

Prosjektbeskrivelse for Innovasjonsprosjekt i offentlig sektor

DIGG-MIN-SKOLE_- *Transformerende samspill mellom digitale teknologier og mennesker for bærekraftig inn klima i skoler*

1 utfordringer og behov

Godt inn klima på skolen er en viktig faktor for helse og trivsel hos barn og ansatte, og har vesentlig påvirkning på elevenes læringsutbytte. Studier viser også tydelig sammenheng mellom inn klimaforhold og sykefravær blant barn og voksne¹. Tall fra SSB viser at lærere, sykepleiere og omsorgsarbeidere er blant de yrkesgrupper som føler seg spesielt utsatt for dårlig inn klima².

Godt inn klima er avhengig av godt vedlikehold av bygg og god og kontrollert drift av de tekniske anleggene. I tillegg er *det helt avgjørende at ansatte og elever bruker skolebyggene og rommene riktig*. Dette krever at ansatte og elever er bevisst på og har kunnskap om hvordan deres adferd påvirker inn klima, samt hvordan den enkelte kan bidra for å ivareta et så godt inn klima på skolen som mulig.

Mange inn klimaproblemer kan løses ved enkle tiltak på skole/klasseromsnivå av skolens egne ansatte. Dette krever kunnskap om praktisk inn klimaarbeid, og bedre samhandling og dialog mellom de som leverer og drifter de tekniske anleggene, enhetsleder, ansatte og elever. Bedre utnyttelse av investeringene i tekniske installasjoner som kommunen og skolen allerede besitter kan gi store samfunnsøkonomiske besparelser i form av bl.a. lavere sykefravær, bedre skoleprestasjoner, lengre levetid på skolebygg og tekniske anlegg.

1.1 Sensorikk og maskinlæring for bedre styring og brukerinvolvering

Det er behov for å strømlinjeforme informasjon til brukere av bygg, og for å gi dem en reell mulighet til å påvirke inn klima. De fleste skoler har tekniske anlegg utstyrt med sensorer for styring av ventilasjons- og varmeanlegg (SD-anlegg). Sensorene i SD-anlegg måler flere parametere (f.eks. temperatur, CO₂ og luftfuktighet) som ofte er assosiert med mange av de helseplagene som dårlig inn klima kan bidra til. Dataene fra SD-anlegg er i dag *i liten grad tilgjengelig for skoleledere og ansatte på skolen*, og for å få oversikt om inn klima i det enkelte klasserom har en rekke skoler installert inn klimaovervåking (sensorer) som ikke er tilkoblet SD-anlegg.

Data fra inn klimasensorer kombinert med informasjon om hvordan ansatte og elever opplever inn klima og relaterte helseplager, kan gi nye muligheter for både å identifisere inn klimaproblemer, finne årsak og identifisere riktige tiltak, og til å lage nye verktøy som engasjerer og involverer brukerne av skolebyggene. Studier av inn klima basert på store datasett fra innemiljøer over hele verden³ har ført til forskning på maskinlæringsmetoder, inkludert lineære regresjonsmodeller (LRM), beslutningsbaserte modeller (f.eks. random Forrest modeller RF, «decision tree-based Bayesian» modeller, DTB) og kunstige nevralt nettverk (ANN). Beslutningsbaserte modeller kan forutsi konsentrasjoner av luftbårne partikler, CO, CO₂, NO₂, temperatur, relativ fuktighet og radon i innemiljøer⁴. Robuste prediksjoner^{5,6} oppnås ofte ved å beregne gjennomsnittet av resultatene fra forskjellige modeller. Automatisert varsling av helse- og trivselsproblemer finnes ikke siden studiene hovedsakelig bruker omfattende spørreskjemaer⁷ som ikke egner seg til kontinuerlig overvåking over tid.

¹ Fisk, W.J. (2017) The ventilation problem in schools: literature review, *Indoor Air*, 27(6), <https://doi.org/10.1111/ina.12403>

² Statistisk sentralbyrå (2018): Kommune-stat rapportering.

³ Song, Y., Mao, F., Liu, Q (2019) Human Comfort in Indoor Environment: A Review on Assessment Criteria, Data Collection and Data Analysis Methods. *IEEE Access*, vol. 7, 119774. DOI:10.1109/ACCESS.2019.2937320

⁴ Wei W., Ramalho O., Malingre L. et al Machine learning and statistical models for predicting indoor air quality. *Indoor Air*. 2019 Sep;29(5):704-726. doi: 10.1111/ina.12580.

⁵ Xue K., Ding Y., Yang, Z. et al. (2020) A Simple and Novel Method to Predict the Hospital Energy Use Based on Machine Learning: A Case Study in Norway. *Communications in Computer and Information Science*. vol. 1332.

⁶ Sharma P. K., De T. and S. Saha, "IoT based indoor environment data modelling and prediction," *2018 10th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS)*, 2018, pp. 537-539, doi: 10.1109/COMSNETS.2018.8328266.

⁷ Ulvestad, A.; Cao, G.; Gustavsen, K.; Vogt, M. et al.. Analysis of the effect of indoor environment on pupils' health in one Norwegian school during COVID-19 pandemic. *Healthy Building conference 2021*.

2 Forskning og innovasjon

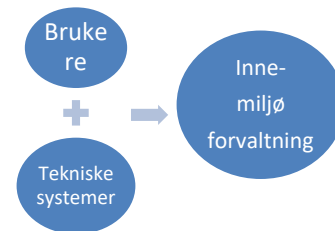
Visjon

Utnytte ny teknologi for å sikre elever og ansatte i norske skoler et innemiljø som fremmer helse, trivsel, læringsevne og produktivitet og bidrar til en kostnadseffektiv forvaltning av skolebygg.

Prosjektet bygger på følgende hypotese: **Brukere av skolebygg kan påvirke innemiljø med sin atferd, hvis de får relevant informasjon.** Vi skal utvikle verktøy som på bakgrunn av overvåking av innemiljø og brukeropplevelser identifiserer målrettede tiltak som skolen/elevene selv kan iverksette. Verktøyet kan også skape økt kunnskap og engasjement for praktisk HMS- og innemiljøarbeid i skolen.

For å oppnå dette skal vi kombinere data fra skolens sensorsystemer for innemiljø og data knyttet til brukeropplevelse. Ved hjelp av maskinlæring ønsker vi å forstå sammenhengene mellom disse dataene, og identifisere hvilke tilstander som egner seg til å utløse handling på skole/klasseromsnivå. Skolens ansatte og elever skal medvirke til utformingen av ulike (del)verktøy slik at resultatene blir egnet for bruk i skolens hverdag. Sluttresultatet blir en teknisk spesifikasjon og demonstrasjon av et bruker-orientert forvaltningssystem (BOF) på flere skoler som vil gi grunnlag for resultatenes oppskaleringmuligheter.

Hypotesen åpner for bruk av transformerende samspill mellom digitale teknologier og mennesker for å oppnå et bærekraftig innemiljø i skoler (Figur 1) som grunnlag til BOF. BOF skal forenkle og styrke det praktiske innemiljøarbeidet som allerede foregår i skolen, og sikre optimalt innemiljø for elever og ansatte. BOF skal være utformet som et åpent verktøy, og skal kunne integreres med andre allerede eksisterende systemer.



Figur 1 Konseptgrunnlag for BOF.

2.1 Innovasjonen

2.1.1 Innovasjonsideén

DIGG-MIN-SKOLE skal utnytte de store investeringene som er gjort i tekniske anlegg i skolene ved å koble data fra disse med data om brukeropplevelser. Vi skal utvikle et verktøy for økt brukerinvolvering i innemiljøarbeid på skolen, bedre arbeidsflyt, økt kunnskap i HMS- og internkontrollarbeid, og bedre styring av tekniske systemer for optimalt innemiljø. Sentralt i prosjektet står utvikling av maskinlæringsalgoritmer som skal kunne anslå sannsynlighet for nedsatt trivsel/helse og identifisere målrettede avbøtende tiltak på skole/klasseromsnivå. Enkeltverktøy i BOF skal skreddersys for ulike brukere på skolen.

For å oppfylle visjonen kreves det nye prosesser og kommunikasjonsformer rundt innemiljø i skolen. Prosjektet vil bestå av tre hovedelementer:

- Kontinuerlig innhenting av data fra brukerne og fra innemiljøsensorer
- Maskinlæring/dataanalyse
- Brukerinvolvering.

Innovasjonen i prosjektet er knyttet til de tre delene på følgende måte:

- *Opplysninger om brukernes opplevelse av innemiljø:* I dag er det kun tilgjengelig informasjon fra undersøkelser som gir et øyeblikksbilde (for eks., Mitt Innemiljø⁸, Ørebromodellen⁹). Det finnes ingen metode for innhenting av en tidsrekke eller sanntidsdata fra brukere. Slik sanntids- innhenting er sentral for å kunne gi fortløpende informasjon og tidlig varsel om mulige innemiljøproblemer.
- I *maskinlæring/dataanalyse* skal vi finne sammenhenger mellom data fra innemiljøsensorer og helse- og trivselsdata. Vi skal identifisere hvilke parametere er pålitelige nok for å kunne utløse tiltak som vil gi bedring både i innemiljø og brukeropplevelse/trivsel/helse.
- I *Brukerinvolvering* skal vi utforske kommunikasjonsprosesser med og mellom brukere for å sikre økt forståelse for innemiljøproblematikk, for å forbedre samspillet mellom forskjellige

⁸ NAAF har utviklet en digital spørreundersøkelse «Mitt innemiljø» med fokus på elevenes opplevelse av innemiljø

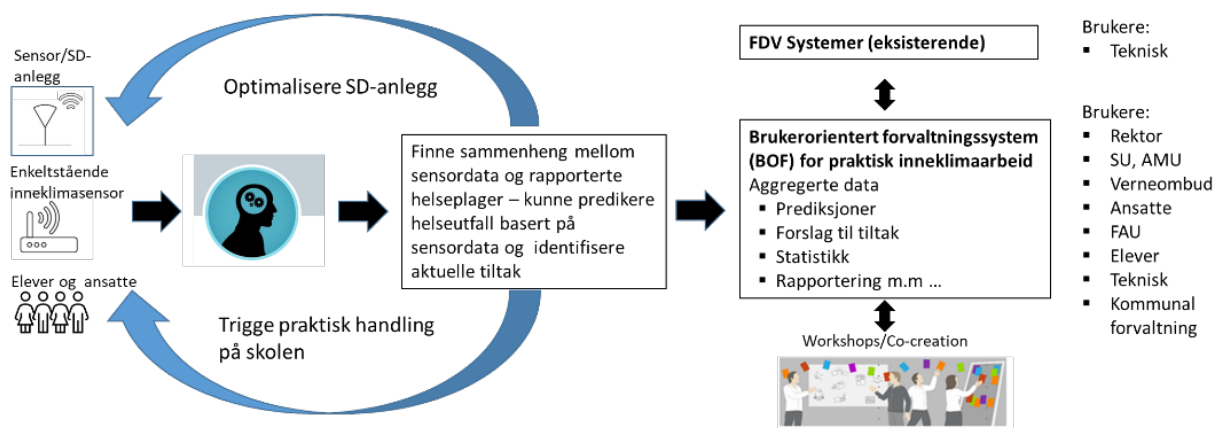
⁹ Ørebromodellen, http://www.inomhusklimatproblem.se/mm/mmq_sv.html

brukergrupper, og for å fremskaffe data om helse/miljø/trivsel/inneklimakvalitet som gjennom kobling mot de «tekniske» data skal kunne brukes til styringen av inneklima.

Internkontroll for HMS og miljørettet helsevern skal bli en del av hverdagen. Flere av de lovpålagte oppgavene som skolen har skal digitaliseres slik at de lett kan anvendes av leder og ansatte. Ved å vektlegge praktiske inneklimaoppgaver som de fleste har et forhold til vil også flere grunnleggende HMS-aktiviteter bli ivaretatt og «ufarliggjort». Skolen kommer fra paragraf til praktisk handling.

2.1.2 Kunnskapsbehov

En ny rapport fra RIF¹⁰ påpeker at det er et betydelig og økende vedlikeholdsetterslep og at manglende vedlikehold gjør at mange offentlige bygg har dårlig inneklima. Det er behov for økt kunnskap og nye løsninger som kan bidra til en mer kostnadseffektiv drift og forvaltning av offentlige bygg gjennom bedre utnyttelse av eksisterende tekniske systemer som kommunen allerede har investert i, involvering av skolens ansatte i praktisk inneklimaarbeid og økt samhandling mellom brukere av skolebyggene og teknisk driftspersonell/eiendomsforvaltning. DIGG-MIN-SKOLE skal bidra til nettopp dette. Prosjektets logikk vises i Figur 2.



Figur 2 Oversikt over prosjektets tekniske del (venstre) og brukerorienterte del (høyre side).

For å lykkes er det behov for ny kunnskap knyttet til de tre hovedelementene i prosjektet:

1. Brukeropplevelser

Vi skal utvikle verktøy for innsamling av brukerrapporterte inneklimaproblemer og helseplager på en måte som fanger variasjon i tid. Student- og ansattundersøkelser kan kosteffektivt utføres ved hjelp av apper eller andre tekniske hjelpemidler nesten kontinuerlig eller jevnlig gjennom i semesteret, og vil kunne kobles mot sensordata, gi gode muligheter for brukerdialog, og kunne brukes i undervisningen.

2. Maskinlæring/dataanalyse

Ulike maskinlæringsalgoritmer (Figur 2, venstre del) skal utvikles og testes for å finne sammenhenger mellom de tekniske data og trivsel og opplevelser, og for å predikere sannsynlighet for redusert helse eller trivsel.

3. Brukerinvolvering

Sammen med enhetsledere, ansatte og elever skal det utvikles verktøy for å gi de ulike brukerne bedre kunnskap om inneklima og mulighet for å påvirke sitt eget inneklima/arbeidsmiljø. Verktøyet skal være komplementært til eksisterende internkontroll, kvalitet- og FDV-systemer som i stor grad er brukt av teknisk personell, og vil være et naturlig bindeledd mot andre styringssystemer slik at det skal være enkelt for ulike brukerne å få den informasjonen de trenger for å iverksette tiltak/handling, gi tilbakemelding på hva som er gjort og legge til rette for samhandling på tvers av aktører.

Risiko knyttet til forskningsaktivitetene

Risikostyring blir en integrert del av prosjektledelsen. Vi har identifisert og diskutert følgende elementer:

¹⁰ [State of the nation, Norges tilstand 2021](#)

- Sensordata fra SD-anlegg er vanskelig å benytte i dataanalyse. Planer må tilpasses, data må forenkles, alternativer utforskes. Lav sannsynlighet da konsortium kjenner data godt.
- Dataanalyse/maskinlæring gir ikke resultater som kan brukes i praksis, og BOF svekkes. Skal søke i litteratur for å finne alternative løsninger. Kan føre til behov for repetert pilotering. Kan føre til økt ressursbruk. Mellomstor sannsynlighet, overvåkes av styring- og ledelsesgruppe (se 4.1.2).
- Brukerinvolvering svikter. Partnere i konsortium er motiverte og har samarbeidet med hverandre før. NAAF og NILU har betydelig kompetanse i samskappingsprosesser. Sannsynlighet ansees som lav.
- Ressurssituasjon hos samarbeidspartnere kommer under press (intern og eksternt påvirkning) slik at resultater er negativt påvirket eller forsinket. Sannsynligheten ansees som mellomstor, prosjektets styringshierarki (se 4.1.2) skal følge ressursbruk og behov spesielt.

2.2 FoU-aktivitetene

2.2.1 FoU-mål

DIGG-MIN-SKOLE prosjektet stiller seg følgende spørsmål:

1. Kan sensordata fra eksisterende SD-anlegg og andre inneklimasensorer brukes sammen med brukeropplevelser for å
 - a. Identifisere målrettede tiltak som skolens ledelse/ansatte og elever selv kan iverksette
 - b. Gi tilbakemelding til SD-anlegget slik at inn klima forbedres og tekniske prosesser optimaliseres?
2. Kan brukermedvirkningsprosesser føre til forbedring av inn klima i skoler?
3. Kan kombinasjon av maskinlæring og brukermedvirkning optimalisere inn klimaet i skolebygg?

Hovedmål er å utvikle en helhetlig metode for et BOF og demonstrere systemet for minst en skole.

Delmålene er:

1. Identifisere et forenklet sett variabler som egner seg til bruk i et BOF
2. Utvikle en metode for innhenting av tidsserier av helse- og trivselsrelaterte data fra (elever, lærere)
3. Etablere beslutningsstøtte for identifikasjon av tiltak for bedre inn klima.

2.2.2 FoU-utfordring, design og metode

FoU utfordringene er knyttet til tilgjengelighet og forståelse av datastrømmer og deres relasjoner. Delmål 1 innebærer formalisering av datainnhenting fra eksisterende datainnsamlingsystemer for inn klima-sensorer og egen datainnsamling, samt metadatautvikling og bruk av analyseverktøy basert på maskinlæring. Delmål 2 skal knytte til Delmål 1 litteraturoversikt over kjente indikatorer på nedsatt helse og trivsel i forhold til inn klima, inn klimaundersøkelser utført av NAAF og analyse av egne innsamlede data. Delmål 3 tar utgangspunkt i Delmål 1 og 2 samt i resultater fra samarbeidsprosjekter mellom NAAF og NTNU (en katalog med over 160 inn klimatililtak), videreutvikle disse resultater og tilrettelegge de for BOF.

3 Virkninger og effekter

Prosjektet vil danne grunnlag for forbedringer i prosesser og produkter rundt inn klima i skoler og på denne måten påvirke arbeidsplassen - skole - (økt trivsel og helse). Resultatene kan brukes av offentlig forvaltning utover skoler (kostnadseffektive tekniske prosesser). Det er en potensielt betydelig økonomisk gevinst i å ta i bruk et styringssystem for inn klima basert på tekniske systemer kommunene allerede besitter i kombinasjon med bruker-data. Siden prosjektet skal levere alle resultater som åpne dokumenter, data eller koder, kan private aktører bruke resultatene til videre produktutvikling.

3.1 Verdiskapingspotensial

Verdiskapingspotensial for søker og partnere fra offentlig sektor

Oslobygg er en av landets største byggherrer og eiendomsaktører med ca. 2,7 millioner kvadratmeter eiendom og mange spennende prosjekter i porteføljen. Vår oppgave er å eie, forvalte, bygge og utvikle offentlige bygg for alle livets faser. Det dreier seg om barnehager, skoler, omsorgsboliger, sykehjem, kulturbygg, idrettsanlegg, brannstasjoner og nasjonalanlegg i hovedstaden. Vi skal utvikle hele byområder, og skal de nærmeste årene investere for ca. 35 milliarder.

I Oslobygg sin portefølje inngår 170 skoler som benyttes av 90 000 elever og 5 000 ansatte. Fornøyde brukere er et strategisk mål for Oslobygg. Økt involvering og samhandling med brukerne for å optimalisere inneklime vil kunne bidra til en høyere grad av måloppnåelse. Det finnes i dag ingen metoder og verktøy som gjør at vi kan overvåke fysiske målinger knytte til inneklime i kombinasjon med brukeropplevelse på en effektiv måte. Det er viktig å øke kunnskap og kompetanse knyttet til denne sammenhengen. Det er også nyttig med praktiske tiltak som brukere og driftspersonell kan gjennomføre for påvirke eget inneklime. Kunnskap og verktøy knyttet til dette prosjektet vil kunne skaleres opp og benyttes for hele Oslo bygg sin portefølje. Totalt sett vil dette ha en stor samfunnsmessig gevinst ved bedre inneklime og helse for ansatte og brukere.

KLP Skadeforsikring AS er eid av sine medlemmer, mange av de er kommuner. KLP sin interesse er positiv omdømmebygging, ved aktiv forebyggende deltakelse for å redusere risikoen for uønskede hendelser hos sine kundegrupper. Dette som en del av samfunnsansvaret selskapet skal ta. Inneklime inngår i risikoparametere.

Deltakende kommunene får følgende gevinster:

- Støtteverktøy for inneklime og HMS som kan bli en del av internkontrollsystemet
- Ressurseffektiv byggforvaltning (helsearbeid i praksis) og bedre inneklime og helse for brukere
- Ressurseffektiv og målrettet byggforvaltning forlenger byggets levetid, og er miljøarbeid i praksis
- Innovativ forvaltning system som kan gi redusert energi forbruk og bidra til FNs bærekrafts mål.
- Engasjement rundt inneklime og et mer aktivt forhold til skolens internkontrollsystem
- Forsterket samhandling mellom eiendomsforvaltning og skole, og mellom alle skolens aktører
- Økt samhandling og kommunikasjon med tilsynsmyndigheter
- Mer praktisk handling på skolenivå – målrettede avviksmeldinger og økt «lukkekompetanse»
- Kompetanseheving av ansatte innen praktisk bruk av miljøovervåkingssensorer og IKT.

For skoler:

- Tilpasset internkontrollsystem på skolen vil bidra til å sikre videreføring av prosjektets inneklime- og HMS-aktiviteter slik at det blir et “levende system”
- Brukere får økt kompetanse for å lukke avvik på klasserom- og skolenivå selv
- Kunnskap om hvordan inneklime kan påvirkes gir godt inneklime og bedre læring- og arbeidsmiljø
- Samarbeid og involvering skaper engasjement, arbeidsglede og lavere sykefravær
- Utnyttelse av interne ressurser er kostnadsbesparende, og motiverende for de ansatte
- Kompetanseheving av ansatte innen praktisk bruk av sensorer og IKT.

Bidrag til oppnåelse av FNs bærekraftsmål og positive samfunns effekter gis i Tabell 1.

Tabell 1 Prosjektets bidrag til oppnåelse av FNs bærekraftsmål.

Mål/delmål	Bidrag
3 God helse og livskvalitet; 3.9.	Prosjektet skal bidra til redusert sykdomsbyrde pga dårlig inneklime i skolebygg.
4 Utdanning; 4.a	Prosjektet bidrar med å skape trygge og effektive lærings-omgivelser for elevene ved å forbedre inneklime og dermed forbedre helse, øke trivsel og læringsutbytte.
9 Innovasjon og infrastruktur; 9.5	Forskningen skal bidra til ny kunnskap og innovative tjenester og støtter sysselsetting i forskningssektor
11 – Bærekraftige byer og lokalsamfunn; 11.1	Prosjektet bidrar til å skape trygge skolebygg som grunnleggende tjenester til allmennheten.
11 – Bærekraftige byer og lokalsamfunn; 11.6	Prosjektet bidrar til å redusere negative konsekvenser pga dårlig luftkvalitet.
12 - Sikre bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre; 12.6-12.8	Forskning på maskinlæring bidrar til å opprettholde bærekraftig bruk av energi i norske skolebygg.

3.2 Realisering av gevinster

Gvinster underveis i prosjektet

Prosjektet skal føre til utvidet bruk av digitale plattformer og fjernavlesning av sensorer på skolen og bruk av digitale støtteplattformer i lokalt inneklimate og HMS-arbeid. Skolen blir en sentral lærearena for praktisk inneklimate og HMS-arbeid. Kunnskap som flere elever og brukere vil ta med seg hjem og omsette til handling i familiens bolig. Viktige momenter vil være bevisst bruk av oppvarmingskilder, bruk av bekledning, redusert bruk av renholdskjemi grunnet redusert slitasje, osv.

Gvinster etter at prosjektperioden er over

Alle prosjektpartnere skal kunne bruke resultatene i sine virksomheter. De opprettede fag- og samhandlingsarenaer vil bli liggende igjen etter prosjektslutt. I tillegg skal kommunen kunne tilby elever og brukere bygninger som har tilfredsstillende læringsmiljø og forlenget levetid. Grunnleggende inneklimate og HMS-arbeid i skoler kan innarbeides i kommunens miljøhandlingsplan. Optimalt inneklimate vil også spare mye energi og redusere bygningenes CO₂-avtrykk. Prosjektets partnere deltar i de sentrale faglige fora for inneklimate, bygningsforvaltning og forskning og har allerede etablert utstrakt opplysnings- og kursvirksomhet (NAAF). Kommunikasjonsplanen som skal utarbeides og implementeres skal sørge for at resultater er kjent.

3.2.1 Plan for å ta ut gevinster fra prosjektet

Materialer fra prosjektet skal bidra til arbeid for bedre inneklimate i skoler/bygg der brukerne er aktører. Alle resultater fra prosjektet skal være åpne for gjenbruk (oversikt over resultater er gitt i beskrivelse av hovedaktiviteter i 4.1.1). Planen for å realisere gevinster fra prosjektet tar utgangspunkt i konsortiets sammensetning (se 4.1.2) hvor sentrale potensielle brukere er med (kommuner, skoler, leverandører av tekniske løsninger, interesseorganisasjon, forskning), og har utstrakte nettverk. Formidling og deling er sentralt i planen (se 3.2.2). Nytte for de forskjellige aktører er beskrevet i 3.1. Risiko for å ikke gjennomføre prosjektets aktiviteter ansees som lav.

Milepæler (MP) for å ta ut gevinster er følgende (hovedaktiviteter H0-H6 (se 4.1.1.), M er måned fra prosjektets start), **uthevet** er milepæler relatert også til vitenskapelige aktiviteter.

MP1 – Kommunikasjonsplan versjon 0 (H6; M4,), skal ha definerte KPIer

MP2 – Konsept for sluttresultat (H4; M12). Skisse av BOF og plan for brukermedvirkning

MP3 – Pilot for innhenting av bruker-data gjennomført, og resultater er diskutert i H4 (H1; M12)

MP4 – Intern database for analyser er operativ og første analyser er gjennomført (H2, H3; M12)

MP5 – Kommunikasjonsplan versjon 1, vurdering av oppnåelse av KPIer i planen versjon 0 er gjennomført (H6, M18). Formidling av opplevd inneklimate, HMS og dokumentasjon for alle brukergrupper.

MP6 – Operativ innhenting av bruker-data er etablert (H2, M18)

MP7 – Full datasett for analyser i H3 er tilgjengelig (H3, M24)

MP8 – Metodikk for verktøykasse (H5, M24)

MP9 – Kommunikasjonsplan versjon 2, vurdering av oppnåelse av KPIer i versjon 1, materialer for ikke-vitenskapelig presentasjon av prosjektets resultater (H6, H4 M30)

MP10 – Publisering av åpne datasett og åpne koder (H5, M36).

Tabell 2 Risiko knyttet til gjennomføring av prosjektets aktiviteter. Risiko er klassifisert som lav/middels/høy (L/M/H).

Risiko & sannsynlighet	Konsekvens	Handling
Iverksettingsrisiko (L): prosjektet kan ikke gjennomføres som planlagt	Prosjektet kan ikke utføres som planlagt;	Alle aktører er høy motivert til å delta og har forankret aktivitetene i sine virksomheter. Hvis en partner trekker seg, kan aktivitetene overtas av andre.
Finansieringsrisiko (L): partner må trekke egeninnsats	Prosjektet kan ikke gjennomføres som planlagt; aktivitetene må tilpasses	Partnere bidrar med egeninnsats i form av arbeidstimer, stiller bygninger, tekniske installasjoner eller digitale verktøy til disposisjon, og bidrar til dekning av direkte utgifter. Egeninnsats fra partnerne er godt forankret.

Organisatorisk risiko: manglende kontroll over prosjektets implementering (L)	Forsinkelser og utilfredsstillende progresjon	Strukturen til prosjektstyring (H6) har klart definert ansvar og aktørene er erfarne. Bytte av personalet og omfordeling av ansvar må vurderes.
Markedsrisiko for private samarbeidsaktører (L): opplever økonomisk tap pga prosjektaktivitetene	Svekket økonomi eller konkurs av private aktører	Private partnere er allerede godt etablert på markedet. Prosjektet innebærer veldig lav markedsrisiko for dem, som ikke vil påvirke deres økonomiske situasjon.

3.2.2 Formidling, deling og spredning

Potensialet og aktiviteter for deling og spredning av resultater

Over 1000 norske skoler står i fare for inneklimateproblemer, og det er en prioritet at disse skolene kan benytte seg av våre resultater både direkte og i samarbeid med byggeier og byggforvaltere i kommunen. I tillegg kan resultater lett utvikles for andre typer offentlige bygg. Utnyttelsespotensial er presentert i Tabell 3.

Tabell 3 Oversikt over potensialet og aktiviteter for deling og spredning av resultater til andre deler av offentlig sektor, delt etter innovasjonsaspekter.

Aspekt	Potensiale	Aktiviteter (eksempler)
Økt effektivitet	Bruk av metodikken i andre offentlige bygg kan føre til at ansatte i andre offentlige bygg er friskere, trives bedre og jobber mer effektivt (økt nærvær).	Kommunikasjon mot andre deler av det offentlige, Seminar fra Oslobygg, KLP, etc
Forbedrete tjenester	Innovativ bruk av data fra SD-anlegg og andre sensorer kan føre til forbedret inneklimate i andre offentlige bygg	Seminar/workshops rettet mot andre deler av det offentlige
	Private aktører kan lage tjenester for driftsansvarlige i offentlige bygg, basert på prosjekresultater	Airthings, Schneider, GK, JCI kan bruke utstillinger eller konferanser og messer til markedsføring
Reduserte utgifter	Reduserte driftsutgifter pga forbedret drift av offentlige bygg	Artikler i fagtidsskrifter, seminar og webinar, konferanser, personlig kommunikasjon og nettverksarbeid
	Reduserte utgifter pga sykdom av ansatte	Dette er et følge av forbedret inneklimate
Annet	Økt trivsel/arbeidsglede i offentlige bygg	Direkte følge av forbedret inneklimate
	Skoler får bedre «image» mot offentligheten fordi de kan forebygge skader og tar bedre vare på bygget	Verktøyene gjør det mulig for «alle» å følge med på skolens inneklimate.

Planer for formidling av resultater

NILU er ansvarlig for prosjektets kommunikasjonsplan som skal utformes i samarbeid med alle partnere, og bruke mest mulig allerede etablerte kanaler (spesielt NAAF). En formidlingsplan skal identifisere målgrupper, formidlingsmåte og ansvar. Den skal bli fast del av partnernemøter og skal oppdateres fortløpende. Vi sikter mot tre ulike kommunikasjonsmåter: akademisk, ikke-akademisk og populærvitenskapelig.

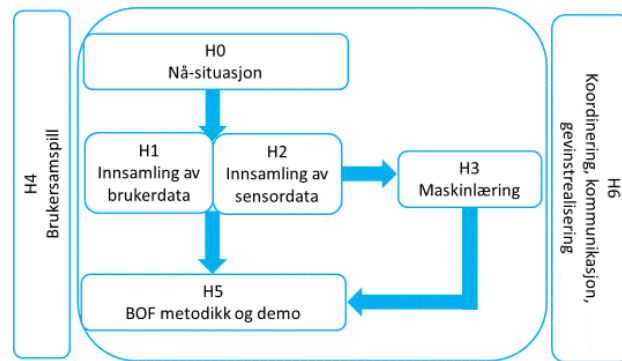
- NILU og NTNU vil kommunisere i det akademiske/vitenskapelige miljøet ved å publisere minst 4 vitenskapelige artikler i fagfelleverderte tidsskrifter, både nasjonalt og internasjonalt. De vil også kommunisere prosjektets vitenskapelige resultater på minst 6 vitenskapelige konferanser og møter, som for eksempel «Indoor Air 2022» eller «Healthy building conference 2023 og 2025».
- Alle partnere vil benytte seg av sine profesjonelle nettverk til ikke-akademisk, men fagspesifisk kommunikasjon, inkludert konferanser og møter (f.eks. «NemiTek sin årlige konferanse om forvaltning, drift og vedlikehold av bygg», kurs i regi av Grønn Byggallianse). Partnerne vil også benytte seg av nettverk som for eksempel Norsk Kommunalteknisk Forening (NKF), Kommunenes Sentralforbund (KS), Utdanningsforbundet eller KLPs nettverksmøter. Vi sikter mot minst 8 ikke-akademiske publikasjoner.
- Alle partnere vil benytte sine (sosiale) media-kanaler til populærvitenskapelig formidling. Vi skal også benytte oss av Forskning.no og andre mediale muligheter.

4 Gjennomføring

4.1 Prosjektplan for FoU-prosjektet

4.1.1 Hovedaktiviteter i FoU-prosjektet

Prosjektet er inndelt i seks faglige hovedaktiviteter (H0-H5) og en støtteaktivitet (H6). Figur 3 viser sammenhengen mellom hovedaktivitetene. Prosjektets resultater skal omfatte tekniske spesifikasjoner (dataformater, programvare), datafiler (for vitenskapelig bruk), brukervennlige informasjonsprodukter (infoblader etc) og demonstrasjon/mock-up som viser den utviklede metodikken.



Figur 3 Oversikt over sammenhenger mellom hovedaktivitetene i prosjektet.

H0: Nå-situasjon (leder: NILU, deltakere: alle)

Mål: Identifisere behov og utfordringer knyttet til inn klima og hvilken informasjon som allerede finnes i form av tekniske systemer, data, verktøy, rutiner etc. Innhente grunnlag for å vurdere sammenhenger mellom fysisk/kjemisk miljø og helse, trivsel og læringsutfall.

Input: Strukturerte diskusjoner, strukturert beskrivelse av eksisterende data, litteraturstudie.

Resultat: Input til H1 (spesifikasjon av system for innhenting av brukerdata), H2 (spesifikasjon av eksisterende tekniske data), H4 (Metodikk/plan for å gjennomføre samskapingsprosessene i prosjektet).

Aktivitet H0.1 Kunnskapsoversikt og verktøy for å undersøke sammenhenger mellom helse, trivsel, læringsutfall og inn klima. Kunnskapsbasis skal samordnes med NAAF's «Mitt Inn klima»-undersøkelse.

Aktivitet H0.2. Kartlegging av skolens ressurser, systemer for rapportering og oppfølging av inn klima og HMS, internkontroll, kvalitetssystemer for integrasjon med skolens aktiviteter.

Aktivitet H0.3 Kartlegging av tekniske inn klimaovervåkingssystemer (fysikalske og kjemiske data, f.eks. temperatur, CO₂, lysstyrke)

H1: Innsamling av brukeropplevelsesdata (leder: NILU, deltakere: NAAF)

Mål: Sikre data om brukeropplevelser.

Input: Spesifikasjon fra H0, og tilbakemeldinger fra H4.

Resultat: Data for bruk i dataanalyse/ML modellering i H3. Datapublisering.

Aktivitet H1.1 Utvikle ikonbasert spørreundersøkelse Verktøyet vil samle inn tilbakemeldinger om brukerens opplevelse av inn klima (eks: tørr luft, for varmt) og trivsel (eks: hodepine). Svaralternativene vil bli presentert som intuitive ikoner. Dynamisk variasjon av svaralternativer skal benyttes, basert på data fra eksterne tjenester (f.eks. værvarsel, pollenvarsel) og årstid.

Aktivitet H1.1.2 Pilotaktiviteter – teste prototyper i minst en av skolene.

Aktivitet H1.3 Iverksette løsningen på skolenivå – etablere undersøkelsen i flere deltakende skoler

Aktivitet H1.4 Tilgjengeliggjøring av brukerdata for bruk i ML-modell. Utvikle grensesnitt for datainnhenting og klargjøring av data til bruk i ML-modellering (H3).

H2: Sikre gode sensordata om fysiske og kjemiske parametere av betydning for inn klima (Leder: NTNU, deltakere: NILU, NAAF, skoler/leverandører/Airthings)

Mål: Innhente og beskrive sensordata som skal inngå i maskinlæringsbasert modellering, spesifisere usikkerhet knyttet til de ulike dataene.

Input: Spesifikasjon fra H0.

Resultat: Rutiner/løsninger for datainnhenting, samt et internt datalagringsystem som er tilrettelagt for bruk i maskinlæringsmodellene i H3. Det skal vurderes om data er av almen forskningsinteresse (datapublisering).

Aktivitet H2.1 Innhente og karakterisere sensordata fra ulike SD-anlegg. Bruke eksisterende API-er og utvikle datainnhentingsrutiner ved behov

Aktivitet H2.2 Innhente og karakterisere data fra andre inneklimasensorer. Bruke eksisterende API-er og utvikle datainnhentingsrutiner ved behov

Aktivitet H2.3 Innhente eksterne data om meteorologiske parametere og andre relevante miljøparametere. Bruke eksisterende API-er og utvikle datainnhentingsrutiner ved behov.

H3: Maskinlæring med data fra sensorer og brukeropplevelser (Leder: NTNU, Deltakere: NILU)

Mål: Målet er å utvikle en maskinlæringsmodell som basert på sensordata og brukerdata kan forutsi om og i så fall hvilke helseplager brukerne vil oppleve, samt hvilke faktorer i inn klimaet som mest sannsynlig er årsaken til helseplagene (f.eks. romtemperatur, lysforhold, støy, luftkvalitet).

Input: Datamaterialet innhentet i H1 og H2.

Resultat: En maskinlæringsbasert modell som skal benyttes til å koble resultatene fra inneklimasensorene til konkrete og målrettede tiltak som skolen selv kan iverksette når det er fare for helseplager og/eller for å få en mer optimal drift av SD-anleggene. Vitenskapelig publikasjon, publisering av kode for beslutningsstøtte.

Aktivitet H3.1 Analyse av data rapportert av ansatte og elever. Data skal analyseres og bearbeides for å kunne benyttes i maskinlæringsmodellen

Aktivitet H3.2 Analyse av tekniske inneklimate data for å kunne benytte de i maskinlæringsmodellen.

Aktivitet H3.3 Utvikling og test av maskinlæringsmodellen. Ulike ML- modeller vil bli vurdert og testet. En hovedoppgave vil være å med basis i tilgjengelige sensor- og brukerdata identifisere et sett parametere som kan gi en pålitelig prediksjon (i nær sanntid) av sannsynlighet for redusert helse og trivsel og identifisere utløsende årsak.

Aktivitet H3.4 Utforming av beslutningsstøtte. Bruke resultatene fra ML-modellen til å identifisere tiltak på skolenivå for å forhindre/forebygge uønskede helseplager/inneklimate problemer.

H4: Innovativ samskaping og brukerinvolvering

(Leder: NILU og NAAF, deltagere: alle)

Mål: Utnytte eksisterende og ny teknologi for å bidra til økt kunnskap, bevissthet, rolleforståelse og handlingskompetanse innen inn klima og HMS på skolenivå. Sikre bred brukerinvolvering av alle relevante aktører på skolen (teknisk, drift, pedagogisk, elever, foreldre) og eiendomsforvaltere i kommunen i planlagte innovative samskappingsprosesser for utvikling av verktøy som skal inngå i BOF.

Input: Idemyldringer, workshops, seminarer, informasjon fra H0, H1, H2 og H3. Kommunikasjon med H5.

Resultat: Spesifikasjoner av BOFs brukerorienterte del og lenker til eksisterende systemer (HMS, internkontroll mfl). Materialer for kunnskapsdeling (se Tabell 3). To versjoner av konsept for BOF (input til H5).

Aktivitet 4.1 Planlegging av samskappingsprosesser

Aktivitet 4.2: Samskaping om en brukervennlig digital plattform for tilbakemelding på opplevd inn klima

Aktivitet 4.3: Samskaping om metodikk for integrerbare og modulbaserte verktøy for engasjement og praktisk inn klimaarbeid på skolenivå.

Aktivitet 4.4 Klassifisering av tiltak for forbedring av inn klima som kan utføres av ansatte og elever, knyttet til de ulike inn klimafaktorene (støy, luftkvalitet, termiske forhold m.m.), samt beskrive roller og ansvar for iverksettelse av tiltak. Arbeidet skal baseres på eksisterende verktøy utviklet av NAAF i samarbeid med NTNU i «Skoler på vent»-prosjektet¹¹.

H5: Metodikk for BOF (Leder: NILU, deltagere: NTNU, NAAF, mulige bidrag fra Airthings, GK Inneklimate, Schneider Elektriske og Johnson Controls)

Mål: spesifisere og demonstrere tekniske løsninger for BOF. Spesifikasjonene vil omhandle både hvordan ulike systemer kan og bør kommunisere og dele data med hverandre, og på hvilke måter det er hensiktsmessig å innlemme disse tjenestene i allerede eksisterende løsninger (Internkontrollsystemer, Kvalitetssikringssystemer, FDV-systemer, m.m.).

Input: H1 (Digitale spørreundersøkelse), H2 (Erfaringer med innhenting av målte verdier), H3 (Trent ML-modell), H4 (erfaringene med brukerinvolvering og praktisk skolearbeid).

Resultat: Metodikk for BOF. Tekniske beskrivelser og material for demonstrasjon (mock-up). Publisering av tekniske og ikke-tekniske materialer (se Tabell 3).

¹¹ Skoler på vent-prosjektet er finansiert av midler fra Stiftelsen Dam og er et samarbeid mellom NAAF, NTNU, Sintef og Trondheim kommune. Prosjektet avsluttes i 2021, <https://dam.no/prosjekter/skoler-pa-vent-en-verktoykasse/>

Aktivitet H5.1 Metodikk for engasjement og praktisk inneklimatearbeid

Aktivitet H5.2 Metodikk for integrering av datakilder og kommunikasjon

Aktivitet H5.3 Konsept og prototype av BOF

Aktivitet H5.4 Klassifisering av tiltak basert på parametere som gir økt sannsynlighet for helseplager

ML-modelleringen skal gi en sannsynlighet for hvilke helsemessige plager som kan oppstå ved visse målte parametere. Vi vil derfor lage en klassifisering av forebyggende tiltak som kan gjøres lokalt i bygget for å minimere risikoen for helseplager. Tiltakene blir knyttet mot rollefunksjoner og tilpasset hvilke brukere av bygget det er mest hensiktsmessige at utfører tiltakene.

Aktivitet H5.5 Arkitektur-design for BOF. Etablering av samspillet mellom digitale teknologier og brukere for bærekraftig inneklimate i norske skoler.

Aktivitet H5.6 Klargjøring av verktøy og tilleggstenester for integrering i eksisterende systemer Produktene og tjenestene som er utviklet i prosjektet (ML-modell, grensesnitt mot SD-anlegg og andre dataressurser, digitalt spørreskjema for skolene) vil klargjøres for operasjonell drift og med grensesnitt som gjør det mulig for kommunikasjon mellom og integrering i eksisterende systemer.

Aktivitet H5.7 Publisering - metadata, kildekoder, algoritmer, dokumentasjon gjøres tilgjengelig via åpne GitLab eller lignende dokument og kodehåndteringssystemer.

Aktivitet H5.8 Konseptbevis (POC) Dataflyten mellom de ulike modulene og kommunikasjonen mellom de ulike systemene vil bli testet.

H6: Koordinering, kommunikasjon og gevinstrealisering (Leder: NILU, deltakere: alle)

Mål: Sørge for at prosjektet oppnår sine mål som beskrevet i denne søknaden, sørge for en målrettet kommunikasjon av prosjektets aktiviteter og resultater og realisering av gevinster som beskrevet i seksjon 3.

Aktivitet 6.1 Administrasjon. Kick-off-møte, styringsgruppemøter, ledermøter, implementeringsgruppemøter, konsortium avtale, kontakt med NFR, dataforvaltningsplan.

Aktivitet 6.2 Risikostyring. Sørge for at problemer identifiseres tidlig og at det sikres prosjektets framgang.

Aktivitet 6.3 Kommunikasjon. Kommunikasjonsplan og koordinering av aktiviteter

Aktivitet 6.4 Gevinstrealisering. Strategi og plan for realisering av gevinster.

4.1.2 Prosjektorganisering, samarbeid og forankring

Prosjektansvarlig er Oslobygg. Prosjektets konsortium består av tre FoU-aktører (NILU, NTNU, NAAF), to kommuner (Nordre Follo og Volda), to Oslo-skoler (Kuben, Brannfjell), et forsikringsselskap (KLP), tre leverandører av tekniske anlegg for bygg som har intensjonsavtale med Oslo Kommune (Schneider Electric, GK inneklimate, Johnson Controls) og en leverandør av frittstående overvåkningssystem for inneklimate (Airthings). Deres roller er nærmere beskrevet i partneropplysningskjemaer.

Prosjekt er organisert i syv aktiviteter der prosjektstyring er egen aktivitet (H6.2) og består av følgende:

- **Styringsgruppe:** Ledes av prosjektansvarlig. Tar kontraktrelaterte beslutninger og skal sørge for at innovasjonspotensialet i prosjektet maksimeres. Alle partnere er representert og møtes 2x per år.
- **Ledergruppe:** Ledes av prosjektleder (NILU), og består av prosjektansvarlig og alle arbeidspakkeledere. Gruppen møtes 10x per år og hvis behov, oftere (f.eks. i starten). Har implementeringsansvar for prosjektet, rapporterer til Styringsgruppen. Har ansvar for risikostyring.
- **Implementeringsgruppe:** Ledes av prosjektleder, består av alle deltakere i prosjektet med utøvende funksjon. Møtes etter behov, mest sannsynlig 10x per år i tilknytning til møter for ledergruppe. Skal bidra til effektiv gjennomføring av prosjektet inkl. maksimering av synergier og virkninger.

Bruk av resultater etter prosjektets slutt

DIGG-MIN-SKOLE skal utvikle nye metoder for å forbedre inneklimate i norske skoler ved å kombinere data fra sensorikk med brukernes opplevelser. Ved prosjektets slutt skal brukerne være i stand til å gjennomføre enkle tiltak for å forbedre inneklimate i skolebygget. NILU og NTNU vil forske videre på ML og big data. Nettverket av skoler og kommuner etablert i prosjektet vil være en nyttig ressurs for NILUs og NAAFs arbeid med tanke på inneklimate(-forskning) og brukervedvirkning. Airthings vil kunne bruke nettverket med skoler og kommuner i prosjektet videre i sitt kommersielle arbeid for å videreutvikle salgsmuligheter på det norske markedet. Oslobygg og KLP vil kunne bruke prosjektets resultater for å veilede/gi konsultasjon til flere skoler/kommuner som ikke har deltatt i prosjektet. Alle de kommersielle partnere skal kunne bruke resultater til å utvikle nye tjenester.