lokalitetene. Nedbørmengden er større enn på de fleste andre lokalitetene, men fortsatt betydelig mindre enn det takene i Bergen opplever.

Takene i Bergen viser størst andel ugras og lavest sedumdekning av alle lokalitetene, med unntak av Tromsø. Bergen har det våtest klimaet av alle lokalitetene og her er det aktuelt å teste ut eller supplere med andre vegetasjonstyper.

Trondheim har en del forskjeller i kvalitet mellom takene og også historikk med større utgang på et av takene. Mye ugras som må håndteres.

Utviklingen i Tromsø er negativ selv for de løsningene som gir god kvalitet på de andre lokalitetene (som system 1). Det er høy kvalitet på enkelttuer av høyvokste arter (som høstbergknapp og Phedimus arter), men for takene som helhet går dekningsgraden ned og mosene øker.

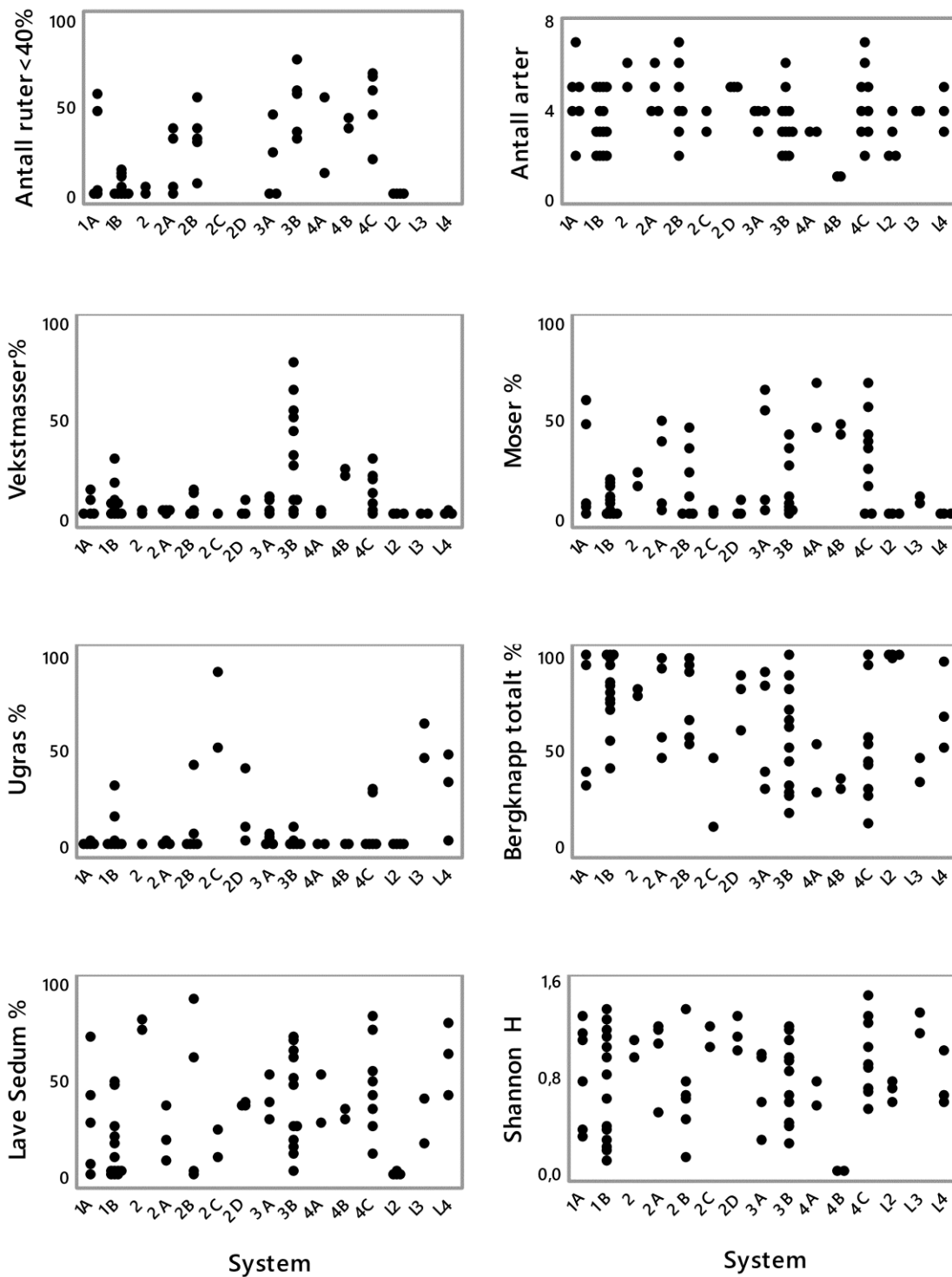
Forskjellene mellom lokaliteter påvirkes av lokalt vedlikehold som luking av ugras og gjødsling. Vi har ikke tilstrekkelig informasjon om rutineene for 2017 for alle takene. Med fuktige somre vil dette være viktige tiltak. Taket på Sandnes er gjødslet to ganger og jevnlig fulgt opp med luking, mens takene i Bergen og Trondheim har blitt gjødslet en gang på våren og ugraset har fått utvikle seg før luking. Takene på Helsefyr lukes jevnlig, men mengden ugras er begrenset. Gjødslet med rasktvirkende N i juni.

Utsikter framover

Med den designen en har på studien og forskjeller i oppfølgingen mellom lokalitetene, er det en del begrensninger og usikkerhet som påvirker hvor sterke konklusjoner en kan trekke. Noen av de viktigste begrensningene er

- I hvor stor grad påvirker type, mengde og frekvens for gjødsling utviklingen over tid? Tynne løsninger vil være mer påvirket enn dem med tykkere vekstmasser.
- I hvor stor grad påvirker ugras utviklingen av ønsket vegetasjon? De tykke mattene er mest påvirket da ugras er et mindre problem for de tynne løsningene.
- I hvor stor grad påvirker ulikt opphav av plantematerialet sammenligningene mellom artene? I og med at de ulike vegetasjonsmattene stort sett kun testes sammen med en oppbygning av taket (fra samme leverandør), klarer vi ikke skille effektene av vegetasjonen sine egenskaper fra effekten av oppbygningen av taket.

Disse usikkerhetene gjør det vanskelig å konkludere om egnet plantemateriale og takkonstruksjon f. eks. for ulike klima. Selv om ikke designen er optimal for å kunne svare på alt dette, er dette de eneste takene som er etablert i en så stor klimagradiant. De kan derfor fortsette å gi verdifull informasjon, men det forutsetter at de vedlikeholdes. Nå har vi dokumentert utviklingen tett i etableringsfasen og anbefaler en mindre intensiv registrering i noen år før en tar noen mer detaljerte registreringer f. eks. om 3 år.



Figur 6. Oversikt over gjennomsnittlig antall arter og antall ruter med dekning av ønsket vegetasjon < 40% per analyserute samt dekningsgrad av eksponere vekstmasser, moser, ugras, bergknapparter totalt og lave *Sedum* arter presentert for hver av de systemene for takkonstruksjon og vegetasjømatter som er testet i studien. Hvert punkt viser data fra en fastrute.

5 Konklusjoner

Det er betydelige forskjeller mellom systemer der både artssammensetning i vegetasjonsmattene og oppbygging av mattene med vekstmedium, matter og dreneringslag er viktige for hvordan takene utvikler seg over tid. Effekten av disse faktorene påvirkes av lokale forhold som temperatur, vind og nedbørmønster. Erfaringene så langt viser at forholdene høst-vinter-vår er minst like viktige som forholdene i vekstsesongen.

Det er store forskjeller i hvordan de ulike artene utvikler seg over tid. De lavvokste *Sedum* artene har gjennomgående en reduksjon i dekningsgrad, mens de større *Phedimus* og *Hylotelephium* artene stort sett øker dekningsgraden på de takene der de finnes. Også her er det betydelige forskjeller mellom lokalitetene. Nedgangen i *Sedum* artene skyldes en kombinasjon av negative effekter av konkurranse med de høyvokste artene, men også mer direkte negative effekter av vekstforholdene. De regionalt svartelista artene sibirbergknapp og gravbergknapp og deres nære slektninger er de som klarer seg best på de fleste lokaliteter. Å utvikle løsninger for vegetasjonen der mangfoldet opprettholdes over tid, er en utfordring det bør gjøres noe med.

Systemer basert på vegetasjonsmatter med mye høyvokste arter gir best dekningsgrad, men også redusert artsmangfold over tid. Dette gjelder uavhengig av om systemet har vekstmasser i tillegg til vegetasjonsmattene, eller bare har duk under. Systemer med lave bergknapparter varierer veldig i funksjon mellom lokaliteter. Oppbygningen ser ut til å være viktig og disse fungerer noe bedre med vekstmasser under vegetasjonsmatten. Det er betydelig mindre ugras observert for de tynne løsningene.

For å finne årsakene til manglende kvalitet på grønne tak, vil det være avgjørende at forsøktakene følges og dokumenteres over flere år. Vi har nå god dokumentasjon på etableringsfasen, men har samtidig vist at klima og enkeltepisoder kan ha stor innvirkning på vegetasjonsdekket. Forventet levetid på grønne tak er på minst 20-30 år, så dynamikken over lengre tid er viktig for takenes funksjon. For å ha fortsatt nytte av forsøktakene fra *Fremtidens Byer*, er det vesentlig at de vedlikeholdes i tilstrekkelig grad med lusing, gjødsling og reparasjon av skader.

Litteraturreferanse

- Braskerud BC. 2014a. Grønne tak og styrtregn. Effekten av ekstensive tak med sedumvegetasjon for redusert avrenning etter nedbør og snøsmelting i Oslo. NVE Rapport nr 65/2014
- Braskerud BC. 2014b. Styrtregn og avrenning fra grønne tak med sedumvegetasjon. VANN 04 2014.
- Hanslin HM, Johannessen BG. 2015. Erfaringer med grønne tak i 7 norske byer i perioden 2014 – 2015. Nibio rapport 1:40 2015.
- Hanslin HM, Johannessen BG. 2016. Oppfølging grønne tak fra *Fremtidens byer*, 2016. Nibio Rapport 2: 140.
- Johannessen BG, Hanslin HM, Muthanna TM. 2017. Green roof performance potential in cold and wet regions. *Ecological Engineering* 106: 436–447.
- Locatelli L, Mark O, Mikkelsen PS, Arnbjerg-Nielsen K, Jensen MB, Binning PJ 2014. Modelling of green roof hydrological performance for urban drainage applications. *Journal of Hydrology* 519: 3237-3248.
- Lundholm J, Williams NS. 2015. Effects of vegetation on green roof ecosystem services. I: Sutton, R. ed. *Green Roof Ecosystems* (Springer) pp. 211-232.
- Noreng K, Kvalvik M, Busklein JO, Ødegård IM, Clewing CS, French HK. 2012. Grønne tak. Resultater fra et kunnskapsinnhentingsprosjekt. Prosjektrapport nr. 104 2012 SINTEF Byggforsk
- Oberndorfer EC, Lundholm JT, Bass B, Coffman R, Doshi H, Dunnett N, Gaffin S, Köhler M, Liu K, Rowe B. 2007. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions and services. *BioScience* 57: 823-833.

6 Vedlegg

Vedlegg 1. Oversikt over tekniske løsninger og sammensetning av vegetasjonen på de ulike forsøktakene. Dette er tabell 1, 2, 3 og 4 fra rapport 2015

Tabell 1. Oversikt over grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer i 2014

Tabell 2. Oversikt over oppbygning av systemene som testes ut på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer

Tabell 3. Lokale tilpasninger i oppbygning av taksystemene som testes på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer

Tabell 4. Vegetasjonssammensetning i sedummatter lagt ut i rutene.

Vedlegg 2. Værdata for de ulike lokalitetene 2014-2017.

Tabell 1. Oversikt over grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer i 2014. Taket i Langmyrgrenda i Oslo, ble etablert i 2009.

Kommune	Oslo1	Oslo2	Bærum	Drammen	Sandnes	Bergen	Trondheim	Tromsø
Adresse	Strømsveien 102, 11. etg.	Langmyrgrenda 34b, garasjetak	Kalvøya, toalettanlegg	Lyngvn. 10, garasjetak	Rovikheimen, varmesentral	Nygårdstangen, pumpestasjon	Risvollan bl, bod	Rådhuset, 5. etg
Takvinkel (°)	flatt	3	27	20	15	15	9	flatt
Rutestørrelse (m ²)	7,7	8,0 (2,0 x 4,0)	5,6 (2,8 x 2)	4,2 (1,2 x 3,5)	8,5 (1,6 x 5,3)	7,7 (1,6 x 4,9)	14,8 (2,0 x 7,5)	9
Antall ruter	5	3	6	12, halvparten vannes	4	5	4	6
Eksponering	SV	N	3 tak i forskjellige retninger	SØ og NV	N-NØ	Ø	Ø	SV
Måling avrenning	Nei	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja	Nei

Tabell 2. Oversikt over oppbygning av systemene som testes ut på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer. Med system menes spesifikke kombinasjoner av vegetasjon og tekniske løsninger for oppbygning av drenering. Nummer gitt i raden for vegetasjon viser hvilke av vegetasjonsblandingene i Tabell 4 som er brukt. Lokale tilpasninger av oppbygninger er gitt i Tabell 3. Plassering av de ulike systemene på de ulike takene er vist i Vedlegg 1. Systemene 2A-2D bruker et vekstmedium basert på knust og fraksjoner teglstein, torv, Leca og kompostert hageparkavfall. System 3A bruker et vekstmedium av pimpstein, lavagrus og noe organisk materiale.

System	1A	1B	2A	2B	2C	2D	3A	3B	4A	4B	4C
Plassering	Oslo1 Oslo2 Tromsø	Oslo2 Bærum Drammen Sandnes Bergen Trondh.	Oslo1 Tromsø	Bærum Drammen Sandnes	Bergen	Trondh.	Oslo1 Tromsø	Bærum Drammen Sandnes Bergen Trondh.	Oslo1	Tromsø	Bærum Drammen Sandnes Bergen
Filtduk		10 mm VT	4 mm filtduk	5 mm SSM45	5 mm SSM45	5 mm SSM45	-	25 mm Grodan	5 mm Filtduk	10mm Filtduk	10 eller 3,1 mm
Drenslag	25 mm Nophad rain 5+1 (XMS o- 4)	-	25 mm drenin g (FD 25-E)	75 mm Floraset FS75 med brønner opp	75 mm. Floraset FS75 - brønner ned	25 mm Flodrain FD25-E	10 mm Oldroyd 10B	-	20 mm Oldroyd XV green 25	20 mm Oldroyd XV green 25	-
Separasjon	(10 mm VT for Oslo2)-	-	0,6 mm Filtdu k	0,6 mm Filtduk	0,6 mm Filtduk	0,6 mm Filtduk		-	-	-	-
Substrat (mm)	-	-	40	50-60	Ikke oppgitt	50-60	40	-	-	-	-
Vegetasjon	1	1	3	3	3	3	2	2	5	4	4 (5 iBærum)

Tabell 3. Lokale tilpasninger i oppbygning av taksystemene som testes på grønne tak etablert i prosjektet Fremtidens Byer. Med system menes spesifikke kombinasjoner av vegetasjon og tekniske løsninger for oppbygning av drenering. Plassering av de ulike systemene på de ulike takene er vist i Vedlegg 1.

System	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Plassering	Oslo1	Drammen	Bergen	Trondheim	Tromsø	Tromsø
Matte			3,1 mm Colorgen T600			
Drenslag	10 mm Oldroyd 10B			21 mm Oldroyd XV 20 Green Xtra	Drensmatte	Torvtakblanding
Separasjon				0,6 mm Filtduk SF	Filtmatte	
Substrat	Pimpsteinblanding	Ferdigdyrkede moduler med blanding av pimpstein, lavagrus og noe organisk	Gressarmeringskassetter med pimpsteinblanding. Et par cm substrat fra system 2 på toppen	Blanding lavasand, pimpstein og kompost	50% torvbasert Rhododendronjord, 50 % lava og pimpsteinblanding	Torvtakblanding
Tykkelse substrat (mm)	80	80-90	Ca 60	50	100	200
Vegetasjon	Blanding 2 og stiklinger i halve ruta	Blanding 2	Blanding 4	Blanding 2	Lokalt innsamlet kreklingmatte	4 år gamle pluggplanter krekling

Tabell 4. Vegetasjonssammensetning i sedummatter lagt ut i rutene. Listen baserer seg på informasjon fra leverandørene. For noen av blandningene er det oppgitte et minimum antall arter og sorter som skal forekommer i mattene. Blanding 5 har bare materiale med norsk opphav. Taksonomi følger Artsdatabanken for arter som forekommer i Norge og The Plant List for arter ikke registrert i Norge. Det er uavklart taksonomisk status for noe av materialet, f.eks. *Sedum album* 'murale'. Risikovurdering fra Artsdatabanken per november 2015. Risikovurderingene er for artene ikke varianter eller kultivarer. Faktisk risiko kan variere mellom varianter og kultivarer, men det har vi ikke data til å vurdere.

Art/takson/kultivar		Populærnavn	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5	Risiko
<i>Sedum acre</i>	L.	Bitterbergknapp	1	1			1	Norsk art
<i>Sedum album</i>	L.	Hvitbergknapp	1			1	1	Norsk art
<i>Sedum album</i> 'Lime'	L.	Hvitbergknapp	1					
<i>Sedum album</i> 'Murale'	L.	Hvitbergknapp	1	1				
<i>Sedum album</i> 'Coral Carpet'	L.	Hvitbergknapp	1	1				
<i>Sedum album</i> blanding	L.	Hvitbergknapp			1			
<i>Sedum anglicum</i>	Huds.	Kystbergknapp					1	Norsk art
<i>Sedum hispanicum</i> (var. <i>minus</i>)	L.	Gråbergknapp		1				Potensielt høy
<i>Sedum lydium</i>	Boiss.	Lydisk bergknapp		1				Ingen kjent
<i>Sedum pulchellum</i>	Michx.		1					Ikke vurdert
<i>Sedum reflexum</i> (= <i>S. rupestre</i> L.)	L.	Broddbergknapp		1	1	1		Norsk art
<i>Sedum rupestre</i>	L.	Broddbergknapp				1		Norsk art
<i>Sedum sexangulare</i>	L.	Kantbergknapp	1	1	1			Potensielt høy
<i>Hylotelephium ewersii</i>	(Ledeb.)	Høstbergknapp	1					Lav

Tabell 4 forts.

Art/takson/kultivar		Populærnavn	Blanding 1	Blanding 2	Blanding 3	Blanding 4	Blanding 5	Risiko
<i>Phedimus hybridus</i>	(L.)	Sibirbergknapp	1					Svært høy
<i>Phedimus hybridus</i> 'Immergrünchen'	(L.)	Sibirbergknapp			1			
<i>Phedimus kamtschaticus</i>	(Fisch.)	Gullbergknapp	1	1		1		Lav
<i>Phedimus kamtschaticus</i> var. <i>floriferum</i>	(Fisch.)	Gullbergknapp	1	1				
<i>Phedimus kamtschaticus</i> var. <i>floriferum</i> 'Weihestephaner Gold'	(Fisch.)	Gullbergknapp			1			
<i>Phedimus spurius</i>	(M.Bieb.)	Gravbergknapp				1		Svært høy
<i>Phedimus spurius</i> sorter	M.Bieb.)	Gravbergknapp			1			Svært høy
Antall arter og sorter (minimum)			11	9	6	5	3	
Tykkelse matte (mm)			30	30	20	30	30	

Vedlegg 2. Oversikt over gjennomsnittlig månedlig temperatur og summert månedlig nedbør for de ulike byene i studien. Data er hentet fra nærmeste værstasjon på klima.no, supplert med data fra nærliggende stasjoner ved manglende data. Forholdene i Drammen, Bærum og Oslo, er såpass like at de bare er representert med målinger fra Oslo.

År	Temperatur (° C)												Nedbør (mm)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des	
Oslo																									
2014	-2.6	1.9	4.3	7.7	12.0	15.7	20.8	15.8	13.2	8.9	4.1	-2.2		73	130	58	55	58	111	53	109	42	211	102	28
2015	-0.3	0.3	3.5	7.1	9.1	14.2	16.7	16.5	12.5	7.2	3.2	2.1		111	28	62	17	107	69	89	131	158	8	76	57
2016	-5.5	-0.7	3.1	5.9	12.3	16.7	17.2	15.5	15.0	6.1	0.7	1,2		43	50	47	77	74	61	85	144	41	13	74	20
2017	-1,2	-1,2	2,9	5,6	12,1	15,5	17,2	15,6	12,4	7,4				21	34	32	37	65	77	55	127	118	97		
Sandnes																									
2014	1.9	4.2	5.4	8.5	10.4	13.0	18.2	14.6	13.7	10.6	7.4	3.7		108	153	154	94	31	26	80	306	106	183	98	221
2015	3.3	2.8	4.6	5.4	7.6	10.6	13.3	16.0	12.8	9.0	6.9	5.7		284	119	154	85	158	63	83	88	141	55	211	290
2016	0.5	1.9	3.7	5.6	11.5	13.6	14.3	13.8	15.4	8.4	4.3	5,8		89	125	79	40	113	113	117	126	114	46	148	124
2017	3,3	2,4	4,1	5,4	10,6	12,6	13,8	14,0	13,2	9,8				142	95	84	102	81	83	140	167	151	290		
Bergen																									
2014	2.7	4.8	5.2	7.9	10.2	13.2	17.8	14.7	12.8	10.2	6.6	3.1		119	220	297	143	102	63	171	204	137	499	179	424
2015	3.2	3.0	4.6	5.3	7.8	10.5	13.3	15.7	12.7	9.2	6.4	5.4		522	254	357	108	169	97	78	187	129	143	335	357
2016	-0.2	1.5	4.0	5.3	11.0	14.0	14.7	14.2	14.7	8.0	3.5	5,7		133	226	92	94	84	83	264	368	262	94	316	266
2017	3,0	2,3	3,9	5,3	10,9	12,5	13,9	13,6	12,9	9,2				172	187	216	63	270	163	344	139	404			
Trondheim																									
2014	-2.3	3.7	3.4	5.7	9.5	12.0	19.1	15.0	11.5	7.4	3.4	-0.2		11	8	69	57	51	74	46	134	83	57	10	76
2015	0.1	1.7	3.5	4.3	7.6	9.6	12.8	16.4	11.5	7.3	3.7	2.3		42	84	47	83	57	88	72	97	61	60	63	91
2016	-4.1	-0.5	2.3	3.8	9.8	12.1	14.8	13.0	12.2	4.8	0.3	2,1		43	91	57	60	24	32	78	87	78	58	130	210

2017	0,9	-0,7	1,0	3,3	8,5	12,5	14,0	13,1	12,3	6,8				113	63	24	84	45	107	72	89	29	114			
Tromsø																										
2014	-4.8	0.6	0.2	1.9	5.1	9.1	15.1	11.8	7.9	4.0	1.0	-1.1		1	35	177	117	42	39	30	71	101	61	63	130	
2015	-3.0	-1.1	1.7	2.6	6.4	8.1	11.7	13.2	9.5	4.9	2.3	0.4		44	114	85	88	28	95	31	54	47	196	140	149	
2016	-3.9	-1.5	0.5	3.2	8.0	8.9	12.4	10.7	9.7	5.1	0.8	0,8		39	65	44	15	32	54	89	73	98	87	34	269	
2017	-1,1	-2,8	-1,6	0	3,4	9,5	11,1	10,7	8,9	4,3				169	67	134	71	79	30	66	107	8	130			

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

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

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

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