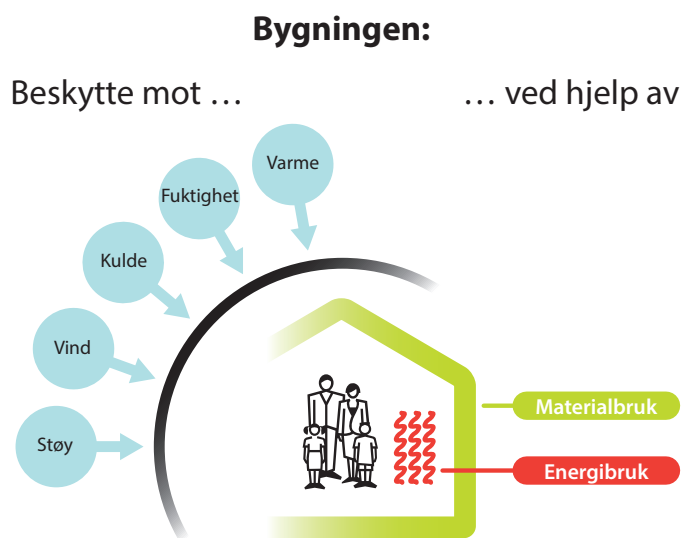


Framtidens bygg

Erfaringer med bruk av lavenergi og passivhus yrkesbygg

Innemiljø og energibruk, undersøkelse av noen utvalgte bygg og innspill til metode for å avdekke sammenhenger

Rapport 19.12.2013



Illustrasjon: Truls Lange, Civitas

Innhold

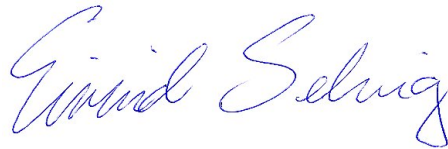
Forord	4
Sammendrag	5
Summary	9
1 Bakgrunn og formål	14
2 Framgangsmåte i prosjektet	15
2.1 Avgrensninger i prosjektet og analyser	15
3 Problemstillinger – analyse og etablering av hypoteser	17
3.1 Problemstilling	17
3.2 Hovedspørsmål	18
3.3 Tiltak for å oppnå lavenergi og passivhus og redusert miljøbelastning fra energibruk i bygg	19
4 Hypoteser	24
5 Metodeutvikling	27
5.1 Noen forutsetninger	27
6 Energibruk – beregninger og målinger – metode og systematikk	29
6.1 Energidefinisjoner	30
6.2 Hvilket punkt/systemgrense skal vi sammenligne ved?	30
6.3 Forskjell mellom beregnet og målt energibruk	31
6.4 Å sammenligne epler og pærer	33
6.5 Enovas energistatistikk	33
6.6 Vurdering av energieffektivitet – hvilke parametere skal velges?	35
6.7 Vurdering av byggenes energibruk	36
6.8 Vurdering av energibruk og inneklima	37
6.9 Hva bør måles?	40
6.10 Sammenstilling av energidata – tabell	40
7 Inneklima – brukerundersøkelse: Ørebroundersøkelsen	42
8 Brukererfaringer - eiere og drifter - intervjuguide	46
8.1 Spørsmålene – formuleringer og antall	46
8.2 Datahåndtering og videre analyser	46
9 Evaluering av energibruk og inneklima i passivhus og lavenergi yrkesbygg – uttesting av metode	48
9.1 Utvelgelse av bygg	48
9.2 Datainnhenting – gjennomføring og erfaringer	49
10 Resultater fra utvalgte bygg – test av metode	53
10.1 Byggenes energibruk	53
10.2 Inneklima og driftsoppfølging – intervju med driftspersonale og superbrukere	54
10.3 Resultater fra Ørebroundersøkelsen	59
10.4 Sammenkobling av resultatene om opplevd inneklima og energibruk	62
10.5 Drøfting av resultater og metode	64
11 Drøfting av resultater - hypotesetesting	66
11.1 Bygningsutforming – geometri og nummerering	66
11.2 Bygningsskall	66
11.3 Vinduer og dører	66
11.4 Eksponerte materialer	68
11.5 Ventilasjon	68
11.6 Behovsstyrt varme- og kjøling, natt og helgesenking	68
11.7 Belysning	68
11.8 Utnyttelse av dagslys	69
11.9 Energiforsyning og intern distribusjon i bygg	69
11.10 Piloteffekter	69
11.11 Økt kompleksitet i styring av byggenes energibruk og inneklima	69
11.12 Tiltaksprioritering	71
12 Anbefalinger - metodikk for etterprøving av bygg	72
12.1 Datagrunnlag for indikasjon av byggets faktiske ytelse	73
12.2 Datagrunnlag for byggets beregnede ytelse	73
12.3 Datagrunnlag for normalisering og analyse – hva er nødvendig?	74
13 Innspill til revisjon av teknisk forskrift	76
14 Referanser	78
15 Vedlegg 1 - Referansegruppe	79
16 Vedlegg 2 - Byggbeskrivelser	80
17 Vedlegg 3 – Ørebroundersøkelsen – Resultater	81

Forord

Studien er utført på oppdrag av Kommunal og regionaldepartementet, i samarbeid med Miljøverndepartementet som del av det statlige utviklingsprosjektet Framtidens Byer. Marit Hepsø, KRD, har vært prosjektleder hos oppdragsgiver.

Arbeidet er utført i perioden august - november 2013 og av en prosjektgruppe bestående av Civitas, SINTEF byggforsk, Miljøanalyse og TinyMesh. Eivind Selvig, Civitas, har vært prosjektleder.

Utvalg og befaringer av bygg er til en viss grad koordinert med Enova-prosjektet "Formålsdelt energibruk i energieffektive yrkesbygg". Enova-prosjektet har imidlertid en varighet til 2015 slik at ingen resultater har ikke vært tilgjengelige innen KRD-prosjektets avslutning.



1. des. 2013 Eivind Selvig, Civitas, prosjektleder

Sammendrag

Civitas med samarbeidspartnere har hatt i oppdrag fra Kommunal- og regionaldepartementet å undersøke erfaringer med drift og bruk av yrkesbygg med energiytelse som lavenergibygg eller passivhusnivå.

Studien har omfattet undersøkelse av brukeres opplevelse av inneklima, driftspersonalets og eiernes erfaring med driften samt dokumentert energibruk, beregnet og målt. Hovedspørsmålene er:

- Går ambisjoner om høy energieffektivitet og lav energibruk på bekostning av godt inneklima?
- Er det større forskjell mellom faktisk energibruk og prosjektert beregnet energibruk i bygg planlagt som passivhus eller lavenergibygg enn i andre bygg?

Med grunnlag i undersøkelsene foreslår studien en metodikk for systematisk innsamling og dokumentasjon av bruker- og driftserfaringer fra bygg, og en metode der resultater fra brukererfaring (inneklima) kobles opp til planlagte energibruk for bygget. Vår undersøkelse av kun 10 bygg gir for få datapunkter(bygg) til kunne avdekke trender/sammenhenger mellom energibruk og inneklima.

Undersøkelsen har omfattet et begrenset utvalg på 10 yrkesbygg med planlagt energiytelse på lavenergi- eller passivhusnivå. Noen av byggene er pilotbygg i de statlige og kommunale utviklingsprogrammene Framtidens Byer og Future Built.

I store trekk er vårt inntrykk at brukerne er fornøyde med byggene. Det gis en rekke positive tilbakemeldinger fra brukerne av byggene, men også noen negative.

Inneklima? Undersøkelsen avdekket varierende grad av utfordringer med inneklima og drift av byggene, men resultatene viser generelt sett ikke overhyppighet av klager på inneklimaforhold sammenlignet med referansedata. Ser man litt nærmere på dataene så er det noe høyere andel klager på "støy og belysning" og overhyppighet av "allmensymptomer" (f.eks. tretthet, hodepine).

Klager på *støy* kan ikke knyttes til egenskapene til "passivhus" og "lavenergibygg", og en mulig årsak kan være de utvalgte byggenes urbane beliggenhet.

Klager på *belysning* i noen av byggene peker på et det kan være utfordringer med dagslystilgang. Indikasjoner på dette kan vi lese ut fra disse byggenes glassandel og bygningsform. Det antyder at man må være påpasselig med kontroll av at dagslyskravene oppnås. Valg av belysningstype kan også være årsak til forhøyet klageandel.

Overhyppighet av *allmensymptomer* kan være indikasjon på dårlig luftkvalitet, men resultatene viser ikke overhyppighet av klager på innestengt og "dårlig" luft. Kanskje kan årsaken til tretthet og hodepine være støy og belysning? Det krever imidlertid detaljundersøkelser med finmaskede målinger av en rekke parametere hvis årsakssammenhengene skal avdekkes.

Teknisk kompliserte bygg? De undersøkte byggene er til dels teknisk kompliserte, men samme type tekniske anlegg finner man i TEK10-bygg. Det er funnet lite bruk av eksperimentell teknologi. Noen av byggene i utvalget har likevel hatt store innkjørings- og driftsproblemer som har påvirket inneklimate. Resultatene indikerer at det kan være:

- Teknisk feilleveranse fra entreprenør
- Dårlige kombinasjoner av komponenter (tekniske egenskaper) og feilplassering av sensorer for solavskjerming, feilplassering av termostat og/eller CO₂-føler.
- Sentralt driftskrollanlegg som ikke "snakker" direkte med energi- og inneklimatemålerne i bygget. Måledata må via tredjepart for konvertering.
- Ufullstendige innkjøring, testing og kontroll av tekniske anlegg før overlevering. Foreligger ikke innreguleringsprotokoll.
- Lite robuste løsninger, f.eks. få eller ingen vinduer som kan åpnes
- Fravær av brukerkontroll for den enkelte, f.eks. temperaturregulering, solavskjerming, luftmengder og belysning.

Andre bygg har ikke hatt vesentlige innkjørings- og driftsproblemer som har gått ut over inneklimate. Resultatene indikerer at årsaken kan være:

- Profesjonelle eiere og bestillere – god kravspesifikasjon
- Godt organisert drift – god kunnskap hos driftspersonell
- Online datatilgang for beslutningstakere på flere nivåer i organisasjonen

For de byggene med utfordringer knyttet til innregulering, overlevering, styringen og bruk av de tekniske anleggene har vi ikke undersøkt om problemene kan knyttes til entreprisform, uavklarte ansvarsområder og/eller kompetansesvikt hos bestiller og/eller leverandør.

Metodikk. Rapporten foreslår forenklede metoder for innsamling og evaluering av data som kan bidra til å avdekke om det enkelte bygg yter på forutsatt nivå og hvis ikke bidra til å snevre inn problemområdet og fokusere de videre undersøkelsene.

Vi har testet ut metoder for innhenting av data; Ørebroundersøkelsen på web (opplevd inneklimate), elektroniske og/eller direkte intervjuer av driftspersonell og eiere (driftserfaringer og avvik fra planlagt) samt skriftlig innhenting av energidata (beregnet/planlagt og målt).

Det har imidlertid vært vanskelig å få tak i tilstrekkelig måledata fra byggene. Vårt utvalg er hentet fra pilotbygg i Framtidens byer og Future Built og man skulle i utgangspunktet tro at de var godt instrumentert, fulgt opp og dokumentert. Det har vist seg å ikke være tilfelle.

I all hovedsak skyldes vanskelighetene med datatilgang manglende instrumentering, manglende system for innsamling og dokumentering av måledata og manglende system/ansvar for oppbevaring av dokumentasjon fra prosjektering og "som bygget".

Dette peker på at det bør vurderes å innføre krav til instrumentering, en minimums målerstruktur for levert energi, energibruk og inneklima samt tilgjengelig oppbevaring av historiske data.

Forbedringspotensial. Prosjektet har vist at enkelte bygg etter 2-4 års drift av ulike årsaker ikke fungerer så godt som forutsatt. Det er grunn til å tro at mer avanserte løsninger øker mulighetene for feil, samtidig som samspill mellom systemer kan øke sårbarheten og vanskeliggjøre feilsøking. Undersøkelsen tyder på at det er et potensiale for bedre inneklima og energioptimal drift ved grundig funksjonstesting, innregulering, overlevering og drift i nye yrkesbygg. Kvalitetskontroll av tekniske anlegg og krav til overlevering av tekniske anlegg kan bidra til å sikre et godt inneklima. Det er behov for gode verifikasjons- og feilsøkingstøytøys. Slike verktøy må tilpasses det enkelte prosjekt, og både testprosedyrer, resultater og rutiner for feilsøking i drift bør være beskrevet i byggets dokumentasjon av forvaltning, drift og vedlikehold (FDV). Bedre instrumentering kan gi bedre tilstandsbeskrivelse, lette feilsøking og retting av problemer. Dette vil også kunne avdekke feil og mangler i prosjektering og utførelse, og legge til rette for mer optimal drift.

Anbefalinger. Vi anbefaler at det bør gjennomføres systematisk:

- 1 dokumentasjon og etterprøving av byggenes energibruk og inneklima på et overordnet nivå
- 2 verifikasjons- og feilsøking i forbindelse med overlevering av bygg fra entreprenør til byggherre
- 3 opplæring av driftspersonell for å sikre god kunnskap om hvordan alle tekniske systemer i bygget fungerer og samhandler

I denne studien har vi kun gått nærmere inn på hvordan man kan løse punkt 1 – etterprøving på overordnet nivå.

Overordnede indikatorer er først og fremst til nytte for forvaltning og myndigheter som har ansvar for utforming av virkemidler og regelverk. For det enkelte bygg kan man få en indikasjon på om bygget har problemer som bør undersøkes nærmere. Det vil kreve mer detaljerte undersøkelser for å identifisere årsakssammenhengene, i.e. punkt 2 ovenfor. Punkt 3 ser vi på som nødvendig og er av forbyggende karakter.

Vi har foreslått en metode og framgangsmåte for å gjennomføre punkt 1. Denne metodikken er ikke tilstrekkelig til å finne årsakene til eventuelle problemer med inneklima eller energibruk, eller en sammenheng mellom dem. I enkelte tilfeller vil den overordnede tilnærmingen kunne skjule et energiproblem fordi valgt verdi for enkelte parametere er urealistisk, f.eks. energi til varmt tappevann. Den kan imidlertid gi en indikasjon på det enkelte byggs prestasjon sammenlignet med andre bygg basert på overordnede data, jf. Enovas byggstatistikk energibruk. Metoden gir grunnlag for å gå videre med en mer detaljert feilsøking.

I vår uttesting av metode har vi identifisert at det er store utfordringer med å framskaffe selv relativt overordnede data om byggenes ytelse og tilstand. Skal metodikken kunne anvendes på alle bygg er det nødvendig at det stilles krav om måling og dokumentasjon av byggenes beregnede ytelse og faktiske ytelse. Dette krever data om:

- Beregnet levert energi. Dette kan fremskaffes fra byggets energimerking.
- Beregnet netto energibehov fordelt på energiposter.
- Målt levert/kjøpt energi pr. energibærer (el, fjernvarme, etc)
- Målt energi til formålene romoppvarming, romkjøling, varmt tappevann og elspesifikt forbruk
- Målt inneklimate sammenlignet med prosjektert inneklimateklasse
- Opplevd inneklimate – Ørebroundersøkelse
- Reelle driftsforhold – driftstid, personbelastning, andre forutsetninger sett i forhold til hva som lå til grunn for prosjekteringen av bygget.

Det foreligger ikke et tilstrekkelig antall undersøkelser til å vise en signifikant korrelasjon mellom inneklimate og energibruk. Vi foreslår at dette testes. På bakgrunn av ovennevnte datafangst beregnes indikatorsett og vi foreslår å plotte energi mot undersøkte inneklimatefaktorer. På et overordnet nivå kan det for eksempel være å plotte kjøpt energi mot "andel plaget av dårlig luftkvalitet". På et mer detaljert nivå kan det være å plotte en energipost, for eksempel oppvarming, mot "andel plaget av høy/lav temp"

Med et tilstrekkelig antall bygg som referansemateriale vil man se om et konkret bygg faller innenfor eller utenfor det som er "normalen". Det vil også kunne gi indikasjoner på gode eller dårlige trender for den samlede bygningsmassen.

Hvordan en rapportering, mottak av data fra enkeltbygg og beregning av indikatorene skal organiseres har vi ikke vurdert, men det kan synes naturlig å knytte det opp til Enovas byggstatistikk for energibruk.

Implikasjoner for ny TEK. Mulige negative bruks- og inneklimatekonsekvenser av en skjerping av energikravet i TEK til passivhusnivå synes å være små sammenlignet med det generelle forbedringspotensialet som ligger i grundigere funksjonstesting, innregulering, overlevering og drift.

Det anbefales å utrede hvilke virkemidler som er mest egnet for å styrke de omtalte prosessene. En form for systematisk evaluering av brukernes og driftspersonalets erfaringer bør inngå. Vi anbefaler at det samles inn data om opplevd inneklimate i nye yrkesbygg i løpet av første driftsår og etter to til fem års drift. Datainnsamling kan med fordel tilpasses lokale behov, og for eksempel inngå i arbeidsmiljøundersøkelse.

Vi foreslår at det innføres krav til instrumenteringen av bygget slik at det blir mulig å innhente relevante måledata som lettere kan sammenlignes med ytelsene fastsatt i forskrift.

Summary

Civitas with partners have been commissioned by the Ministry of Local Government and Regional Development to investigate experiences from the operation and use of non-residential buildings with an energy performance at low-energy or passive house standard.

The study included examination of the users' perception of indoor air quality, operations staff and the owners' experience and documented energy use, calculated and measured. The main questions to be answered are:

- Have the efforts to meet stringent energy efficiency and low energy use been at the expense of good indoor air quality?
- Is there larger difference between the actual energy consumption and designed energy consumption for buildings planned as passive or low energy than in other buildings?

Based on surveys we suggest a method for systematic collection and documentation of user- and operations staff experience, and a method where the user experience with respect to indoor air quality is viewed in relation to the building energy use. Our survey of only 10 buildings provides too few data points (buildings) to uncover trends / correlations between energy use and indoor climate.

The investigation involved a limited sample of 10 commercial buildings with a planned energy performance at low-energy or passive house standard. Some of the buildings are pilot projects in the state and municipal development programs of the Future Cities and FutureBuilt.

In broad terms, our impression is that the users are satisfied with the buildings. There is a lot of positive feedback from the users of the buildings, but also some negative. The investigation has not revealed challenges that can be said to be specific to passive or low energy commercial buildings.

Indoor air quality? The survey revealed varying degrees of challenges with indoor air quality and operation of the buildings, but the results do not in general exhibit higher frequency of complaints about indoor air quality conditions compared with reference data. Looking more closely at the collected data a slightly higher proportion of complaints on "noise and lighting" and the frequency of "general symptoms" (eg. Fatigue, headache) is observed.

Complaints about noise cannot be linked to the properties of "passive" and "low energy buildings", and a possible reason may be the selected buildings' urban location.

Complaints about the lighting in some of the buildings point towards a challenge with daylight access. Indications of this we interpret from these buildings' glass ratio and building form. It suggests that one must be assured that daylight requirements are achieved. Selection of lighting type can also be the cause of increased number of complaints. Increased incidence of general symptoms may be indicative of poor air quality, but the results do not exhibit higher frequency of complaints of stuffy and

"bad" air. Perhaps the reason for tiredness and headache is related to noise and lighting? However, it requires detailed investigations with fine mesh measurements of a number of parameters to reveal the causal connections.

Technical complicated buildings? The selected buildings are to some extent technically complex, but the same kind of technical facilities can be found in TEK10 buildings. We found little use of experimental technology. Some of the buildings in the sample still have had major entry and operational problems that have affected the indoor quality. The results indicate that there may be:

- Technically faulty delivery from contractor
- Poor combinations of components (technical characteristics) and incorrect positioning of sensors for solar shading, improper placement of the thermostat and/or CO2 sensors.
- Central operation control systems that do not " talk " directly with the energy and climate gauges in the building. Measurement data must be routed via a third party for conversion.
- Incomplete commissioning, testing and control of technical systems before handover. No commissioning protocols available.
- Solutions not robust, e.g., few or no windows that may be opened
- Lack of individual user control, of for example temperature control, solar shading, air flow and lighting.

Other buildings have not had any significant entry and operational problems that have affected indoor air quality. The results indicate that the cause may be:

- Professional owners and clients - good specifications
Well organized operation - good knowledge of operation by the operation staff
- Online data access for decision makers at various levels in the organization

For those buildings with the challenges associated with commissioning, delivery, management and use of the technical systems, we have not investigated whether the problems can be attributed to the contract terms, unclear responsibilities and / or insufficient skills by those who order and / or supplier.

Methodology. The report proposes simplified methods for the collection and evaluation of data that may help identify whether the individual buildings perform at the intended level and if not help to narrow down the problem area and focus further investigations.

We have tested methods of data collection; Örebro survey on web (perceived indoor air quality), electronic and / or direct interviews of operations staff and owners (operating experiences and deviations from planned) and written collection of energy data (intended / planned and measured).

It has been difficult to obtain sufficient measurement data from the buildings. The selected buildings are among the pilot buildings in Cities of the Future and FutureBuilt and one might initially believe that they were well instrumented, monitored and documented. This has proved not to be the case.

The difficulty of data access are mainly due to lack of instrumentation, lack of systems for collecting and documenting measurement data and a clear allocation of responsibility for keeping documentation from design and "as built".

This clearly indicates that requirements regarding instrumentation, minimum measurements of delivered energy, energy consumption measurements, indoor air quality measurements and accessible storage of historical data it should be considered.

Improvement potential. The project has shown that certain buildings after 2-4 years of operation for various reasons do not perform as well as expected. There is reason to believe that more sophisticated solutions increase the chances of failure, and interaction between systems can increase vulnerability and complicate troubleshooting. The survey suggests that there is a potential for better indoor air quality and energy optimal operation by thoroughly testing installed technical systems, commissioning, handover and operation of new commercial buildings. Quality control of technical systems and requirements for the delivery of technical systems can help ensure good indoor air quality. There is a need for good verification and troubleshooting tools. Such tools must be adapted to each project, and both test procedures, results and procedures for troubleshooting the operation should be described in the documentation of the building's management, operation and maintenance (O & M). Better instrumentation can provide improved status of technical systems, and facilitate troubleshooting and correcting problems. Moreover, it may reveal defects in design and execution, and improve operation.

Recommendations. We recommend that action is taken in a systematic manner in order to assure:

- 1 documentation and evaluation of buildings' energy use and indoor air at an entry level (overarching general indicators)
- 2 verification and troubleshooting handover of the building from the contractor to the client
- 3 training of operating staff to ensure good knowledge of how all technical systems in the building works and interacts

In this study we have just gone into detail on how to solve point 1 - verification at an entry level.

Overarching indicators are primarily beneficial for government and authorities responsible for the design of policy instruments and regulations. It provides an indication of whether the building has problems that should be investigated further. More detailed studies are required to identify causal relationships, i.e., point 2 above. Point 3 we consider necessary and is of preventive character.

We have proposed a method and procedure for performing point 1. This methodology is not sufficient to find the causes of any problems with indoor air quality or energy, or a connection between them. In some cases, the overarching approach could hide an energy problem because the selected value of certain parameters, such as energy for hot water is unrealistic. It can, however, give an indication of the individual building's performance compared with other buildings based on overall data, e.g., Enova building energy statistics. The method provides a basis to proceed with a more detailed troubleshooting.

In our testing of the method we have identified significant challenges in obtaining even relatively general data about the buildings' performance and condition. If the methodology is to be applied to all buildings, it is necessary to require measurement and documentation of buildings' estimated- and actual performance. This requires data on:

- Estimated energy requirements. This can be obtained from the building energy labeling.
- Calculated net energy by subcategory.
- Measured supplied / purchased energy per energy carrier (electricity, district heating, etc.)
- Measured energy for space heating purposes, space cooling, domestic hot water and electricity specific consumption
- Measured indoor air quality compared to relevant air quality standard
- Perceived indoor air quality - Örebro Survey
- Actual operating ratio – hours of use, number of persons using the building, other factors relative to the basis for the planning of the building.

There are not a sufficient number of buildings in our study to show a significant correlation between indoor air quality and energy consumption. We propose that this be tested. Based on the above data capture calculated set of indicators and we propose to plot energy against indoor air quality factors examined. On a general level it may be, for example to plot purchased energy together with "share plagued by poor air quality". At a more detailed level may be plotting an energy subcategory, such as heating, together with "share plagued by high / low temp ".

With a sufficiently large number of buildings you will see if a concrete building falls within or outside what is considered "normal ". It will give indications of good or bad trends for the stock of buildings.

We have not considered how reporting, reception of data from individual buildings and calculation of the indicators should be organized, but one obvious option is to link it to Enova building statistics for energy use.

Implications for new TEK. Possible negative operating and indoor air quality consequences of intensification of the energy requirement of the technical requirements to buildings (TEK) to Passive House level seems small compared with the overall improvement potential of more thorough

functional testing, commissioning and improved handover and operational procedures.

It is recommended to assess which measures are most suitable for enhancing the mentioned processes. Some form of systematic evaluation of users and operation staff experience should be included. We recommend that collected data on perceived indoor air quality in commercial buildings during the first year and after two to five years. Data collection may preferably be adapted to local needs, for example, be included in the working environment survey.

We propose introduction of requirements for instrumentation of buildings so that it is possible to obtain relevant measurement data in order to facilitate comparison with the regulatory requirements.

1 Bakgrunn og formål

Stortinget har i behandlingen av to Stortingsmeldinger vedtatt at byggt teknisk forskrift skal revideres til passivhusnivå i 2015 og nesten nullenerginivå i 2020. Hvilket energibehovsnivå man skal legge seg på er avhengig av hvilke konsekvenser dette vil få for byggets brukere med tanke innemiljø og helseeffekter, samfunnsøkonomiske konsekvenser og hvilke krav det vil stille til byggebransjens kompetanse.

Et annet bakteppe for studien er evaluering av pilotbygg som inngår i det statlige utviklingsprogrammet Framtidens Byer. Pilotbyggene er alle lavenergi eller passivhus, og det har vært et ønske å undersøke brukernes erfaringer med inneklima sett i sammenheng med energibruk i disse byggene.

Det er reist spørsmål ved om bygg med svært lavt energibehovsnivå blir for kompliserte å bygge og drifte. Kan kravene til godt inneklima/miljø tilfredsstilles samtidig som man oppnår lav energibruk i en reell driftssituasjon? Samtidig er det reist spørsmål ved om innretningen på teknisk byggt forskrift og beregningsmetodene som anvendes i planleggingen av byggene, fanger opp disse mulige konfliktene i en driftssituasjon.

Formålet med prosjektet er å:

- Øke kunnskapen om erfaringene ved drift og bruk av yrkesbygg med energiytelse som passivhus eller tilsvarende lavt energibehovsnivå
- Utvikle, legge til rette for, en metodikk for systematisk innsamling og dokumentasjon av bruker- og driftserfaringer fra bygg
- Utvikle en metode for kobling mellom resultat fra brukererfaring med planlagte ytelser for bygget (energibruk)

Resultatene er presentert slik at de kan inngå som del av vurderingsgrunnlaget for fremtidig innskjerping av energikrav i byggt forskriftene.

Kommunal- og regionaldepartementet i samarbeid med Miljøverndepartementet, er oppdragsgiver for prosjektet. Arbeidet er utført av en prosjektgruppe bestående av Civitas, SINTEF, Miljøanalyse og TinyMesh.

2 Framgangsmåte i prosjektet

Prosjektet omfatter både metodeutvikling og testing av denne ved innsamling av data fra et lite utvalg bygg. En vesentlig del av prosjektet har vært å samle data om brukererfaringer om inneklima, energiytelse og styring.

Arbeidet har vært lagt opp etter fem hovedtrinn, men på grunn av den korte gjennomføringstiden for prosjektet er 1-4 utført parallelt:

- 1 Analyse av problemstillingene, etablering av hypoteser
- 2 Forslag til metodikk / framgangsmåte
- 3 Testing av metodikk på et utvalg bygg (10 stk.):
 - Innsamling av skriftlig dokumentasjon
 - Innsamling av erfaringsdata – spørreundersøkelse og intervjuer
 - Sammenstille og analysere data i hht. metode.
- 4 Drøfte erfaringer med framgangsmåten og resultater opp mot de etablerte hypoteser
- 5 Presentasjon og anbefalinger – resultater fra de utvalgte bygg, anbefaling vedrørende metodikk og innretning på myndighetskrav/forskrift

Dokumentasjonen av drifts- og brukererfaringer i vårt utvalg av bygg vil bidra til øke kunnskapen og det vil bidra til å gi noe innsikt i hvilke faktorer det er viktig å kontrollere ved godkjenning av bygg. Imidlertid er et utvalg på 10 bygg så lite at det i første rekke bidrar til å teste metodikken og gi noen indikasjoner på hvor og hvordan man bør lete videre etter årsakssammenhenger.

2.1 Avgrensninger i prosjektet og analyser

Prosjektet omfatter brukerne av og driftspersonell i et bygg. Bygget er avgrenset til å være den fysiske bygningskropp, energisystemene og andre tekniske installasjoner som inngår for å skape et godt inneklima og lav energibruk med små negative ytre miljøbelastninger. Inneklima har vi avgrenset til å omfatte temperatur, lys, luftkvalitet og til en viss grad støy fra innendørs kilder. I en brukerundersøkelse vil også en rekke andre faktorer spille inn på brukernes svar på opplevd inneklima. Energibruk omfatter energibruk til alle formål.

Prosjektet omfatter ikke *aktivitetene til virksomhetene som anvender bygget.* Denne aktiviteten kan medføre energibruk og utslipp utover det som er relatert til klimatisering og bygningsdrift. Eksempler på det kan være utslipp fra transport til og fra bygget som forringer utendørs luftkvalitet som igjen kan påvirke innendørs luftkvalitet. Virksomhetenes ønske om sentral lokalisering der det kan være dårlig luftkvalitet påvirker inneklima og brukernes tilfredshet. Problemstillingen faller utenfor en rimelig tolkning av dagens energikrav i forskriften og utenfor rammen av dette prosjektet.

Produksjon av energi til bygningen kan også ha inneklimakonsekvenser, for eksempel i form av luftforurensning fra forbrenning, eller støy fra

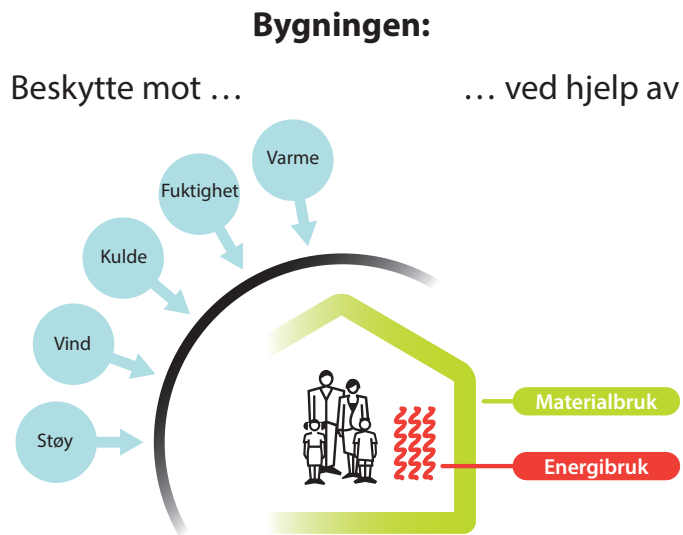
varmepumper, men vi har ikke sett det som naturlig å inkludere dette i en analyse på bygningsnivå.

Materialvalg og byggeprosess påvirkes av ønske om reduserte klimagassutslipp gjennom levetiden til bygget, LCA=livsløpsvurderinger. Endret materialvalg kan påvirke inneklimaforholdene ganske betydelig, og burde prinsipielt inkluderes i analysen. Prosjekts ramme tillater imidlertid ikke at dette inkluderes.

3 Problemstillinger – analyse og etablering av hypoteser

3.1 Problemstilling

Hensikten med et bygg er å gi brukerne beskyttelse mot det ytre klimaet, dvs. skape et hensiktsmessig inneklima. Materialvalg og utforming av bygget er nært knyttet til både energibruk og inneklima i driftsfasen. Det er dermed en naturlig sammenheng mellom disse innsatsfaktorene og det oppnådde inneklimaet, se figur 4.1.



Figur 3.1: Illustrasjon av forholdet bygg-menneske. Illustrasjon: Truls Lange, Civitas

Man bygger ikke et bygg for å spare energi men for å oppnå et hensiktsmessig inneklima. Energibruken er et nødvendig virkemiddel for å oppnå inneklimaet man ønsker. All energibruk har negative konsekvenser for ytre miljø, for eksempel i form av klimagassutslipp.

Forurensningsbelastningen som følge av materialbruk og energibruk i bygninger har økt i takt med økt antall bygg, antall kvadratmeter per person, økt komfort, osv. Gjennom mange år har man derfor ønsket å redusere energibruk til blant annet oppvarming, ventilering og kjøling, med mer. Virkemidlene har vært regulering, krav til bygningskropp, tekniske anlegg, styringssystemer og energiøkonomisk drift samt ulike tilskudd til energieffektivisering.

Spørsmålet om hvorvidt krav til lavt energibruk eller passivhusnivå er i konflikt med krav til et godt inneklima har vært tatt opp en rekke ganger, spesielt i forbindelse med revisjon av de bygningstekniske forskriftene. Ved en for generell og upresis forståelse av spørsmålet vil svarene lett bli divergerende og lite informative.

Reduksjoner i energibruk kan ha både positive og negative virkninger på inneklimaet. I et folkehelseperspektiv er det vesentlig at virkemidler for redusert energibruk i samfunnet innrettes slik at de utløser de positive og hindrer de negative konsekvensene i størst mulig grad. På grunn av

bygningers høye kostnader og lange levetider er utformingen av byggeregler spesielt vesentlig for å ivareta dette.

Problemstillingene er imidlertid svært sammensatte og det er en rekke forhold som har innvirkning på sluttresultatet – inneklima og energibruksnivå. Disse er blant annet knyttet til:

- Arbeidsprosesser i planlegging, design og soneinndeling av bygget
- Bruk av normerte forutsetninger i planleggingen
- Materialer, bygningsgeometri, lokalisering og orientering
- Tekniske installasjoner og styringsmuligheter, osv.
- Entrepriseformer
- Prosess for overlevering av bygg
- Driftsoppfølging

Som et utgangspunkt for metodeutvikling, testing og innsamling av data, analyse og drøfting av resultater har vi i de kommende kapitlene gjennomgått det som er planlagt, bygget og er i drift. Vi har ikke vurdert entrepriseformer, arbeidsprosesser og prosesser for overlevering. Vi har derimot inkludert driftsoppfølging.

Vår drøfting tar utgangspunkt i tidligere studier der en eller flere av problemstillingene er analysert. Innfallsvinkelen er at ulike *tiltak* for å oppnå redusert energibehov, energiomlegging og gode driftsoppfølgingssystem har ulik grad av inneklimakonsekvenser.

3.2 Hovedspørsmål

Det er formulert følgende to hovedspørsmål / målkonflikter for prosjektet. Disse danner utgangspunkt for drøfting av problemkomplekset og utviklingen av metodikk for evaluering av bygg.

- Går ambisjon om høy energieffektivitet og lav energibruk energikrav på bekostning av godt inneklima?
- Er det større forskjell mellom faktisk energibruk og prosjektert beregnet energibruk i bygg planlagt som passivhus eller lavenergibygg enn i andre bygg?

Et sentralt spørsmål er om dette er nye målkonflikter eller er det de samme konfliktene som også er tilstede for eldre bygg? Det foreligger ingen systematisk dokumentasjon av brukererfaringer og forholdet mellom inneklima og energibruk fra driftsfasen til passivhus og lavenergi yrkesbygg. Teoretisk sett er det ikke noen motsetning. Det finnes design, materialer, teknologi og driftssystemer som kan ivareta begge deler. Men tilbakemeldinger fra brukere og fagfolk indikerer at det i praksis oppstår målkonflikter under drift og bruk av passivhus og lavenergihus. Følgende problemer er rapportert fra bruk av passivhus og lavenergibygg (bla. Berge, 2012¹, Feist, 2005², Enova, 2013³):

¹ Erfaringer med passivhus (foredrag)

² http://www.passivhaustagung.de/neunte/Kran/Passivhaus_Kranichstein.htm

³ <http://naring.enova.no/file.axd?fileDataID=3b440a5f-e2a1-4753-9c41-2f3d657cc0b2>

- Temperaturproblemer om vinteren pga. underdimensjonert varmeanlegg
- Overoppheting om sommeren pga. manglende solskjerming
- Store avvik mellom beregnet og målt energibruk
- Feil i prosjektering og innregulering av tekniske anlegg
- Støy fra ventilasjonsanlegg

Det foreligger imidlertid ingen etablert metodikk for systematisk testing av mulige sammenhenger. Det kan derfor ut fra tidligere undersøkelser ikke sies at passivhus og lavenergi yrkesbygg skiller seg vesentlig fra bygg som er bygget etter minimumskrav i byggeforskriftene; TEK97, TEK07 eller TEK10. Gjennom vår studie har vi etablert en metodikk og testet denne ut; opplevd inneklima vs. energibruk.

Vi har valgt å vinkle spørsmålstillingen på følgende måte:

Er det inneklimakonsekvenser av ulike tiltak som reduserer energibruk til lavenergi- og passivhusnivå eller av tiltak som reduserer miljøbelastningen fra energibruk i bygg?

Aktuelle energitiltak gir oss dermed en struktur på vår videre analyser. Vi går først gjennom tiltakene, mens vi i kapittel 5 gir en vurdering og drøfting av potensielle inneklimakonsekvenser av tiltakene.

3.3 Tiltak for å oppnå lavenergi og passivhus og redusert miljøbelastning fra energibruk i bygg

Det er flere måter og ulike kombinasjoner av tiltak som er nødvendig for å oppnå lavenergi- eller passivhusnivå. Noen av disse kan ha inneklimaeffekter. Det er derfor relevant å undersøke om energikravene fører til at bygg *utformes, brukes eller driftes* på en måte som går ut over inneklimaet.

I SINTEF, 2012⁴, er det gitt en overordnet liste over tiltak som skiller passivhus fra konvensjonelle bygninger og som er relevant for inneklima:

- Høyisolert klimaskjerm (tak, yttervegger, gulv, vinduer og dører)
- Fortrinnsvise orientering av vinduer mot sør for utnyttelse av varmetilskudd
- Minimalisering av kuldebroer
- Minimalisering av luftlekkasjer
- Mekanisk balansert ventilasjon med varmegjenvinning
- Eventuell varmetilførsel gjennom ventilasjonsluft
- Eventuell forvarming/kjøling av tilluft i grunnvarmeveksler

Det er mange av enkeltfaktorer innenfor disse hovedgruppene av tiltak. Vi har beskrevet noen av dem i punktene 1-12 nedenfor. Flere av disse er også drøftet i rapporten SINTEF, 2012. Tiltakene og virkningene av dem kan være tilnærmet de samme i yrkesbygg som i boliger. En del forhold

⁴ Inneklima i energieffektive boliger – en litteraturstudie, SINTEF 2012.

er imidlertid mer relevante for yrkesbygg, for eksempel behovssyrt ventilasjon, automatisk styrt solskjerming, mv., og disse har vi gitt en nærmere vurdering i dette prosjektet.

Tiltak som normalt vurderes for å oppnå lavt energibehov (bruk):

- 1 Bygningsutforming – geometri og orientering:
 - a) Kompakt utforming (lite overflate/volum)
 - b) Vinduer orientert for å optimalisere varmetilskudd fra sol og redusere lokalt kjølebehov
- 2 Bygningsskall (tak, vegg, gulv) med
 - a) Mye termisk isolasjon,
 - b) få kuldebroer og
 - c) høy lufttetthet (liten lekkasje)
- 3 Vinduer og dører
 - a) god varmeisolasjon
 - b) effektiv solskjerming, eventuelt med automatisk styring
- 4 Eksponerte materialer
 - a) "tunge" materialer kan redusere kjølebehov
 - b) "åpne" materialer kan virke fuktregulerende
- 5 Ventilasjon
 - a) effektiv varmegjenvinning
 - b) lite behov for energi til viftedrift og
 - c) behovsstyring
- 6 Behovsstyrt varme og kjøling, natt- og helgesenkning
- 7 Belysning
 - a) energieffektive lyskilder
 - b) behovsstyring og
- 8 Utnyttelse av dagslys

Tiltak for å redusere miljøbelastningen fra energibruk og –system:

Valg av energiforsyning er avgjørende for graden av negativ miljøbelastning forårsaket av energibruk i bygg. Lavenergi og passivhus gir sterkt redusert varmebehov i byggene og det gir dermed noen føringer på hva som er praktisk og økonomisk gunstige energiløsninger. Valg av energiløsning er derfor blitt mer og mer sentralt i forbindelse med rehabiliteringer og nye utbygginger. Energiløsningene har ulike egenskaper som medfører ulik grad av påvirkning på innneklima. Vi anser det som en viktig faktor å studere nærmere i sammenheng med brukererfaringene med innneklima i lavenergi og passivhus yrkesbygg.

På denne bakgrunn bør energiforsyning og internt distribusjonssystem inngå som elementer i vår studie.

9 Energiforsyning og intern energidistribusjon i bygg:

- a) Vannbåren oppvarming / kjøling
- b) Luftbåren oppvarming og kjøling (gjennom ventilasjonsluft)
- c) Lokal el-oppvarming (panelovner)

Krav til energiforsyning og -kilde inngår i bygningsteknisk forskrift og i forskrift om energimerking av bygg⁵. De to forskriftene med tilhørende veiledning bruker imidlertid to ulike beregningsmåter som kan skape forvirring og ikke minst kan det gi ulike prioriteringer av tiltak. For å bedre samsvaret mellom forskriftene er det i en konsulentrapport på oppdrag fra Dibk blant annet foreslått å flytte beregningspunktet for energikravene fra "netto energibehov" til "levert energi" (Rambøll, 2013). Vi kommer tilbake til en nærmere drøfting av betydningen av beregnings- og målepunkter for energibehov og –bruk i neste kapittel.

I plan- og bygningsloven gis det adgang til å gi dispensasjon fra tilknytningsplikten i et konsesjonsområde for fjernvarme hvis det kan dokumenteres at en lokal energiforsyning/løsning er miljømessig bedre enn fjernvarmeforsyningen. I kombinasjon med lavt energi/varmebehov i byggene viser det seg i mange tilfeller at separate lokale energiløsninger er både miljømessig best og gunstig økonomisk. Årsaken er at en rekke fjernvarmesystem i dag baserer seg på høy andel olje, gass, avfall og elektrisitet i sin energiforsyning. Samtidig er det relativt store systemtap i fjernvarmeforsyningen på grunn av mer omfattende distribusjonssystem. Samlet sett gir dette relativt høye utslipp av klimagasser per kWh sammenlignet med lokale løsninger basert på bioenergi, grunnvarme og varmepumper. Andelen fornybare energikilder i fjernvarmesystemene må anslagsvis økes til mer enn 90 prosent for å kunne konkurrere med lokale løsninger. Men det er også viktig å understreke at fjernvarmesystem har andre positive virkninger som håndtering av restavfall og bedret lokal luftkvalitet i bysentra (GBA m.fl., 2012; PBE, 2012; Civitas, 2011).

De ulike energisystemene og distribusjonsmåtene gir også varierende grad av hurtig/langsom respons på regulering av temperatur og innendørs luftkvalitet. Responstiden er viktig for styringen av byggenes inneklima ved skiftende personbelastning, utetemperatur, driftstider, mv.

Andre forhold med konsekvens for inneklima:

Det er flere tiltak og andre forhold som har konsekvenser for inneklima. Vi har tatt med ytterligere tre forhold som også av andre er trukket fram som viktige, og nedenfor gis en kort drøfting av de tre punktene.

10 "Piloteffekter"

11 Kompleksitet og styringsmuligheter

12 Prioriteringer ved knappe ressurser

⁵ <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489>) og i forskrift om energimerke (<http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1665>).

Piloteffekter (pnkt. 10). Ved innføring av ny teknologi kan det oppstå en del effekter knyttet til at *teknologien er ny og uprøvd (10 a)*.

Komponenter som inngår kan for eksempel vise seg ikke å tåle de belastninger de blir utsatt for. For eksempel har erfaringer vist at en type isolerte veggelementer med gipsplater ikke tåler reelle fuktbelastninger uten at det oppstår muggvekst.

Manglende forståelse for tekniske begrensninger kan føre til feil i utførelse og tilpasninger uten at teknologien i seg selv er spesielt komplisert eller på andre måter lite brukbar. For å illustrere med et gammelt eksempel: Teknologien med plast som dampsperre i vegg har vist seg robust og anvendelig, og fungerte bra i forsøksbygg/pilotbygg. Likevel oppsto det en god del skader i den første tiden etter at dette ble tatt i bruk, fordi den ble montert på feil side av isolasjonen.

Det er sannsynlig at *pilotbygg blir spesielt godt fulgt opp (10b)*, og dermed er mindre utsatt for denne typen problemer enn bygg som oppføres etter samme prinsipper. På den annen side tas det i pilotbygg ofte i bruk ny og uprøvd teknologi med høyere risiko for komponent- og utførelsesfeil.

Konklusjonen er at piloteffekter oppstår og kan trekke i begge retninger med hensyn til inneklima og brukererfaringer. Effektene er viktige å være klar over ved tolkningen av resultatene, men det kan være vanskelig å avdekke som systematisk feilkilde.

Økt kompleksitet i styringen av byggenes energibruk og inneklima (pnkt. 11) I tillegg til enkeltfaktorer, kan det tenkes at yrkesbygg med svært høye energiambisjoner totalt sett har flere og mer kompliserte tekniske anlegg.

Bygg med mange tekniske anlegg og avansert styring kan gi mange *feilmuligheter (11a)* og gjøre utførelse, innregulering, og drift mer krevende. Feil i et eller flere ledd kan forårsake feil i styring og drift av oppvarming, kjøling, ventilasjon, belysning og solskjerming noe som igjen kan føre til dårlig inneklima og unødig høy energibruk.

Videre er risikoen større for at uheldige *kombinasjonseffekter (11b)* oppstår i komplekse enn i enkle systemer. I tillegg til dette kan bygg med mange tekniske anlegg redusere brukernes innflytelse på egen situasjon, enten ved at ventilasjon, lys og temperatur er helt automatisert, eller ved at anleggene har et vanskelig brukergrensesnitt.

Økt kompleksitet kan øke feilrisiko ved at regulering og styring kan bli mer krevende enn driftsorganisasjonen har ressurser til å forestå, og brukerne kan få redusert mulighet til selv å påvirke omgivelsene, *redusert brukerstyring (11c)*.

Tiltaksprioriteringer ved knappe ressurser (pnkt. 12) Det store fokus på å oppnå lavt energibehov og –bruk kan ha ført til virkemiddelapparatet er styrket inn mot energiegenskaper foran andre hensyn som inneklima. Med virkemidler sikter vi til Enova som institusjon som måles på oppnådd energireduksjon, støtteordninger til energieffektiviseringstiltak, varsling om ytterligere skjerping av energikrav i forskriften, osv. Det kan

også være utbyggers prioritering og markedet som gir større uttelling for lavt energibruk fordi det reduserer driftskostnadene. Denne vridningen kan være et bevisst valg fra utbyggersiden fordi det er begrensede ressurser til prosjektering og drift, og prioritering av energiltak gir direkte økonomisk innsparing/fordeler.

4 Hypoteser

I kapittel 3 gikk vi gjennom og kort drøftet noen faktorer og delspørsmål knyttet til energiltak, kompleksitet, piloteffekter og prioriteringer av ressurser. På grunnlag av gjennomgangen har vi satt opp noen hypoteser om hvordan disse kan påvirke brukeropplevelse, inneklima og drift, se tabell 4.1. I tabellen gjenfinnes samme nummerering av tiltakene som i kapittel 3.

Vi har skjønsmessig angitt grad av forekomst (skala: begrenset, mulig, sannsynlig, ...) og betydning (skala: marginal, liten, begrenset, moderat, betydelig) for inneklima, brukeropplevelser og drift.

Tabell 4.1: Hypoteser om hvordan energieffektiviseringstiltak kan påvirke brukeropplevelse, inneklima og drift.

	Tiltak	Mulig (uønsket) effekt	Forekomst	Betydning
1	Bygningsutforming – geometri og orientering			
a)	Kompakt bygningskropp	Dårligere tilgang på dagslys og utsyn Vanskeligere vinduslufting	Sannsynlig Sannsynlig	Moderat Begrenset
b)	Vindusorientering, enten for å unngå eller for å utnytte soltilskudd	Dårligere tilgang på dagslys og utsyn i noen rom og retninger Lokal overtemperatur i noen rom og retninger	Begrenset Begrenset	Moderat Betydelig
2	Bygningsskall			
a)	Bygningsskall (tak, vegg, gulv) med mye termisk isolasjon	Større konsekvens av fuktskader Mindre støy utenfra Overtemperatur	Begrenset Sannsynlig Begrenset	Betydelig Begrenset Liten
b)	Få kuldebroer	Fuktutsatt vindusplassering	Sannsynlig	Betydelig
c)	Høy lufttetthet og vinduer som ikke går an å åpne.	Redusert ventilasjon ved avstengt mekanisk ventilasjon	Sannsynlig	Marginal
3	Vinduer og dører			
a)	Redusert bruk av glass for å redusere varmetap og soltilskudd.	Dårligere tilgang på dagslys og utsyn i noen rom og retninger		
b)	Vinduer og dører med god varmeisolasjon	Mindre lysinnslipp Mer utvendig kondens	Sannsynlig Sannsynlig	Liten Begrenset
c)	Effektiv solskjerming, eventuelt med automatisk styring	Mindre dagslystilgang og utsyn Forstyrrelse ved drift	Sannsynlig Sannsynlig	Moderat – betydelig Moderat
4	Eksponerte materialer			
a)	"tunge" materialer	Tregere respons ved oppvarmings- eller kjølebehov fører til vanskeligere regulering Eksponerte tunge materialer gir dårligere akustiske forhold.	Sannsynlig Sannsynlig	Moderat – betydelig Moderat – betydelig
b)	"åpne" materialer	Kan virke fuktregulerende og dempe varme/kjølebehov	Sannsynlig	Moderat
5	Ventilasjon			
a)	Behovsstyrt ventilasjon	Risiko for under-(eller over-)ventilering ved feil i prosjektering og utførelse	Sannsynlig	Betydelig
b)	Effektiv varmegjenvinning	Uønsket luktspredning	Sannsynlig	Liten – moderat
6	Behovsstyrt varme og kjøling, natt- og helgesenkning			
a)	Behovsstyring	Treghet i regulering eller feil i styring kan gi dårlig komfort. Lav strålingstemperatur kompenseres med overtemperatur på luft	Sannsynlig	Betydelig
7	Belysning			

	Tiltak	Mulig (uønsket) effekt	Forekomst	Betydning
	a) Energieffektiv belysning	Kan gi dårligere lyskvalitet	Mulig	Moderat
	b) Behovsstyrt belysning	Økt kompleksitet / feilrisiko	Mulig	Moderat
8)	Utnyttelse av dagslys	Økt utnyttelse kan gi omfattende glassbruk som gir forstyrrelser og dårlig akustikk.	Sannsynlig	Moderat
9	Energiforsyning og intern energidistribusjon i bygg			
	a) Vannbåren oppvarming / kjøling	Over- / undertemperatur ved "trege systemer" med varme i gulv/konstruksjon	Sannsynlig	Moderat
	b) Luftbåren oppvarming og kjøling	Redusert ventilasjonseffektivitet	Mulig	Moderat
		Trekkfølelse	Mulig	Moderat – betydelig
	c) Lokal el-oppvarming (panelovner)	Dårlig opplevd luftkvalitet	Mulig	Moderat - betydelig
		Lett regulerbart lokalt, vanskelig sentral styring som kan føre til ujevn oppvarming	Sannsynlig	Liten
10	Piloteffekter			
	a) Uprøvd teknologi	Mange mulige effekter på inneklima	Sannsynlig	Moderat – betydelig
	b) Tettere oppfølging	Ingen skadelige effekter, men kan "maskere" potensielle utfordringer med uprøvd teknologi, mv.	Sannsynlig	Liten
11	Økt kompleksitet i styringen av byggenes energibruk og inneklima			
	a) Feilrisiko i tekniske anlegg	Mange mulige effekter på temperatur, luftkvalitet, støy, opplevelse av kontroll, med mer.	Mulig	Marginal – betydelig
	b) Uheldige kombinasjonseffekter	Systemer som motvirker hverandre kan føre til ujevn inneklima og redusert komfort	Mulig	Moderat – betydelig
	c) Redusert brukerstyring	Redusert opplevd eller reell brukerinnsflytelse kan føre til redusert trivsel	Sannsynlig	Moderat
12	Tiltaksprioriteringer			
	a) Prioritering av tiltak for å oppnå lav energibruk	Reduserer oppmerksomheten om andre forhold som inneklima og funksjonalitet	Sannsynlig	Liten – Moderat

En gjennomgang av energitiltak og våre vurderinger av *forekomst* og *betydning* for inneklima gir oss en rekke hypoteser til uttestingen av metode og tolkning av resultater fra undersøkelsene. Listen i tabellen ovenfor er ikke uttømmende men oppsummerer etter vår oppfatning de viktigste problemstillingene.

Mange av tiltakene vi har vurdert kan også ha positive inneklimaeffekter hvis utførelse og styring gjøres riktig. Det kan være at disse positive effektene er dominerende i mange tilfeller. Dette indikerer at utførelse og oppfølging er de mest kritiske faktorene. Med mange teknisk kompliserte tiltak øker kompleksiteten og risikoen for feil i utførelsen. Det kan så vanskeliggjøre en god driftsoppfølging.

På den annen side kan vi ikke utelukke at flere av energieffektiviseringstiltakene nesten utelukkende fører til negative konsekvenser for inneklima. Et eksempel er overdreven kompakt form med lite vindusareal. Resultater av dette kan fort bli at det introduseres kompensierende tiltak som fører til at energibruken igjen øker, som så igjen kan føre til ytterligere energisparetiltak, osv., osv., Det kan dermed føre til en negativ spiral der et tiltak motvirker et annet, og man mister oversikten i driftsoppfølgingen.

Spørsmålet er om det er mulig å designe en metode for evaluering av bygg som fanger opp og differensierer mellom alle nevnte

problemstillinger, og som kan gi svar på hypotesene og årsakssammenhengene? Sannsynligvis ikke. Det vil i så fall blant annet kreve et svært differensiert og omfattende oppsett av målere for inneklima i alle soner, målere for formålsfordelt energibruk (i alle soner), svært detaljert dokumentasjon av planlagt og beregnet energibruk og inneklima, dokumentasjon av materialbruk, installasjoner og utførelsen av bygget slik det er blitt bygget og ikke minst dokumentasjon/måling av faktisk bruk (personbelastning og andre internlaster), osv. Mulig måleroppsett for inneklima er kort drøftet i kapittel xxx.

Vi har i vår metodeutvikling tatt utgangspunkt i at en stor del av denne informasjonen ikke er dokumentert og/eller i det hele tatt finnes. Vi har derfor søkt etter måter å undersøke og teste hypotesene med begrenset informasjon. Det er likevel nødvendig å fremskaffe en del nøkkeldata om bygningene og bruken av dem. En vesentlig del av metodikken er derfor et opplegg for innsamling av data. I kapittel 6 skisseres og drøftes en metodikk og framgangsmåte som kan sikre det minimum av opplysninger/dokumentasjon som er nødvendig for å kunne teste noen av våre hypoteser om sammenhenger mellom inneklima og energibruk.

5 Metodeutvikling

Metodeutviklingen har pågått samtidig som vi har testet ut framgangsmåtene for innsamling av data og datatilgjengelighet.

I metodeutviklingen er det lagt vekt på å velge ut parametere som kan bidra til å se inneklimatekvalitet, brukertilfredshet og energieffektivitet i sammenheng. Formålet er å kunne teste og svare på hypotesene vi har satt opp i kapittel 4.

Det er også lagt vekt på en metodikk som er repeterbar slik at evaluering av brukererfaring kan gjøres systematisk f.eks. som en del av et oppfølgingssystem knyttet til bygningsteknisk forskrift. Det understrekes at sammenhengen mellom inn klima og energibruk er kompleks, og ofte vil kreve mer inngående studier for å gi svar på problemer i det enkelte bygg.

En vesentlig del av metodeutviklingen har vært utarbeidelse av en god intervjuguide for innhenting av opplysninger om brukernes erfaringer (eiere, driftere) og anvendelse av resultater fra inn klimaundersøkelsen "Ørebrundersøkelsen". Grunnlaget for utarbeidelsen av disse er blant annet vår problemanalyse, oppdeling i delspørsmål og formulering av hypoteser.

Tidlig i prosjektet konkluderte vi med at det ville være fornuftig å anvende Ørebrundersøkelsen for å kartlegge brukernes oppfatning av inn klimaet i byggene. For å få tettere kobling til våre problemstillinger ble det utviklet tilleggsspørsmål. Kartlegging av erfaringene til eiere, driftere og HMS-ansvarlige måtte skje gjennom intervjuer og det var nødvendig å utvikle en god intervjuguide.

Helt sentralt i metodikken er å finne enkle måter å foreta reelle sammenligninger av prosjektert energibruk og faktisk energibruk. En rekke forutsetninger må vurderes og det må foretas korrigeringer slik at man sammenligner på riktig grensesnitt/systemgrense, samtidig som det omfatter de mest sentrale forutsetningene.

5.1 Noen forutsetninger

Den rådende oppfatning om hva som utgjør et godt inn klima er riktig

Vi forutsetter at de viktigste inn klimafaktorene som påvirker helse, komfort og trivsel er kjent, fremkommer i normer, standarder og anbefalinger, og at det som oppfattes som komfortabelt (f.eks. termisk nøytralitet, lite støy, lite forurensset luft, mm.) ikke gir negative helseeffekter.

Dette er ikke nødvendigvis sant. For eksempel har det vært hevdet at jevn og behagelig innetemperatur kan være en risikofaktor for overvekt, at elektromagnetisk stråling fra trådløse nettverk har store helseeffekter, og at det å bli utsatt for mange typer organismer kan virke beskyttende mot allergiutvikling. Slike problemstillinger faller langt utenfor målet for prosjektet, men det medfører en viss risiko hvis det ikke blir forsket på denne type problemstillinger.

Lavere stasjonær energibruk innebærer mindre miljøbelastning enn høyere

Det er helt avhengig av valg av energikilde og distribusjonssystem, samt hvilken miljøbelastning som inntreffer i bygge-, ombyggings- og rivingsprosesser. Disse forholdene faller til dels utenfor systemgrensen og vil bare delvis trekkes inn i drøfting av resultater.

Hus med lavt energibehov oppføres i stor grad med samme typer teknologi som andre, nyere bygg

Erfaringen fra pilotbyggene og andre publiserte data tilsier at dette er en realistisk forutsetning. Store teknologiskift som f.eks. overgang fra klimatisering av rom/soner til direkte "personlig" ventilasjon og oppvarming er vanskeligere å dekke i en metodeutvikling som baserer seg på kunnskap om og testing av eksisterende bygg.

Arkitektoniske løsninger i hus med lavt energibehov er ikke særlig forskjellig fra andre nyere yrkesbygg når det gjelder brukbarhet

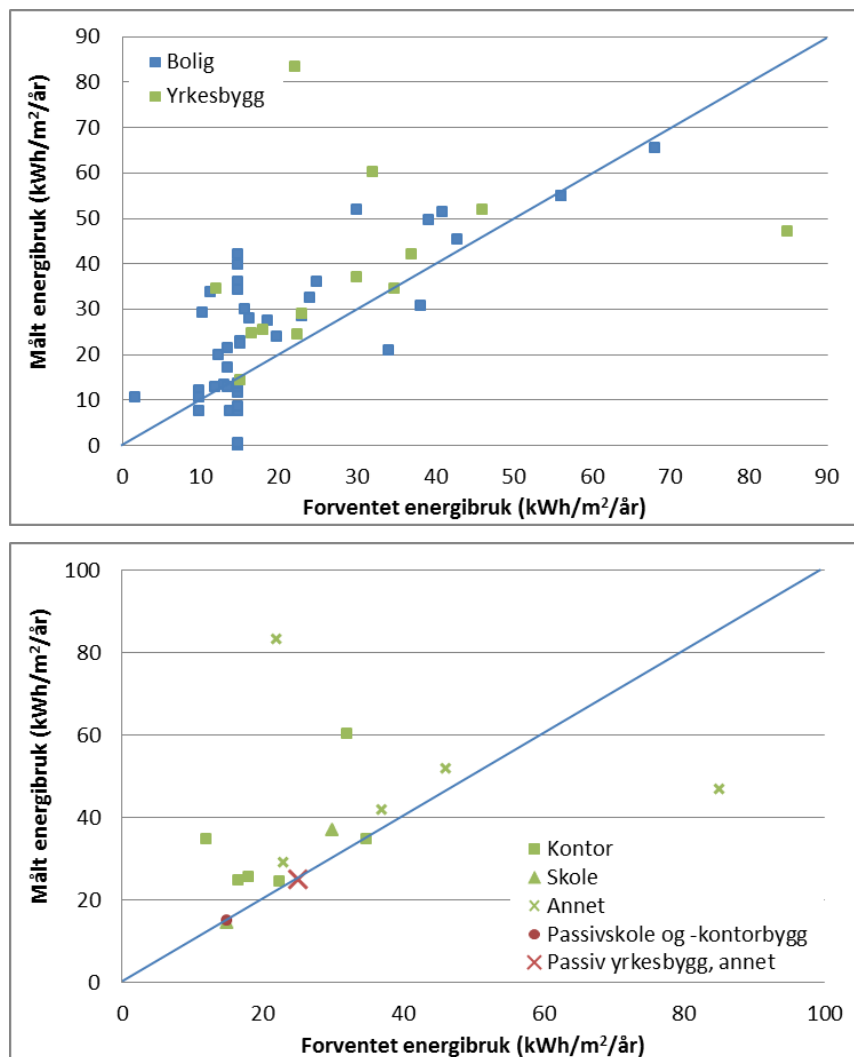
Denne forutsetningen gjør det mulig å forsvare en forutsetning om at for eksempel areal og antall brukere gir en god indikasjon på byggets "produksjon".

6 Energibruk – beregninger og målinger – metode og systematikk

Prosjektet har en hypotese om at byggenes faktiske forbruk i driftssituasjonen er høyere enn beregnet forbruk. For å kunne vurdere dette er det nødvendig å gjennomgå ulike beregningstyper for å se om de samsvarer med målepunktene som vi forventer finnes på byggene. Videre er det nødvendig å vurdere usikkerheter knyttet til energiberegninger.

I rapporten Energibruk i lavenergi- og passivbygg (XRGIA, 2011) er det sammenstilt data om forventet og målt energibruk fra ulike typer lavenergi og passiv yrkesbygg og boliger i Tyskland, Sveits, Østerrike, Sverige og Norge. Dette er grove estimat og målepunkt og beregningspunkt er en stor usikkerhet i datagrunnlaget. Til tross for dette peker resultatene i retning av vår hypotese.

Målt energibruk til oppvarming er høyere enn forventet i 38 av 57 bygg, men det er store variasjoner i avvikene. Kun et yrkesbygg har lavere målt energibruk til oppvarming enn forventet. For noen bygg har man ikke klart å skille ut oppvarming, men også målt total energibruk er høyere enn forventet for 5 av 7 bygg.



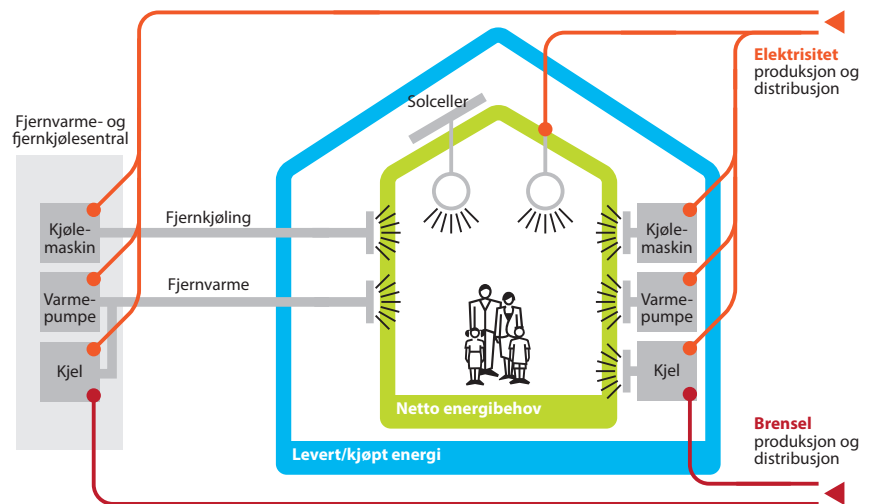
Figur 6.1 Forventet og målt energibruk til oppvarming i boliger og yrkesbygg. Ulike yrkesbygg er skilt ut i nederste del av figuren. Kilde: XRGIA, 2011.

6.1 Energidefinisjoner

Det skilles i dag mellom to begreper med hensyn til bygningers energibruk, beregnet netto energibehov og levert energi.

Beregnet netto energibehov er bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden. Systemgrensen for netto energibehov er representert ved den grønne linjen i figur 6.2.

Levert energi er summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrense for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes. /NS 30 31/ Størrelsen levert energi benyttes ved energimerking av bygg. Også for energimerking benyttes Oslo klima. Når levert energi beregnes, for eksempel for et bygg med varmepumpe, tas det hensyn til varmepumpens virkningsgrad i beregningen. Det tas også høyde for tap i distribusjonssystem og reguleringstap. Systemgrensen for levert energi er representert ved den blå linjen i figur 6.2.



Figur 6.2: Illustrasjon av systemgrenser for energibehov, bruk og forsyning. Illustrasjon: Truls Lange, Civitas

For å få et bedre bilde av hvilken energibruk bygget vil få, og hvilke energibesparende tiltak man bør jobbe med, lages det i noen tilfeller en beregning der man legger byggets faktiske beliggenhet, driftstider, etc. til grunn. Vi kaller denne **beregning av byggets reelle forbruk** men i realitet er også denne beheftet med usikkerhet, noe som drøftes i neste kapittel. Både netto energibehov og levert energi kan beregnes for «reelle forhold»

6.2 Hvilket punkt/systemgrense skal vi sammenligne ved?

Beregnet netto energibehov med inndata fra tillegg A i NS 3031 samt referanse klima er størrelsen som benyttes for å dokumentere at bygget oppfyller forskriftenes rammekrav. Fra denne beregningen får man også et energibudsjett fordelt på ulike energiposter, se eksempel i Tabell 6.1.

Tabell 6.1: Energiposter ved beregning av netto energibehov

Energiramme (§14-4, samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	22,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	16,0 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	20,3 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	2,0 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	12,1 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov, sum 1-6	137,2 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	150,0 kWh/m ²

Når man i driftsfasen skal innhente energidata er det enkleste å finne **kjøpt energi** fra energileverandørens målere. Målepunktene vil stort sett tilsvare levert energi, tilsvarende den blå linjen i figur 6.2. Kjøpt energi kan ikke sammenlignes med byggets beregnede netto energibehov, fordi netto energibehov ikke tar med konvertering av energi innenfor systemgrensen, for eksempel solpanel eller faktorer som regulerings- og virkningsgrad for varmepumper, kjeler, kjølemaskiner o.l. som finnes i bygget.

har man tilgang til interne målere, som f.eks. kan måle varme levert fra varmepumpe, vil man ta høyde for varmepumpens virkningsgrad, men ikke for systemtap i distribusjon eller for reguleringsvirkningsgrad. Det vil si at den målte verdien ligger et sted mellom levert energi og netto energibehov. (antagelig nærmere netto energibehov enn levert energi, da varmepumpens virkningsgrad er av større betydning enn distribusjons- og reguleringsgrad) Det vil i slike tilfeller være nødvendig å foreta korrigeringer, enten av beregnede eller av målte verdier, for å få direkte sammenlignbare tall.

Et annet forhold som kan føre til at målt og beregnet forbruk ikke blir sammenlignbart er utvendig forbruk på bygget. Dette kan for eksempel være varmekabler utenfor inngangsparti eller nedkjørsel, varmekabler i taknedløp eller utvendig lys. Utvendig forbruk er hverken med i beregnet netto energibehov eller i beregninger av levert energi.

For å sammenligne beregnede verdier med virkelig energibruk vurderes det mest robuste å være å sammenligne levert energi med kjøpt energi.

6.3 Forskjell mellom beregnet og målt energibruk

Gitt at man klarer å måle energibruken ved samme systemgrense som beregningene er gjort, vil det fremdeles være en rekke forhold ved beregninger og driftssituasjon som kan forårsake avvik mellom beregnet og målt energibruk. Dette gjelder både levert og netto energibehov. Drøftingen gjøres med utgangspunkt i beregning av normert netto energibehov. Figur 6.3 oppsummerer hovedpunktene fra drøftingen.

Beregningsprogrammer

Selv om man benytter gode beregningsprogrammer vil det være unøyaktigheter og antakelser i en matematisk modell som avviker fra

virkeligheten. NS 3031 angir at detaljerte beregningsprogrammer (dynamisk metode) skal valideres iht. NS-EN 15265. Årlig energibruk for romoppvarming og romkjøling skal beregnes for 12 varianter (case) av et rom i en bygning som er plassert i Trappes utenfor Paris. Ut fra størrelsen på avviket gir programmet en karakter. Det aksepteres altså avvik på noen prosent mot referansen, og dette innebærer også at det vil være avvik mellom beregningsmodell og det virkelige bygget. Validerte dynamiske beregningsprogrammer som relativt ofte benyttes i Norge er bl.a. SIMIEN og TEK-sjekk Energi.

Normerte/låste parametere for validering mot forskrifter avviker fra virkelige

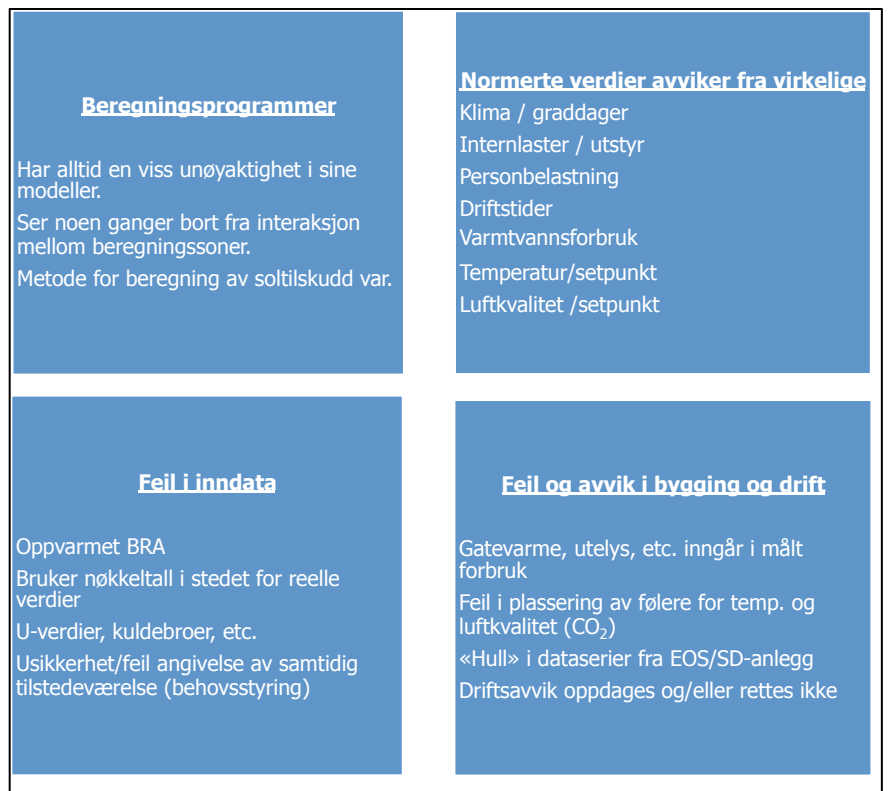
For beregning av normert netto energibehov til validering av rammekrav, benyttes standardiserte inndata fra tillegg A i NS 3031. Disse er listet i figur 6.3 under. Ved å låse disse parameterne vil man få et beregnet energiforbruk som i større grad karakteriserer bygningskroppens egenskaper enn det karakteriserer bruken/funksjonen det skal ha. Byggets reelle forbruk vil være et resultat av begge deler.

Inndata i beregninger – og fare for feil

Ut over parameterne som hentes fra tillegg A i NS 3031, må det legges inn en rekke verdier i energiberegningsprogrammet. Disse er beheftet med større eller mindre grad av usikkerhet, og erfaring tilsier at det noen ganger benyttes nøkkeltall i stedet for beregnede verdier. Dette gjelder bl.a. kuldebroverdier. For andre parametere, for eksempel tilstedeværelsesgrad for behovsstyring av ventilasjon og belysning, er det svært vanskelig å finne tall som tilsvarer brukssituasjonen, og man har i praksis ikke annet valg enn å gjøre antagelser. Ved normerte beregninger benyttes 20 % reduksjon i forhold til full driftssituasjon når man beregner effekten av behovsstyring. Videre har man i mange bygg arealer som er uoppvarmet eller delvis oppvarmet, dvs. de holder ikke en innetemperatur gitt for byggkategorien i NS3031, tillegg A. Slike arealer kan f.eks. være parkeringskjellere, glassgårder, tekniske rom på tak og lignende. Selv om disse arealene ikke er fullklimatisert vil de kunne ha betydelig energibruk både i form av oppvarming, elektrisitet og i enkelte tilfeller kjøling. I NS3031 kan man beregningsmessig enten regne med arealene i oppvarmet bruksareal hvis man regner at arealet holder gitt innetemperatur for byggkategorien (etter tillegg A i NS3031). Alternativt tar man ikke med arealet, men regner det som en passiv sone som reduserer varmetapet for konstruksjoner mellom det oppvarmede bygget og den uoppvarmede sonen. Begge disse metodene er byr på problemer ved måling og etterprøving av energibruk.

Driftssituasjonen – feil og avvik

Energibruken i driftssituasjonen vil være et resultat av samvirke mellom bygget og dets brukere og driftsorganisasjon. Driftsstrategiene vil ofte bli justert underveis, og kan dermed bli forskjellig fra det som er lagt til grunn i energiberegningene. Dette må man ta hensyn til når man sammenligner målt og reelt forbruk.



Figur 6.3: Oppsummering av typiske årsaker til forskjeller mellom beregnet og målt energibruk

6.4 Å sammenligne epler og pærer

Ut fra forholdene som er gjennomgått i de foregående kapitler er det grunn til å tro at man i mange tilfeller sammenligner størrelser om ikke er sammenlignbare, når man sammenligner beregnet energibruk med målt energibruk.

Det er altså vanskelig å vite om det er beregningstekniske årsaker til avvik, annen bruk enn forutsatt, eller feil og dårlige løsninger som forårsaker et eventuelt avvik.

På den ene siden kan dette peke mot at det er viktig å velge et målepunkt som er enkelt og robust, som levert energi og kjøpt energi. På en annen side understreker det behovet for å samle inn og sammenligne mer detaljerte måledata, ideelt sett oppdelt på energipostnivå, eller enda mer detaljert.

Fra et samfunnsmessig perspektiv vil imidlertid ikke det viktigste være om en energiberegning kan gjenskape byggets energibruk helt nøyaktig, men at den er nøyaktig nok til å hjelpe byggeier og konsulenter med å velge de riktige energireduserende tiltakene, slik at bygningsmassens energibruk blir redusert.

6.5 Enovas energistatistikk

Enova publiserer årlig en energistatistikk for bygg som inngår i deres programmer. I 2012 inngikk 2132 bygninger fra 207 kommuner.

Det er *tilført energi* som rapporteres til statistikken. Det er den mengde energi som er (kjøpt og) tilført bygningen i perioden, og som er målt på

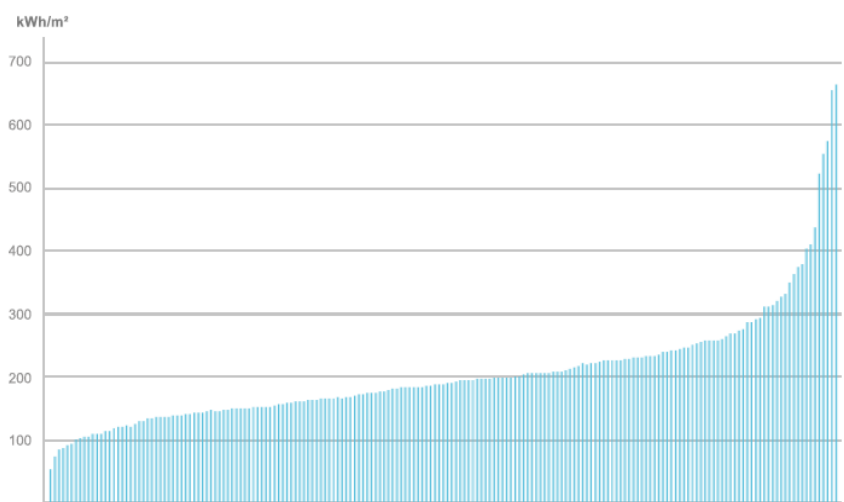
strømmåler, strømningsmåler eller lignende. Det er ikke korrigert for virkningsgrader. Det vil si at bruk av varmepumper, solenergi o.l. vil slå positivt ut og redusere energibrukstallet, og at to identiske bygninger der den ene har fjernvarme og den andre har varmepumpe vil fremstå med forskjellig energibruk, selv om byggets netto energibehov er det samme. Tilført energi er i stor grad sammenlignbart med beregnet levert energi.

Den temperaturavhengige delen av forbruket korrigeres for forskjellen mellom klimaet på stedet i det aktuelle året, og et beregningsmessig normalår i Oslo. På denne måten kan byggenes energibruk sammenlignes uavhengig av beliggenhet og variasjoner i vær. Energigradtall (også kalt fyringsgraddager) benyttes til dette.

Energibruken blir analysert både for bygningsmassen samlet, og for ulike bygningskategorier. Spesifikk energibruk [$\text{kWh/m}^2\text{år}$] benyttes for å sammenligne energibruk uavhengig av størrelse. Det foretas videre analyser av hvordan oppvarmings- og kjøleanlegg, byggenes størrelse og alder, type energibærer og brukstid påvirker byggenes spesifikke energibruk.

Ved bruk av bygningsstatistikken må man være klar over at tallene ikke fullt ut er representative for bygningsmassen i Norge, ettersom utvalget av bygninger ikke er tilfeldig. Selv om tallene i statistikken er kvalitetssikret, kan det forekomme målefeil eller feilavlesninger. Det har dessuten vist seg som en utfordring å få rapportert korrekt oppvarmet areal, noe som gjør at de spesifikke energibrukstallene ikke alltid er sammenlignbare.

Statistikken er likevel et nyttig redskap for byggeiere og –drifere ved at de kan sammenligne energibruken i egne bygg med andre bygg i samme bygningskategori. Statistikken er også blant annet nyttig for myndighetenes virkemiddelarbeid.



Figur 6.4: Enova statistikk. Energibruk i 187 kontorbygg. Median 194 $\text{kWh/m}^2\text{år}$ kontorbygg. Median 194 $\text{kWh/m}^2\text{år}$. I 2012 inngikk 2132 bygninger fra 207 kommuner.

6.6 Vurdering av energieffektivitet – hvilke parametere skal velges?

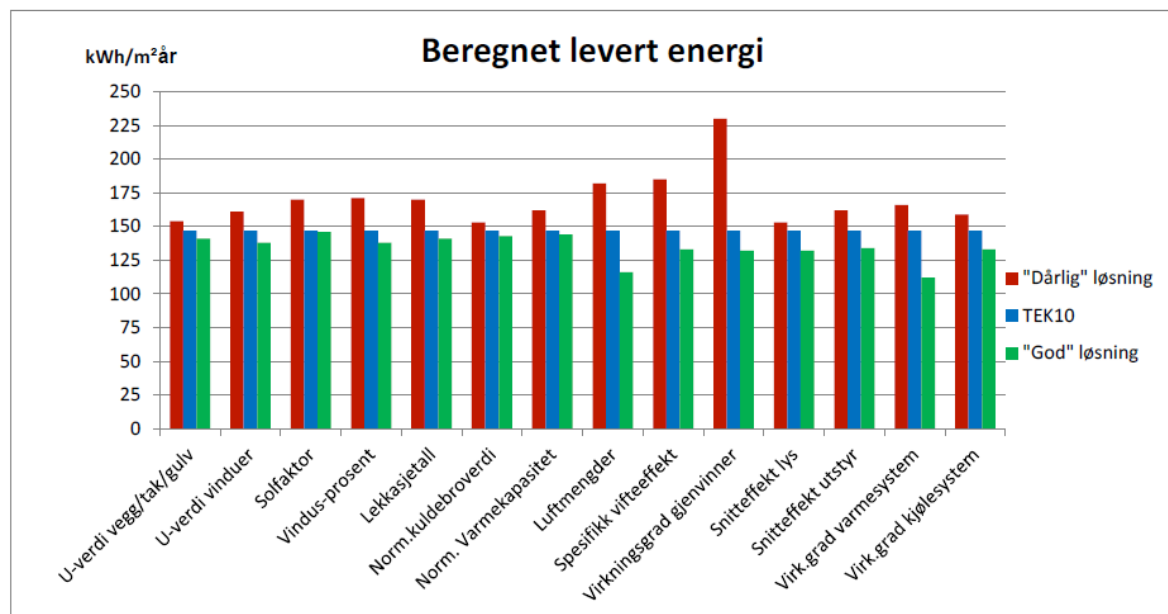
På bakgrunn av at alle bygg har tilgang på måledata fra sine energileverandører, samt at alle bygg har krav om energimerke, der levert energi benyttes, fremstår det som et robust valg at det er denne størrelsen som primært benyttes. Det samsvarer også med data Enova-statistikken samler inn.

I tillegg er det ønskelig å hente inn beregnet netto energibehov samt tilsvarende energimålinger, så langt det er mulig, i vurderingene. For å finne årsak til eventuelle avvik på det enkelte bygg er det nødvendig å vurdere energibruken på energipostnivå, men mye tyder på at bygningsmassen har så forskjellig målerstruktur til at det er lite hensiktsmessig å innhente energibruk på energipostnivå i stor skala for statistiske formål.

For å kunne sammenligne målt og beregnet forbruk må det gjøres **korreksjoner** enten på det beregnede eller på det målte forbruket for å få sammenlignbare størrelser. Dette er en omfattende øvelse dersom det skal gjøres full ut, hvis det i det hele tatt er mulig. Det vil da være vesentlig å velge ut noen sentrale parametere å korrigere ut fra, eller på annen måte bruke for vurdering av byggets energiytelse.

Det er nærliggende å begynne med parametere der vi *vet* det finnes avvik mellom normaliserte verdier anvendt i beregningene og de faktiske forhold som danner grunnlaget for målt energibruk. Det er også nærliggende å velge parametere som ved små endringer kan gi store utslag på energibruken, se figur 6.5 (fra SINTEF), valgte vi å jobbe videre med følgende parametre:

- Klimakorrigerings. For å kunne sammenligne bygg med ulik beliggenhet og målinger fra ulike driftsår korrigeres den temperaturavhengige delen av energibruken til et Oslo-normalår.
- Driftstid – forutsatt normal drift – timer
- Personbelastning



Figur 6.5: Beregnet levert energi for de 14 inngangsparameterene, der energibruk for energiteknisk god og dårlig løsning er sammenlignet med TEK 10-nivået. (SINTEF, 2012)

6.7 Vurdering av byggenes energibruk

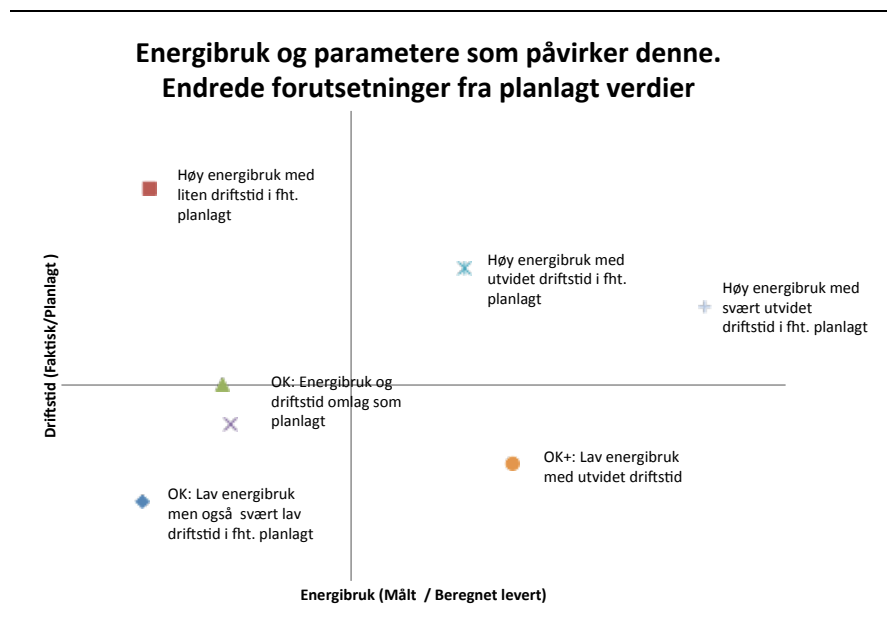
Det første steget er å sammenlikne målt energibruk med beregninger. Her er det blant annet følgende to alternativer.

1 Matematisk korrigering

Det vil si at man benytter matematiske formler eller beregningsprogrammer for å beregne seg frem til sammenlignbare tall. I sin enkleste form kan dette være en manuell graddagskorrigering av årsforbruk. I en avansert form kan det være å ta utgangspunkt i f.eks. SIMIEN-beregningen som er gjort i prosjekteringen og velge inndata for driftstider, klima, tilstedeværelsesgrad, etc. som ligger mest mulig opp til byggets faktiske bruksmåte.

2 Grafisk fremstilling

Her er plottet brøken kjøpt energi/beregnet levert energi mot parametre som påvirker energibruken, som ukentlig driftstid og personbelastning. Se figur 6.6.



Figur 6.6: Grafisk fremstilling av forhold mellom målt energibruk og beregnet energibruk, ulike parametere som påvirker dette forholdet.

6.8 Vurdering av energibruk og inneklima

Vi har undersøkt en metode som består av et begrenset antall steg for å forsøke å avdekke om det er en sammenheng mellom energibruk og opplevd inneklima, herunder om økt energibruk er en konsekvens av å drifte bygget slik at man unngår klager på innemiljø, eller om observerte problemer med innemiljø kan reduseres gjennom økt energibruk.

I en vurdering av innemiljø vil det være faktorer som ikke er korrelert med energibruk, dvs at korrigering ikke behøver påvirke energibehovet. Tilsvarende vil det i sammenlikning av målt og beregnet energibruk være faktorer som ikke er direkte korrelert med innemiljø, dvs at de kan korrigeres uten å påvirke innemiljøet.

Det kan være nyttig å innføre begrepet energitjeneste. Med begrepet energitjeneste mener vi den tjenesten som bruk av energi leverer. Dvs behagelig temperatur, frisk luft osv. Behovet for energitjenester bestemmes av brukeren. Den energibruken vi er ute etter ved en sammenstilling av energibruk og inneklima er ideelt sett den som direkte endrer energitjenesten som leveres.

Også ved korrelering til inneklimaforhold må man håndtere forskjellen mellom beregnet og målt energibruk, og behovet for å korrigere for forhold som klima og halvklimaliserte og uklimatiserte arealer, antall brukere og brukstiden. Derneft er det behov for å skille energibruk som er direkte relatert til innemiljø og dermed energitjenesten, og det som er inndirekte. Tidligere studier av forholdet mellom beregnet og målt energibruk har vist at det kan være stor variasjon i årsakene til avvik mellom beregnet og målt energibruk. Det inkluderer også manglende tilpasning av bygget til bestemte funksjoner, for eksempel varemtottak (Langseth 2011; Klinski, Thomsen et al. 2012). Dokka and Grini (2013) har gjennom en følsomhetsanalyse også belyst potensiell effekt på

energibruk som følge av variasjoner i virkningsgrader. Energibruk som følge av dårlig virkningsgrad er indirekte og påvirker ikke energitjenesten når vi befinner oss i rute 3 i figur 6.7. For eksempel vil økt bruk av energi i en pumpe være nødvendig for å opprettholde varmeløpseranset og er dermed indirekte. Dersom den leverer mer varme øker energitjenesten som leveres og den er direkte. For å eliminere indirekte energibruk kreves det målinger, ikke bare på energipost-nivå men også for utvalgte komponenter. Det er relativt omfattende.

Som en enklere metode kan man på energipostnivå trekke ut den energibruken som direkte bidrar til å endre innemiljø, dvs energitjenesten. Det er energibruk til oppvarming, romkjøling, oppvarming og kjøling av ventilasjonsluft til oppholdsrom.

Metode 1 "Enkel korrigering"

«Kjøpt energi» korrigeres til Oslnormal (N89-10) for å fjerne årlige variasjoner, og for at byggene skal kunne sammenlignes med hverandre.

Deretter plottes forholdet "kjøpt energi"/"beregnet levert energi" mot:

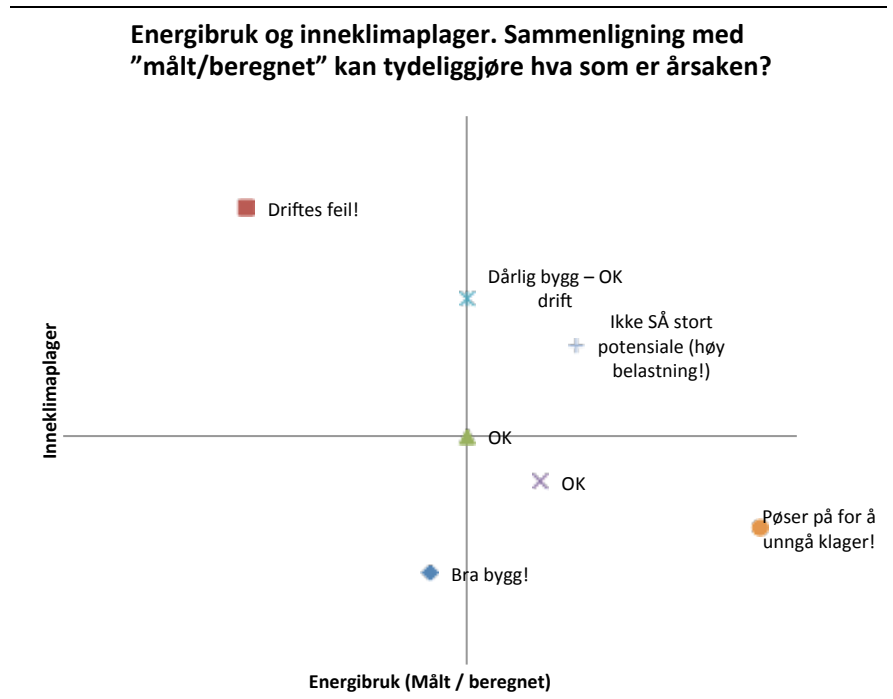
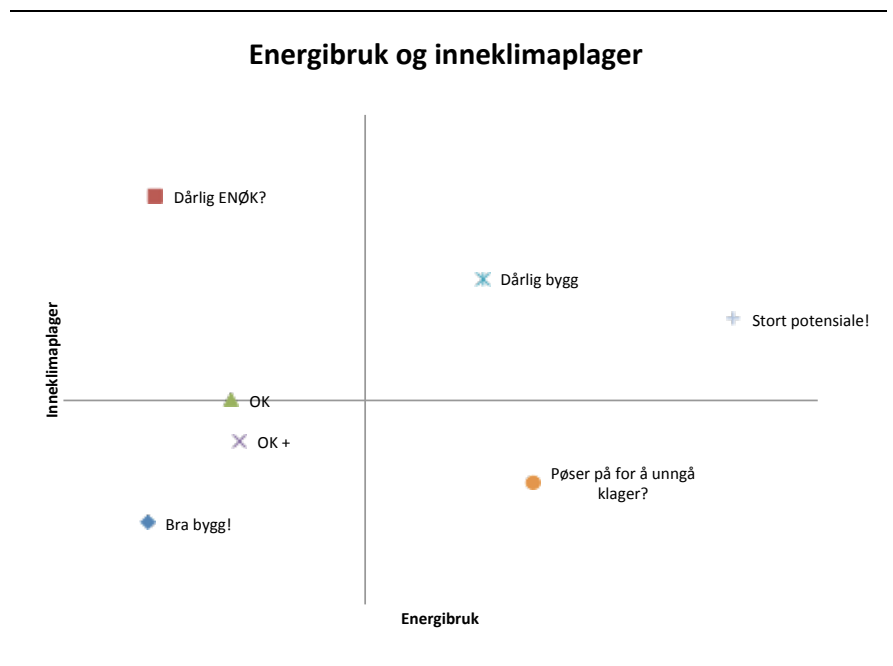
- 3 de faktiske verdier for de parameterne som påvirker energibruken (personbelastning, driftstid, mv. jf. NS3031)
- 4 inneklimatestater fra Ørebrundersøkelsen
- 5 brukererfaringene fra intervju med eiere/drifere

Det vil også være relevant å plote enkeltparametere fra punkt:

- 1 mot 2
- 1 mot 3
- 2 mot 3

Dette gir grafiske framstillinger av hvor de enkelte byggene plasserer seg per parameter i forhold til avvik mellom planlagt og faktisk energibruk. Det vil også fortelle om det er samvariasjon mellom score på innemiljø og avvik mellom planlagt og faktisk energibruk. Vårt utvalg av bygg omfatter kun bygg med lavt energibruk så resultatene vil si lite om det er større samvariasjon mellom dårlig inneklimatestet og lavt energibruk enn det er mellom bygg med høyere energibruk. Det kan jo være at erfaringene er de samme med for eksempel TEK07 bygg.

Sammenholder vi energibruken med brukernes opplevelser av innemiljø er det grovt sett fire mulige svar, se figur 7.6.



Figur 6.7: Grafisk fremstilling av forhold mellom energibruk og inneklimaplayer

Fordi det er et stort antall årsaker (variable) som kan utligne hverandre kan vi ikke trekke noen slutninger med hensyn til årsak og virkning ut fra en slik fordeling. Med et stort antall prosjekter hvor det meste av innkjøringsproblemer er eliminert kan en slik sortering likevel gi en indikasjon. Det krever imidlertid at innemiljø og energibruk også evalueres hver for seg.

Metode 2 - omfattende korrigering – enkel plotting

Denne metoden forutsetter tilgang på Simienberegningene med inndatafilen for beregning etter TEK10/NS3031. Den inkluderer korrigering av energibruken for klima, personbelastning, el-utstyr, mv.

samt analyse av forhold som halvklimaliserte og uklimaliserte arealer. Vi mener også at man bør korrigere for reel brukerbelastning, det vil si om det er avvik mht antall brukere av bygget og brukstiden.

Her vil det være naturlig å gå inn på analyser på energipostnivå, enten ved hjelp av energiberegninger eller detaljerte målinger. Sammenligning med inneklimalforhold vil bli tilsvarende metode 1.

Det er ikke gått videre med denne metoden i prosjektet.

6.9 Hva bør måles?

I rapporten «Metodikk ved energioppfølging og etterprøving av bygningers energibruk» utarbeidet av SINTEF Byggforsk anbefales det at energibruken i bygget måles på energipostnivå. Det anbefales også å etterprøve og måle levert energi fordelt på ulike energivarer (elektrisitet, fjernvarme, olje, biobrensel, etc) samt måle ytelsen til eventuell lokal fornybar varme- og kjøling. Det anbefales også å måle luftmengder, virkningsgrad for gjenvinner og spesifikk vifteeffekt for ventilasjonsanlegg i større bygg (yrkesbygg og leilighetsbygg).

SINTEF-rapporten konkluderer blant annet med at «Selv om man ofte vil måtte gjøre noen tillempninger og estimering for å få til formålsdelt energibruk etter netto energibudsjett i NS3031, vil man med god planlegging av termiske og elektriske kurser i et nytt bygg (eller ved en hovedrehabilitering) med god tilnærming kunne få til en formålsdeling på energipostnivå.»

Som et forenklet alternativ foreslås det følgende måling av energiposter:

- Romoppvarming
- Kjøling
- Varmt tappevann
- Elspesifikt forbruk

I tillegg bør måling av utendørs forbruk vurderes og i det minste skilles ut fra øvrig forbruk hvis det omfatter snøsmelteanlegg eller lignende.

Detaljerte målinger og registreringer gjennomføres blant annet i et pågående prosjekt i regi av Enova og kan danne grunnlag for nærmere vurdering av hvilke parametere som bør inngå i en forenklet vurdering.

6.10 Sammenstilling av energidata – tabell

Vi har brukt tabell 6.2 til sammenstilling av data og enkel korrigerings.

Tabell 6.2: Sammenstilling av bygghdata med relevans for energibruk og ulike korrigeringer

	Prosjekttert	Virkelig	Graddagskorrigert
BYGGDATA			
Oppvarmet BRA [m ²]			
<i>Dels oppvarmede arealer [m²]</i>			
Spesifikt energibidrag fra personer			
Spesifikt energibidrag fra lys			
Spesifikt energibidrag fra tekniske installasjoner			
Totalt bidrag fra personer			
Totalt energibidrag fra lys			
Totalt energibidrag fra tekniske installasjoner			
G-verdien for vinduer			
G-verdien for vinduer m/solskjerming			
Andel av areal m/solskjerming			
Andel vinduer og dører av oppvarmet BRA			
Driftstid ukedager [timer]			
Driftstid hel/helligdager [timer]			
Driftstid/uke [timer]			
Luftmengde driftstid [m ³ /h]			
Luftmengde utenfor driftstid [m ³ /h]			
Spesifikk vifte effekt (SFP) -verdi			
Setpunkt temp sommer			
Setpunkt temp vinter			
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsmengde i driftstiden			
Antall soner/soner per etg			
Graddagstall			
ENERGI	Beregnet	Målt, hvis tilgjengelig	Korrigert
Netto årlig spesifikt energibehov [kWh/m²]			
Romoppvarming			
Ventilasjonsvarme			
Varmtvann			
Vifter			
Pumper			
Belysning			
Teknisk utstyr			
Romkjøling			
Ventilasjonskjøling			
Beregnet netto energibehov, sum			
Levert/kjøpt energi	(Beregnet) levert	Kjøpt	Korrigert
El			
Fjernvarme			
Olje			
Biobrensel			
annen energibærer			
Sum leveret/kjøpt spesifikk energi totalt [kWh/år]			
Sum leveret/kjøpt energi, spesifikk [kWh/m²*år]			
Ventilasjon			
EGNE KORRIGERINGER			
Graddager			

7 Inneklima – brukerundersøkelse: Ørebroundersøkelsen

Innemiljø omfatter følgende faktorer:

- Termisk miljø
- Atmosfærisk miljø (forurensninger; gasser, fukt, fibre og partikler)
- Akustisk miljø (støy)
- Aktinisk miljø (lys, radon, annen stråling)
- Mekanisk miljø (følesans og smerteopplevelse, ergonomi og ulykker).

(Aas et al., 2009)

Inneklima defineres som noe snevrere ved at mekanisk miljø utelates.

Ved styring av det daglige inneklimaet i et bygg anvendes målinger av termisk og atmosfærisk miljø, sistnevnte med CO₂-konsentrasjon som indikator og luftmengder inn/ut som styringsredskap. Design, valg av materialer og løsninger i konstruksjonen skal sørge for at de øvrige faktorene oppfyller de krav som settes til godt innemiljø for ulike bygningsfunksjoner. De sistnevnte faktorene følges normalt ikke opp gjennom den daglige driften av bygget.

Brukernes opplevelse av innemiljø og inneklima omfatter alle faktorene ovenfor men det kan være vanskelig for ikke å si umulig for en bruker gi en presis kvantifisert tilbakemelding om hvilken av dem som fører til "dårlig" opplevelse eller "god" opplevelse. Samtidig så er det heller ikke noe annet "målesystem" som er så presist som menneskets opplevelser og bygget er jo til for å skape et godt miljø for brukerne. Dette "målesystemet" bør derfor anvendes som hjelp til å avstemme styringen av bygningene.

Mennesket som målesystem kan "avleses" ved hjelp av spørreundersøkelser. En godt utformet undersøkelse kan gi relativt presise svar. Hvis undersøkelsen er utført på brukere i et stort utvalg av bygninger vil man få et stort og godt referansemateriale.

Ørebroundersøkelsen er en slik undersøkelse og brukerevalueringer (respons på spørsmålene i undersøkelsen) er koblet med til det som defineres som "friske bygg" der inneklimaet er kontrollmålt.

Undersøkelsen er basert på spørreskjemaet MM 040 NA som er utarbeidet ved Yrkes og Miljøavdelingen ved Universitetssykehuset i Örebro, Sverige. Det er foretatt store undersøkelser i hele Norden med bruk av dette skjemaet og det gir derfor et unikt referansegrunnlag til "friske bygg". Referansedataene er fra en studie (M 5/90) gjennomført av Universitetssykehuset Örebro (USÖ) der målsetningen med studiet var å få frem referansedata til spørreskjemaet MM 040 NA på opplevd inneklima og plager som forekommer i "friske bygg". Da mange ikke har arbeidsplasser i et "helt friskt bygg" er det normalt at 15 - 20 % av respondentene klager over ett eller annet relater til innemiljøet.

Spørsmålene er enkelt formulert:

- Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?

- Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de nedenfor nevnte faktorene på din arbeidsplass.

Spørsmålene er lukket, dvs. at respondentene kun kan svare et av de forhåndsdefinerte svarene:

- Ja, ofte (hver uke)
- Ja, iblant
- Nei, aldri
- Ikke svar

Det spørres om svar på dette spørsmålet for hele 27 kategorier. Disse kan grupperes i tre hovedgrupper av helseendepunkt (plager) og tre hovedgrupper av inneklimatefaktorer. Se tabell 7.1.

Tabell 7.1: Forhåndsdefinerte svar i Ørebroundersøkelsen (nummereringen er kun redskap i behandling av resultatene)

Helseendepunkt	Plaget av:
Almene plager	1.1 Tretthet
	1.3 Tung i hodet
	1.5 Hodepine
	1.7 Svimmel/ør
	1.9 Konsentrasjonsproblemer
Slimhinner; irritasjonsplager	1.11 Kløe, svie, irritasjon i øynene
	1.13 Irritert, tett eller rennende nese
	1.15 Heshet, tørrhet i halsen
	1.17 Hoste
Hudplager	1.19 Tørr eller irritert hud i ansiktet
	1.21 Flassing/kløe i hodebunnen
	1.23 Tørr, kløende hud på hendene
Andre	1.25 Andre plager enn de overnevnte

Inneklimatepunkt	Plaget av:
Termisk	2.1 Trekk
	2.2 For varmt
	2.3 For ujevn (vekslende) temperatur
	2.4 For kaldt
Luftkvalitet	2.5 Inneestengt og "dårlig" luft
	2.6 Tørr luft
	2.7 Ubehagelig lukt
	2.8 Statisk elektrisitet med småstøt
	2.9 Tobakksrøyk fra andre
Lys og støy	2.10 Støy
	2.11 Belysning: svak eller blendende
	2.12 Støv og smuss
Andre	2.13 Andre inneklimatefaktorer enn de overnevnte

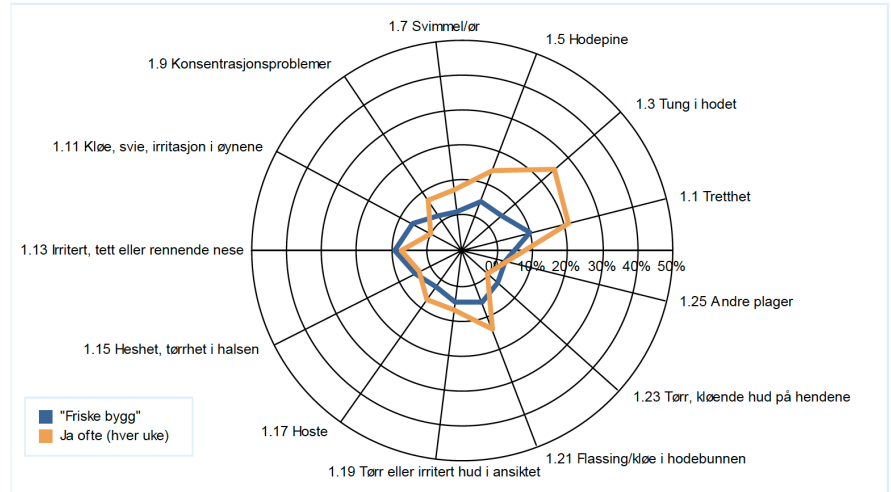
En viktig del av tolkningen av resultatene er å sammenligne resultatene med referansedata. Et eksempel på resultatpresentasjon er vist i figur 7.1, "Ørebroroser". Denne presentasjonen viser de vanligste helseplager som kan oppstå som følge av dårlig inneklima og det viser hva respondentene mener om inneklimafaktorene. Med "Ørebroroser" kan en få et inntrykk av plagene og indikasjoner på om det kan være noen sammenhenger mellom opplevelse av inneklimaet og de registrerte symptomene.

Er det en forhøyet grad av *almene plager* sammenlignet med referansen indikerer det at det kan være noe galt med ventilasjonssystemet eller styringen av det. Hvis *irritasjon av slimhinner* er høye vil det gi indikasjon på at det kan være for høy luftforurensning i inneluften og det kan være dårlig renhold og/eller dårlige ventilasjonsfiltre. *Hudplager* kan relateres til for høye temperaturer og mye støv/partikler.

Imidlertid er ikke dette tilstrekkelig i en evaluering av byggenes prestasjoner. Derfor ønsker vi koble disse dataene tettere opp til dokumentasjon av hvordan byggene er planlagt, målt faktisk energibruk og andre driftserfaringer. Vi kommer i et seinere kapittel tilbake til flere resultater, tolkningen av disse og hvordan vi kobler funnene sammen med annen dokumentasjon om bygget. I tolkning av resultater fra spørreundersøkelser må man også huske at det kan være en viss selvseleksjon i responsen på spørreundersøkelser, dvs. at kun de som er veldig negative eller positive til spørsmålsstillingen responderer.

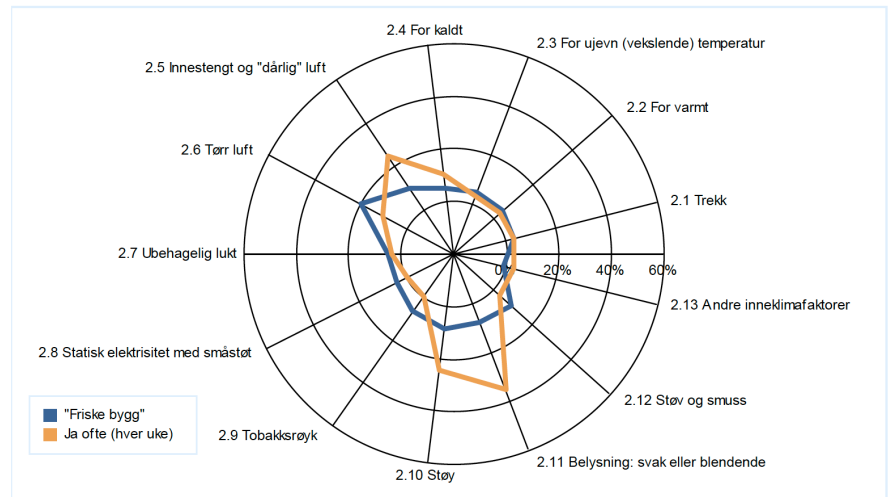
I tillegg til Ørebroundersøkelsens standardspørsmål (vist i vedlegg) har vi utformet noen ekstras spørsmål rettet inn mot prosjektets hovedformål som er å evaluere både energibruk og inneklima samt forholdet mellom disse.

Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

Figur 7.1: Eksempler på Ørebroroser fra våre undersøkelser.

8 Brukererfaringer - eiere og drifter - intervjuguide

Når det gjelder spørreundersøkelser og intervjuer så viser erfaring at disse bør være enkle og korte for at de skal bli besvart og dermed bli brukt ved framtidige evalueringer. Samtidig må de være differensierte nok til at de belyser aktuelle temaer på en god måte.

Det er utarbeidet en intervjuguide til bruk ved intervjuer av eier, byggets operative driftsansvarlige og brukernes verneombud/HMS. Denne omfatter spørsmål relatert til både energibruk og inneklima.

Intervjuguiden utformes som et elektronisk spørreskjema slik at svarene overføres automatisk til en database for videre bearbeiding og analyse.

8.1 Spørsmålene – formuleringer og antall

Utvelgelsen av spørsmål og formuleringene av disse er gjort med utgangspunkt i våre hypoteser om hvilke faktorer som i stor grad påvirker både inneklima og energibruk (kapittel 5-7) og andre forutsetninger om metode.

Det var et viktig kriterium med presise formuleringer slik at også svarene blir mest mulig presise.

Omfanget, dvs. antall spørsmål og kravene til svar, skulle være på et nivå slik at svartiden/gjennomføringstiden ikke skulle overstige ca en time.

Vår intervjuguide inneholder i alt 70 spørsmål. Spørsmålene ble inndelt under følgende overskrifter:

- Din bakgrunn
- Din oppfatning av bygget
- Om bruken og brukerne av bygget
- Brukere og inneklima
- Her kommer noen spørsmål spesielt for skolebygg/barnehager
- Om drift og styring av bygget
- Tekniske opplysninger om bygget
- Opplysninger om tekniske anlegg og driften av disse

Se vedlegg for den fullstendige intervjuguiden. Det er viktig å understreke at det ikke er en forutsetning at alle kan besvare alle spørsmålene. Intervjuobjektene har ulike roller, kompetanse og kunnskap om bygget, dets drift og brukernes erfaringer.

8.2 Datahåndtering og videre analyser

Alle svar lagers i en database for enkel oversikt over respondenter, antall svar i ulike kategorier, mv.

Svarene er sammenholdt med svar fra Ørebroundersøkelsen for det enkelte bygg, innsamlede opplysninger og dokumentasjon om planlagt energibruk, faktisk energibruk og kjøpt/tilført energi samt logger av variasjon i inneklima (CO₂, temp).

Formålet har vært å få et utfyllende bilde av situasjonen for det enkelte bygg utover det som er innsamlet av skriftlig dokumentasjon og brukernes opplevelse av inneklima samt forholdet mellom drifter og brukere.

Svarene er dels fylt inn i oversiktstabeller for det enkelte bygg (se energikapitlet) og dels håndtert som rene tekstsvar. Tekstsvaret kan ikke håndteres statistisk og inngår som sitater/vurderinger/kommentarer til funnen fra de andre undersøkelsene.

Følgende er eksempler på spørsmål og svar fra driftspersonalet i et av byggene:

Er det endringer i inneklima eller energibruk siden bygget var nytt?

Ja. lavere energiforbruk og bedre kontroll nå.

Gatevarmen måtte i perioder reguleres manuelt.

Styringskurven for varmepumpen var ikke i samsvar med styringskurven for fjernvarmen.

Driftstider er justert.

Er det noen måle- eller styringsmuligheter du savner for god drift?

Nei, men har ikke tid nok til å bruke de styringsmulighetene man har.

I hvilken grad forekommer det klager på inneklima? [Trekk]

Flere klager på dette enn normalt

I hvilken grad forekommer det klager på inneklima? [For varmt]

En del klager, som normalt

9 Evaluering av energibruk og inneklima i passivhus og lavenergi yrkesbygg – uttesting av metode

Kapittelet inneholder en gjennomgang av hvordan framgangsmåte for innsamling av data og metodikken er testet ut på 10 bygninger.

9.1 Utvalgelse av bygg

Det var et ønske å velge ut ca 10 bygg. Utvalgelse av bygg skulle skje blant pilotprosjekter i utviklingsprogrammene Framtidens Bygg og Future Built, og det skulle samkjøres med utvalget i Enova prosjektet ”Formålsdelt energibruk i energieffektive yrkesbygg”.

Følgende kriterier er anvendt i utvalgsen av bygg:

- Bygg med energibehov på passivhusnivå eller tilsvarende
- Vært i drift minst 2-3 år – ”innkjørt”
- Bygg som er del av Framtidens bygg, FutureBuilt, Enova's byggnettverk, og inngår i NAL's database over pilotbygg, databaser/oversikter hos Enova, Husbanken, SINTEF, Lavenergiprogrammet
- Bygg som er valgt i Enovaprojektet ”Formålsdelt energibruk i energieffektive yrkesbygg”
- Velge blant de kategorier yrkesbygg som det bygges flest kvadratmeter av per år; skoler, barnehager, kontor, handel,...
- Minst 2 bygg i hver kategori/funksjonstype
- Ha godt dokumenterte beregninger fra prosjektering
- Ha SD-anlegg og måledata for både energibruk og innemiljø

Opprinnelig ble det valgt ut 11 bygg der eier og leietakere av bygget ble forespurt om de ønsket å være med i prosjektet. Et av byggene ble kuttet helt ut på grunn av manglende respons fra eier. Et av byggene ble valgt ut for å ha som en referanse for eldre bygg bygget før TEK97, men på grunn av manglende tid og ressurser i prosjektet ble det valgt å ikke gå videre med dette bygget.

Bygg felles med Enova-prosjektet:

- Marienlyst skole (Drammen)
- Bellona bygget (Oslo)
- Storøya skole (Bærum) / Storøya barnehage (Bærum)
- Nardo skole (Trondheim)
- Prof Brochs gate (Trondheim)
- Papirbredden II (Drammen)

Andre bygg:

- Møllestua barnehage (Kristiansand)
- Sparebank 1 (Trondheim)
- Fjell barnehage (Drammen)

- [St.Olav videregående skole, Refereansebygg (Sarpsborg)]

9.2 Datainnhenting – gjennomføring og erfaringer

Data er innhentet fra tre hovedkilder:

- Skriftlig dokumentasjon fra prosjektering, statusrapporter og lignende.
- Intervjuer av eiere, driftspersonell, HMS-ansvarlige
- Nettbasert spørreundersøkelse av brukere, Ørebroundersøkelsen.

Intensjonen var også å forta supplerende målinger for å etterprøve og/eller utfylle dokumenterte måledata spesielt vedrørende inneklimafaktorer. Dette er ikke blitt utført på grunn av tids- og ressursrammene i prosjektet.

Det har generelt vært krevende å samle inn data om byggene. Det har vært vanskelig å identifisere den eller de som har ansvaret for oppbevaring og kvalitetssikring av opplysninger om bygget. I de fleste tilfeller er det ingen enhet eller person som har oversikt og/eller samlet dokumentasjon om bygget. Det har vært vanskelig å vite om de opplysninger som vi har mottatt er kvalitetssikret og omtaler de faktiske forhold. Beskrivelser om byggene er stort sett generelle og upresise. I flere tilfeller har det vært vanskelig å finne prosjekteringsdata, hvordan bygger er oppført (As built), FDV-dokumentasjon (forvaltning, drift og vedlikehold), energilogger/målinger, plassering av målere, driftstider, settpunkter på romoppvarming, kjøling og luftkvalitet, mv.

Intervju av eiere og driftspersonell har vært helt nødvendig, men selv dette har i flere tilfeller ikke gitt tilstrekkelig med informasjon. Vi kommer nærmere tilbake til dette under resultater og vurderinger.

Energibruk og andre nøkkeldata om bygg – skriftlig dokumentasjon

En sjekklister (tabell) er utarbeidet for å få oversikt over og fylle inn nødvendige byggdatabeskrivelser, se tabell 6.3 i kapittel 6.10.

Det er også laget en mal for en oversiktsbeskrivelse av byggene med nøkkelinformasjon. Den sistnevnte er bygget på tilsvarende beskrivelser som finnes i NAL's prosjektdatabase. Denne databasen anvendes av Framtidens byer, FutureBuilt, Enova og Husbanken.

Et eksempel på byggdatabeskrivelse (tabell 6.3) og byggbeskrivelse er vist nedenfor i tabell 9.1. Beskrivelser for alle bygg i vår testundersøkelse er lagt i vedlegg 2 (eget vedleggsnotat). Beskrivelsene er brukt som grunnlag for videre analyser og sammenligninger.

Det er usikkerhet i alle dataene, men det er ikke mulig å anslå graden av usikkerhet.

Tabell 9.1: Eksempel på kortbeskrivelse av byggene, nøkkelinformasjon fra prosjektering, statusrapporter, energirapporter, mv..

	Marienlyst Skole, 3043 Drammen	
	Eier	Drammen Eiendom KF
	Arkitekt:	Div.A. arkitekter
	Ferdigstilt:	2010
	Oppvarmet BRA	6 454 m ²
	Antall årsverk i bygget	561 elever 60 årsverk (ansatte)
	Bygningstype	Skolebygg
	Energiambisjon	Passivhus
	Netto energibehov	75,1 kWh/m ² *år
	Leverert energi	76,9 kWh/m ² *år
	Forbildeprogram	FutureBuilt
Generelt om bygget: Marienlyst skole ligger sentralt i Drammen i direkte tilknytning til Marienlyst Idrettspark med flere store idrettsanlegg, idrettshall og Drammensbadet. Drammen kommune ønsket en kompakt byskole, som ivaretar skolens hovedvisjon om "sunnhet, helse, fysisk fostring, glede og begeistring". Det arkitektoniske uttrykket spiller på materialkontrast og en variasjon mellom åpent og lukkede flater på en enkel og økonomisk måte. Beslutningen om passivhusnivå ble først tatt etter at grunnarbeidene hadde startet.		
Tekniske løsninger Bygget er utformet i et enkelt volum hvor alle skolens funksjoner er samlet i en bygningskropp på tre etasjer. Første etasje er delvis nedgravd og inkluderer et stort fellesrom med plass til hele skolen. Her finnes også garderober, spesialrom og bibliotek. I andre etasje er det fellesareal med kafé, lærerarbeidsplasser, administrasjon og spesialrom. Tredje etasje består hovedsakelig av kompakte, elevarealer og grupperom. Det er etablert SD-anlegg for behovsstyring av varme og ventilasjon samt oppfølging av energibruk i bygget, og dagslys- og tilstedeværelsessensorer benyttes i oppholdsarealer. Skolen knytter seg til et felles lavtemperatur nærvarmenett som bidrar til oppvarming og kjøling av bygget. I tillegg er det etablert muligheter for hybrid ventilering av fellesarealer ved kjølebehov.		
Bruk av bygget Bygget brukes av Marienlyst Skole, som er en skole for elever på 8. – 10. trinn, samt en introduksjonsklasse for elever i ungdomsskolealder. I tillegg til skoledrift forekommer en del utleie på kveldstid og i ferier.		

Brukererfaringer inneklime - Ørebroundersøkelsen

Vi har anvendt HMSvisjon AS til å stå for utsendelse, håndtering og rapportering av resultatene. Utsendelsen ble gjort som e-post til den enkelte bruker med lenke til spørreskjemaet. Respondentene ble på forhånd varslet og informert av sin leder, som også er vår kontaktperson.

Et uforutsett hinder var at e-postene i ble stoppet av "spam"-filter/brannmuren til bedriften (to tilfeller). Det bør derfor alltid klareres med IT-drift i bedriftene som skal motta undersøkelsene. Det bør sjekkes både med IT-drift og med et par av respondentene at e-post og undersøkelsen er mottatt.

Undersøkelsen bør være åpen i ca 2-3 uker. En uke til 10 dager etter utsendelsen bør det sendes en påminnelse til de som ikke har besvart.

HMSvisjon AS produserte enkle rapporter (pdf-format) per bygg med Ørebroroser (se kapittel 8). Vi fikk også laget en samlerapport for alle respondenter og bygg. Rådata ble gjort tilgjengelig på excel-format til videre bearbeiding og annen bruk. Ryddig og grei rapportering.

Resultatene fra undersøkelsen i form av pdf-rapportene per bygg kan formidles/deles med den enkelte byggeier og eventuelt til brukergruppen som har besvart undersøkelsen.

Den største utfordringen er å få et tilstrekkelig antall respondenter. Normalt er det et minimum med 20-30 respondenter, helst bør det være mer enn 50-60. Ved små enheter/arbeidsplasser (<30 ansatte) kan det by på utfordringer. Svarprosenten totalt sett i vår undersøkelse (alle bygg) er ca 50% og antall respondenter i enkelte av byggene er i minste laget til å gi tilstrekkelig utsagnskraft. Men alle svar gir indikasjoner selv om usikkerheten blir større jo færre respondenter det er.

Brukererfaringer og nøkkeldata – direkte intervju

Erfaringen med bruk av intervjuguiden har i hovedsak vært god.

Når den har vært brukt til telefonintervjuer, har intervjuene tatt ca. en time med driftspersonell og ca. 30 min. med superbrukere. Eiere som sådan har ikke blitt intervjuet.

Erfaringene er at det bør skilles tydeligere mellom spørsmål til driftspersonell og spørsmål til brukere. Spesielt gjelder dette hvis det ikke er utført intervju, men kun sendt ut spørsmålene elektronisk (eget spørreskjema). Et alternativ er at det utarbeides to typer intervjuguider/spørreskjema.

Intervjuguiden har både vært brukt mot enkeltpersoner, og mot grupper på to til tre personer. Det kan virke som om intervjuobjektene er noe mer åpne når man snakker med dem en til en, på den annen side kan man få mer komplett informasjon når man intervjuer flere samtidig.

Intervjuguiden er utformet som en blanding av lukkede spørsmål (multiple choice – avkrysning av angitte svaralternativer) og åpne spørsmål. Erfaringen er at det bør være flest mulig lukkede spørsmål med predefinerte svaralternativer.

Åpne spørsmål fungerer godt for å gjøre seg kjent med bygget, men skal undersøkelsen gjennomføres i større omfang og benyttes som ledd i en metodikk bør det være flest mulig lukkede spørsmål/avkryssingsvalg. Da kan svar fra en rekke bygg lettere sammenlignes og det vil være mulig å gjøre analyser for en gruppe bygg.

Noen av spørsmålene har vist seg å være i overkant detaljerte, som for eksempel «Hva er installert effekt av belysning?» og «kjenner du lystransmisjonen til vinduer?». Dette er ikke noe man trenger kunnskap om i den vanlige driftssituasjonen, og man kan ikke vente at folk skal kunne svare på dette i et intervju. Slike spørsmål bør heller inngå i lista over teknisk dokumentasjon fra prosjekteringen som ønskes innhentet. Detaljeringsnivået er også såpass høyt at man ikke trenger opplysningene i forbindelse med en første benchmarking/vurdering av bygget.

Et grep som har fungert godt, er å følge opp spørsmål som «Finnes det beregninger av termisk inneklima?» Med spørsmål om hvorvidt det vil

være mulig å få dem oversendt. erfaringen er i mange tilfeller at første svar er av typen «Ja, selvfølgelig har vi det», mens det har vist seg vanskelig å få tak i dokumentene i praksis.

Et annet grep som har fungert godt, er å begynne utspørring om inneklimaforhold litt åpent, for eksempel «Kjenner du til at inneklimaforhold har vært tatt opp i vernerunder eller som avviksmeldinger?». Deretter kan man gå over til avkryssingssvar for spesifikke inneklimaforhold. Da får man først opp inneklimaforhold som har vært viet oppmerksomhet i bygget og som intervjuobjektene derfor husker, mens man i neste runde går gjennom en systematisert liste, som til en viss grad kvantifiserer graden av klager for utvalgte inneklimaparametere. Sistnevnte bør ha samme svaralternativer som Ørebroundersøkelsen.

Intervjuskjemaet er et nyttig verktøy, men at formen og spørsmålene må justeres.

10 Resultater fra utvalgte bygg – test av metode

Vi har gjennom undersøkelse av 10 bygg testet og prøvd ut en metode for innsamling av relevante data, systematisering av funn og kobling mellom beregnet energibruk, målt energibruk og brukererfaringer.

Vi har gjennom testingen foretatt en etterprøving av noen hypoteser som er definert i kapittel 3 og 4.

Antall bygg vi har undersøkt er for få til å gi svarene generell utsagnskraft, men det gir indikasjoner på om metoden er anvendbar, om noen av sammenhengene synes fruktbare å analysere videre og om det er noen antydninger til trender.

10.1 Byggenes energibruk

Energibruken til byggene som inngikk i prosjektet er fremstilt i tabell 10.1 og figur 10.1. Både beregnet levert energi (fra energimerke), kjøpt energi (på energileverandørs måler), beregnet netto energi (iht. rammekravsmetoden i TEK 10) og målt netto energi ble etterspurt.

Med hensyn til beregnet energibruk for bygget, sitter vi igjen med inntrykk av at *levert energi* var det enkleste å få tak i. Flere steder fikk vi det tilsendt med en gang vi tok kontakt med byggeier om prosjektet. For fem av byggene fikk vi også beregnet netto energi, men dette krevde flere steder at man tok kontakt med den som hadde prosjektert bygget.

Når det gjaldt byggenes faktiske energibruk, fikk vi opplysninger om kjøpt energi for fem av byggene. Det var imidlertid en utfordring at flerfunksjonsbygg har separate energiberegninger fra prosjekteringen for ulike funksjoner f.eks. kontor og forretning, mens målerstrukturen og målinger ikke er inndelt tilsvarende. Det har gjort det vanskelig å finne sammenlignbare tall.

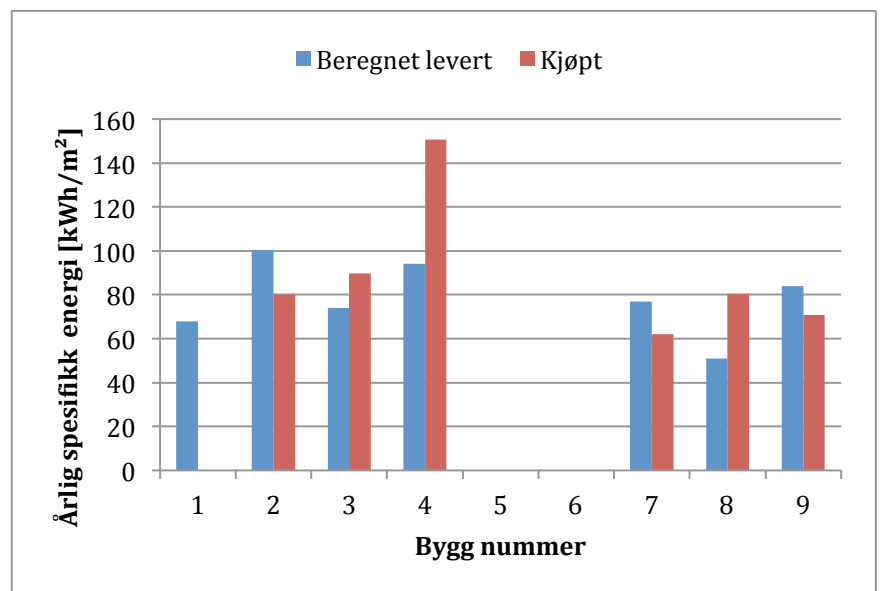
En annen utfordring som gjelder alle bygg er at energibruk til utendørs arealer (snøsmelteanlegg og belysning), halvklimaliserte arealer, etc. ikke er satt opp med egne målere. Denne energibruken inngår dermed i byggets totale energibruk. I og med at omfanget av slik energibruk varierer mye fra bygg til bygg kan det gi variable utslag byggene i mellom.

Det har samlet sett vært relativt tidkrevende å få tak i dokumentert energibruk og verifisere denne. Formålsfordelt energibruk har vi ikke fått tilgang til stort sett på grunn av ufullstendig målerstrukturer. I de fleste tilfellene er målerstrukturen ikke innrettet mot å rapportere på formålsfordeling energibruk.

Av tallmaterialet fremgår det at tre av byggene i 2012 brukte mer enn beregnet, mens tre andre brukte mindre.

Tabell 10.1: Beregnet levert energi, målt kjøpt energi korrigert til Oslnormal og beregnet netto energibehov.

Bygget	Bygg nr.	Beregnet levert [kWh/m ² *år]	Kjøpt, graddagskorrigert [kWh/m ² *år]	Beregnet netto [kWh/m ² *år]
Bellonabygget - kontordel	1	68		82
Nardo skole	2	100	80	100
Papirbredden	3	74	90	
Prof. Brochsgate 2	4	94	151	125
Storøya barnehage	5	65		65
Storøya skole	6			100
Marienlyst skole	7	77	62	75
Fjell barnehage	8	50,9	80	65,7
Sparebank 1 SMN	9	84	70,9	
Møllestua Barnehage	10	42	39	65



Figur 10.1: Beregnet levert energi og kjøpt energi for testbyggene.

10.2 Inneklima og driftsoppfølging – intervju med driftspersonale og superbrukere

Driftspersonale (teknisk styring av energi og ventilasjon mv) og superbrukere (HMS-ansvarlige/verneombud) sitter på førstehånds kunnskap om bygget, driften og oversikt over brukernes tilbakemeldinger. Kunnskapen er normalt sett ikke samlet inn og systematisert. Disse personene er imidlertid en verdifull kilde til kunnskap.

Gjennom intervjuer med driftspersonalet har vi supplert datainnhenting om energibruk, og samtidig spurt om en rekke andre forhold knyttet til driften og bruken av bygget. Intervjuene ble gjort enten i møter, på telefon eller med elektronisk spørreskjema.

I tillegg til driftspersonalet intervjuet vi også superbrukere, samme spørreskjema/intervjuguide.

Noen av spørsmålene er åpne og svarene består derfor av fritekst og lar seg ikke "plotte" i diagram eller kategoriseres. Disse har vi derfor valgt å gjengi som sitater for å gi et inntrykk av driftsforholdene. Svarene er anonymisert.

Noen av spørsmålene er lukket og har forhåndsdefinerte svaralternativer. Svarene på disse er presentert som grafer nedenfor. Resultatene gir indikasjoner på brukernes "samlede" tilbakemeldinger slik som driftspersonell og superbrukerne har erfart det i den daglige driften.

Drift – energi, ventilasjon, styring, mm

Intervjuene av det tekniske driftspersonalet dekker spørsmål om styringen av bygget. Både hva de selv oppfatter som de viktigste parameterne å styre etter, endringer i bygget, problemer, forstyrrelser og avvik. Et viktig redskap er om måle- og styringssystemer og vi spurte om dette var på plass og fungerte tilfredsstillende. Det er få respondenter men vi viser likevel oppsummering av svarene på de lukkede spørsmålene, se figur 10.2. Resultatene viser at byggene stort sett styres etter temperatur og CO₂-konsentrasjon, mens det er mer sporadisk om det måles og loggføres fuktighet, støy og lys.

Vi spurte også om følgende:

Hva tror du er det viktigste kriteriet på om driftspersonalet gjør en god jobb?

Svarene kan oppsummeres i følgende to hoved punkter:

- At brukerne er fornøyde (Få klager/tilbakemeldinger), og at vi hører på brukerne, tar dem på alvor og er villig til raskt å justere/undersøke.
- Gode verktøy, kompetanse til å anvende SD anlegget og en god arbeidsplass for driftspersonalet.

Det ble også stilt noen spesifikke spørsmål om ventilasjonsanlegg i byggene. Her hadde:

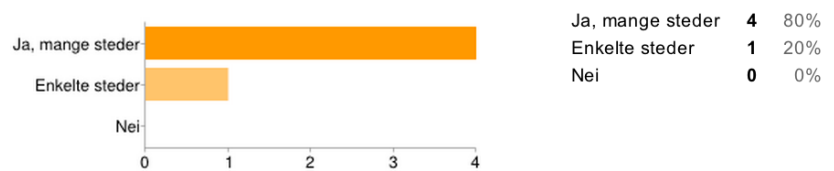
- 8 av 10 mekanisk, 1 hybrid, 1 visste ikke
- 8 av 10 visste ikke om det fantes innreguleringsprotokoll
- 4 av 10 har endret settpunkter på tillufttemperaturen.

Intervjuene og spørsmålsskjemaene fungerte godt som kontaktpunkt og til å få generell informasjons om byggenes driftssystemer og styringsmuligheter.

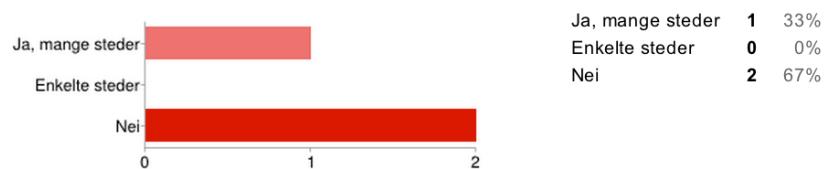
Byggene har alle SD-anlegg, men av ulik kvalitet og kompleksitet. Det samme gjelder personellens kunnskap om hvordan anlegget kan brukes.

Noen problem synes å være at soneinndelingen ikke passer med bruken, mangel/feilplassering av følere/målere, manglende innreguleringsprotokoll, hull i kunnskapen om sammenhenger og interaksjoner mellom de ulike styringsparameterne i anlegget.

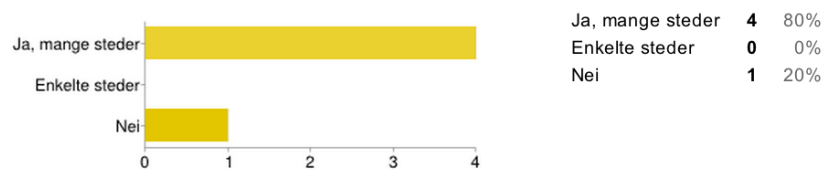
Temperatatur [Finnes det loggere for inneklimaforhold i bygget]



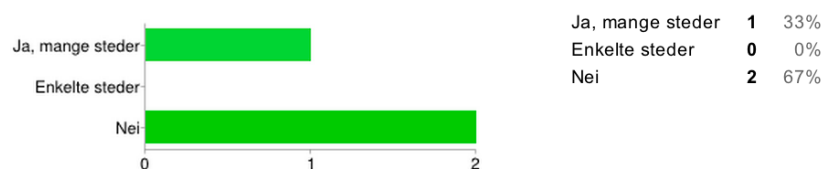
Fuktighet [Finnes det loggere for inneklimaforhold i bygget]



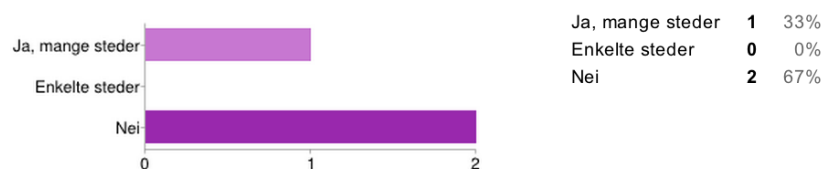
Karbondioksid [Finnes det loggere for inneklimaforhold i bygget]



Støy [Finnes det loggere for inneklimaforhold i bygget]



Lys [Finnes det loggere for inneklimaforhold i bygget]



Figur 10.2: Driftspersonalets (teknisk) svar på om det finnes systemer med loggføring og styringsmuligheter for driften.

Inneklima

Selv om antallet som har besvart spørsmålene i intervjuguiden er svært få per bygg (2-4 stk.) og samlet (37 stk), så representerer disse drifterne, HMS-ansvarlige, verneombud og tillitsvalgte på mange måter alle brukerne i byggene. Grunnen til at vi kan si at disse representerer "alle brukere" er at disse personene i kraft av sin funksjon mottar tilbakemeldinger fra "alle andre brukere" om store og små problemer og/eller gode forhold. Vi har også bedt dem om å svare på bakgrunn av sin "rolle" og hvilke tilbakemeldinger de har fått. Det vil være en viss fare for at disse "siler" svarene, men vi mener likevel at de representerer et flertall av brukerne. Dette gir oss derfor et tydelig inntrykk av brukernes opplevelse av inneklima, muligheter for påvirkning av inneklimatektorer og om mulighetene brukes.

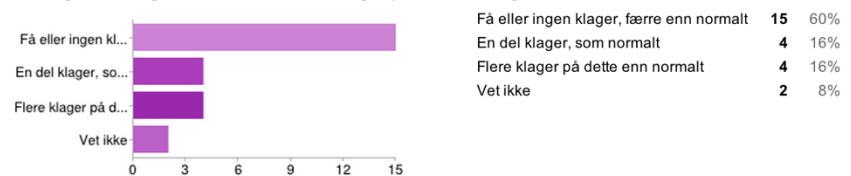
60-70% av respondentene svarer at det er "flere klager enn normalt" på at det er *for varmt, for kaldt* og/eller at *lufta er innestengt*. Det er færre klager på at det er *trekk*. Se figur 10.3

I utvalget er det flest bygg hvor brukerne har dårlig til ingen mulighet til å påvirke temperatur og ventilasjon, mens noen flere kan påvirke solskjerming. Sistnevnte mulighet anvendes, mens muligheten til å regulere temperatur brukes i liten til ingen grad. Ventilasjonsmuligheter synes å brukes av mer enn halvparten av tilfellene. Figur 10.4.

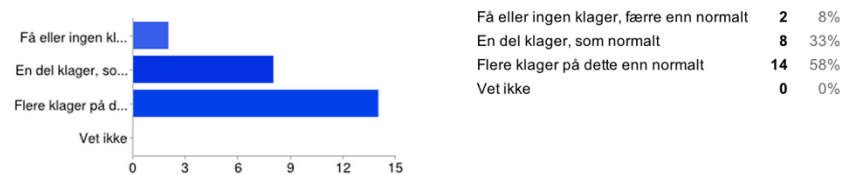
Funnene av begrensede reguleringsmuligheter er i tråd med at det i passivhus og lavenergibygg i de fleste yrkesbygg kreves mer komplekse styringssystemer for å oppnå kravene til energibruk og inneklima. Det er imidlertid noe overraskende at en stor andel ikke anvender muligheten når den først eksisterer, se figur 10.5.

Disse svarene er sammenfallende med funnene i Ørebroundersøkelsen, og viser at det er god konsistens i driftspersonalets og superbrukernes oppsummering og brukernes egne svar. Se kapittel 10.3.

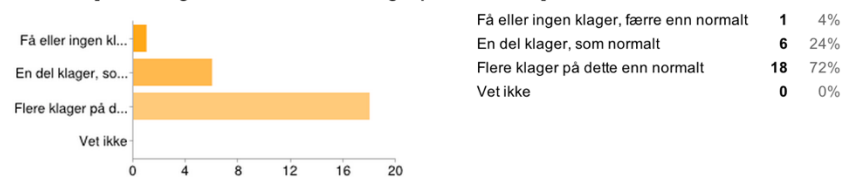
Trekk [I hvilken grad forekommer det klager på inneklima?]



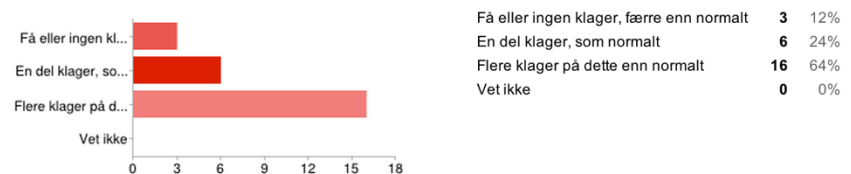
For varmt [I hvilken grad forekommer det klager på inneklima?]



For kaldt [I hvilken grad forekommer det klager på inneklima?]

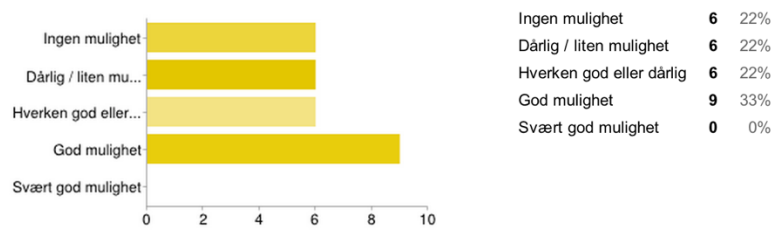


Innestengt luft [I hvilken grad forekommer det klager på inneklima?]

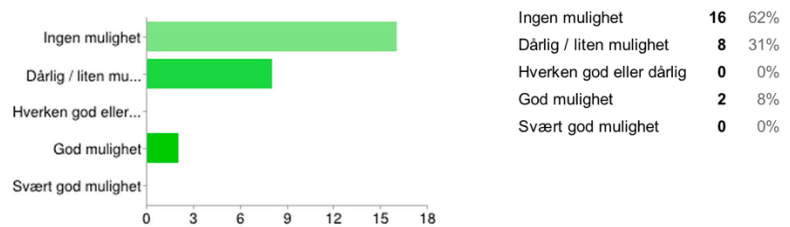


Figur 10.3: Driftspersonalets og superbrukernes svar på om det forekommer færre eller flere klager på inneklimaet i bygget.

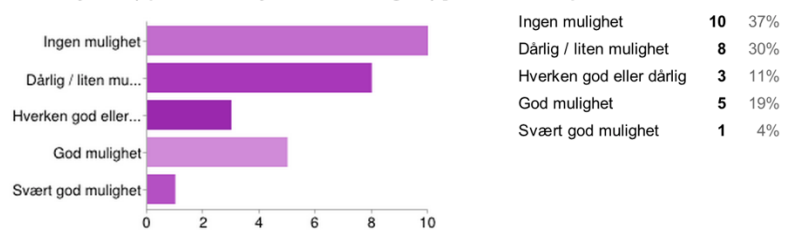
Solskjerming (gardiner, persienner) [Kan brukerne påvirke innelimaforholdene?]



Temperatur (termostater, ovner, kjøling) [Kan brukerne påvirke innelimaforholdene?]

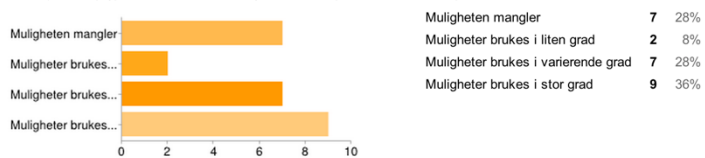


Ventilasjonen (åpne vinduer, justere luftmengder) [Kan brukerne påvirke innelimaforholdene?]



Figur 10.4: Driftspersonalets og superbrukernes svar på om brukerne har mulighet til å påvirke innelimaforholdene.

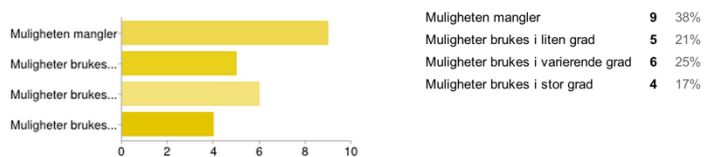
Solskjerming (gardiner, persienner) [I hvilken grad brukes mulighetene for å påvirke innelimaforholdene]



Temperatur (termostater, ovner, kjøling) [I hvilken grad brukes mulighetene for å påvirke innelimaforholdene]



Ventilasjonen (åpne vinduer, justere luftmengder) [I hvilken grad brukes mulighetene for å påvirke innelimaforholdene]



Figur 10.5: Driftspersonalets og superbrukernes svar på om brukerne braker muligheten til å påvirke innelimaforholdene.

10.3 Resultater fra Ørebroundersøkelsen

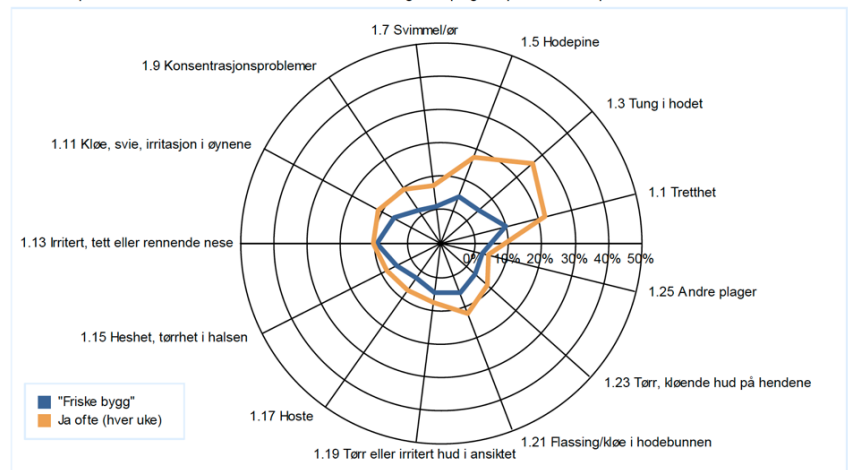
Resultater fra Ørebroundersøkelsen presenteres både for det enkelte bygg og for alle respondenter samlet. Figuren 10.6 viser en Ørebrorose for alle respondenter i alle byggene. Tilbakemeldingene skiller seg samlet sett ikke mye fra referanseverdiene for "friske bygg". I friske bygg er det normalt 15 - 20 % som oppgir at de har ulike plager.

I vårt utvalg er forekomsten av "tung i hodet", "hodepine" og "tretthet" marginalt høyere enn 15 %, og det er kun "tung i hodet" som har høyere forekomst enn 25 %. Det er dermed kun sistnevnte endepunktet som scorer vesentlig dårligere enn i et friskt bygg.

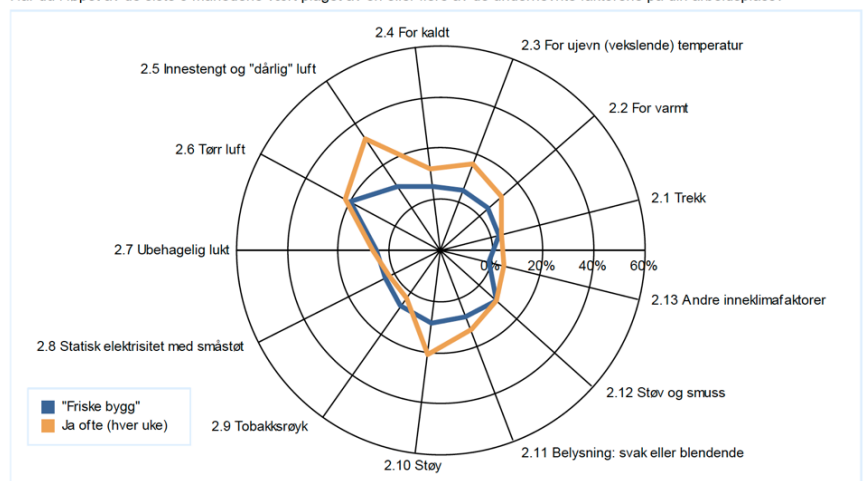
Respondentenes svar på inneklimatendepunktene ligger også relativt nær referanseverdiene. Her er det kun "innestengt og dårlig luft" som har en forekomst på mer enn 25 %. Dette korresponderer godt med tilsvarende høy forekomst av "tung i hodet".

Det er dermed sammenfall i funn av dårlig luftkvalitet/innestengt luft og tung i hode. Det kan indikere at lavenergi og passivhus yrkesbygg har noe dårligere luftkvalitet enn referansematerialet for helt friske bygg, men utvalget bygg er for lite og usikkerheten for stor til å kunne trekke generelle konklusjoner.

Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 10.6: Ørebroroser fra alle respondenter og bygg.

I figur 10.7 er resultatene for hvert enkelt bygg vist. Her er svarene på helseplager og inneluftsummet i seks grupper av endepunkter. Det er en enkel koding og gruppering foretatt av prosjektet, en enkel numerisk koding av svarene som så er summert, tabell 10.2. I Ørebroundersøkelsen er etablert en referansen, dvs. "friske bygg" og en svensk undersøkelse som omfattet 127 kontorbygg. Vi har omkodet disse på samme måte.

Tabell 10.2: Koding av svar for summering

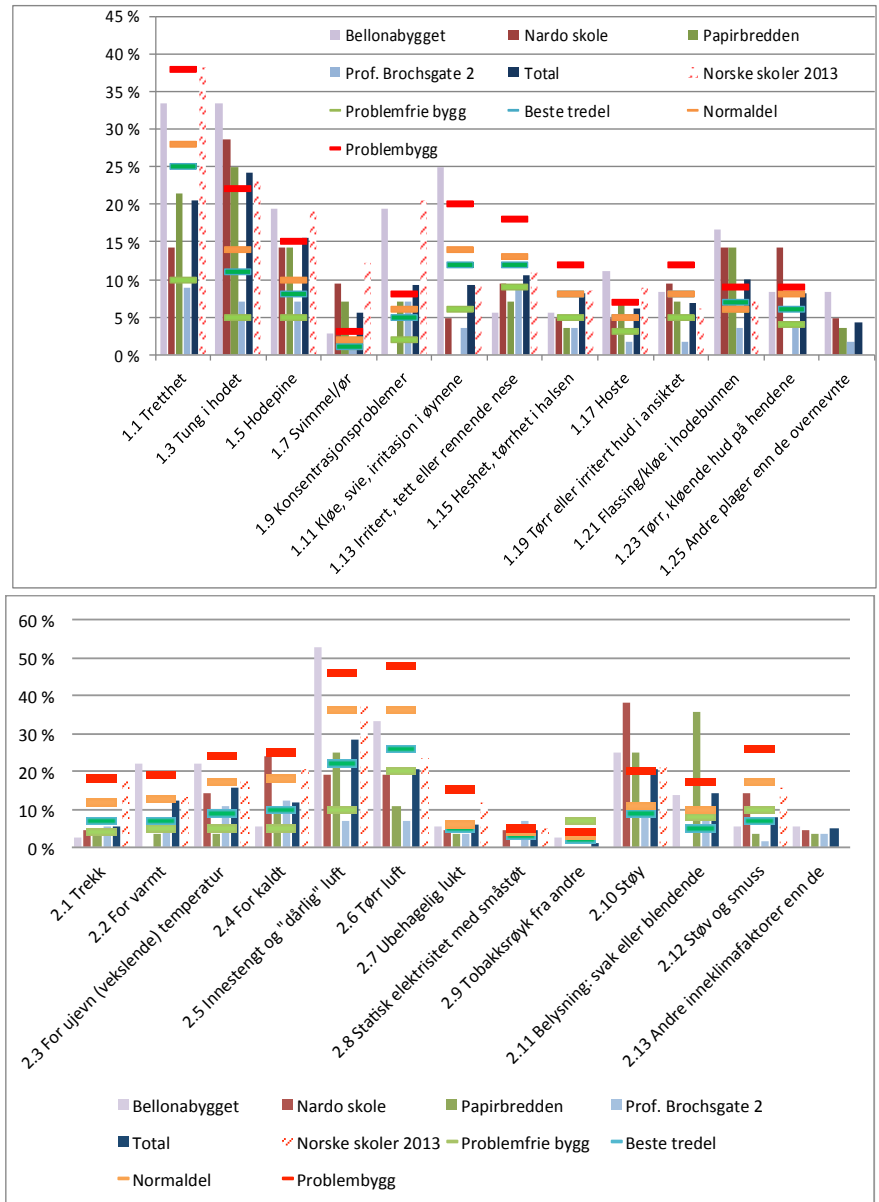
Svar	Kodes til
Vet ikke	!
Ja, ofte (hver uke)	1
Ja, iblant	0
Nei, aldri	0

Det er verdt å merke seg at selv den beste tredjedelen av de 127 svenske kontorbyggene har høyere hyppighet av klager enn referansebyggene på alle helseindeksene og på 2 av 3 inneluftsfaktorer. Byggene som er kategorisert som problembygg har opp til dobbelt frekvens av plagethet.

Vi har tatt med fire bygg i resultatframstillingen. Det er bygg med tilstrekkelig antall respondenter til resultatene har statistisk holdbarhet.

Det er stor variasjon mellom byggene, men det synes som om bygg som skårer dårlig på et endepunkt (høy forekomst av plagethet) også skårer dårlig på de øvrige endepunktene både for helse og inneluft.

På kun 3 av 13 endepunkter skårer våre bygg dårligere enn "problembyggene" fra den svenske undersøkelsen av 127 kontorbygg. Det er "tung i hodet", "flåsing og kløe i hodebunnen" og "tørr kløende hud i hodebunnen". For de 10 andre helseendepunktene samt inneluftparametrene ligger byggene i vår undersøkelse mellom "beste tredjedel" og normalforekomst av "klager". Det stemmer godt overens med det generelle inntrykket fra intervjuer av driftspersonell at brukerne har positive opplevelser av å bruke byggene

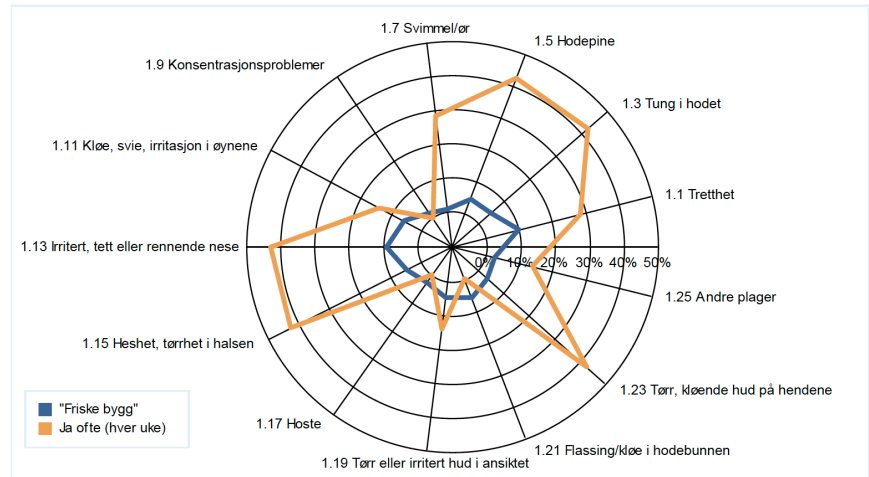


Figur 10.7: Hyppighet av klager på Helsplager (øverst) og Inneklimaforhold (nederst) i undersøkelsen, sammenlignet med en nyere undersøkelse av norske skoler, av friske bygg og 127 svenske kontorbygg (beste tredel, normalbygg og problembygg).

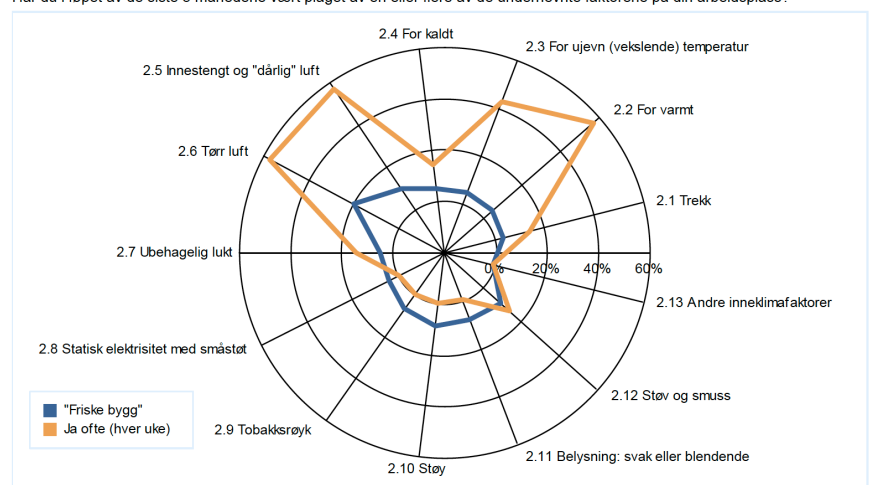
Ørebrorose for alle brukergruppene/byggene samlet, figur 10.8, bekrefter resultatene. Det er "irritert, rennende, tett nese, tørr i halsen, tørr hud" og "hodepine, tung i hodet" og de korresponderende inneklimafaktorene "for varmt" og "innestengt/dårlig/tørr luft" som skårer høyt på plagethet.

Dette indikerer først og fremst at ventilasjonen ikke er tilstrekkelig, det kan også være at temperaturreguleringen ikke er god nok. Nærmere studie av årsakssammenhenger må gjøres for å fastslå hva som er årsakene, men vår evaluering gir klare indikasjoner på hvor man bør starte å lete.

Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 10.8: Ørebroroser, resultater, for alle brukergruppene/byggene i vår undersøkelse.

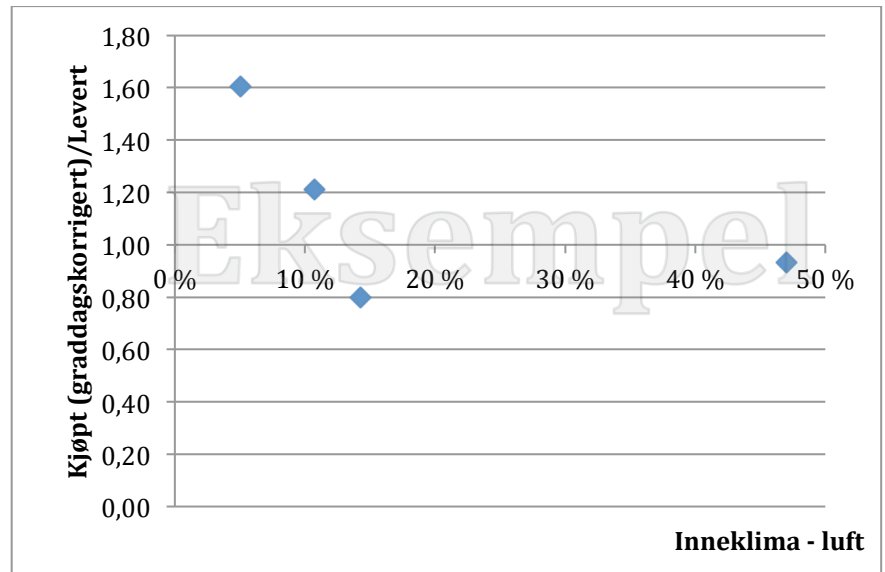
10.4 Sammenkobling av resultatene om opplevd inneløst og energibruk

Av økonomiske og praktiske årsaker var det ikke mulig å gjennomføre Ørebrorundersøkelsen for alle bygg og leietakere. På det tidspunktet byggene ble valgt ut til Ørebrorundersøkelse var vi også i startfasen med å hente inn andre opplysninger om byggene, energibruk mv.. Det viste seg i ettertid at vi bare har fire bygg der vi både har tilstrekkelige energiopplysninger og Ørebrorundersøkelse med et tilfredsstillende antall svar.

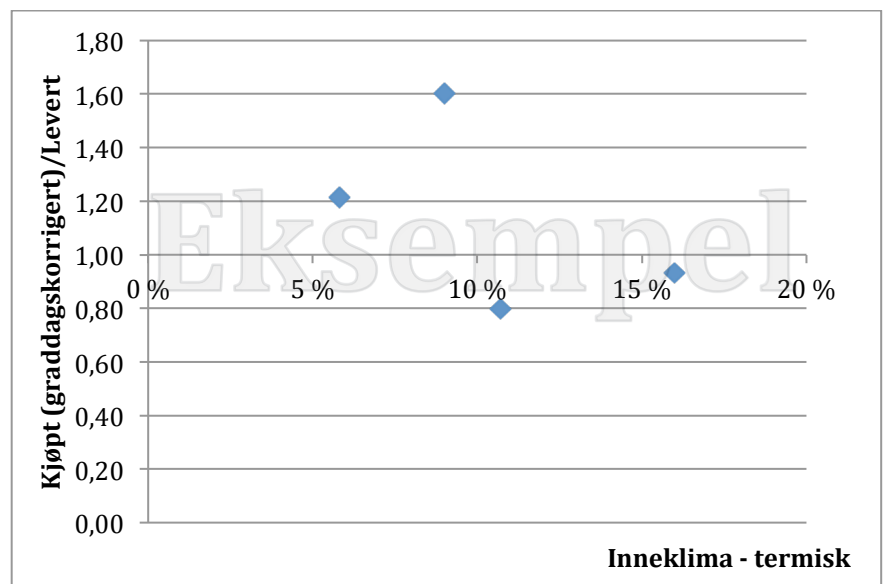
Fire datapunkter er et alt for tynt grunnlag til å vise trender og trekke generelle konklusjoner. Skal man kunne identifisere trender trenger man flere titalls og helst flere hundre datapunkter fra bygg som er planlagt med ulike energibehov. Hvis årsakssammenhengene er kjent kan en slik indeks gi et svar for enkeltbygg, men så lenge disse ikke er identifisert må man ha et stort datagrunnlag for å kunne si om det er korrelasjon mellom faktorene. Vi kan heller ikke avgjøre om et bygg avviker fra normalen, dvs. har en eller annen form for problem, uten å ha et stort referansemateriale å sammenligne med.

For å illustrere hvordan dette kan gjøres har vi i figurene under plottet noen inneklimateindekser mot energibruk uttrykt ved forholdstallet "målt kjøpt / beregnet levert". Dess høyere inneklimateindeksene er, dess mer negativt har brukerne opplevd inneklimate. To av byggene bruker mer energi enn beregnet, og for de to andre er kjøpt energi om lag likt med beregnet levert energi.

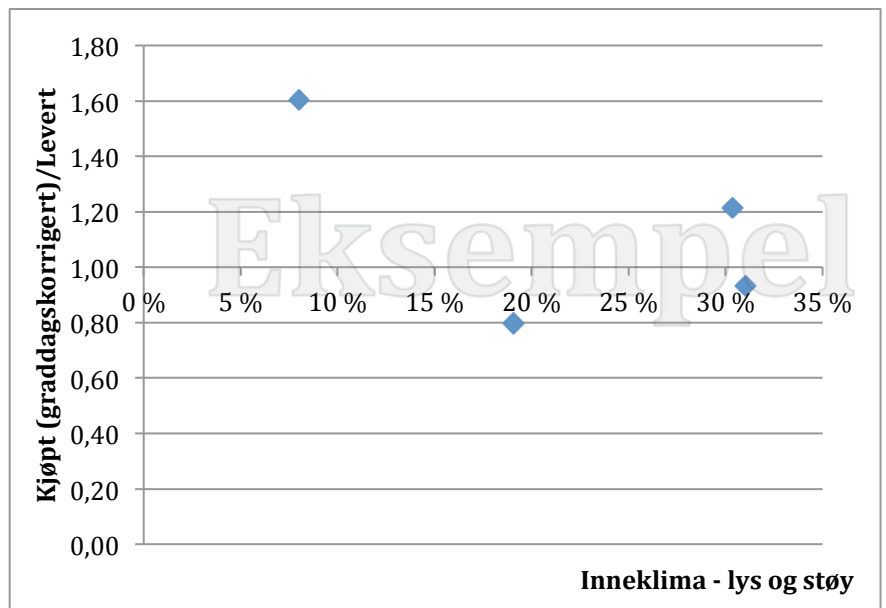
Dette er kun eksempler og må ikke brukes til å vurdere trender eller årsakssammenhenger. Hypotesene om årsakssammenhenger kan kun testes hvis antall datapunkter er tilstrekkelig stort til å gi statistisk signifikans i korrelasjonene.



Figur 10.9: Eksempel på plott av "andel plaget av dårlig luftkvalitet" mot energibruk (forholdet målt kjøpt/levert energi).



Figur 10.10: Eksempel på plott av "andel plaget av høy/lav temperatur" mot energibruk (forholdet målt kjøpt/levert energi).



Figur 10.11: Eksempel på plott av "andel plaget av dårlige lys- og støyforhold" mot energibruk (forholdet målt kjøpt/levert energi).

10.5 Drøfting av resultater og metode

Generelt om metodikk

Ideelt sett bør en etterprøvningsmåte måle forholdet mellom alle aspekter av innsatsfaktorer og ytelse. For praktisk bruk må det imidlertid velges ut noen relativt få indikatorer. Indikatorene som velges bør så lang som mulig være:

- Generelle (uavhengige av bygningstype, løsninger og andre forhold)
- Spesifikke (måle minst mulig annet enn det de skal måle)
- Sensitive (ha størst mulig evne til å avdekke det de skal måle)
- Tolkbare
- Enkle å samle inn

Disse ulike kravene vil ofte være innbyrdes motstridende. Lett tolkbare resultater vil for eksempel kreve undersøkelser som hverken er generelle eller spesielt enkle å samle inn.

Vi har testet en metode der vi har vektlagt tolkbarhet og enkelhet tyngre enn generalitet.

Noen forutsetninger vi mener må være oppfylt for at dette skal være forsvarlig:

- 1 Den rådende oppfatning om hva som utgjør et godt inneklima er riktig.
- 2 Lavere stasjonær energibruk innebærer mindre miljøbelastning enn høyere.
- 3 Hus med lavt energibehov oppføres i stor grad med samme typer (kjent) teknologi som andre, nyere bygg.

Punkt 1. Det er enighet om hva som er et godt inneklima, men det er uenighet om hvordan man oppnår dette og i hvilken grad for eksempel individuelle styringsmulighet er vesentlig eller ikke.

Punkt 2. Miljøbelastning avhenger sterkt av energikilde og distribusjonsmåte, samt hvilken miljøbelastning som inntreffer i bygge-, ombyggings- og rivingsprosesser. Disse forholdene faller utenfor systemgrensen.

Punkt 3. Erfaringen fra pilotbyggene (vårt utvalg) og publiserte data fra andre undersøkelser tilsier at dette er en realistisk forutsetning. Store teknologiskift som overgang fra klimatisering av rom til "personlig" ventilasjon og oppvarming vil være dårligere dekket av de foreslåtte indikatorene. Arkitektoniske løsninger i hus med lavt energibehov er ikke særlig forskjellig fra andre nyere yrkesbygg når det gjelder brukbarhet. Denne forutsetningen gjør det mulig å forsvare en forutsetning om at areal og antall brukere gir en god indikasjon på byggets "produksjon".

Mulige falske assosiasjoner og fallgruver ved tolkning av brukererfaringer og Ørebroundersøkelser

Et svært lavt energibehov kan være en del av en mer helhetlig «grønn profil» eller «høy innovasjonsgrad» for bygget, og brukerevalueringen kan gjenspeile dette mer enn bare energibruk og inneklima. Dette kan skape «falske assosiasjoner» (bias) på flere måter, for eksempel:

- Brukerne kan ha større toleranse for dårlig inneklima/komfort fordi de identifiserer seg med verdiene som ligger bak bygningen
- Brukerne kan ha skjerpet fokus fordi bygget oppfattes som uvanlig
- Driften og energibruken kan følges opp tettere enn i andre bygg.
- Bygget kan ha arkitektonisk utforming, tekniske løsninger eller materialvalg som er uvanlige, og med mulige (positive eller negative) inneklimakonsekvenser.

Det må forventes at slike assosiasjoner ikke lenger vil være utbredte når strenge energikrav innføres som forskriftskrav, men i den fasen man nå er inne i når det gjelder utbredelsen av passivhus er det sannsynlig at slike assosiasjoner er tilstede.

I Ørebroundersøkelsen er faren for skjevheter i de som besvarer undersøkelsen et problem i tolkningen av resultatene. Hvis det er en selvseleksjon blant respondentene ved at det er overhyppighet av de "misfornøyde" som svarer så kan det gi et feil inntrykk av inneklimaet. Dette er spesielt viktig å være oppmerksom på hvis antall respondenter er lite, noe som er tilfelle for enkelte av de brukergruppene vi har undersøkt. I slike situasjoner vil intervjuer av driftspersonell og superbrukere være et viktig korrektiv til Ørebroundersøkelsen samt eventuelle inneklimamålinger.

11 Drøfting av resultater - hypotesetesting

Med utgangspunkt i hypotesene fremsatt i tabell 5.1 drøftes vår erfaring med bruk av metodikken og resultatene fra undersøkelsene.

Gjennomgangen følger rekkefølgen i tabell 5.1 og overskriftene er de samme, dvs. de representerer tiltakstyper/faktorer med mer eller mindre innvirkning på inneklima. Hypotesene gjentas nedenfor med en påfølgende drøfting av resultatene samt noen konklusjoner under hvert punkt.

11.1 Bygningsutforming – geometri og nummerering

Hypotese 1a) Kompakt bygningskropp gir dårligere tilgang på dagslys og utsyn.

Hypotese 1b) Vindusorientering enten for redusert kjølebehov eller ønsket soltilskudd gir dårligere tilgang på utsyn og dagslys i noen retninger, samt lokal overtemperatur i noen rom og retninger.

Vi har ikke hatt anledning til å gå så detaljert inn i dagslysproblematikken som vi skulle ønske. Men vi vil påpeke at en kompakt bygningskropp kan gi utfordringer med liten dagslystilgang for deler av arealene.

11.2 Bygningsskall

Hypotese 2a) Bygningsskall med mye termisk isolasjon gir større konsekvens av fuktskader, mindre støy utenfra og/eller overtemperatur inne.

Hypotese 2b) Ønske om få kuldebroer gir fuktutsatt vindusplassering.

Hypotese 2c) Høy lufttetthet og få vinduer som kan åpnes gir dårlig luftkvalitet ved avstengt mekanisk ventilasjon.

En barnehage opplevde at ventilasjonsanlegget stoppet gjentatte ganger i en periode, og inneluftkvaliteten ble da raskt svært dårlig med hodepine hos "alle". Vinduene kan ikke åpnes, slik at eneste ventilasjonsmulighet var gjennom dørene. Brukerne oppga symptomer som tørr hud, tørre lepper og opplevde lufta som tørr.

I spørreundersøkelsen for et annet bygg, ble det blant annet svart: «Da vi ikke har noen muligheter for å regulere varme/kulde eller luftmengder er det til tider et meget dårlig inneklima. Når det ikke er mulig å lufte via vinduer (kan ikke åpnes) er vi prisgitt klimaanlegg, når dette ikke fungerer slik det skal er det ofte at vi opplever problemer med inneklimaet, enten temperatur eller at luften nærmest er stillestående.»

Generelt setter muligheten til å åpne vinduer noe som etterspørres av mange, og et tiltak som vil kunne redusere inneklimakonsekvensen dersom ventilasjonsanleggene stopper.

11.3 Vinduer og dører

Ønske om lavenergibygg kan blant annet påvirke inneklimaet på følgende måter:

Hypotese 3a) Ønske om redusert varmetap og begrenset soltilskudd fører til redusert bruk av glass i bygget.

Hypotese 3b) De vinduene som finnes gir mindre innslipp av dagslys pr. m² på grunn av flere lag glass og bruke av ulike belegg for bedret U-verdi og redusert solinnslipp.

Teknisk forskrift setter krav til at rom for varig opphold skal ha tilfredsstillende tilgang på dagslys. Krav til dagslys kan verifiseres enten ved beregning som bekrefter at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rommet er minimum 2 %, eller ved at rommets dagslysflate utgjør minimum 10 % av bruksarealet. Til sammenligning tar man i energireglene (tiltaksmetoden) til TEK 10 utgangspunkt i et maksimalt glassareal tilsvarende 20 % av oppvarmet BRA. På denne måten tillates mer glass i fasaden i dype bygg, og det medvirker på en nokså grov måte til å balansere dagslysbehov mot behov for god varmeisolasjon.

Fem av de undersøkte byggene har en glassandel under 20 % av oppvarmet BRA (12,9 – 18,6), og bare ett ligger over 20 % (22,5 %). For de øvrige er det ikke oppgitt data.

Klager på *belysning* i noen av byggene peker på at det kan være utfordringer med dagslystilgang. Indikasjoner på dette kan vi lese ut fra disse byggenes glassandel og bygningsform. Det antyder at man må være påpasselig med kontroll av at det oppnås tilfredsstillende dagslysforhold.

Deltakere i prosjektgruppen har i andre prosjekter erfart at det kan være vanskelig å balansere krav til U-verdi med krav om dagslysfaktor og behov for skjermingsegenskaper i glass (for å ivareta krav til termisk inneklima). Vi vil fremheve at handlingsrommet i prosjekteringen snevres inn med strengere energikrav, og risikoen for å få bygg med utilstrekkelige dagslysforhold kan øke.

I en rapport fra Universitetet for miljø og biovitenskap (IMT-rapport nr 46/2012), er bidragene til 10 arkitektkonkurranser undersøkt med tanke på dagslysforhold. Det viste seg at klasserommene i vinnerprosjektene forenklet sagt er smalere, dypere og har lavere himlingshøyde enn taperprosjektene i 7 av 10 tilfeller. Resultatet viser også at det i all hovedsak tegnes klasserom med fasade på rommets kortside. I vinnerprosjektene hadde bare 18 % av grupperommene dagslys mot 41 % for taperprosjektene. Rapporten sier også at «43 av 44 undersøkte konkurranseprosjekt ikke følger de anbefalinger som Byggforsk gir når det gjelder forholdet mellom romdybde og himlingshøyde. Dagslyssimuleringer vil i beste fall vise at dagslyset oppfyller lovens minimumskrav på 2% midt i rommet, en regel som ble til i en tid da det var allmennkunnskap å ikke overstige romdybder på 7-8 meter pga daglys» Rapporten anbefaler å sette krav til dagslys på forskriftsnivå som tar innover seg den utviklingen som har vært mot tykkere vegger, 3-lagsglass, utvendig solavskjerming, økte romdybder og rom uten dagslys.

Hypotese 3c) Effektiv solskjerming, med eller uten automatisk styring, gir redusert dagslystilgang og utsyn.

Med krav om å holde energibehovet til kjøling nede, eventuelt også i kombinasjon med mange personer pr. m² (arealeffektivitet) og varmeavgivelse fra PC-er og andre tekniske installasjoner, blir behovet for dynamisk utvendig solskjerming økende. En fordel med dynamisk solskjerming, er at selve glasset i vinduet får mindre behov for ulike

belegg, og at vinduet i seg selv kan ha bedre dagslysinnsnitt og kanskje også fargegjengivelse. En ulempe er at den i aktivisert stilling, i tillegg til at den reduserer dagslystilgang og for noen gir følelse av å være innestengt, gir økt behov for kunstig belysning.

Solskjerming som (etter brukernes mening) ikke fungerer var tema i tilbakemeldinger fra brukere i flere bygg.

I ett av byggene ligger fasaden i skyggen fra nabobygg store deler av dagen. Likevel går solskjermingen ned for hele fasaden selv om bare en del av den ligger i sollys. Brukerne hadde følelsen av å være «innestengt», og fremhevet øyets behov for å veksle mellom å feste blikket på noe nært og noe langt borte.

11.4 Eksponerte materialer

Hypotese 4a) Bruk av tunge materialer gir lang responstid og utfordringer med regulering. Bruk av tunge materialer kan også gi akustiske problemer.

Vi har sett eksempler på at bruk av eksponerte tunge materialer har bidratt til dårlige akustiske forhold.

11.5 Ventilasjon

Hypotese 5a) Bruk av behovsstyrt ventilasjon kan føre til risiko for under- eller overventilering ved feil i prosjektering og utførelse.

Hypotese 5b) Effektiv varmegjenvinning med bruk av roterende varmegjenvinner fører til uønsket luktspredning.

Behovsstyring krever mye av komponentenes ytelse. Dette gjelder sensorer, både sensorer og automatikk. Det finnes også eksempler på at høye ambisjoner om regulerbarhet har feilet på grunn av feil komponenter i ventilasjonssystemet, og feil ved montering og innregulering.

Vi har ikke registrert klager på luktspredning i prosjektet, men det foreligger en viss risiko for dette dersom den brukes for arealer med luktgenerering eller dersom trykkforholdene ved gjenvinneren er ugunstige.

11.6 Behovsstyrt varme- og kjøling, natt og helgesenking

Hypotese 6a) Treghet i regulering eller feil i styring kan gi dårlig komfort.

Vi har ikke resultater som gir oss grunnlag for en drøfting av denne problemstillingen.

11.7 Belysning

Hypotese 7a) Energieffektiv belysning kan gi dårligere lyskvalitet

Hypotese 7b) Behovsstyrt belysning kan gi økt feilrisiko pga økt kompleksitet.

Vi har registrert ett tilfelle av belysning som brukerne fant utilfredsstillende. De syntes lyset var for skarpt, og lysrørtypen vil bli

endret neste gang det skiftes lysrør. Problemet anses ikke å være spesielt knyttet til passivhus.

11.8 Utnyttelse av dagslys

Hypotese 8a) Utnyttelse av dagslys kan gi omfattende glassbruk med økt forstyrrelser og dårlig akustikk.

Ønske om å utnytte dagslys for å kunne redusere energibruk til kunstig belysning kan gi økt glassbruk, som igjen kan påvirke inn klimaet i form av overtemperatur fra soltilskudd, trekk (vinterstid) og dårlige akustiske forhold.

Ettersom glassandelen i de undersøkte byggene var relativt begrenset (se hypotese 3), har vi ikke gjort funn som tyder på at denne hypotesen stemmer.

11.9 Energiforsyning og intern distribusjon i bygg

Hypotese a) Vannbåren oppvarming/kjøling gir over/undertemperatur ved «trege» systemer med varme i gulv/konstruksjon.

Hypotese b) Luftbåren varme og kjøling gir redusert ventilasjonseffektivitet, trekkfølelse, dårlig opplevd luftkvalitet.

Hypotese c) Panelovner gir vanskelig sentral styring som kan føre til ujevn oppvarming.

Vi har ikke gjort tilstrekkelige undersøkelser av og/eller funn som kan avkrefte eller bekrefte de tre hypotesene 9a-c.

11.10 Piloteffekter

Hypotese a) Uprøvd teknologi kan gi uheldige effekter på inn klima

Hypotese b) Pilotprosjekter med tilgang på spesiell ekspertise kan «maskere» utfordringer med ny teknologi.

Ingen av byggene i prosjektet har så langt vi kunne observere testet ny teknologi. Likevel har noen av dem, selv med tilgang på ekstra ekspertise, slitt med å få enkelte løsninger til å fungere. Årsaken er manglende dokumentasjon, innreguleringsprotokoller og overlevering av bygget. De samme problemene observeres i ordinære bygg med samme kompleksitet i de tekniske systemene.

11.11 Økt kompleksitet i styring av byggenes energibruk og inn klima

Hypotese a) Feilrisiko i tekniske anlegg med påfølgende uheldige følger for temperatur, luftkvalitet, støy, og lignende.

For å komme så langt ned i energibruk som passivhusnivå krever, er det nødvendig å behovsstyre ventilasjon, lys og temperatur. Dette krever mange sensorer og styringsautomatikk, samt en rekke bevegelige deler som VAV-spjeld. Det krever også god kunnskap hos de som prosjekterer, installerer og drifter anlegget.

I ett av byggene har de hatt store problemer med å få behovsstyringen til å fungere tilfredsstillende. Eieren uttrykker klart at de tekniske anleggene

på Marienlyst skole ikke er mer kompliserte enn tilsvarende anlegg i andre, nye skoler. Tiltakene for å lage passivhus dreier seg stort sett om uproblematisk tiltak i bygningsskallet. Likevel kommer det tydelig fram av intervjuene at de tekniske anleggene ikke fungerte godt nok ved overlevering. Tre år etter ferdigstilling oppgir eier at det stadig avdekkes feil i de tekniske anleggene. Det er tankevekkende at det etter eiers oppfatning er ønskelig, eller til og med nødvendig, med svært høy kompetanse på SD-anlegg for å avdekke prosjekterings- og utførelsesfeil som foreligger ved overlevering av bygget. Selv om de tekniske anleggene ikke skiller seg vesentlig fra anleggene i andre nybygg, er det liten tvil om at behovsstyring (av ventilasjon, varme og lys) fører til økt kompleksitet i anleggene, og at antallet potensielle feil dermed også øker.

Problemer med behovsstyring av ventilasjon forkom også i minst to andre bygg, mens enkelte andre bygg i undersøkelsen ikke har hatt tilsvarende problemer. Dette er eksempel på bruk av teknologi som hverken er spesiell for passivhus, eller som gir et problem i seg selv, men som kan få uheldige utslag for inneklima og/eller energibruk dersom den ikke blir brukt riktig. De feilene som har oppstått i disse byggene har oppstått selv om prosjektene er piloter som til dels har hatt bistand fra svært kompetente rådgiver- og forskermiljøer. Vi vil hevde at risikoen for slike feil, med påfølgende risiko for uheldige inneklimaeffekter, vil øke, i hvert fall i en periode, når denne komplekse teknologien skal tas i bruk i enda større skala. Det er ikke sikkert at feilene slår ut som inneklimaproblemer, det kan i stedet hende at de slår ut i form av en energibruk som blir høyere enn tilsiktet.

En annen konsekvens av komplekse tekniske anlegg er at det krever økt kompetanse å drifte dem slik at man får den inneklima- og energiytelse de er ment å skulle levere. En «superbruker» som ble spurt om hva som er det viktigste kriteriet for at driftspersonalet skulle gjøre en god jobb, fremhevet drifternes evne til å forstå kompleksiteten og dynamikken i bygget og driften som det viktigste forholdet. Dette gjelder så vel drifternes utdanning og erfaring som nødvendig opplæring ved overlevering av bygg. Vi har opplevd at den lokale driften ikke kommer inn på SD-anlegget, og må få informasjon om byggets driftsdata fra andre. Vi har også erfart at måleresultater ikke kan hentes direkte fra energimålerne til SD-anlegget.

Når de relativt store og kompetente driftsorganisasjonene vi har vært i kontakt med i dette prosjektet tidvis har utfordringer med kompleksiteten i driften, vil det kunne bli svært vanskelig for driftere i små organisasjoner, f.eks. små kommuner, å erverve nødvendig kunnskap for å drifte bygg optimalt.

Hypotese b) Uheldige kombinasjonseffekter – Systemer som motvirker hverandre kan føre til ujevnt inneklima og redusert komfort. Dette kan for eksempel være at varme og kjøling står på samtidig.

Vi observerte ikke dette i noen av byggene, men kan heller ikke utelukke at det forekom uten at vi oppdaget det.

Hypotese c) Tiltak for å redusere energibehov, som automatisk solskjerming og lysstyring eller sentral temperaturkontroll, kan

redusere brukernes reelle og opplevde kontroll over eget arbeidsmiljø og gi redusert tilfredshet.

Flere brukere uttrykte frustrasjon over manglende mulighet til å styre inneklimaforhold på egen arbeidsplass. Manglende mulighet til å åpne vinduer, samt manglende mulighet til å styre solskjerming/mulighet for utsyn var to forhold som ble nevnt flere steder. Manglende mulighet til å styre temperatur ble også nevnt av noen, men syntes ikke så fremtredende for de vi snakket med, uten at vi kan trekke konklusjoner på dette grunnlaget.

Tette bygg og manglende mulighet til å åpne vinduer fører til at inneklimaet blir svært avhengig av et velfungerende ventilasjonsanlegg. Mer utstrakt bruk av vinduer som kan åpnes bør vurderes, men dette krever en viss opplæring av brukerne. Blant annet i at man ikke bør åpne vinduer når det er varmere ute enn inne om sommeren.

Når det gjelder muligheten til å styre solskjermingen er den for brukeren tett knyttet sammen med behovet for utsyn og dagslys, og for drifter knyttet til muligheten til å kunne holde innetemperaturen på et tilfredsstillende nivå – helst med moderat bruk av energi. Denne interessekonflikten er ikke uten videre enkel å løse, men det kunne vært interessant å få i stand pilotprosjekter som utforsket ulike fasadeløsninger noe mer, for eksempel med differensierte vindusflater, der man sikret noe utsyn og dagslys selv om mesteparten av vindusarealet er skjernet.

11.12 Tiltaksprioritering

Hypotese a) Høy bevissthet om at lav energibruk er et mål for bygget kan føre til at de som drifter bygget nedprioriterer inneklimaforhold eller har mindre oppmerksomhet rettet mot inneklimaforhold enn mot energibruk.

Ett intervjuobjekt (driftsleder) var helt klar på at brukertilfredshet var førsteprioritet for driftsorganisasjonen. Dette ble begrunnet med at det var viktig for dem som eiendomsbesittere å få leietakerne til å forlenge kontrakten. Det er kostnadskrevende å få tak i nye leietakere og tilpasse lokalene til deres ønsker. Intervjuobjektet var samtidig klar på at inneklimakravene skulle oppfylles med minst mulig energi.

I et annet bygg hadde en leietaker cellekontor. Bruke hadde ingen muligheter for å justere temperatursetpunkt på sitt kontor. Det var videre problemer med trekk fra ventilene. Driftsorganisasjonen foretok da en justering av disse forholdene for alle kontorer, noe leietaker var fornøyd med.

Ventilasjon ved overtid er et område der det hersker motstridende syn hos drifter og bruker av bygget. Vi har blant annet fått inn følgende kommentar:

«Ventilasjon slås av kl 1600. Vi er en overtidssbedrift men det er svært tungt å jobbe kveldstid her pga lite luft.» Fra brukerundersøkelse

Drifterne tenderer til å holde igjen ventilasjonen utenom vanlig driftstid, mens de som sitter og jobber om kvelden ønsker ventilasjon også da. Dette er neppe spesielt for passivhus.

Et annet forhold der driftere og brukere har motstridende ønsker er bruken av ekstern solavskjerming. Drifterne vet hvor viktig solskjermingen er både for å i det hele tatt kunne klare å holde innetemperaturen på et akseptabelt nivå, og for å holde kostnadene til kjøling nede. Brukerne opplever på sin side noen ganger å være «innestengt», noe følgende kommentarer illustrerer:

«Ingen styring med utvendig solavskjerming gjør at jeg ofte blir sittende med null utsikt og dagslys, som igjen fører til at jeg mister energi til å arbeide. Ofte er det helt unødvendig at solavskjermingen går ned, og jeg hadde klart meg med en innvendig løsning (har solavskjerming inne også). Det hadde i hvert fall vært ønskelig at solavskjermingen ikke gikk helt ned, slik at jeg hadde beholdt noe daglys.»

En annen respondent sier: «Pga solavskjerming sitter jeg i halvmørke og har ikke utsyn det aller meste av dagen. Dette er det klaget på fra vi flyttet inn, men per dags dato er det ingen bedring. Jeg føler at huset er viktigere enn de som jobber i det» sistnevnte kommentar kan ha sitt utspring i at klager på forholdene i følge bruker har blitt møtt med «...dette er et passivhus og da må det være slik...»

Alt i alt sitter vi med inntrykk av at driftsorganisasjonene vi har vært i kontakt med har et høyt bevissthetsnivå rundt inneklimatekvaliteten i bygget. Konflikten mellom brukernes og drifternes interesser vil likevel til en viss grad være tilstede, som de er det på andre bygg.

12 Anbefalinger - metodikk for etterprøving av bygg

Prosjektet har vist at enkelte bygg av ulike årsaker ikke fungerer så godt som forutsatt. Det er grunn til å tro at mer avanserte løsninger gjør mulighetene for feil flere, samtidig som samspill mellom systemer kan øke sårbarheten og vanskeliggjøre feilsøking. Vi tror derfor det er behov for tiltak for å sikre ytelse på flere nivåer:

- 1** Dokumentasjon og etterprøving av byggenes energibruk og inneklimatekvalitet på et overordnet nivå
- 2** Verifikasjons- og feilsøking i forbindelse med overlevering av bygg fra entreprenør til byggherre
- 3** Opplæring av driftspersonell for å sikre god kunnskap om hvordan alle tekniske systemer i bygget fungerer og samhandler

Verifikasjons- og feilsøkingsverktøy som angitt under punkt 2 må tilpasses det enkelte prosjekt, og både testprosedyrer, resultater og rutiner for feilsøking i drift bør være beskrevet i byggets FDV-dokumentasjon. Se for eksempel Mysen et al 2013 for anbefalinger om funksjonstesting av behovsstyrte ventilasjonssystemer.

I denne studien har vi gått nærmere inn på hvordan man kan løse punkt 1 – etterprøving på overordnet nivå. I tillegg anbefaler prosjektgruppen at det systematisk samles inn og analyseres informasjon på et mer overordnet nivå. Slike data kan være nyttige for å avklare om det enkelte bygg yter på forutsatt nivå, og på et høyere nivå for å gi indikasjoner på om utviklingen går i riktig retning uten utilsiktede skadevirkninger.

På grunn av det lille datasettet som var tilgjengelig i prosjektarbeidet, er den anbefalte metoden ikke verifisert, og bør utprøves i større skala.

Den kostbare delen av etterprøvingen vil være datainnsamling, og det er betydelig enklere å føye til, slette eller justere beregnede indikatorer i etterkant enn å supplere eller justere grunndata. En erfaring fra prosjektet er at det var vanskelig å skaffe data til veie. Vi legger derfor mest vekt på hvilke data som bør fremskaffes.

12.1 Datagrunnlag for indikasjon av byggets faktiske ytelse

Energibruk

Generelt vil det være ønskelig å samle inn data som er relevante for å verifisere om forskriftskrav er oppfylt. Det er ikke kjent hvordan TEK 15 vil stille krav til bygningens energibruk eller -behov, og det kan være behov for å justere datainnsamling i lys av dette.

Vi vil likevel anbefale at det samle inn data for årlig energibruk fordelt på energibærere (elektrisitet, fjernvarme, etc.), formålsdelt forbruk fordelt på kjøling, oppvarming, varming av tappevann og el. om mulig bør sistnevnte fordeles på energipostene lys, brukerrelatert utstyr, vifter og pumper.

Opplevd inneklima

Vi anbefaler at det samles inn data om opplevd inneklima i nye yrkesbygg i løpet av første driftsår og etter to til fem års drift.

Datainnsamling kan med fordel tilpasses lokale behov, og for eksempel inngå i arbeidsmiljøundersøkelse eller generell brukertilfredshetsundersøkelse, men bør inneholde de validerte spørsmålene i "basisenqueten" i Örebrometoden. Det kalkuleres indekser for symptomgrupper og grupper av uønskede forhold.

Målt inneklima

Dersom bygningen er instrumentert for sentral avlesning av relevante inneklimaparametere (eks. karbondioksid, temperatur) rapporteres andel av driftstid der prosjektert inneklimaklasse ikke tilfredsstilles. Hvilken av kategoriene for inneklimakvalitet i NS-EN 15251 med nasjonalt tillegg som er benyttet ved prosjektering av oppgis.

Driftssituasjonen

Drifternes erfaringer bør samles inn systematisk: virker tekniske installasjoner tilfredsstillende, hvilke tilbakemeldinger fra brukere gis, har driftspersonell fått tilstrekkelig opplæring i hvordan de tekniske installasjonene fungerer, hvilke utfordringer har man hatt i oppstartfasen, drives det systematisk oppfølging av energibruk og inneklima i henhold til fastlagte målsettinger. Dette kan gjøres i form av et enkelt intervju eller noen tilleggsspørsmål som besvares i forbindelse med rapportering av energibruk og målt inneklima.

12.2 Datagrunnlag for byggets beregnede ytelse

Det må i forbindelse med byggesak og energimerking utarbeides energibudsjett beregnet etter NS 3031 og med fordeling på energibærere og formål. Det medfører ikke ekstraarbeid.

Reelt energibudsjett basert på klimasone og faktisk planlagt bruk bør gjøres i tillegg, men det medfører lite ekstraarbeid når man allerede har et energibudsjett (f.eks. en Simien-fil).

12.3 Datagrunnlag for normalisering og analyse – hva er nødvendig?

Som minimum må følgende registreres:

- Oppvarmet BRA. I tillegg til oppvarmet BRA bør det registreres informasjon om halvklimaliserte arealer.
- Bygningskategori, eventuelt fordeling mellom ulike kategorier ved kombinasjonsbygg.
- Beliggenhet.(For korrigering basert på graddagstall).
- Type oppvarmings- og kjølesystem.
- Faktiske driftstider. For bygninger med liten grad av behovsstyring settes dette til antall timer der klimatisering og ventilasjon (utover minimumsnivå) er i drift.
- Antall ansatte og brukere (samtidige).

For sistnevnte punkt tas det utgangspunkt i at en person i full stilling med hovedarbeidssted i bygningen utgjør et person-år. Ansatte justeres for deltidsstillinger, men ikke for sykefravær eller annet. En elev eller student i fulltidsstudier utgjør person-år. For andre bygningstyper enn skoler og kontorbygninger må det vurderes nærmere hva som utgjør mest relevant mål på personbelastningen.

Der hvor forholdene ligger til rette for det, bør det også samles inn og beregnes data for:

- Formfaktor (areal av klimaskjerm / innvendig volum),
- Justerte driftstider. I bygninger med stor grad av behovsstyring, er samtidigheten viktig for pådrag på tekniske anlegg. Det er dermed interessant å beregne en justert driftstid der man tar hensyn til perioder der anlegg kjører med redusert kapasitet.

På bakgrunn av ovennevnte datafangst beregnes indikatorsettene der vi innledningsvis anbefaler å anvende følgende plott/sett:

- "Kjøpt energi/beregnet levert energi", eventuelt også "energi til vifter og pumper" mot "andel plaget av dårlig luftkvalitet". Dette kan gi en indikasjon på om ventilasjonen driftes og fungerer som forutsatt, og om energiltak virker positivt eller negativt på inneluft.
- "Kjøpt energi/beregnet levert energi" mot "andel plaget av høy/lav temp". Indikasjon på om oppvarmingssystem fungerer som forutsatt.
- "Kjøpt energi eller beregnet levert energi" mot "andel plaget av lys- og støyforhold". Kan gi en indikasjon på om energiltak har virket positivt eller negativt på støy og belysning.
- Andel av driftstiden utenfor inneklimateklasse mot andel plaget av inneklimateforhold og andel med symptomer. Dette vil gi en indikasjon på om eventuelle inneklimateplager henger sammen med andre forhold.

Med et tilstrekkelig stort antall bygg som referanse kan man få en indikasjon på om et konkret bygg faller innenfor det som anses som "normalen" eller utenfor. Det vil da gi indikasjoner på om det er ting som bør følges opp nærmere i det enkelte bygg. Ved å studere utviklingen over tid vil man kunne fange opp trender i bygningsmassen. Det vil også være nyttig å følge opp utvikling over tid i de enkelte bygg.

Hvordan en rapportering, mottak av data fra enkeltbygg og beregning av indikatorene skal organiseres har vi ikke vurdert, men det kan synes naturlig å knytte det opp til Enovas byggstatistikk for energibruk.

13 Innspill til revisjon av teknisk forskrift

Innhentede erfaringer fra 10 energieffektive yrkesbygg tyder på at mulige negative bruks- og innklimakonsekvenser av en skjerping av energikravet i TEK til passivhusnivå vil være små sammenlignet med det generelle forbedringspotensialet som ligger i grundigere funksjonstesting, innregulering, overlevering og drift. Det er funnet lite bruk av ny og eksperimentell teknologi i bygningsutvalget, byggene baserer seg i hovedsak på samme teknologi som TEK 10-bygg. Samtidig kan det hende man må ta i bruk den kjente teknologien, for eksempel behovsstyring av lys, ventilasjon og temperatur, i større omfang for å nå energimål. Dette kan øke risikoen for feil, både i prosjektering, leveranser og drift. Det vises for øvrig til drøfting av disse problemstillingene i kapittel 11.

Instrumentering

Vi foreslår at det innføres krav til instrumenteringen av bygget slik at det blir enklere å oppdage avvik, feilsøke og rette problemer. Det vil også gjøre det lettere å vurdere bygningens faktiske ytelser sammenlignet med planlagt ytelse og med andre tilsvarende bygg.

Levert/kjøpt energi fordelt på energibærere vil byggene som oftest ha i form av netteiers/fjernvarmeleverandørs målere for avregning av forbruk. Ideelt sett bør energibruken i tillegg følges opp på energipostnivå, men dette kan være komplisert og uforholdsmessig dyrt. Som et forenklet alternativ foreslås det følgende måling av energiposter:

- Romoppvarming
- Kjøling
- Varmt tappevann
- Elspesifikt forbruk

Videre bør det vurderes å måle ytelsen til eventuell lokal fornybar varme- og kjøling. I større bygg anbefales det også å måle luftmengder, virkningsgrad for gjenvinner og spesifikk vifteeffekt for ventilasjonsanlegg.

Dagslys

Fokus på høy energieffektivitet kan føre til dype bygg med begrenset vindusareal i fasade. Selv om gjennomsnittlig dagslysfaktor oppfyller minstekrav, vil dype rom få en ujevn dagslysfordeling, og det kan bli vanskelig å oppnå gode dagslysforhold innerst i rommene.

Vi anbefaler at behovet for å oppdatere kravene til dagslys som finnes i dagens forskrifter vurderes ut fra den utviklingen som har vært mot tykkere vegger, 3-lagsglass, utvendig solavskjerming, økte romdybder og i noen tilfeller bruk av rom uten dagslys.

Overlevering og kontroll

Prosjektet har vist at enkelte bygg etter 2-4 års drift av ulike årsaker ikke fungerer så godt som forutsatt. Det er grunn til å tro at mer avanserte løsninger øker mulighetene for feil, samtidig som samspill mellom systemer kan øke sårbarheten og vanskeliggjøre feilsøking.

Undersøkelsen tyder på at det er et potensiale for bedre inneklima og

energioptimal drift ved grundig funksjonstesting, innregulering, overlevering og drift i nye yrkesbygg. Kvalitetskontroll av tekniske anlegg og krav til overlevering av tekniske anlegg vil bidra til å sikre et godt inneklima. Det samme vil god opplæring av driftspersonell ved overlevering,

Det anbefales å utrede hvilke virkemidler som er mest egnet for å styrke de omtalte prosessene.

14 Referanser

- Aas et al., 2009
- Berge, 2012. Erfaringer med passivhus (foredrag)
- Bremdal et al., 2013. Manage Smart in Smart Grid: Intelligent Energy Management and Control of a Smart Grid Connected Public Building. Juni 2013.
- Civitas m.fl., 2011. Alternative energiløsninger i konsesjonsområde for fjernvarme: Hva er mest miljøvennlig? Vurdering av forutsetninger, beregningsmetode og krav til dokumentasjon ved søknad om dispensasjon fra tilknytningsplikten
- Enova, 2013. <http://naring.enova.no/file.axd?fileDataID=3b440a5f-e2a1-4753-9c41-2f3d657cc0b2>
- ENOVAs byggstatistikk 2011
- Feist, 2005. http://www.passivhaustagung.de/neunte/Kran/Passivhaus_Kranichstein.htm
- GBA m.fl., 2012. Grønn byggallianse, m.fl. Målkonflikter mellom energisparing og fjernvarme - problembeskrivelse og løsningsforslag.
- Holløs et al, 2013. Helse og inneklima i passivhusboliger. Forskningsbehov, risiko og muligheter. Ukast juni 2013.
- Leif D. Houck: Dagslystes kår blant vinner- og taperprosjekter i arkitektkonkurranser om nye skoler, IMT-rapport nr 46/2012
- Mads Mysen, Peter Schildt: Behovsstyrt ventilasjon, DCV – krav og overlevering. Veileder for et energioptimalt og velfungerende anlegg. SINTEF Fag 11
- PBE, 2012. Brev om vedtak om unntak fra tilknytningsplikt for fjernvarme – Tidemannsbyen.
- Rambøll, 2013. Energiregler 2015. Forslag til endringer i TEK for nybygg.
- SINTEF, 2012. Inneklima i energieffektive boliger – en litteraturstudie, SINTEF 2012.
- Tor Helge Dokka, Catherine Grini: Metodikk ved energioppfølging og etterprøving av bygningers energibruk. SINTEF Byggforsk Energi og arkitektur, 2013.
- WHO, 2000. The right to healthy indoor air.
- XRGIA AS: Energibruk i lavenergi- og passivbygg. En sammenligning av forventet og målt energibruk. Utarbeidet for Energi Norge, 2011

15 Vedlegg 1 - Referansegruppe

Det ble etablert en referansegruppe for prosjektet. Gruppen har bestått av fageksperter og representerer sentrale aktører som har bidratt til og vært involvert i utformingen av regelverk og norske standarder knyttet til energibehov og -bruk samt inneklima i bygg.

Det har vært avholdt to møter i gruppen samt at det er mottatt skriftlig tilbakemeldinger.

Gruppen har:

- 1 Gitt innspill på innretningen på prosjektet, våre hypoteser og valg av undersøkelsesparametere
- 2 Drøftet og kommet med synspunkter på foreløpige funn som er presentert fra våre undersøkelser og analyser og hvilken betydning dette kan få for innretningen av TEK15 og TEK20.

Gruppen har bestått av:

- Thor Lexow, Standard Norge
- Marius Nygaard, Arkitekt- og designhøyskolen i Oslo
- Geir Andersen, Drammen kommune
- Birgit Risholt, SINTEF
- Arne Førland-Larsen, Asplan
- Øystein Bull Hansen, Framtidens bygg
- Knut Helge Sandli, Dibk
- Michael Lommertz, NAL.

16 Vedlegg 2 - Byggbeskrivelser

(Eget hefte)

17 Vedlegg 3 – Ørebroundersøkelsen – Resultater

17.1 Metode

Ørebroundersøkelsen er basert på et spørreskjema (MM 040 NA) som er utarbeidet ved Yrkes og Miljøavdelingen ved Universitetssykehuset Örebro, Sverige. Det er foretatt store undersøkelser i Norden med dette skjemaet som gir oss et godt referansegrunnlag. Undersøkelsen har blitt gjennomført hovedsakelig ved at respondentene har svart elektronisk via Internett.

Brukere fra de ulike eksempelbyggene fikk tilbud om å besvare en tilpasset Ørebroundersøkelse. Marienlyst skole har deltatt i mange brukerundersøkelser, og det ble ikke vurdert som ønskelig å gjennomføre en ny undersøkelse nå. Av tidsmessige årsaker ble det heller ikke gjennomført undersøkelse i Fjell barnehage. Invitasjon ble sendt ut på e-post til ansatte i henhold til litsendte lister. Det ble sendt ut en purring. Antall inviterte og besvarte undersøkelser er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Utsendte og besvarte inneklimateundersøkelser

Bygg	Organisasjon	Antall utsendte	Antall besvarte
Bellonabygget	Bellona	36	18
	Fjeldheim og partnere	45	18
Nardo Skole		51	21
Prof. Brochs gate 2	Enova	61	30
	SWECO	59	26
Møllestua barnehage	Kristiansand kom.	26	5
Storøya Skole	Bærum kom.	23	7
Storøya Barnehage	Bærum kom	19	8
Papirbredden 2	Arbeidstilsynet, m.fl.	34	28

Spørsmål

Spørsmålene som er brukt er hentet fra spørreskjemaet MM040 NA:

Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass				
	Ja, ofte	Ja, iblant	Nei, aldri	Vet ikke
1.1 Tretthet				
1.3 Tung i hodet				
1.5 Hodepine				
1.7 Svimmel/ør				
1.9 Konsentrasjonsproblemer				
1.11 Kløe, svie, irritasjon i øynene				
1.13 Irritert, tett eller rennende nese				
1.15 Heshet, tørrhet i halsen				
1.17 Hoste				
1.19 Tørr eller irritert hud i ansiktet				
1.21 Flassing/kløe i hodebunnen				
1.23 Tørr, kløende hud på hendene				
1.25 Andre plager enn de overnevnte				

Dersom det svares "ja, ofte" eller "ja, iblant" stilles tilleggsspørsmålet "Tror du dette skyldes forhold på arbeidsplassen.

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass				
	Ja, ofte	Ja, iblant	Nei, aldri	Vet ikke
2.1 Trekk				
2.2 For varmt				
2.3 For ujevn (vekslende) temperatur				
2.4 For kaldt				
2.5 Innestengt og "dårlig" luft				
2.6 Tørr luft				
2.7 Ubehagelig lukt				
2.8 Statisk elektrisitet med småstøt				
2.9 Tobakksrøyk fra andre				
2.10 Støy				
2.11 Belysning: svak eller blendende				
2.12 Støv og smuss				
2.13 Andre inneklimatefaktorer enn de overnevnte				

Tilleggsspørsmål

I tillegg til disse spørsmålene, ble det stilt noen tilleggsspørsmål spesifikke for denne undersøkelsen:

Vil du si at bygget har noen betydning for hvordan du ser på deg selv og arbeidet ditt?

"Hvordan?" (Åpent, tekstsvar)

Hvor gode muligheter vil du si at du har til å påvirke følgende forhold på din arbeidsplass:

Temperaturen? (For eksempel ved å regulere termostater, skru varme eller kjøling av og på)

Skala fra 1 (ingen mulighet) til 5 (meget god mulighet)

Har du tatt med egen ovn? (Ja/nei)

Solskjermingen? (trekke for gardiner, styre persiennner, e.l.)

Skala fra 1 (ingen mulighet) til 5 (meget god mulighet)

Belysningen? (Skrul lamper av og på, regulere styrke)

Skala fra 1 (ingen mulighet) til 5 (meget god mulighet)

Har du tatt med egen lampe? (Ja/nei)

Ventilasjonen? (Åpne og lukke vinduer, regulere luftmengder..)

Skala fra 1 (ingen mulighet) til 5 (meget god mulighet)

Referansedata

En viktig del av tolkningen er å sammenligne resultatene med referansedata. Referansegruppe i denne rapporten er bygg uten kjente klimaproblem "friske bygg". Referansedataene er fra en studie (M 5/90) gjennomført av Universitetssykehuset Örebro.

De har gjennomført undersøkelser på arbeidsplasser hvor det ikke forelå kjente klimaproblem. Målsetningen med studiet var å få frem referansedata til dette spørreskjemaet (MM 040 NA) på opplevd inneklima og plager som forekommer i "friske bygg".

Da mange av oss ikke har arbeidsplassen vår i et "friskt bygg" er det normalt at 15 - 20 % klager over ett eller annet relatert til innemiljøet.

Tolkning av resultatene

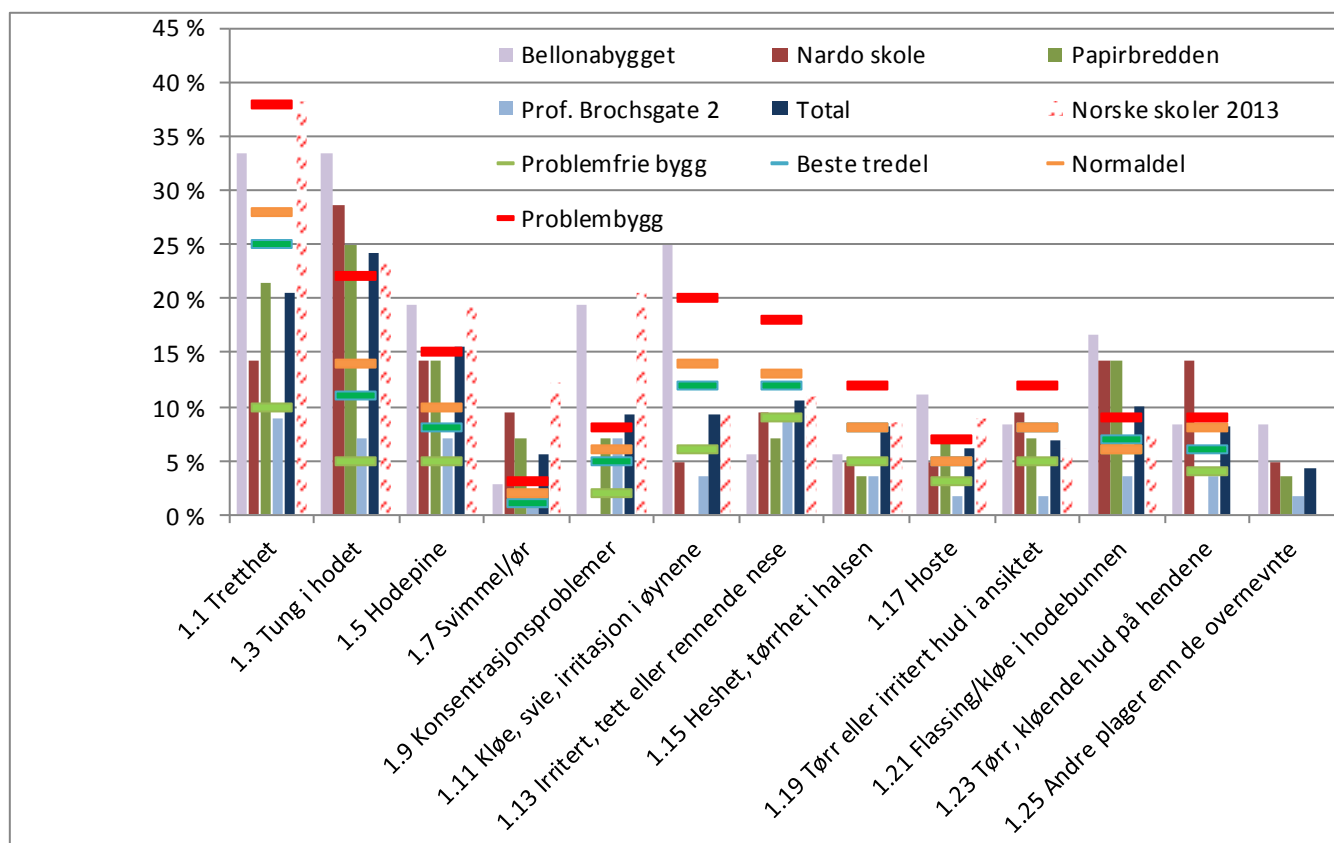
Resultatene av undersøkelsen presenteres ved hjelp av "Ørebroroser" som viser de vanligste innemiljøproblemene og de

vanligste plager som oppstår i dårlige innemiljø. Med "Ørebroroser" kan en få et inntrykk av plagene og om det eventuelt kan være noen sammenhenger mellom opplevelse av inneklimaet og de registrerte symptomene.

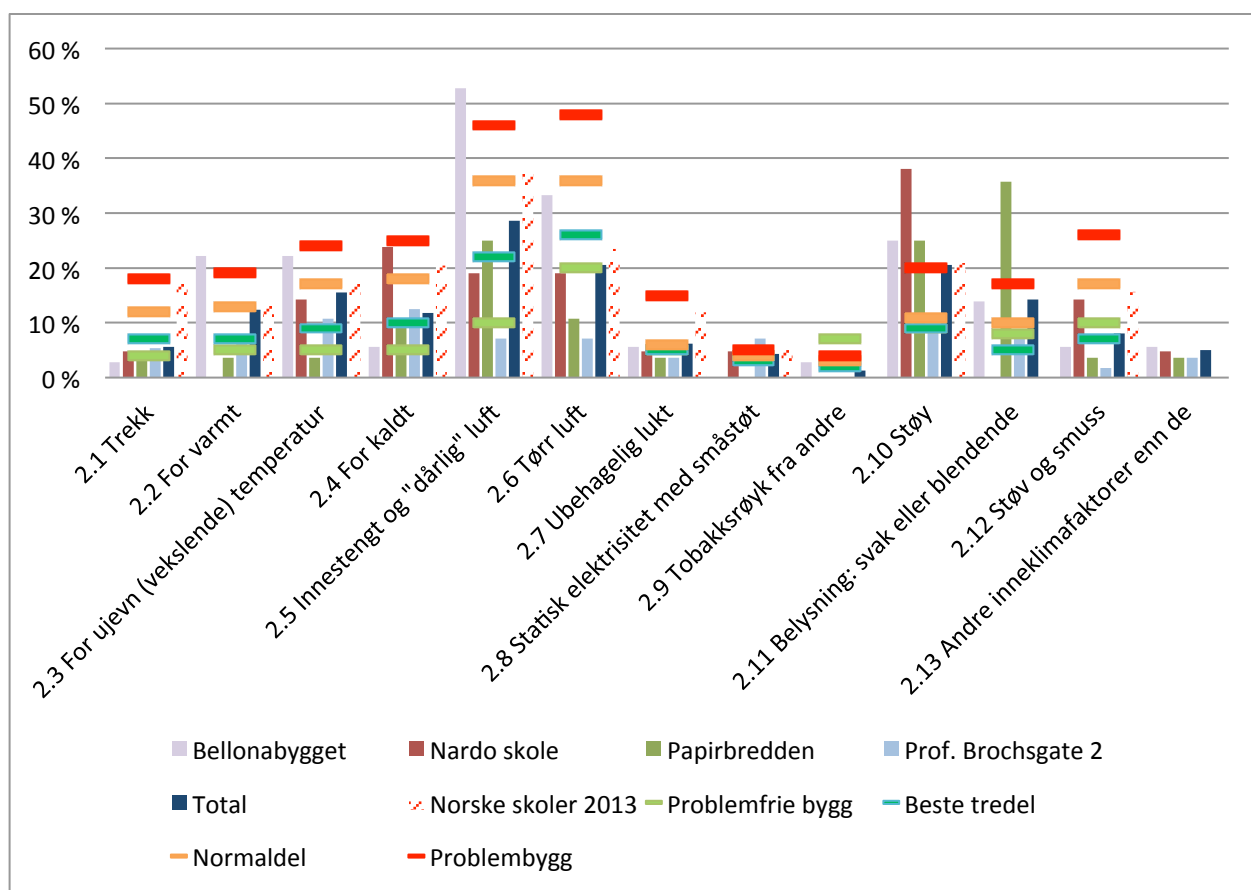
17.2 Resultater

Resultatene av inneklimaundersøkelsene er oppsummert og sammenlignet med referansemateriale i figur 1 og 2 under.

Ørebroroser er videre rapportert per bygg/arbeidsenhet. På grunn av lav svarfrekvens og små enheter er det til dels svært store usikkerheter ved resultatene fra enkeltbygg.



Figur 1. Plager i undersøkelsen, sammenlignet med en nyere undersøkelse av norske skoler, av friske bygg og 127 svenske kontorbygg (beste tredel, normalbygg og problembygg).



Figur 2. Inneklimaforhold i undersøkelsen, sammenlignet med en nyere undersøkelse av norske skoler, av friske bygg og 127 svenske kontorbygg (beste tredel, normalbygg og problembbygg).

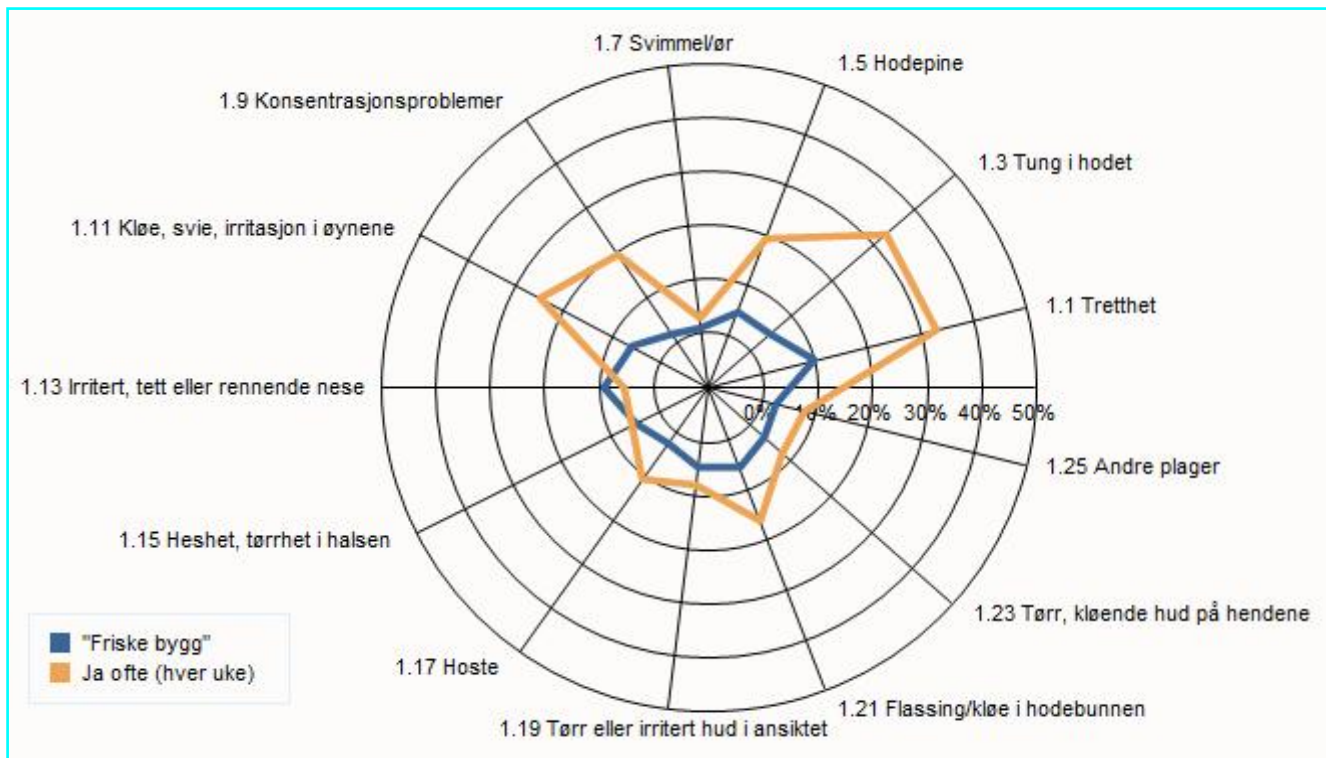
17.3 Bellona

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden 31.10.2013 til 10.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
81	36	44

Symptomer/Plager

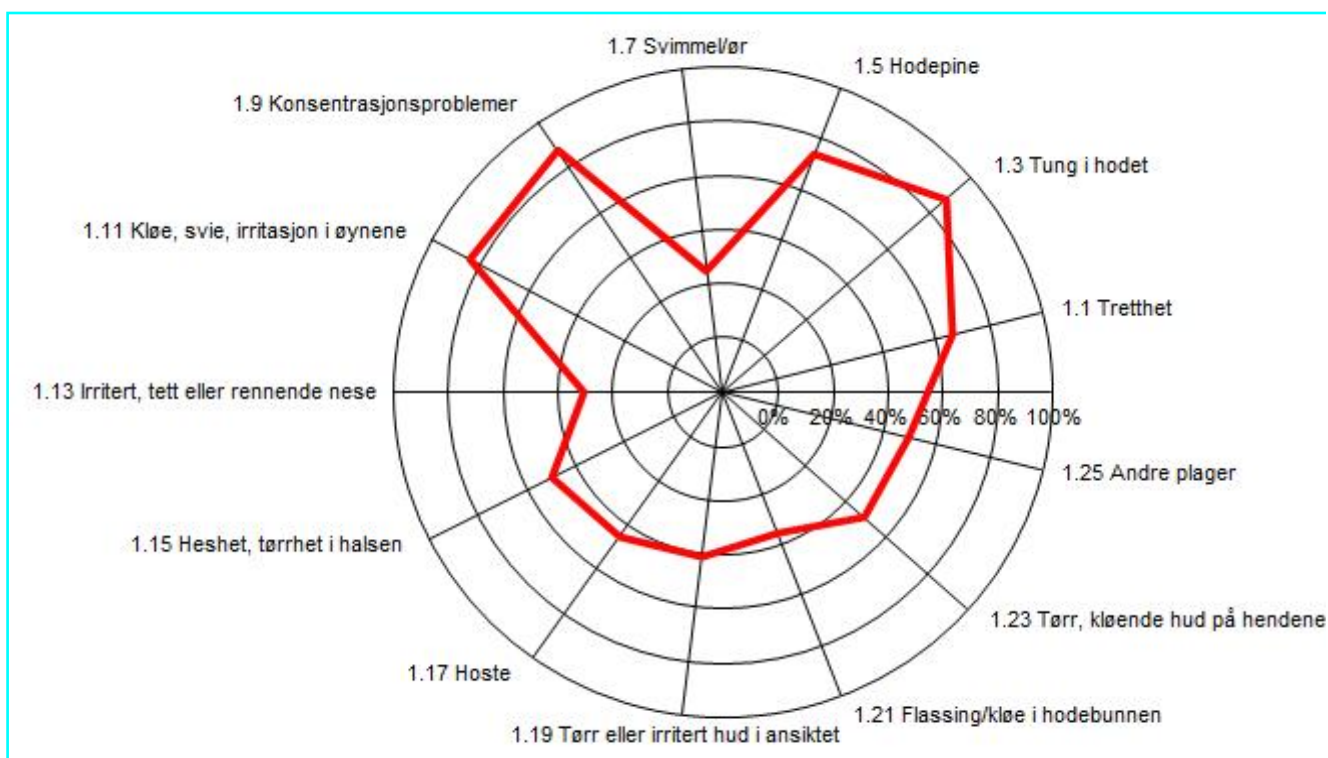
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

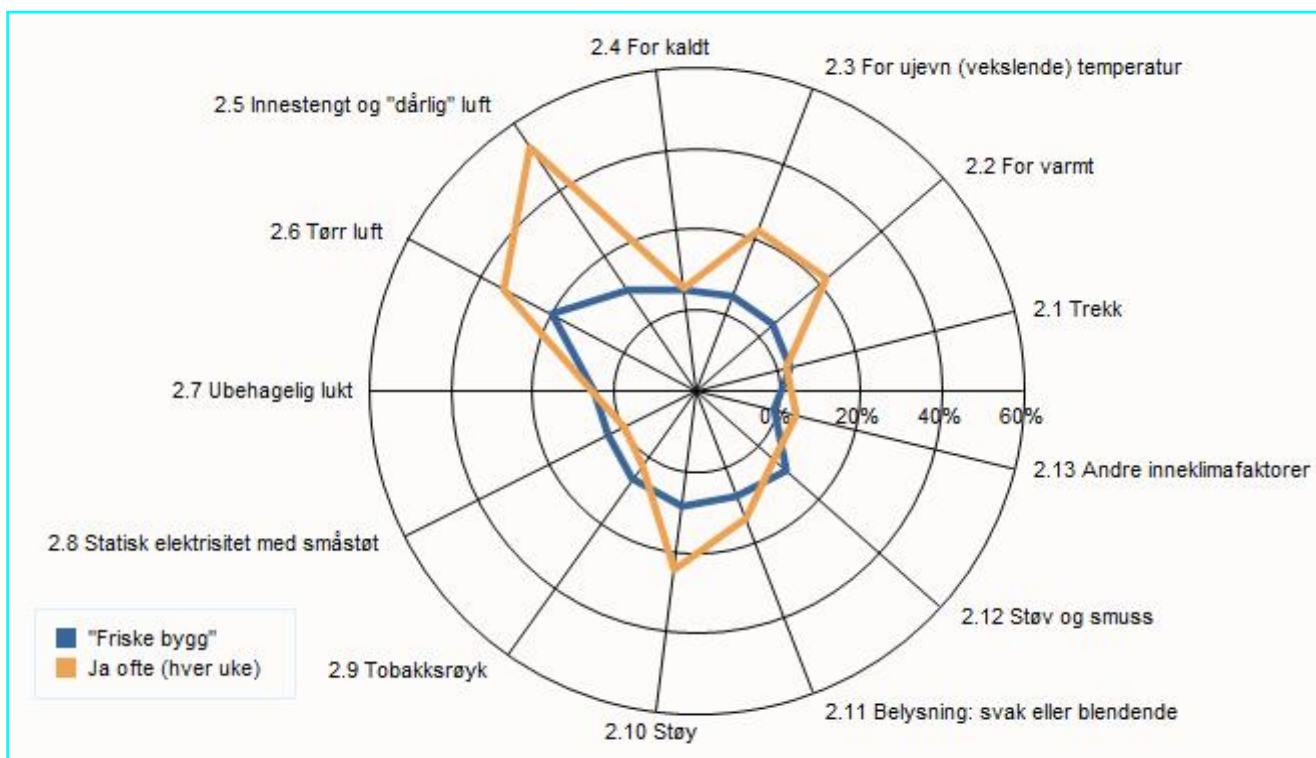


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

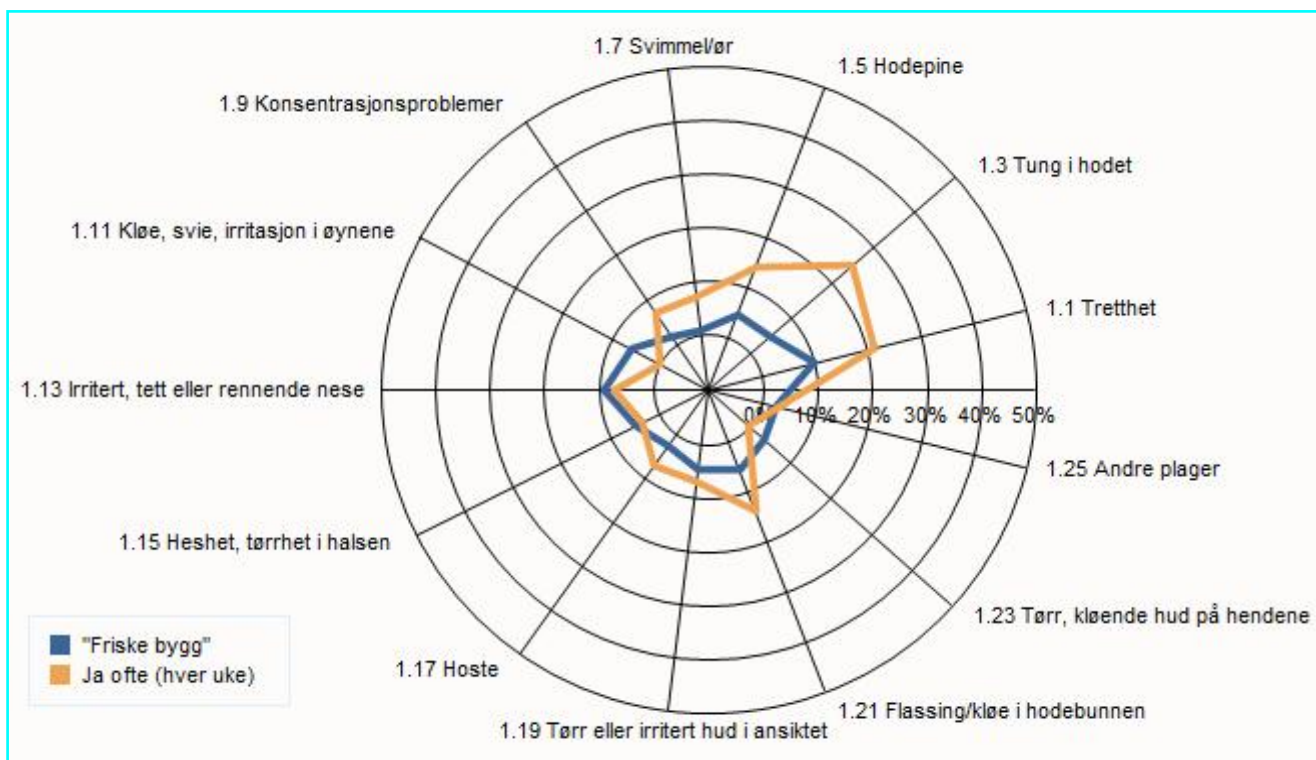
17.4 Papirbredden 2

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden: 04.11.2013 til 10.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
34	28	82

Symptomer/Plager

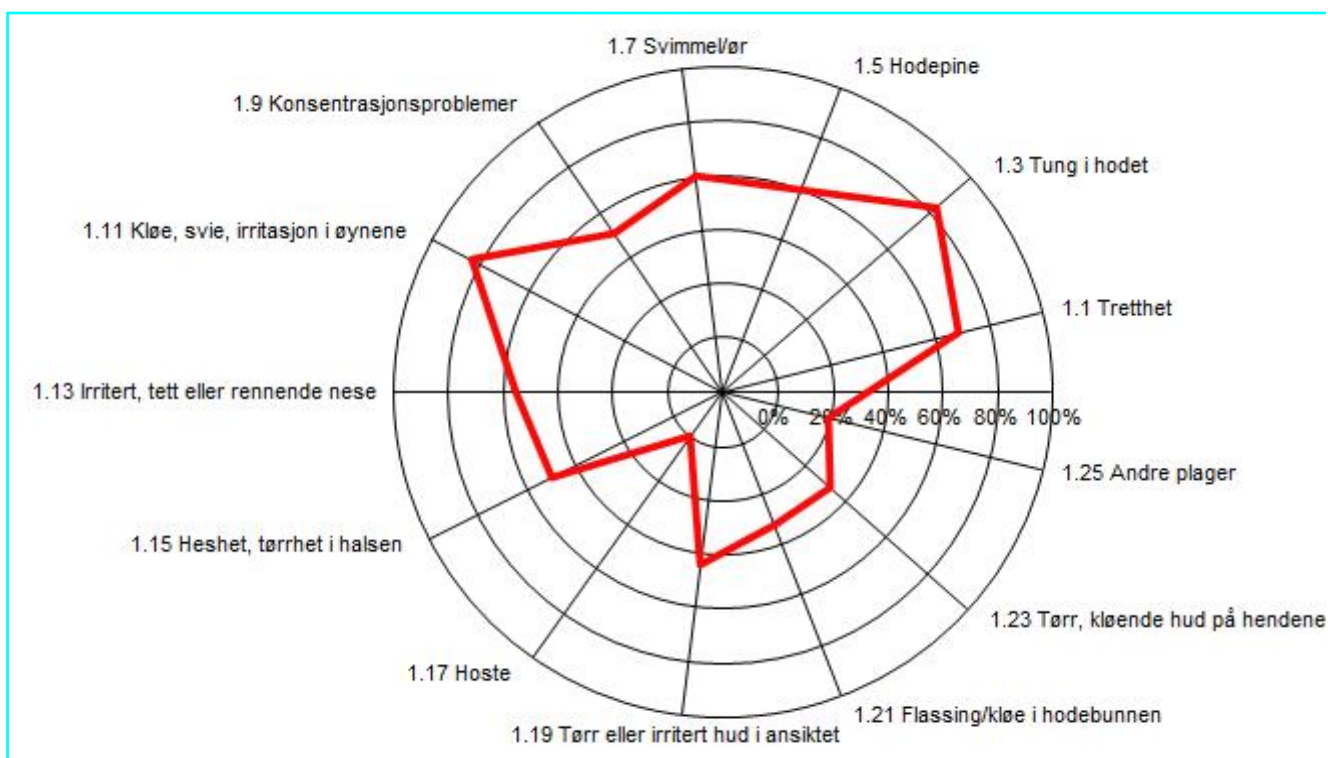
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

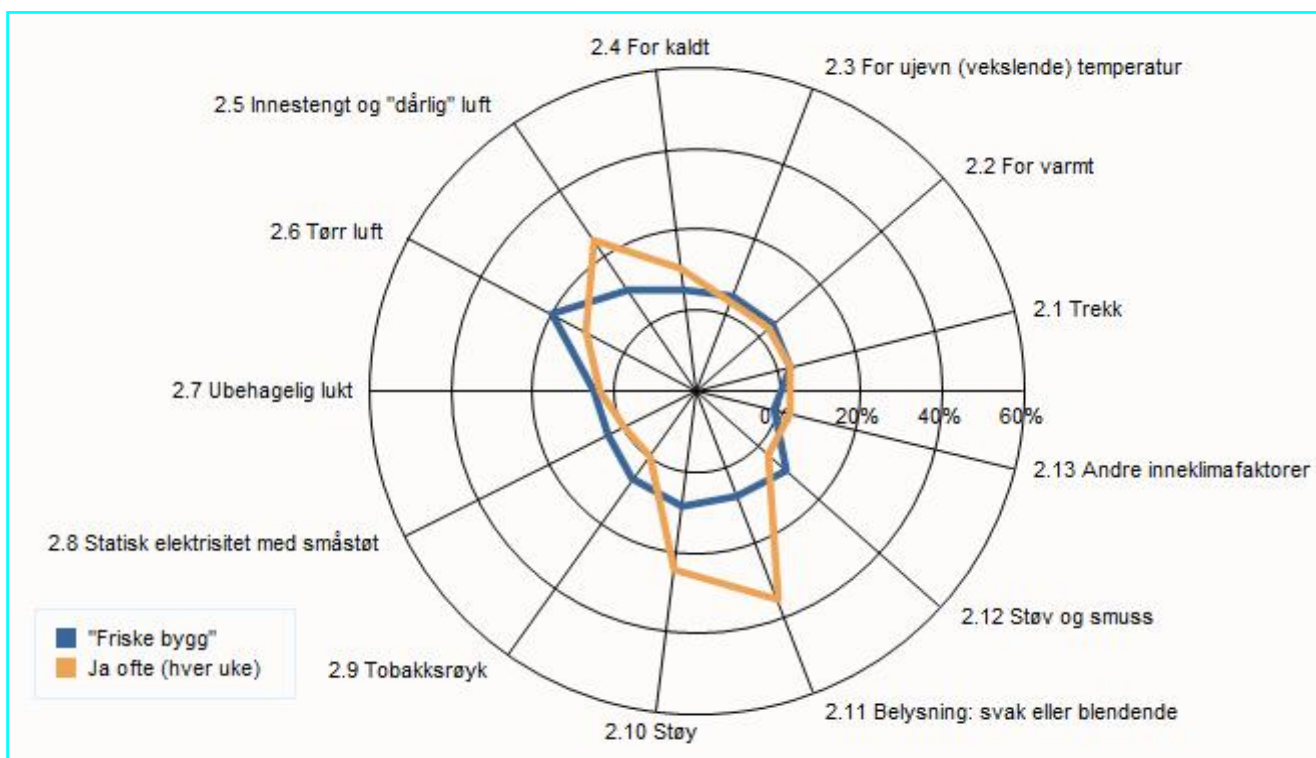


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklimate på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

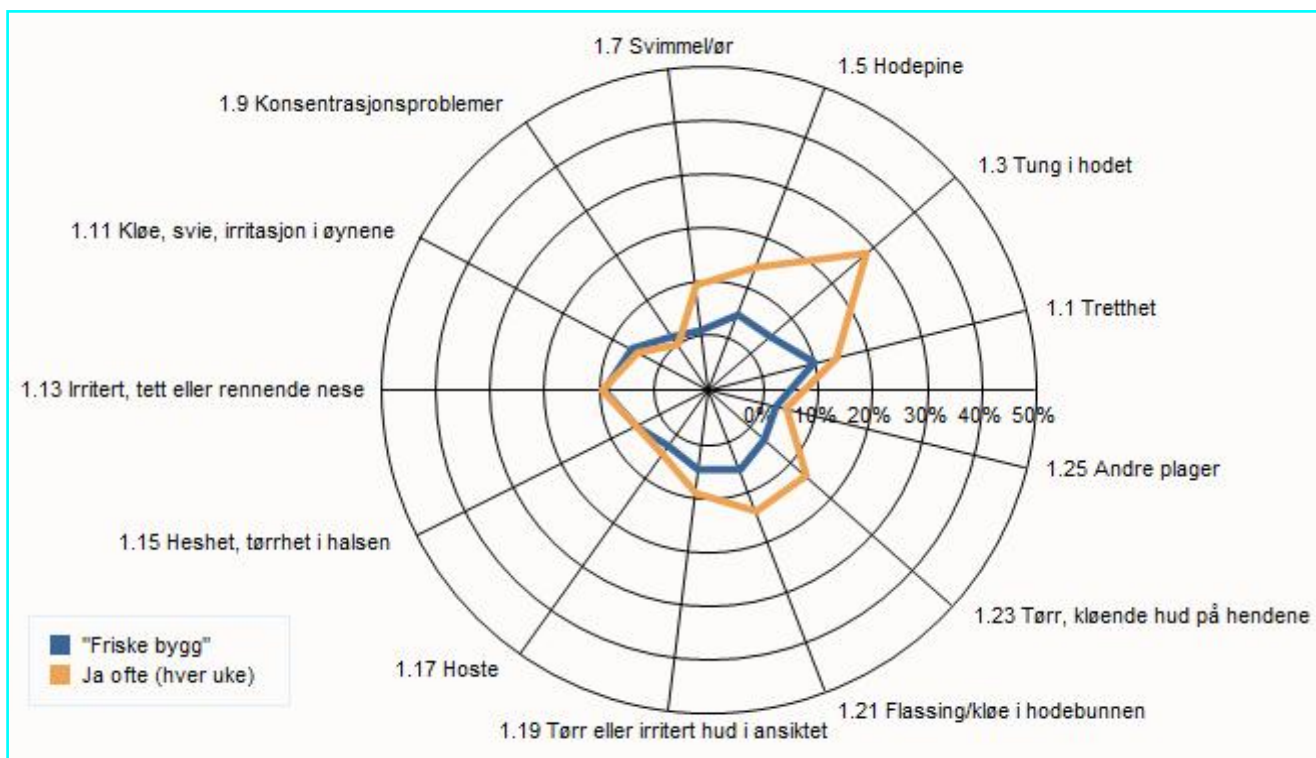
17.5 Nardo Skole

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden: 31.10.2013 til 10.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
51	21	41

Symptomer/Plager

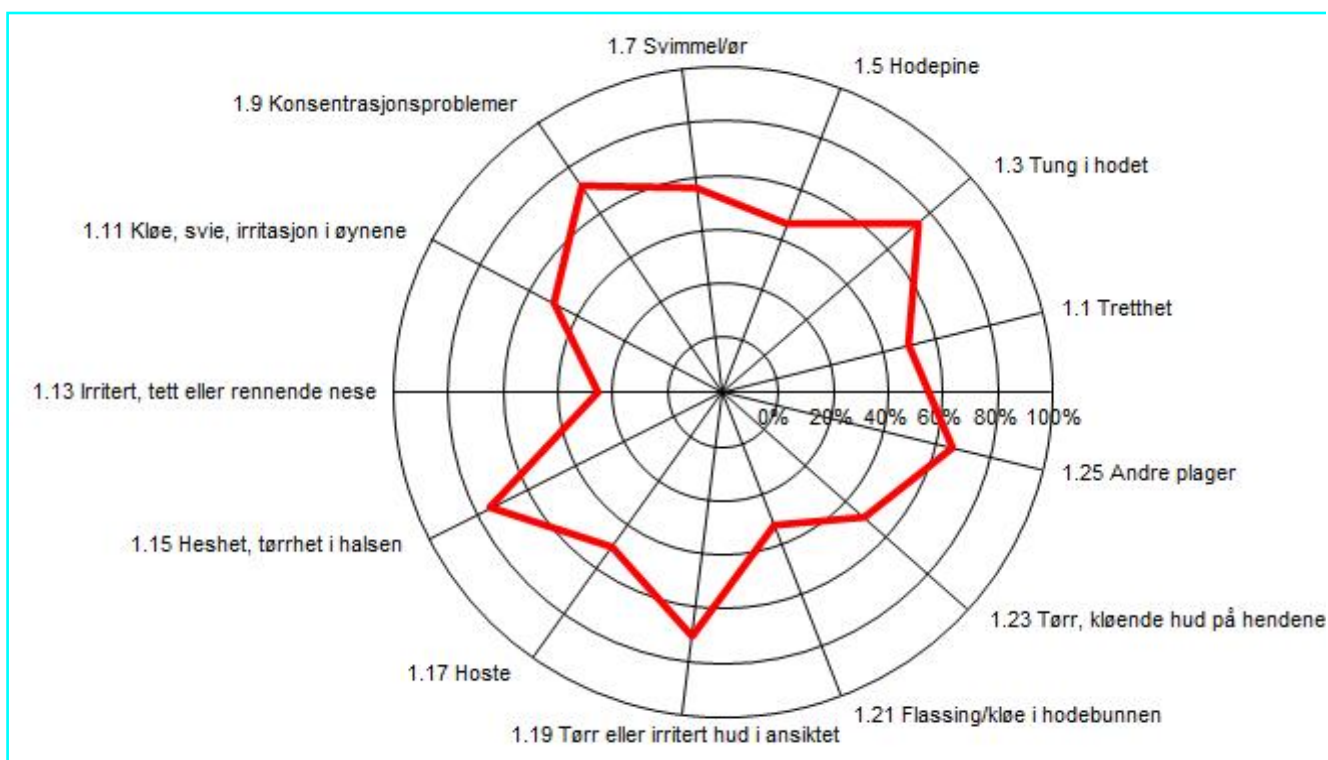
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

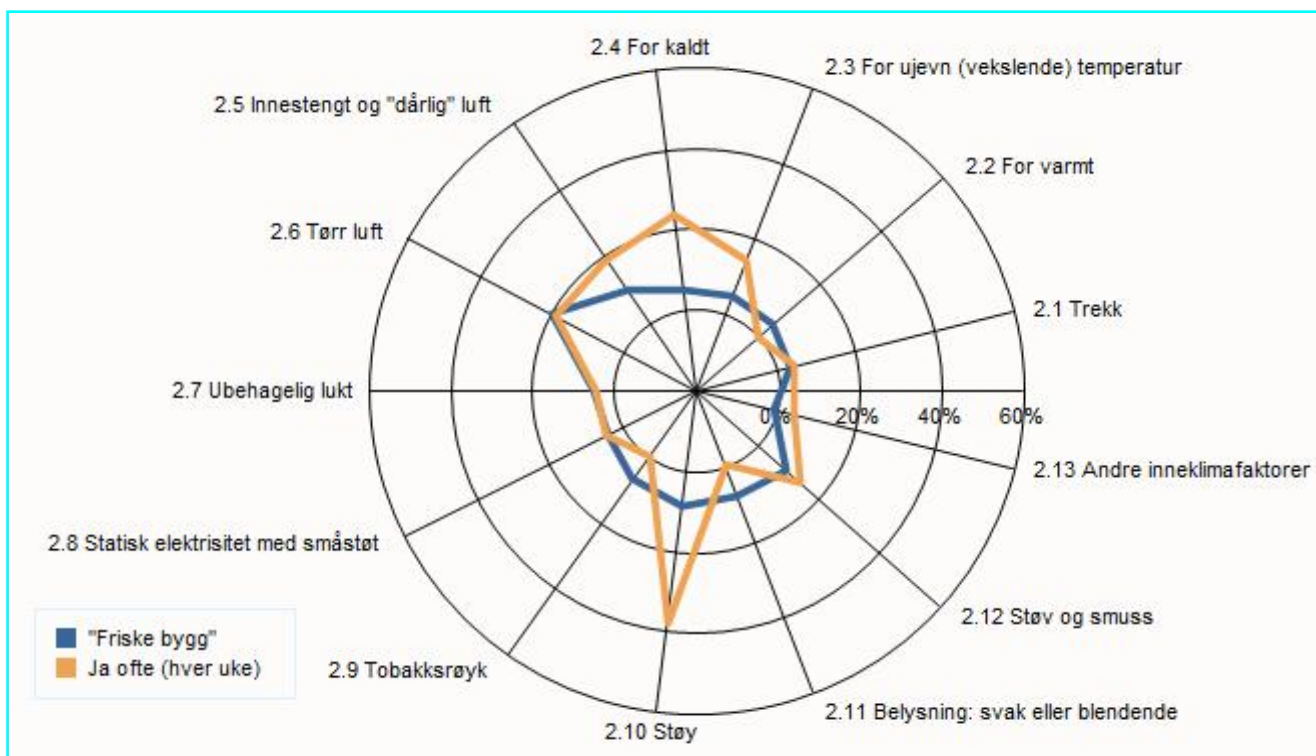


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

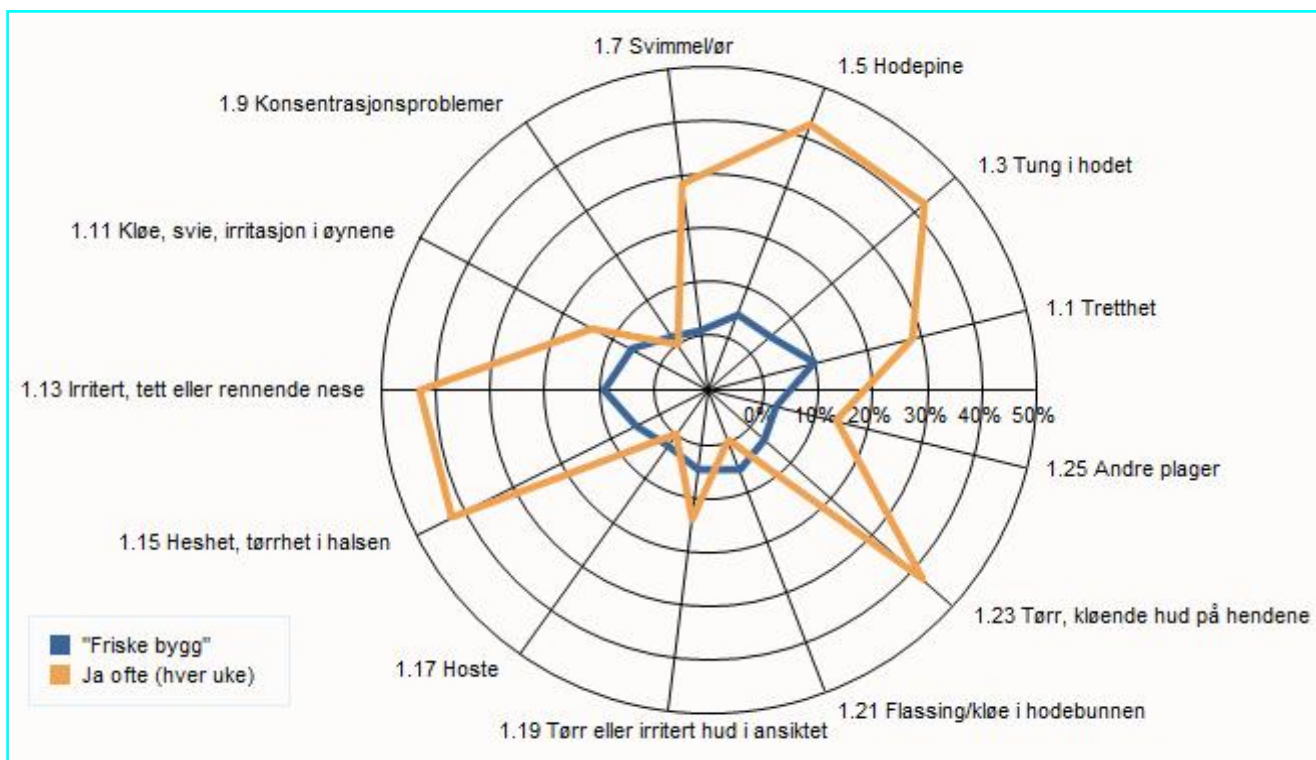
17.6 Storøya skole

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden 01.11.2013 til 29.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
23	7	30

Symptomer/Plager

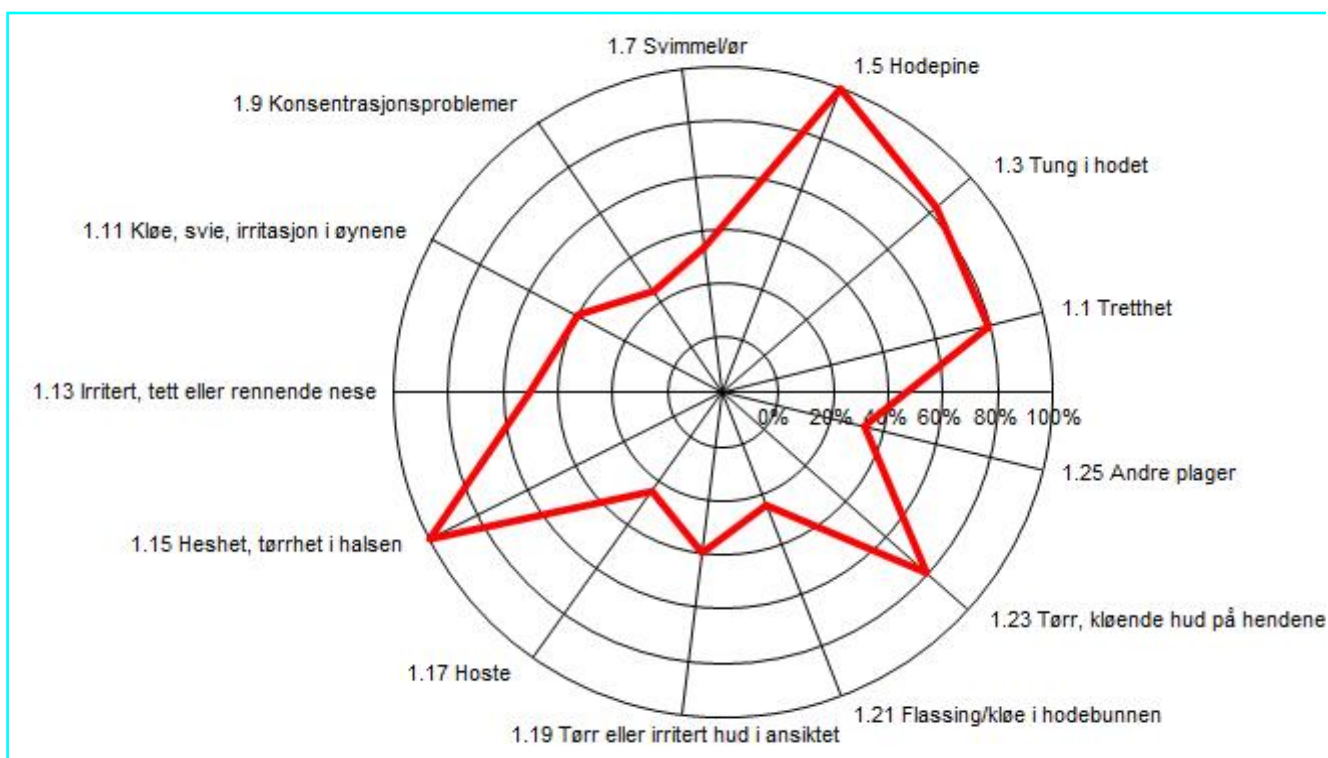
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

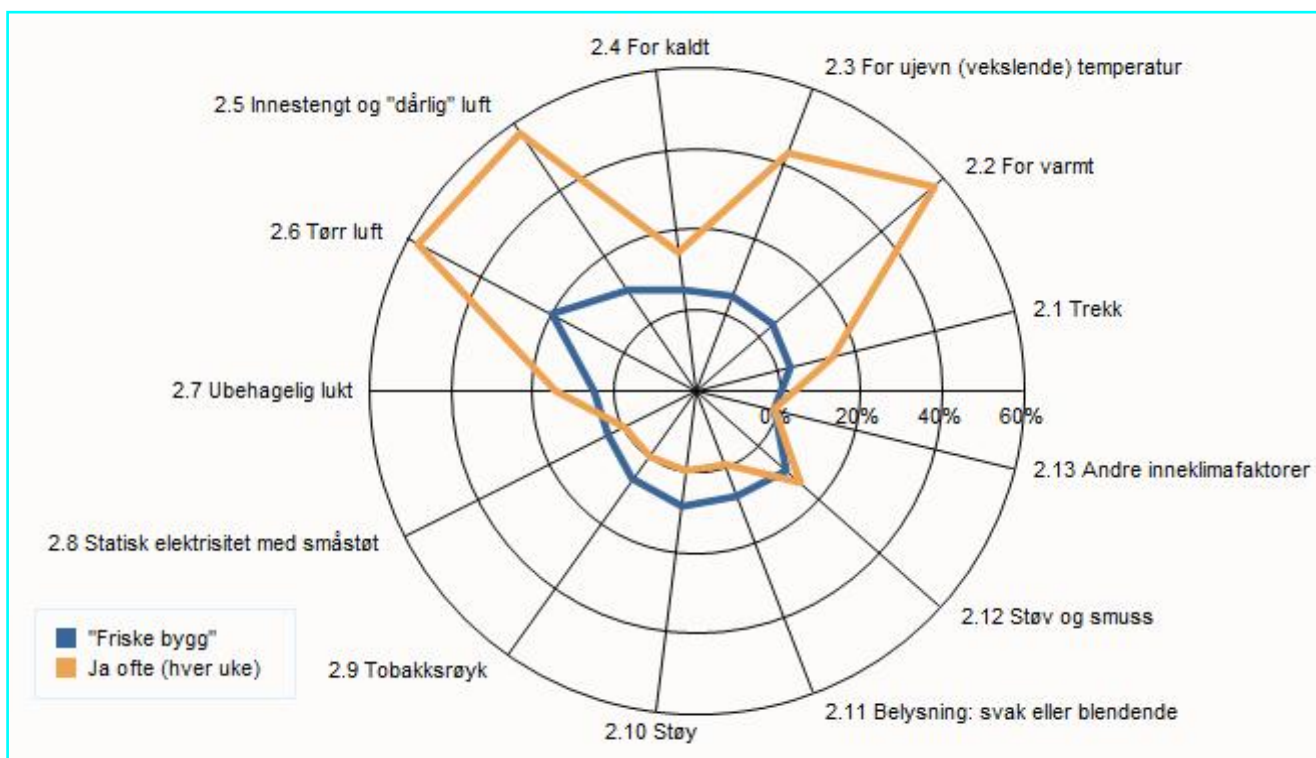


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

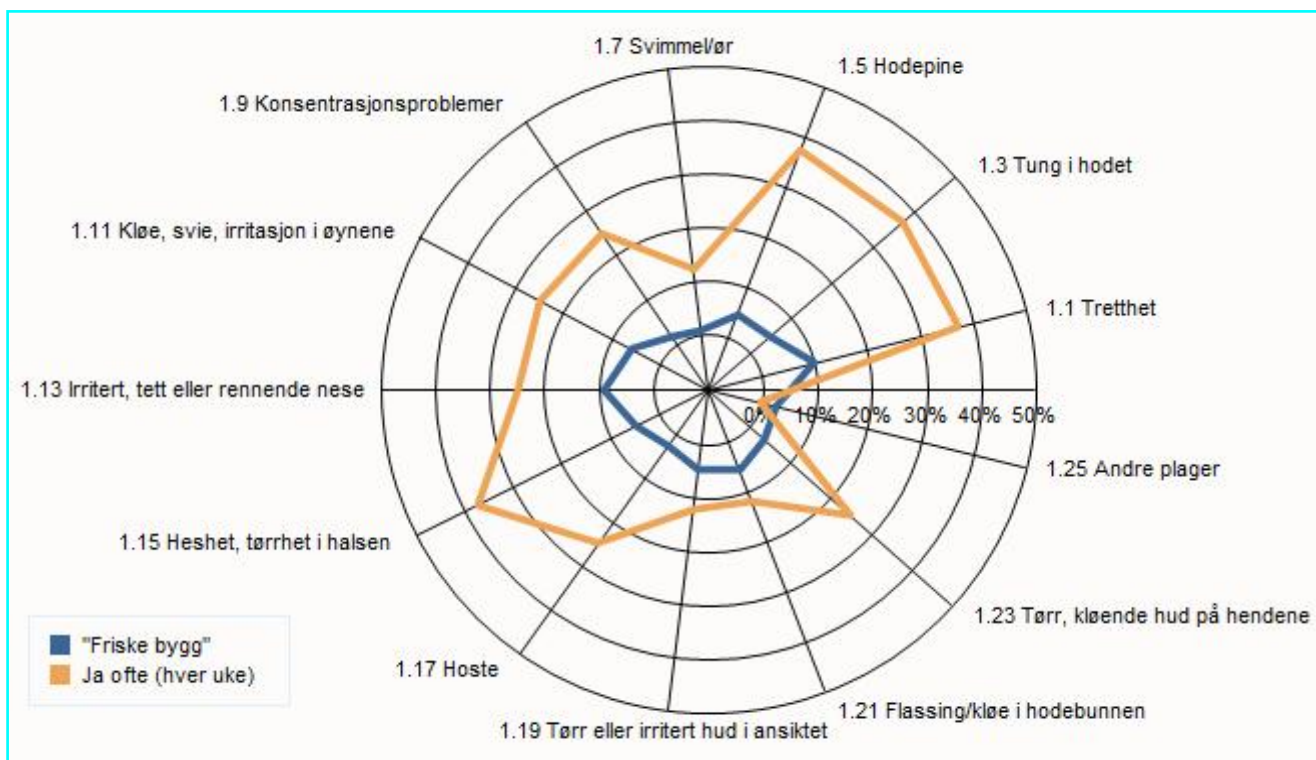
17.7 Storøya barnehage

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden: 01.11.2013 og 29.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
19	8	42

Symptomer/Plager

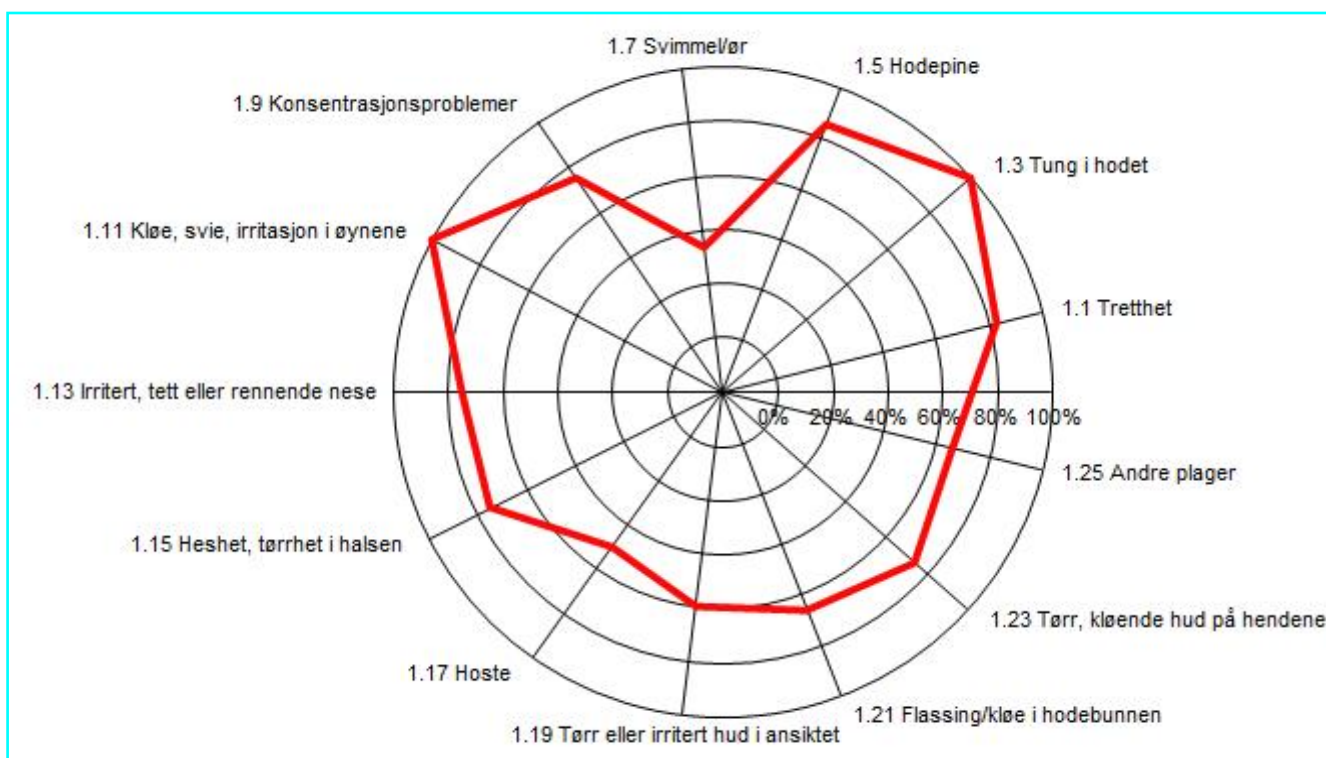
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

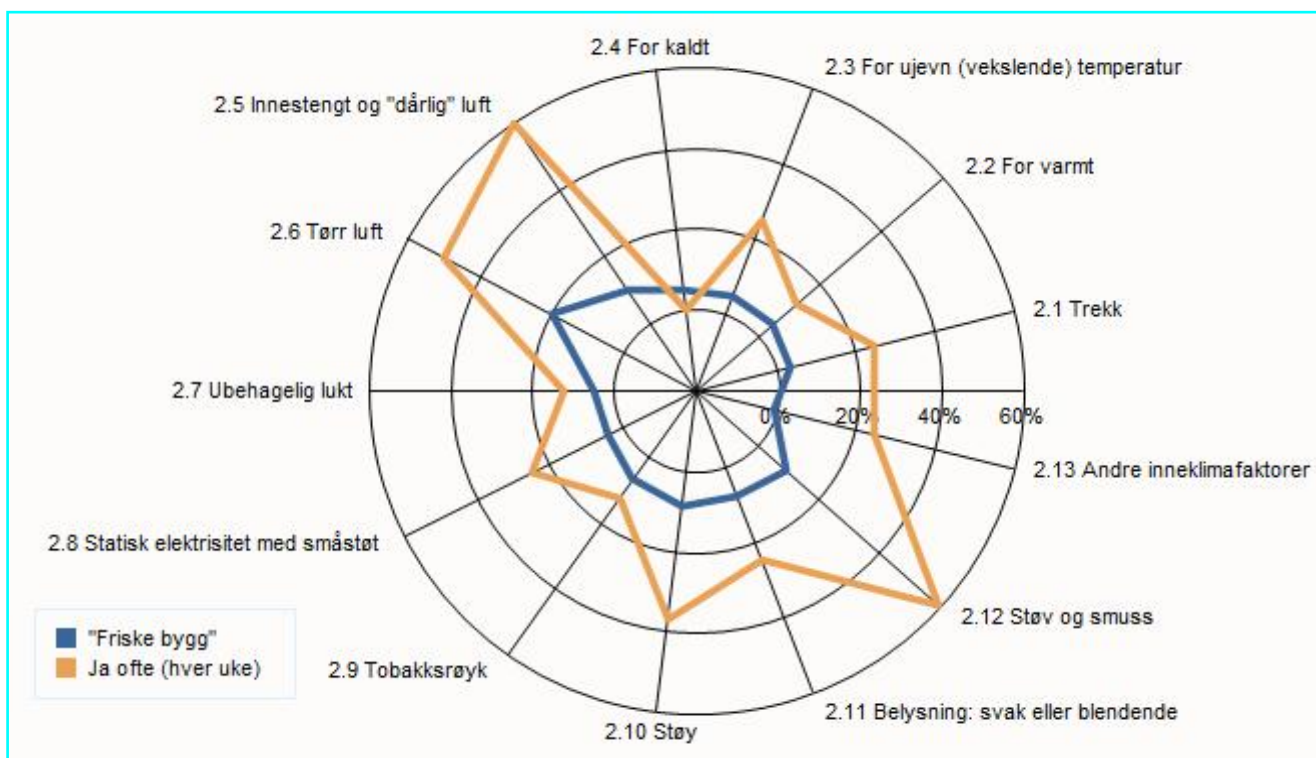


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

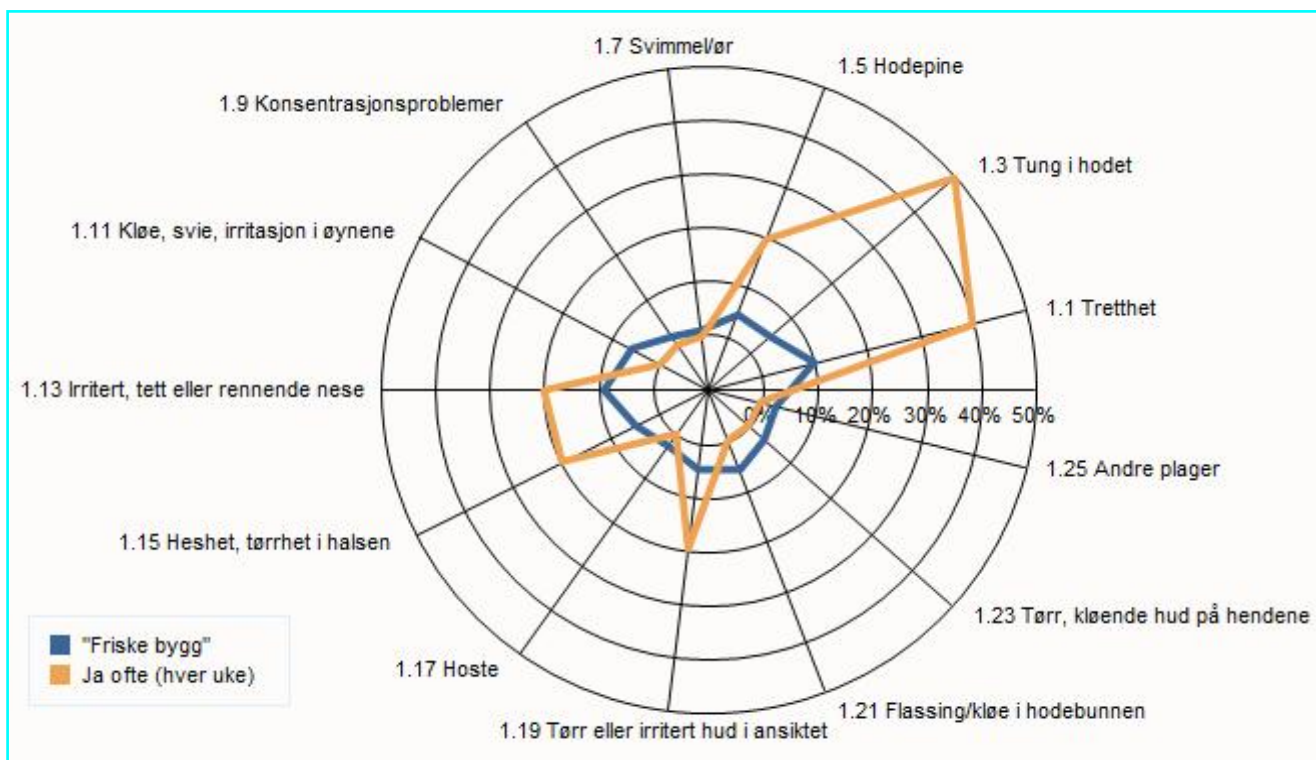
17.8 Møllestua Barnehage

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden: 01.11.2013 til 29.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
26	5	19

Symptomer/Plager

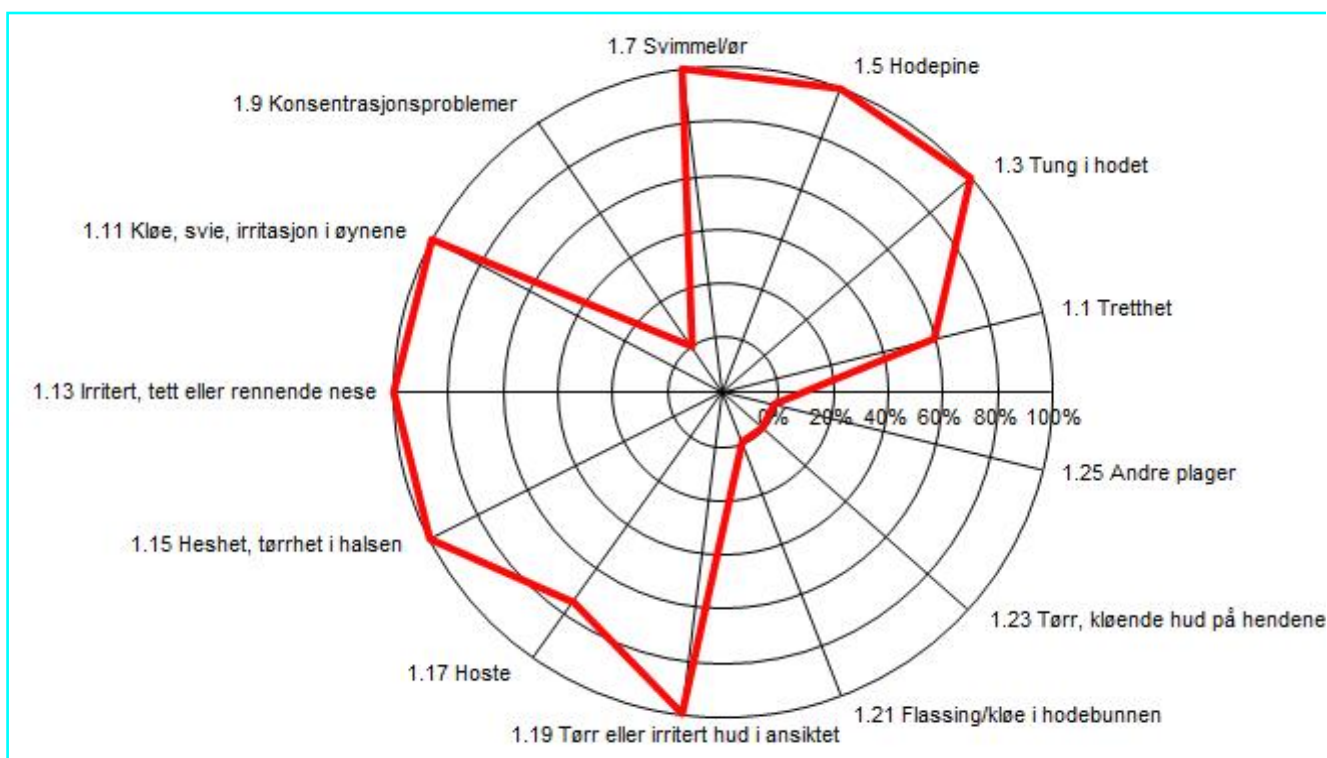
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

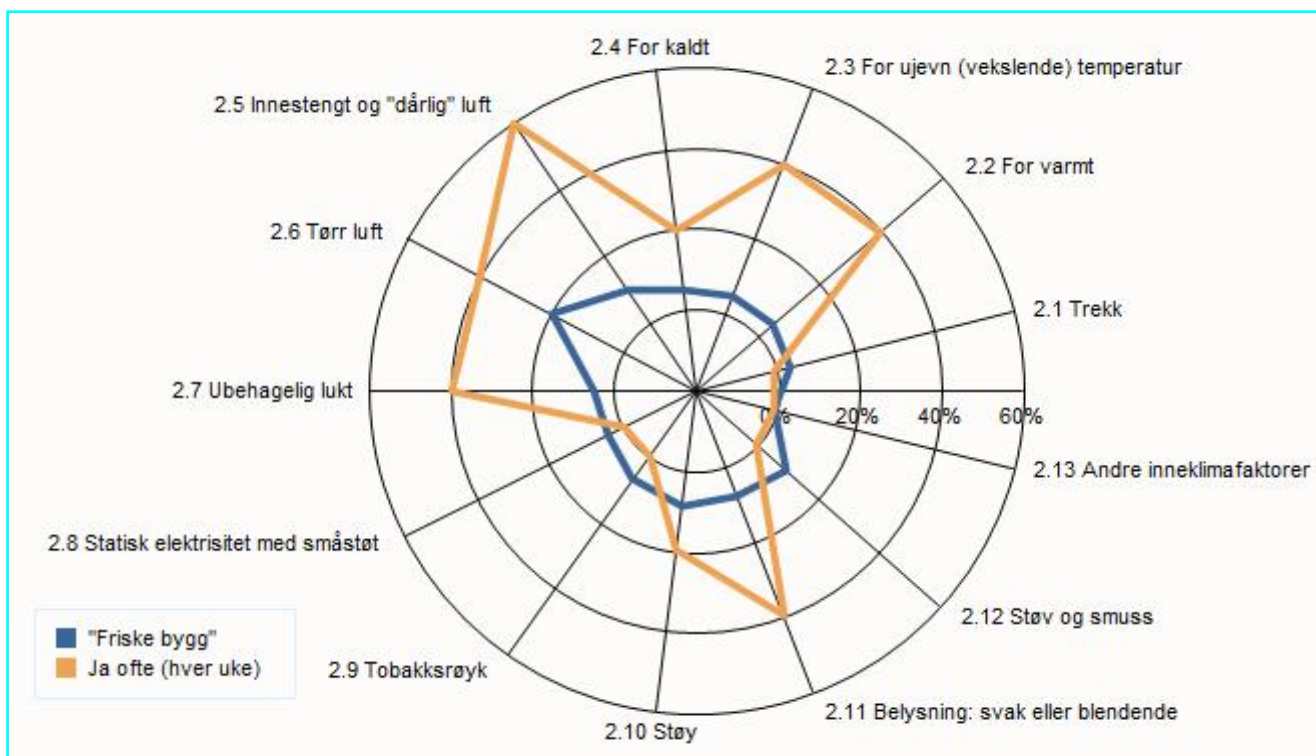


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

17.9 Prof. Brochs gate 2

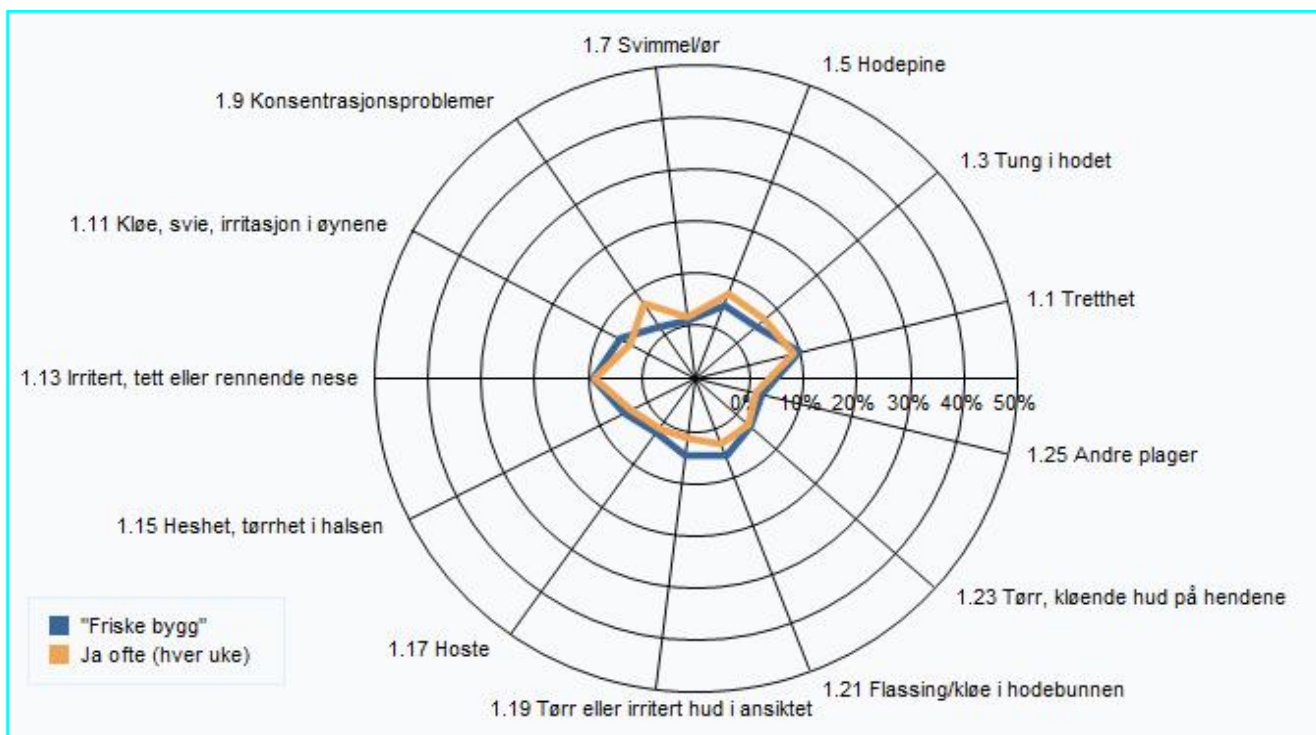
Undersøkelsen ble gjennomført i perioden 01.11.2013 til 29.11.2013

Antall invitasjoner	Antall besvarelser	Svarprosent
120	56	47

Symptomer/Plager

Personlige plager på arbeidsplassen

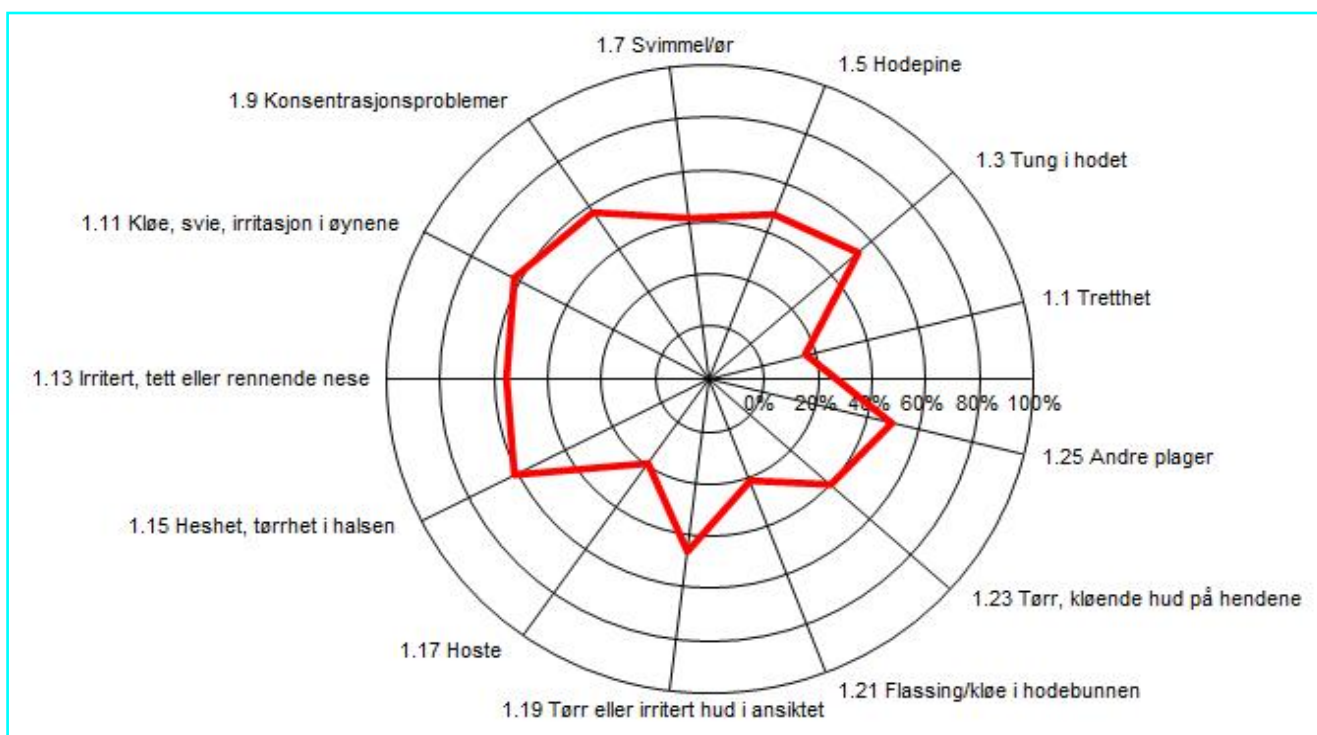
Har du i løpet av de siste 3 månedene merket noen av de følgende plagene på din arbeidsplass?



Figur 1 Symptomer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) opplever plager på arbeidsplassen.

Arbeidsrelaterte plager

Hvis ja, tror du det skyldes arbeidsmiljøet?

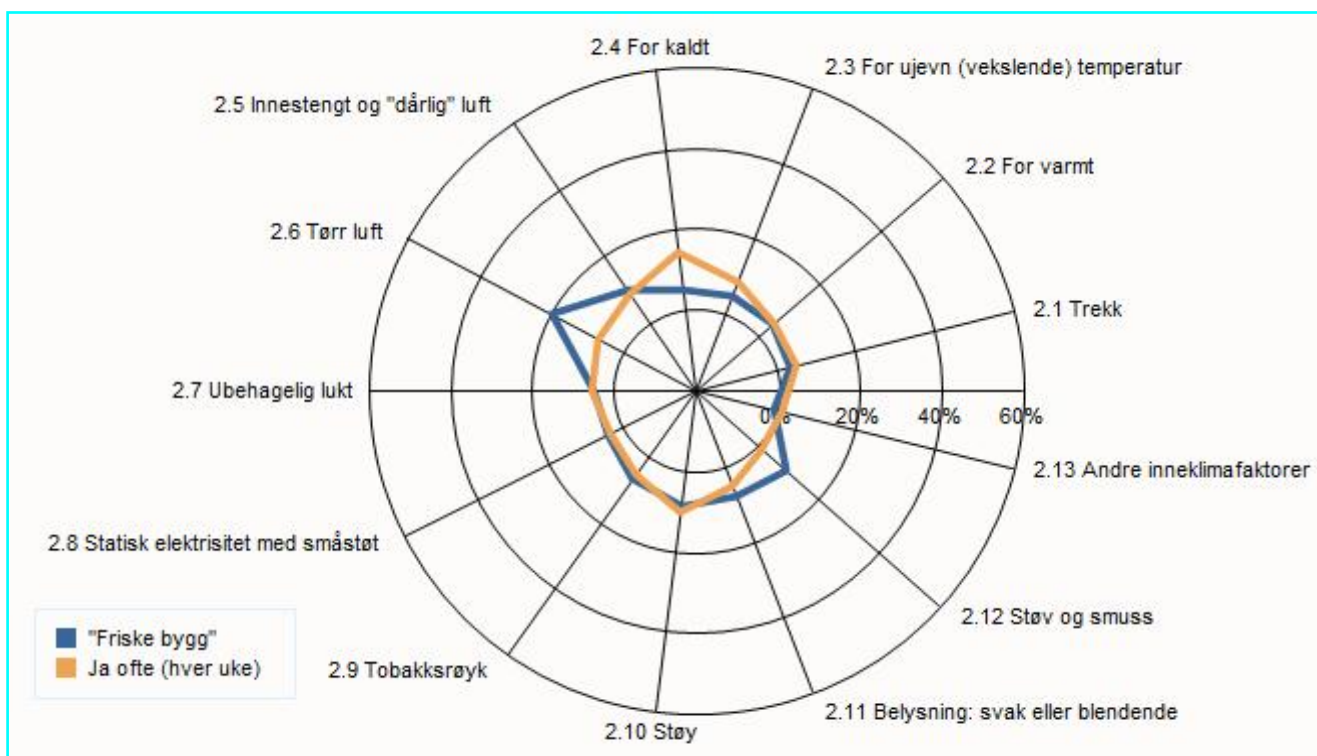


Figur 2 Symptomer. Viser prosent av de som har svart at de har plager (Ja ofte eller Ja, iblant) som mener det er arbeidsrelatert.

Miljøfaktorer

Opplevd inneklima på arbeidsplassen

Har du i løpet av de siste 3 månedene vært plaget av en eller flere av de undernevnte faktorene på din arbeidsplass?



Figur 3 Miljøfaktorer. Viser de som har svart at de ofte (hver uke) har vært plaget.

Sist datert 19.12.2013

Civitas AS
Grubbegata 14
0179 Oslo