

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne oppgaven inngår som avsluttende oppgave i studieprogrammet Master i Teknologi: Byggeteknikk og Arkitektur ved Instituttet for Matematiske realfag og Teknologi (IMT) ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB).

Ideen til denne oppgaven kom gjennom min interessen for fornybare ressurser og bruk av disse til for eksempel oppvarming i bygninger. Tanken var først å skrive en oppgave hvor fornybare ressurser blir brukt i boliger eller leiligheter. Men i samtale med veileder kom vi fram til en oppgave hvor jeg skulle se på temperaturøkninger i ventilasjonssystem med kulvertløsning. På den måten kom fornybar ressurs inn i oppgaven hvor jordvarme vil hjelpe til med oppvarming av ventilasjonsluften som går gjennom en kulvert under bakken.

Vil takke veileder Tormod Aurlien som kom opp med denne oppgaven og veiledning underveis. I tillegg vil jeg takke Dimitrios Kraniotis for hjelp til igangsetting av måleutstyr. Og en takk til resten som har bidratt.

Hans Magnus Jelsnes

15. desember 2013

Sammendrag

Denne masteroppgaven tar for seg to ventilasjonsanlegg med en kulvertløsning. De senere årene har flere slike anlegg blitt installert i skoler og barnehager, men det er liten kunnskap rundt hvor godt kulverten alene bidrar til oppvarming av luften.

Stedene som blir undersøkt er Haugtussa Steinerbarnehage i Ås, og Tangenten Nesodden kommunesenter, men med et hovedfokus på barnehagen. Målingene foregikk den første halvdel av fyringssesongen.

En kulvert er en kanal som ligger under bakkenivå, og har som i oppgave å frakte ventilasjonsluften fra et luftinntak og ut til de ventilerte sonene i bygningen. Når luften passerer kulverten er det en energitilførsel fra massene i, og rundt kulverten. Målet er å beregne den energimengden som bli tilført ventilasjonsluften i inntakskulverten.

Fremgangsmåten som benyttes for å finne energimengden er å plassere to termometer i hvert anlegg. En plasseres ved luftinntaket og den andre plasseres i enden av inntakskulverten. På den måten kan temperaturrendringer gjennom kulverten finnes.

Slike ventilasjonsanlegg er basert på lavt trykkfall, og lave lufthastigheter, så i tillegg til måling av temperatur måles lufthastigheten for beregning av luftmengdene i anlegget.

Det er fare for kondensering i kulverten på denne tiden av året. Luftfuktigheten i kulverten ble målt, og ved stigende temperaturer ute vil det bli fare for kondens på vegger, i tak og på gulv nede i kulvert.

Gjennom hele perioden på de syv ukene målingene foregikk, ga kulverten i Haugtussa barnehage fra seg en gjennomsnittlig effekt på 1280 W. Dette ga en total energitilførsel til ventilasjonsluften på 1500 kWh.

På Tangenten i Nesodden var den gjennomsnittlige effekten på 26 kW. Den totale energitilførselen var her på over 15 MWh.

Abstract

This master thesis will look at two ventilation systems with a culvert. In recent years, several of these systems have been installed in schools and kindergartens, but little is known about how well the culvert alone contributes to heating up the air.

The places that are being investigated are Haugtussa Steinerbarnehage in Ås, and Tangenten Nesodden, but with a focus on Haugtussa. The measurements took place in the first half of the heating season.

The culvert is a channel located below ground level, and is taking the ventilation air from an air intake and out to the ventilated zones in the building. When the air is passing through the culvert it has a possible energy supply from the masses in and around the culvert. This thesis goal is to calculate the amount of energy the intake culvert adds to the ventilated air.

The method used to find the amount of energy is to place two temperature meters in each facility. One is placed in the air intake, and the other is placed at the end of the intake culvert. This way the temperature changes through the culvert can be found.

Such ventilation systems are based on low pressure loss and low air speed. So in addition to measuring the temperature, the air velocity is measured to find the flow in the system.

There is a risk of condensation in the culvert at this time of the year. The humidity level in the culvert was measured, and by increased temperature there will be condensation on the walls, in the ceiling and at the floor.

Throughout the period of seven weeks the measurements took place in Haugtussa, the culvert gave away an average effect of 1280 W. This gave a total energy supply to the ventilated air of 1500 kWh.

In Tangenten Nesodden the average effect was 26 kW. The total energy supply to the ventilated air here was above 15 MWh.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning og problemstilling.....	6
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Problemstilling.....	6
2 Teori.....	7
2.1 Innledning ventilasjonsanlegg.....	7
2.2 Begreper.....	8
2.3 Ventilasjonsanlegg med kulvert.....	9
2.4 Luftinntak.....	10
2.5 Kulvert.....	10
2.6 Varmegjenvinning.....	12
2.7 Luftfordeling.....	12
2.8 Avkasttårn.....	12
2.9 Styring.....	13
2.10 Fordeler og ulemper.....	13
2.11 Energi.....	14
3 Forsøkssteder.....	15
3.1 Haugtussa steinerbarnehage.....	15
3.1.1 Beskrivelse av ventilasjonsanlegg.....	15
3.2 Tangenten- Nesodden kommunesenter.....	19
3.3 Målerene som er benyttet.....	23
4 Resultater.....	24
4.1 Haugtussa steinerbarnehage.....	24
4.1.1 Målerresultater 8 oktober til 16 oktober.....	26
4.1.2 Målerresultater 17 oktober til 23 oktober.....	29
4.1.3 Målerresultater 23 oktober til 30 oktober.....	31
4.1.4 Målerresultater 30 oktober til 6 november.....	33
4.1.5 Målerresultater 6 november til 13 november.....	35
4.1.6 Målerresultater 13 november til 20 november.....	37
4.1.7 Målerresultater 20 november til 27 november.....	39
4.1.8 Målte temperaturer.....	41
4.1.9 Luftfuktighet.....	42
4.1.10 Luftmengde.....	45
4.1.11 Tilført energi.....	47
4.2 Tangenten Nesodden.....	48
4.2.1 Målerresultater 31 oktober til 15 november.....	48
4.2.2 Målerresultater 15 november til 22 november.....	51
4.2.3 Målerresultater 22 november til 28 november.....	53
4.2.4 Luftfuktighet.....	55
4.2.5 Luftmengde.....	56
4.2.6 Tilført energi.....	57
5 Diskusjon.....	59
5.1 Haugtussa.....	59
5.2 Tangenten.....	61
6 Konklusjon.....	62
6.1 Haugtussa.....	62
6.2 Tangenten.....	62
7 Videre arbeid.....	62
8 Litteratur/refferanser, Tabell- og Figur- liste.....	63
9 Vedlegg.....	66

1 Innledning og problemstilling

1.1 Bakgrunn

Det er forsket lite på ventilasjonsanlegg med kulvert. Det er derfor ikke så stor kunnskap rundt denne problemstillingen enda. Men iløpet av de siste årene har det blitt installert flere slike systemer i skoler hvor naturlig ventilasjon er tatt i bruk. Det er da en aktuell problemstilling å finne ut hvor mye energi kulverten tilfører ventilasjonsluften og hvor stor en eventuell temperaturøkning det gir.

1.2 Problemstilling

I et ventilasjonsanlegg med kulvert, vil kulverten tilføre nok energi til luften i ventilasjonsanlegget slik at temperaturen på luften stiger før den kommer ut i de ventilerte rommene/sonene? Hvor store temperaturendringer vil det oppstå i kulverten? Hvor mye energi tilfører kulverten ventilasjonsluften gjennom hele første halvdel av fyringssesongen?

Denne oppgaven vil prøve å måle energien som går med til å forvarme ventilasjonsluften i to ventilasjonsanlegg. Dette skal oppnås ved måling av lufthastighet og temperaturheving gjennom kulverten i første halvdel av fyringssesongen.

Kulverten fungerer som en luftkanal mellom et luftinntak og de ventilerte sonene. Når luften passerer gjennom kulverten ønskes temperaturhevingen å registreres. I tillegg må lufthastigheten måles for å finne luftmengdene til anlegget.

Det er også på denne tiden av året det er størst fare for kondens i ventilasjonsanleggene, så det vil også bli plassert en RF-måler for måling av den relative luftfuktigheten i kulvertene.

2 Teori

2.1 Innledning ventilasjonsanlegg

I eldre skoler er det åpning av vinduer i friminuttet som er metoden for utbytting av luften i klasserommene. Denne metoden for utskifting av luft er lite effektiv. I løpet av en skoletime blir luftkvaliteten i et klasserom med stor personbelastning redusert kraftig. I rom som er ment for læring er det til enhver tid ønskelig å ha så god luft som overhode mulig.

Når rom utsettes for stor personbelastning vil CO₂ innholdet i luften øke, og luftkvaliteten blir dårligere. I rom som blir brukt til undervisning er det viktig å regulere CO₂ innholdet i luften slik at det ikke synker under standardiserte verdier. I rom med stor personbelastning vil også temperaturen i rommet øke, og det er ønskelig å fjerne eventuell overskuddsvarme.

I TEK10 er det beskrivelse om krav til luftkvaliteten i ventilasjonsanlegg. § 13-1. "Generelle krav til ventilasjon" sier at følgende krav må være oppfylt:

- "Bygning og bygningens ventilasjonsanlegg skal plasseres og utformes slik at tilluftskvaliteten sikres. Har ikke uteluften tilfredsstillende kvalitet for å forebygge helseisiko eller risiko for tilsmussing av ventilasjonsinstallasjoner, skal den renses før den tilføres bygning.
- Det skal tas hensyn til dimensjonerende forurensningsbelastning fra personer.
- Luftføring skal være fra rom med høyere krav til luftkvalitet til rom med lavere krav til luftkvalitet.
- Luftinntak og avkast skal utformes og plasseres slik at forurensning fra avkast ikke tilbakeføres til inntaket og slik at luften ved inntaket er minst mulig forurenset.
- Forurensende aktiviteter og prosesser skal så langt det er mulig innkapsles, utstyres med punktavsug eller foregå i lokaler med egnet separat ventilasjon.
- Omluft skal ikke benyttes dersom dette fører til overføring av forurensning mellom rom.
- Materialer og produkter skal ha egenskaper som gir lav eller ingen forurensning til inneluften."

Det er viktig med gode ventilasjonsanlegg som tilfredsstillt krav til luftskifte. Spesielt i skolebygg og i bygg som er ment for læring.

Noen enkle huskereglar som kan beskrive et godt ventilasjonsanlegg er:

- alltid nok tilgang til O₂
- alltid ha et CO₂ nivå lavere enn 1000ppm
- reduserer svevestøv og pollen
- fjerner uønskede gasser
- forhindre kondensering
- at anlegget ikke gir fra seg for mye trekk
- at anlegget ikke gir fra seg for mye støy
- at anlegget er økonomisk/billig i drift
- at anlegget kan reguleres

2.2 Begreper

Kulvert

En kulvert kan enten være rør som er gravd ned eller betongkorridorer under bakkenivå. En kulvert i et ventilasjonsanlegg er en luftsjakt som fører luften fra et luftinntak og ut til de forskjellige sonene bygningen er delt opp i.

Kulvertventilasjon

Kulvertventilasjon er et ventilasjonssystem hvor en kulvert enten er integrert eller ligger ved en kjeller for klimatisering. Kulverten blir brukt som luftkanaler i ventilasjonsanlegget.

Mekanisk ventilasjon

I ventilasjonsanlegg hvor det kun er mekanisk ventilasjon, er det bare vifter som får ventilasjonsluften rundt i systemet.

Naturlig ventilasjon

Med ventilasjonsanlegg som kun har naturlig ventilasjon er ventilasjonsanlegget basert på å utnytte naturlige drivkrefter. De naturlige drivkreftene blir skapt av vind og oppdrift, hvor luft med høy temperatur stiger opp og luft med lav temperatur kommer inn som erstatning.

Hybrid ventilasjon

I hybride ventilasjonsanlegg blir det brukt både naturlig og mekanisk ventilasjon. Det blir bare brukt naturlig ventilasjon så lenge det lar seg gjøre. Når den naturlige ventilasjonen ikke strekker til, vil mekanisk ventilasjon med vifter kobles inn slik at tilstrekkelig luftmengde kommer ut i ventilasjonsanlegget.

Termisk masse

Bygningsmaterialer som inneholder termisk masse har evnen til å ta opp masse varme/energi per volumenhet. Dette kan være tunge materialer som stein, murverk eller betong.

Passiv kjøling

Med passiv kjøling blir den termiske massen i bygningen og kulvert brukt til å kjøle ned ventilasjonsluften til bygget. De termiske massene holder en lavere temperatur enn luften, dermed gir luften fra seg varme til massene og kjøles ned.

Naturlige drivkrefter

Med naturlige drivkrefter menes her *termiske drivkrefter* hvor vind og luft med temperaturforskjeller skifter ut den brukte luften med ny. Kaldere luft kommer inn og driver den varme luften opp til avtrekk og ut.

Varmekapasitet

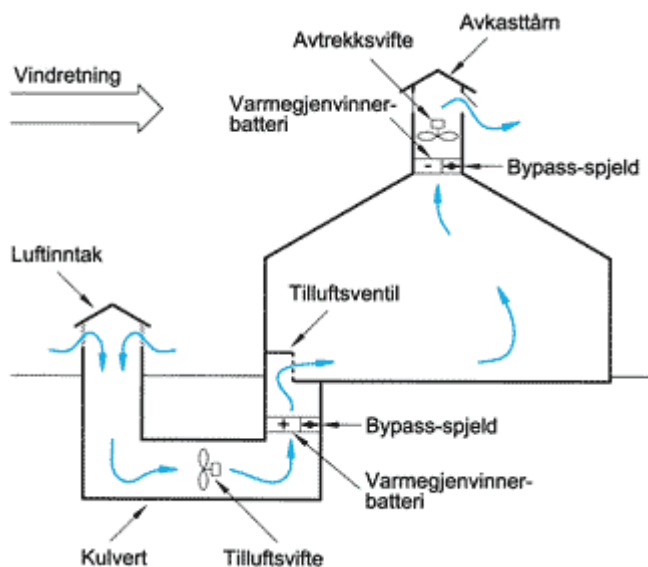
Varmekapasitet er tregheten et materiale har til å forandre temperatur.

Spesifikk varmekapasitet

Spesifikk varmekapasitet er den mengden med energi som trengs for å varme opp 1 kg av et materiale 1 K (eller 1°C).

2.3 Ventilasjonsanlegg med kulvert

Denne oppgaven vil ta for seg hybride ventilasjonsløsninger med kulvert, siden det er i slike anlegg målingene tar sted. Under er en skisse over et slikt anlegg.



Figur 1: Skisse av et bygg med hybrid ventilasjon og kulvert (Kilde: Byggforsk 552.337)

Luftinntak

Luftinntaket er plassert et stykke vekk fra hovedbygningen. Dette for å få tilgang til renere luft som ikke er forurenset av eksosluften til bygningen.

Kulvert

Kulverten er plassert under bakkenivå og kan være integrert i kjellerplanet til bygningen. Ved riktige dimensjoner vil trykkfallet i kulverten bli lite og naturlige drivkrefter er nok til å drive ventilasjonsanlegget. Kulverten strekker seg fra luftinntaket til under alle de ventilerte sonene i bygningen.

Tilluftsvifte

Ved mangel på naturlige drivkrefter vil viften starte. Viften gjør at ventilasjonsluftmengden opprettholdes.

Varmegjenvinnerbatteri

Varmegjenvinningsbatteriet henter ut varme fra avtrekksluften og tilfører varmen til tilluften med et vannbærende system.

Bypass-spjeld

Til hver luftventil er det plassert et spjeld som styrer hvor mye luft som kommer inn til de ventilerte sonene, og hvor mye som slippes ut igjen gjennom avkasttårnene.

Tilluftsentil

Flere tilluftsentiler er plassert i de ulike sonene i bygget. Det er her luften fra kulverten kommer opp i bygningen.

Avtrekksvifte

Avtrekksviften kan brukes til å øke luftutskiftningshastigheten ved dårlig inneluft.

Avkasttårn

Avkasttårnene består av spjeld som åpner og lukker seg i forhold til vindretningen. På lo side er spjeldene lukket, mens de er åpne på le side.

2.4 Luftinntak

Luftinntakets plassering er viktig for godt innneklima. Her er punkter som må tas hensyn til med tanke på plasseringen av luftinntaket.

- Det bør være plassert der hvor uteluften er mest mulig ren.
- Bjørk og annen vegetasjon som gir fra seg mye pollen bør ha god avstand til luftinntaket.
- Luftinntaket bør plasseres et stykke over bakkenivå. Dette på grunn av at løv, snø, vann ikke skal komme inn i luftinntaket. I anlegg på skoler og barnehager reduseres også hærverk når det blir plassert i høyden.
- For å utnytte naturkreftene mest mulig bør luftinntaket bli plassert på lo side av hovedbygningen. Dette for å utnytte vindkreftene.
- Avkastluften bør helst ikke blandes med inntaksluften. Plassere avkast og inntak slik at luften ikke sirkulerer.

Rister og snøskjermer kan bli plassert for å forhindre innslipping av snø og løv.

Luftinntaket må dimensjoneres slik at trykkfallet blir lavt. Med lavt trykkfall minker behovet for mekaniske drivkrefter for å få luften rundt i bygningen. Men med rister i inntaket øker også trykkfallet.

Etter ristene kan det være et rom der regn, snø, større pollenpartikler og annet som ikke ble fanget opp av risten felles ut. Her bør lufthastigheten være lav slik at disse felles ut fra luften.

Utfellingsrommet bør ha overflater som er lett å holde rene og som er lett tilgjengelige.

Sted	Maksimale hastigheter (m/s)
Over brutto riståpning	1,00
I siden av snøskjerm	0,75
I utfellingskammer	0,50

Tabell 1: Maksimale lufthastigheter ved dimensjonering av luftinntak (Kilde: Byggforsk 552.337)

2.5 Kulvert

En kulvert i dette tilfellet kan betraktes som en sjakt som frakter luften fra luftinntaket og ut til alle de ventilerte sonene. En kulvert kan bestå av en inntakskulvert som går fra luftinntaket, som er plassert litt unna bygningen, og til luftfordelingskulverten som er plassert under bygningen ventilasjonssystemet er installert i. Det kan også bygges anlegg hvor inntakskulverten ikke er tatt med. Her er luftinntaket plassert på taket, og en vertikal sjakt frakter luft ned til fordelingskulverten under bygningen.

Fordelingskulverten kan enten bare være plassert under bygningen eller bli integrert i kjellerplanet. Materialet kulverten består av er materialer med stor termisk masse, for eksempel betong.

Overflatene inne i kulverten bør være lett tilgjengelig og lette å holde rene. Det kan oppstå kondens i kulverten og da er det muligheter for at sopp og annen vekst kan komme til i kulverten. Det er da viktig med jevnlig inspeksjoner for renhold av kulvert.

Fordelingskulverten har som oppgave å fordele luft til alle ventilasjonssonene i bygningen over. Vertikale sjakter går fra kulverten og opp til sonene. I disse sjaktene er det spjeld som regulerer mengden med frisk luft som kommer opp til de forskjellige sonene.

Kulverten kan bidra med kjøling i bygningen på varme dager med passiv kjøling. Siden kulverten består av store mengder med termisk masse kan anlegget kjøres over natten. Kulverten blir avkjølt av den kalde natteluften. Neste morgen vil bygningen være nedkjølt.

I vinterhalvåret kan kulverten bidra til temperaturøkning av luften som kommer inn. Kulverten er gravd ned under bakkenivå og dermed vil noe varme fra grunnen bli overført til luften i kulverten.

Dimensjonene til kulverten må ha noen retningslinjer. Med kulvertventilasjon ønskes det lave trykkfall. Med lave trykkfall er det mindre bruk for mekaniske installasjoner som vifter for å få luften ut til de ventilerte sonene. Under er en tabell med noen krav til størrelse og lufthastighet i kulvert.

Størrelser og hastigheter	Anbefalte verdier
Kulvertoverflate for kjøling	1-2 m ² /elev
Minimumsbredde	0,8 m
Minimumshøyde	2,0 m
Dimensjoneringshastighet	1,0 m/s
Maks. hastighet i utfellingsområdet	0,5 m/s

Tabell 2: Dimensjonering av kulvert (Kilde: Byggforsk 552.337)

Inntakskulverten bidrar også med å redusere større støvpartikler i å spre seg rundt i ventilasjonsanlegget. Lufthastighetene i kulvert er ikke store, så større partiklene vil falle ned til gulvet. Bortsett fra det inntakskulverten klarer å filtrere bort er det to filtreringsmetoder som blir brukt:

- Passiv filtrering blir brukt i områder der det er lite luftforurensning. Her bygges det et rom rett etter luftinntaket der hastigheten på luften er så lav slik at store partikler utfelles. Også snø og vandrdåper felles ut. Dette rommet må være lett å rengjøre og holde ved like. Mindre partikler ikke blir stanset av denne filtreringsmetoden.
- Aktiv filtrering benyttes der en filtervegg bestående av flere posefiltre. Denne filtreringsmetoden brukes hvor uteluften er mer forurenset. Både brukere og komponenter i anlegget er mindre utsatt for skadelige partikler. Posefiltrene må byttes ut jevnlig siden et brukt posefilter reduserer kvaliteten på luften.

Tabellen under viser noen anbefalte krav til filtrering av kulvertventilasjonsanlegg:

Filtreringsprinsipp	Størrelser og tiltak	Anbefalte verdier
Passiv filtrering	Maks. hastighet i utfellingsområdet rett etter kulvert	0,5 m/s
Aktiv filtrering	Anbefalt maks. trykkfall over filtervegg	30 Pa
	Filterskift	Hvert år på ettersommeren etter pollensesongen

Tabell 3: Dimensjonering av filter (Kilde: Byggforsk 552.337)

2.6 Varmegjenvinning

I Norge stilles det høye krav til luftvekslinger. Det betyr at på kalde dager er det lønnsomt å gjenvinne varmen fra bygningen. I kulvert med hybrid ventilasjon kan det benyttes et varmebatteri for gjenvinning av varmen. Et batteri er plassert i avtrekket der varmen fra avtrekksluften blir overført til et vannbærende system. Den varme luften overfører energien sin til vannet. Så blir det oppvarmede vannet fraktet ned til et varmebatteri plassert i enden av tilluftskulverten. Her overføres varmen igjen til tilluften.

Et slikt varmebatteri har en dårlig virkningsgrad hvor kunn 45 – 60 % av varmen fra avtrekksluften blir gjenvunnet.

Tabellen under gir anbefalte verdier til et varmebatteri.

Trykkfall og virkningsgrad	Anbefalte verdier
Trykkfall over gjenvinningsbatteri ved antatt gjennomsnittlig luftmengde	20 Pa
Dimensjonerende temperaturvirkningsgrad ved jevn lufthastighet over varmegjennvinningsbatteriet	55 %

Tabell 4: Dimensjonering av varmegjennvinningsbatteri (Kilde: Byggforsk 552.337)

2.7 Luftfordeling

Fra kulverten går det vertikale sjakter opp til hver ventilerte sone. Sonene er da helt avskilt noe som reduserer støy og forurensning mellom dem.

Luften kommet ut fra ventiler som er plassert enten i vegger eller gulv. For å få best mulig ventilerte soner og minst mulig trykkfall foretrekkes fortrenningsventilasjon i stedet for omrøringsventilasjon. Ved omrøringsventilasjon er tilluftsventilene plassert på vegg i høyden eller i tak. Luften, med ca. 2 °C lavere temperatur enn romtemperatur, kommer inn i rommet og blander seg med den eksisterende luften før den går ut gjennom avtrekket i himlingen. I noen tilfeller kan tilluften gå rett til avtrekket.

Med fortrenningsventilasjon er ventilene plassert på gulvnivå og avtrekket i himlingen. Med tilførsel av luft med ca. 2 °C lavere enn romtemperatur, vil den brukte luften stige opp til himlingen og ut avtrekket. Mindre luftmengder trengs for å opprettholde luftkvaliteten i rommet med fortrenningsventilasjon..

2.8 Avkasttårn

Avkasttårnene er der den brukte luften føres ut. Det bør ikke plasseres i nærheten av luftinntaket slik at den brukte CO² rike luften ikke blir brukt om igjen.

For å utnytte de termiske drivkreftene så godt som mulig bør det plasseres høyt. Termiske drivkrefter er proporsjonale med temperaturforskjell inne og ute og høydeforskjellen mellom luftinntak i sonene og avtrekk. Med høye avkasttårn øker den termiske drivkraften.

Åpningen på avkasttårnene bør kunne reguleres i forhold til vindretningen for å sikre effektiv fjerning av brukt luft. Med åpning på lo side vil vind hindre eksosluften i å komme ut. Derfor må åpningen befinne seg på le side slik at avkastluften kommer ut med vinden og ikke mot vinden.

På varme dager vil luften ved avkasttårnet varmes opp og luftutskiftningen vil bli mer effektiv siden varmere luft stiger hurtigere. På kalde dager kan det oppstå kalderas når avkastluften blir kjølt ned. På skoler er det derfor ønskelig at oppholdssoner ikke befinner seg under avtrekkene.

2.9 Styring

I slike ventilasjonsanlegg som er installert i skoler og barnehager, hvor personbelastningen på rom er veldig stor noen tider på døgnet, styres luftmengdene med termometer og CO² målere. Det er i hovedsak CO² nivået i rommet det blir styrt etter, men med en innstilt minimum temperatur som ikke skal underskrides. Spjeldene plassert i fordelingskulverten styres av CO² målerne. Når CO² mengden i et rom overskrider et nivå åpnes spjeldene til rommet har en tilfredsstillende CO² mengde igjen.

Om sommeren kan ventilasjonsanlegget kjøres om natten slik at temperaturen i bygningen ikke er for høy dagen etter. Ved å bruke ventilasjonsanlegget til nattkjøling må det passes på at temperaturen om morgenen ikke blir for lav.

CO² mengden i de ventilerte sonene kan variere mellom de ulike årstidene. Det kan aksepteres høyere CO² verdier i vinterhalvåret enn i sommerhalvåret for å redusere fyringskostnadene. Siden varmegjenvinningssystem i slike anlegg har en lav virkningsgrad blir det tap av mye varme når store luftmengder byttes ut.

2.10 Fordeler og ulemper

Med kulvertventilasjon er det både fordeler og ulemper som må tas i betraktning.

Fordeler med kulvertventilasjon:

- Tilluften utveksler temperatur med de tunge/termiske massene kulverten består av. Dette fører til mindre temperaturendringer over døgnet. Temperaturendring i tunge termiske masser skjer sakte. Det vil si at kulverten jevner ut variasjonene i utetemperatur.
- Om sommeren kan kulverten benyttes til å kjøle ned luften. Med riktige dimensjoner på kulverten kan dette gjøres naturlig uten at noen mekaniske installasjoner tas i bruk. Ved å bruke systemet på natten vil bygningen være avkjølt til neste dag.
- Ved riktig dimensjonering av kulvert vil trykkfallet være lite, noe som reduserer behovet for mekaniske installasjoner som vifter.
- Med kulvertventilasjon er det ingen horisontale rørføringer. Det trengs da ikke noen nedsenket himling, noe som gjør at romvolumet kan øke. Med et større romvolum kan også større flater av termiske materialer være eksponert. Dette gir et bedre inn klima i skoler og barnehager som har store personbelastninger.
- Hvis anlegget settes opp på en fin og ryddig måte, vil vedlikehold og renhold av anlegget være rimelig enkelt, og det er ikke behov for noe avansert utstyr til dette.

Ulemper med kulvertventilasjon:

- Det kan oppstå kondens på overflatene nede i kulverten som kan føre til uønsket vekst. Dette kan gå ut over luftkvaliteten i anlegget.
- Med lite bruk av termiske masser vil temperaturreguleringen skje sakte.
- Denne ventilasjonstypen er mindre egnet til bygg som har mange etasjer.
- Med en ventilasjonskulvert under bakkenivå kan tillufta få tilført radongass som kan befinne seg i grunnen.
- Det er behov for innsats fra mange ulike fagområder tidlig i planleggingsfasen til bygget.
- Kan begrense videre utbygging.

2.11 Energi

For utregning av energimengden som blir overført fra kulvert til luft eller fra luften til kulvert må den spesifikke varmekapasiteten for luft være kjent.

$$C = c \cdot \rho$$

C : spesifikk varmekapasiteten
c : varmekapasitet
ρ : densiteten til materialet

	ρ	c	c	C	C
	kg/m ³	kJ/(kg K)	Wh/(kg K)	kJ/(m ³ K)	Wh/(m ³ K)
Vann	1000	4,19	1,16	4190	1160
Luft	1,25	1,00	0,28	1,25	0,35
Betong	2300	0,97	0,27	2230	620

Tabell 5: Verdier for vann, luft og betong (Kilde: Formelsamling i fysikk)

Ved måling av temperaturforskjell og luftmengden til systemet vil effekten til kulverten kunne regnes ut.

$$P = C \cdot V \cdot \Delta T = \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}} \right) \cdot \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \cdot (\text{K}) = \left(\frac{\text{kJ}}{\text{s}} \right) = \text{kW}$$

V : Luftmengden
ΔT : Temperaturendring
P : Effekt

$$E = P \cdot t = \text{kW} \cdot h = \text{kWh}$$

E : Energi
t : Tid

Energimengden som kulverten tilfører finnes ved å ta effekten til kulverten og multiplisert med antall timer kulverten har varmet med den gitte effekt.

3 Forsøkssteder

3.1 Haugtussa steinerbarnehage

Haugtussa steinerbarnehage har naturlig/hybrid ventilasjonsanlegg. Barnehagen er satt opp med tanke på et godt inneklima ved å begrense innendørs forurensningskildene. Blant annet benyttes lavemitterende byggematerialer og produkter som ikke gir fra seg skadelige stoffer som forurenser inneluften og videre fører til helse- og allergi-plager.



Bilde 1: Haugtussa steinerbarnehage (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

I søknaden om rammetillatelse og redgjørelse er ventilasjonsanlegget beskrevet slik: "Ventilasjonsanlegget vil bli av typen naturlig-hybrid, basert på varmluftens oppdrift med vifter som støtte der det er nødvendig. Tilluften vil først bli tatt inn i en kulvert under huset og så transportert til de enkelte rom ved naturlig oppdrift. Separate avtrekk for kjøkken, wc, bøttekott, våtgardrober, personalgardrobe".

3.1.1 Beskrivelse av ventilasjonsanlegg

Det er tatt i bruk kulvertventilasjon med muligheter for mekanisk forvarming. Kulverten er integrert i kjelleren til bygningen, og strekket seg ut under hele bygget. Ved å benytte dette systemet er det mulighet for nedkjøling av ventilasjonsluften i sommerhalvåret og oppvarming i vinterhalvåret. Luftinntaket er plassert noen meter fra hovedbygningen. I luftinntaket er det installert rister, snø/regnskjerm og snøfelle som skal hindre at fukt kommer ned i systemet.

Fra luftinntaket går luften ned i en inntakskulvert og videre ut til en fordelingskulvert. For å utnytte varmen i grunnen rundt kulverten mest mulig er inntakskulverten uisolert. Kulverten er støpt i massiv betong som er et godt termisk materiale. Veggtykkelsen er 250mm.



Bilde 2: Haugtussa steinerbarnehage (Foto: Tormod Aurlien)



Bilde 3: Luftinntaket til Haugtussa steinerbarnehage (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 4: Inntakstårn fra innsiden med måler (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 5: Inntakskulvert med filtervegg og måler i bakgrunn (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

Før luften kommer inn i fordelingskulverten går den gjennom en filtervegg, et luftforvarmingsrom og en hjelpevifte.

Fra underetasjen/fordelingskulvert går luften opp gjennom kanaler som er installert i de tunge veggkonstruksjonene. Kanalene går opp til høysittende luftventiler på veggene. Den brukte luften blir fortrent og stiger til himlingen. Luften går ut gjennom avtrekk i himling og fra hems og videre ut gjennom motorstyrte luker i avkasttårnene på taket. Det er en luke på hver side av avkasttårnet hvor lukene blir styrt av en vindføler, slik at det alltid er åpent på le side. Luftmengden til rommene blir bestemt av hvor stor åpning det er i lukene og hvor mye luft som fortrent ut fra avkasttårnene. Når lukene er nesten lukket kommer det kun luft fra kulverten, men når de åpnes vil det også bli tilført noe luft fra lukene avhengig av utetemperaturen.

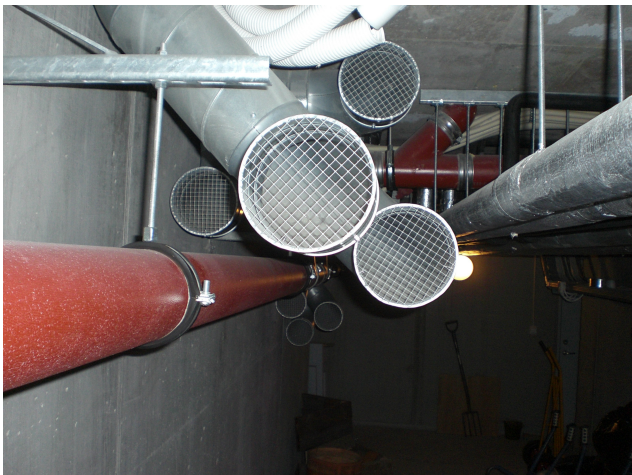


Bilde 6: Varmebatteri i luftfrvarmingsrom. Filtervegg i bakgrunn (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

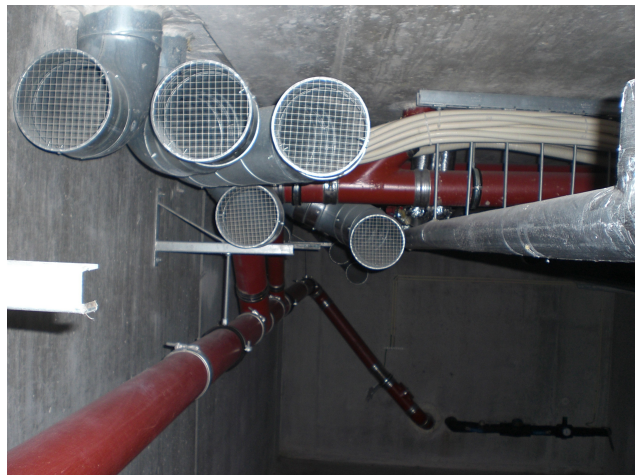


Bilde 7: Hjelpevifte (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

Luftmengden til bygningen blir automatisk tilpasset avhengig av hvilken årstid det er. I sommerhalvåret blir viften i kulverten tatt i bruk for å sikre store nok tilluftsmengder og for å holde temperaturen på tilluften lav. I vinterhalvåret blir det tilført mindre luftmengder for å holde på varmen i bygningen. Lave tilluftsmengder i vinterhalvåret fører til at maks CO² innhold på 1800mg/m³ overskrides. Varmebatteriet forhindrer store reduksjoner av luftmengder ved oppvarming av tilluften. Varmebatteriet var ute av drift når målingene foregikk.



Bilde 8: Luftfordelingskanaler fra kulvert (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 9: Luftfordelingskanaler fra kulvert (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

I alle rom hvor det er stor personbelastning er det installert CO² føler, temperaturføler og RF føler (relativ fuktighet). Alle følerne er koblet opp til et sentralt driftskontrollanlegg (SD anlegg). SD anlegget styrer luftmengden ut til hver av sonene. Temperaturen i rommet styres av en temperaturføler som er koblet til radiatorene i rommet. Nesten all oppvarming skjer med radiatoranlegget. Den relative luftfuktigheten bør være mellom 30% og 35%.

Ved økende personbelastning skrur radiatorene ned og ventilasjonssystemet øker tilluftsmengden slik at det blir et komfortabelt temperatur- og CO²- nivå.

I sommerhalvåret benyttes kulverten kun til kjøling av bygningen. Det er mulighet for å kjøre viften på natten slik at avkjølt luft fra kulverten kjøler ned bygningen til neste morgen.

Kulvertventilasjonsanlegget er ment for å frakte bort overflødig varme i bygningen. På vår og sommer kjører viften for å fjerne varme. På høst og vinter er viften av siden lite varme kommer inn utenfra.



Bilde 10: Oppholdssone (Foto: Tormod Aurlien)



Bilde 11: Luftventiler i rom (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 12: Avtrekk i himling (Foto: Tormod Aurlien)



Bilde 13: Avtrekkshette på tak (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

3.2 Tangenten- Nesodden kommunesenter

"Norges mest energieffektive kommunehus"

Informasjon om kommunehuset:

- Byggherre: Nesodden kommune
- Byggherrens prosjektledelse: OPAK AS
- Totalentreprenør: Skanska Norge AS
- Oppstart vår 2010
- Ferdigstilling desember 2011
- Innflyttingsklar vår 2012
- Administrasjonsbygg, bibliotek, helsestasjon, fritidsklubb og ungdomsskole
- Totalt et areal på 11270 m²
- Kjellervegger, søyler, dekker, sjakter og kulverter er i plaststøpt betong
 - ca 5000 m³ betong
 - ca 600 tomm armering
- Fasadene er enten dekket av glass eller aluminium og noen vegger dekket i tre (klimavegger)
- Gulvoverflatene er enten slipt betong, linoleum, tepper eller parkett
- Himlingen er av betong med nedhengte baffler for lys og demping av støy

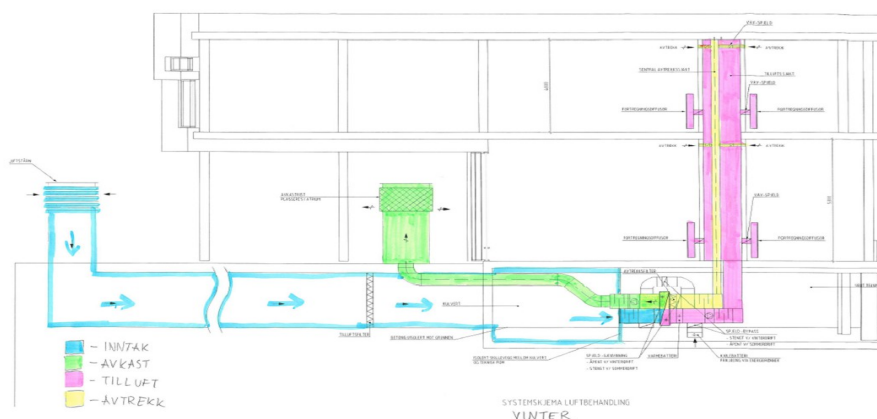
VentilasjonsDrift vinterstid:

Uteluften kommer inn i et inntakstårn plassert rett på utsiden av bygningen. Luften føres inn gjennom kulverten og videre gjennom en filtervegg, et luftbehandlingsaggregat med inntaksspjeld, en roterende varmegjenvinner og tilluftsvifter. Luften går videre gjennom sjakter av betong. Videre ut i etasjene gjennom kanaler som fører luften ut i de forskjellige sonene.

Det benyttes fortrenningsventilasjon til luftskifte av sonene. Det er plassert ventiler ved gulv som reguleres etter behov.

Den brukte luften fra sonene går ut gjennom sentrale avtrekk, pluss luftstrømming til sekundære rom og korridorer.

Avtrekksluften går så videre tilbake til luftbehandlingsaggregatet der gjenvinningen av energien skjer i den roterende varmegjenvinneren. Varmegjenvinningen av avtrekksluften er på 83%. Aggregatet er et kjøle- og varmebatteri.

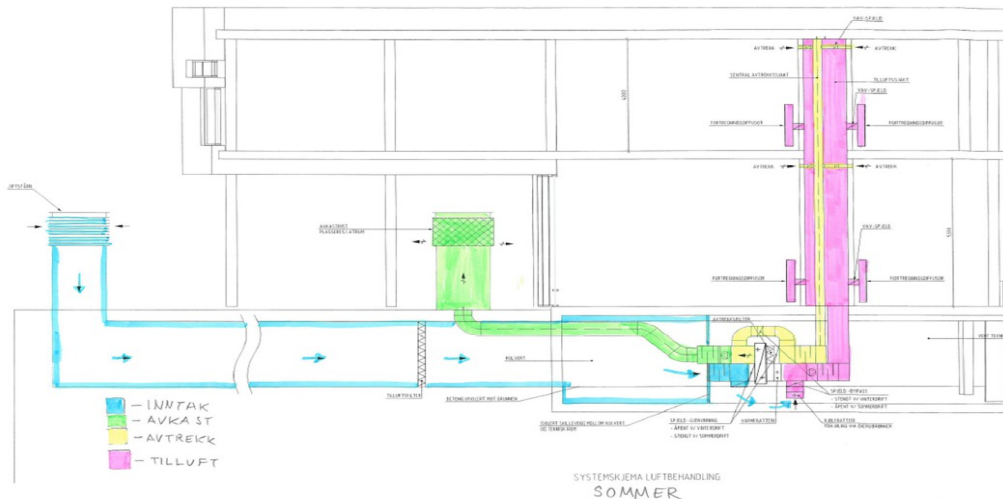


Figur 2: Drift vinterstid (Kilde: Fremvisning: Tangenten Nesodden Kommunesenter)

VentilasjonsDrift sommerstid

I sommerhalvåret går luften gjennom en bypass med en tilluftsvifte og en avtrekksvifte i aggregatet. Tilluften kommer inn gjennom inntakstårnet, ned i kulvert og gjennom filterveggen. Luften går da videre ut gjennom sjakter og kanaler til de forskjellige sonene.

Bygningen består av en stor del termiske masser. Dette kan bli benyttet ved å kjøre viftene på nattertid for å kjøle ned massene slik at temperaturene på varme dager ikke blir så høye inne. Den brukte luften i sonene føres enten ut til sekundære rom og korridorer og noe går tilbake til aggregatet. Når det registreres temperaturer på +27 °C er det mulig å fjerne noe av luften ut gjennom motorstyrte luker i fasaden og tak.



Figur 3: Drift sommertid (Kilde: Fremvisning: Tangenten Nesodden Kommunesenter)

På kontorer blir tilført luftmengde styrt av bevegelsessensor og temperaturfølere. I undervisningsrom blir luftmengde styrt av CO²- og temperaturfølere.



Bilde 14: Tangenten (Foto: nesodden.kommune.no)



Bilde 15: Luft-inntakstårn med temperaturlogger montert (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 16: Fordelingskulvert med begge viftene (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 17: Fordelingskulvert med filter (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

I samarbeid med veileder ble temperatur-målerene hengt ut. På grunn av kort inntakskulvert ble det bestemt at måleren i kulvert skulle bli plassert på andre siden av filterveggen foran den ene tilluftsviften.



Bilde 18: Inntakskulvert med lufthastighetsmåler (Foto: Hans Magnus Jelsnes)



Bilde 19: Inntakskulvert med lufthastighetsmåler (Foto: Hans Magnus Jelsnes)

Bildene over viser dimensjonene til inntakskulverten. Like utenfor bildet er filterveggen.

3.3 Målerene som er benyttet

Tinytag

For måling av temperatur er det benyttet måleren Tinytag Plus 2 Ekstern Temp. Denne måleren blir plassert ved luftinntaket til kulverten og måler temperaturen i luftstrømmen i inntaket. Det er en temperaturmåler med en ekstern termisk probe som måler temperaturer fra $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bruksområdene til måleren er for eksempel uoppvarmede lokaler, kjøle- og fryserom, kirker, lagre, skoler og til forskning.

Informasjon om måleren:

- Temperaturdrift $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ endring fra $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Oppløsning pr $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Nøyaktighet pr $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (på en ekstern probe)

For måling av temperatur før filter benyttes en Tynitag Plus 2Temp og RF. I tillegg til temperatur måler denne også den relative fuktigheten.

- Måleområdet på temperatur er fra $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Måleområdet på luftfuktigheten er fra 0% til 100% RF
- Oppløsning pr $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$, RF $< 0,3\%$
- Nøyaktighet pr $20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0,45\text{ }^{\circ}\text{C}$, RF 3%

VelociCalc Plus Modell 8385

Informasjon om VelociCalc Pluss:

Dette måleinstrumentet kan bli benyttet til måling av lufthastigheter. Samtidig kan det måle og loggføre flere ventilasjonsparametere ved bruk av en probe med mange sensorer.

Ventilasjonsmåleren kan måle temperaturer, lufthastighet og trykk. Det er muligheter for automatisk kalkulering av luftstrømmer og automatisk konvertering mellom faktisk og standard lufthastighetsavlesninger. Lufthastighet måles med enten en termisk sensor eller en Pitot tube.

Instrumentet ble i dette forsøket bare brukt til måling av lufthastigheter. Ikke mulig å installere software-programmet som fulgte med måleren. Derfor var det bare manuell avlesning av instrumentet som var mulig. Dette ble gjort over en kort tidsperiode. Det ble brukt en termisk sensor for registrering av lufthastigheter.

4 Resultater

Metoden for å hente ut nødvendige verdier i anlegget er å sette ut to målere som hvert 15 min leser av temperaturen og luftfuktigheten. En måler plasseres ved luftinntaket til kulverten. Den andre målerne plasseres rett før eller etter luftfilter. Dataene målerene lagrer vil hver uke bli hentet ut og analysert.

Lufthastigheten i kulverten vil bli hentet ut ved avlesning av en lufthastighetsmåler som blir satt opp midt i luftstrømmen nede i inntakskulverten.

To måleinstrumenter for måling av temperatur og relativ luftfuktighet ble tilgjengelig for utsetting 8 oktober. Da begynte loggføringen av temperatur og relativ luftfuktighet i barnehagen. Etter at to nye målere ble tilgjengelig begynte også loggføringen i Nesodden kommunesenter.

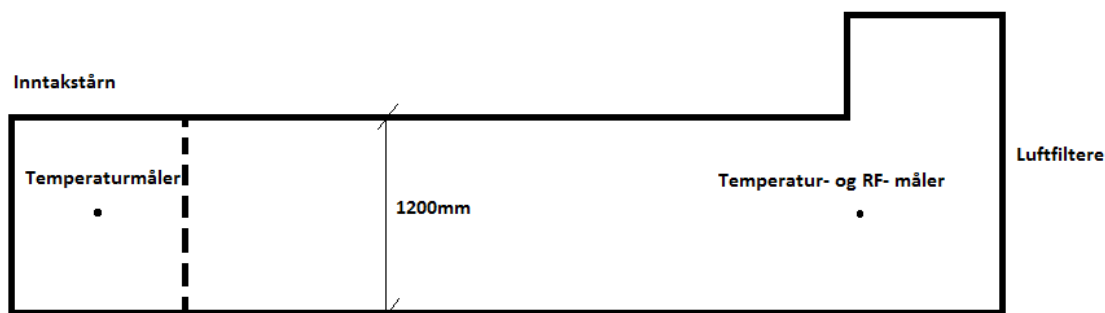
I denne oppgaven blir Haugtussa prioritert framfor Tangenten. Årsaken til dette er at kulverten i barnehagen er mer egnet til å ta opp energi fra omgivelsene, med en lang inntakskulvert. Mens i Tangenten kommer luften nesten rett ned i fordelingskulverten.

4.1 Haugtussa steinerbarnehage

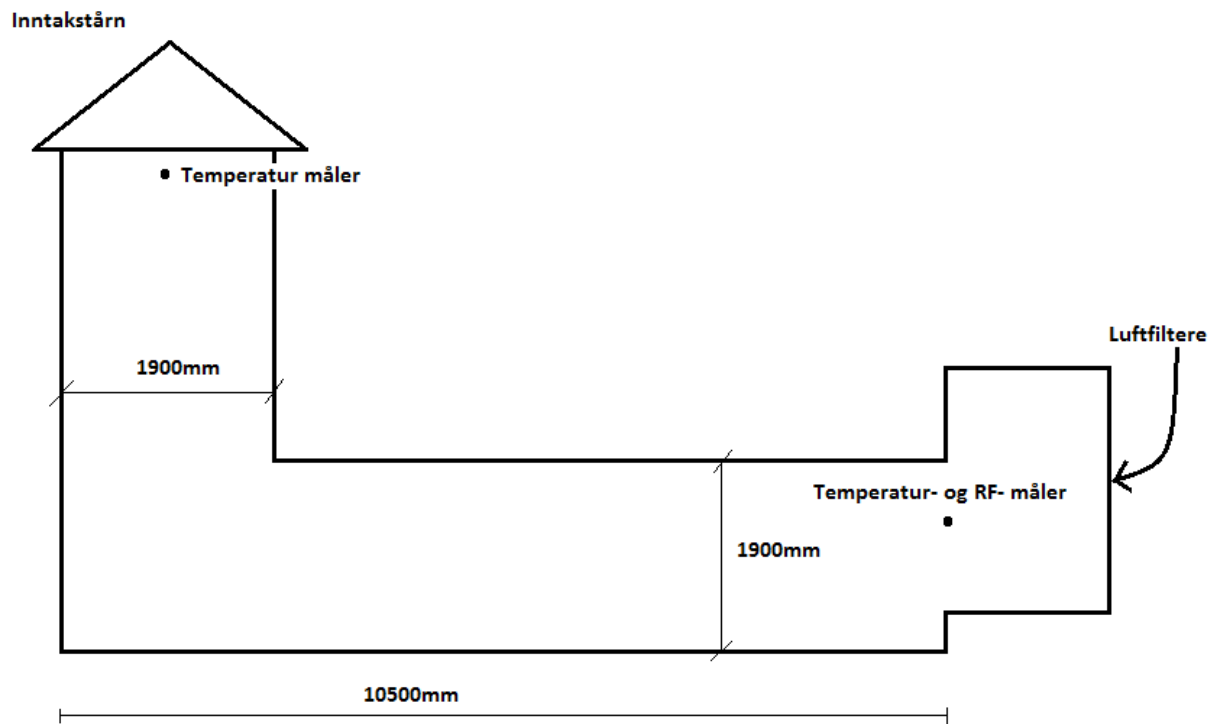
Loggføring av temperatur og luftfuktighet startet 8 oktober og hver uke ble de loggførte verdiene hentet ut. De to første ukene ble det brukt målere for både temperatur og luftfuktighet. Etter det ble den måleren utsatt ved luftinntaket byttet ut med en ren temperaturmåler. Hele perioden hvor temperatur og luftfuktighetsdata ble hentet inn gikk over 7 uker. Fra 8 oktober til 27 november. Hvert 15 minutt ble målt temperatur og RF loggført.

Varmebatteriet i barnehagen har ikke vært i drift gjennom måleperioden på grunn av feil i anlegget. Måleren som er plassert i kulverten får derfor ikke noen varmetilførsel fra varmebatteriet. Eventuelle temperaturøkninger på ventilasjonsluften kommer derfor fra kulverten og massene rundt kulverten.

I dette anlegget er dimensjonert til å ha en luftmengde på 0,7 l/s m².



Figur 4: Plantegning skisse over inntakskulvert



Figur 5: Snitt skisse av inntakskulvert

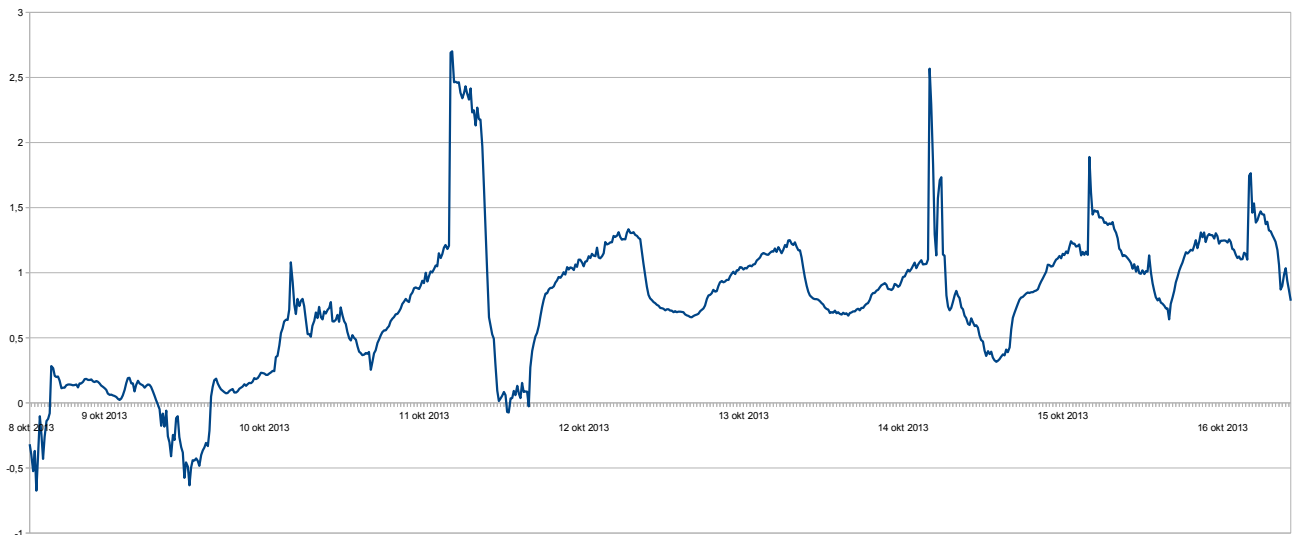
4.1.1 Måleresultater 8 oktober til 16 oktober

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
8 okt 2013	11,25	15,53	11,37	15,21
9 okt 2013	10,82	13,51	10,87	13,05
10 okt 2013	7,54	10,89	8,25	11,10
11 okt 2013	2,67	10,27	5,06	10,38
12 okt 2013	7,11	8,75	8,43	9,42
13 okt 2013	7,28	8,75	8,53	9,45
14 okt 2013	4,56	8,33	6,29	9,12
15 okt 2013	5,11	7,36	6,48	8,51
16 okt 2013	4,60	6,82	5,99	7,92

Tabell 6: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
8 okt 2013	-0,68	13:51	0,28	16:06
9 okt 2013	-0,63	12:51	0,23	23:51
10 okt 2013	0,21	00:36	1,08	04:06
11 okt 2013	-0,08	12:51	2,70	04:21
12 okt 2013	0,66	16:21	1,33	06:51
13 okt 2013	0,67	15:51	1,25	06:51
14 okt 2013	0,32	14:06	2,57	04:06
15 okt 2013	0,64	16:06	1,89	04:06
16 okt 2013	0,78	10:21	1,77	04:21

Tabell 7: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 6: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

8 okt:

Det er temperaturer over 15°C ved luftinntaket på dagen. I kulverten er det opp til $0,7^{\circ}\text{C}$ kaldere. Det betyr at ved dagtid hjelper ikke kulverten til med oppvarming, men kjøler ned inntaksluften. På kvelden og over natten synker utetemperaturen mer enn temperaturen nede i kulverten. Siden kulverten er av massiv betong skjer temperaturendringer tregere der. Dermed bidrar kulverten med oppvarming av luften.

9 okt:

På dagtid har luften ved inntaket sunket to grader fra dagen før, men fortsatt kjøler kulverten ned inntaksluften. Utover kvelden bidrar kulverten med minimal oppvarming av luften (opp til $0,3^{\circ}\text{C}$).

10 okt:

Synkende utetemperaturer. Temperaturene ved inntaket har sunket til $7^{\circ}\text{C} - 8^{\circ}\text{C}$. Kulvertluften holder opp til 1°C høyere temperatur.

11 okt:

Fra midnatt til kl. 5 falt utetemperaturene ned til under 3°C . Siden temperaturendringer skjer mye tregere nede i kulverten, gjør et temperaturfall på 6°C ved inntaket at temperaturforskjellene inne til ute blir større. På dette tidspunktet varmet kulverten opp uteluften med $2,5^{\circ}\text{C}$. Etter soloppgang steg utetemperaturen til over 10°C og temperaturforskjellen var lik 0°C .

12 okt:

Inntakstemperaturene varierer lite fra $7^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C}$. Temperaturforskjellen er i overkant av 1°C når solen er nede, og i overkant av 1°C når soler er oppe.

13 okt:

Inntakstemperaturene varierer lite fra $7^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C}$. Temperaturforskjellen er i overkant av 1°C når solen er nede, og i overkant av 1°C når soler er oppe.

14 okt:

Inntakstemperaturene varierer lite fra $7^{\circ}\text{C} - 9^{\circ}\text{C}$. Temperaturforskjellen er i overkant av 1°C når solen er nede, og i overkant av 1°C når soler er oppe, med unntak av en liten tidsperiode inntakstemperaturen falt ned til 5°C og temperaturforskjellen økte til $2,5^{\circ}\text{C}$.

15 okt:

Inntakstemperaturene har blitt noe lavere, men grafen har omtrent samme kurve som dagene før og ligger rundt 1°C i temperaturforskjell.

16 okt:

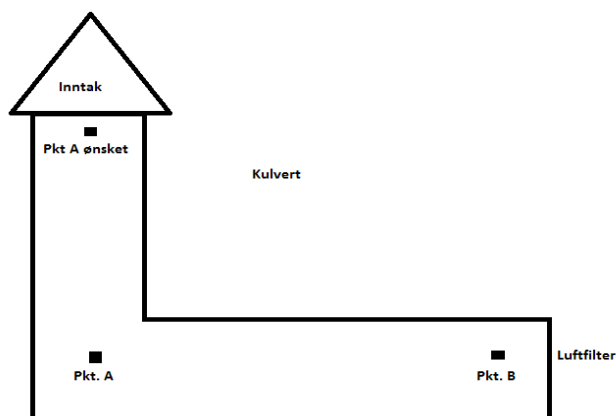
Dagen starter som dagen før.

Den første måleperioden viser en svak temperaturøkning mellom målerne. Ved luftinntaket er det synlig forskjell på temperaturer fra natt til dag. Lave temperaturer på natten og høyere temperaturer på dagen.

I starten av perioden var det over 15°C ved inntaket. Dette gjorde at kulverten begynte å kjøle ned ventilasjonsluften. Men massene i og rundt kulverten ble varmet opp, slik at kulverten holdt høyere temperatur lenger når temperatur på uteluft sank.

Kan lese fra *Figur 6* når solen varmer. Toppene er på natt eller tidlig på morgen, mens dalene er på dagen når solen er oppe. *Tabell 7* viser når på døgnet temperaturforskjellen er størst. Det er også på disse tidspunktene temperaturen på uteluften er på sitt høyeste. Størst temperaturforskjell på kveld og natt og minst på dagen.

Ut ifra grafene ser vi at temperaturen ved luftfilteret er rundt 1°C høyere enn ved inntaket. Denne målingen er ikke optimal siden inntaksmålingen er tatt i pkt. A (se *Figur 7*) og ikke i pkt. A ønsket. Det er derfor mulig at temperaturforskjellen ville vært enda større i denne perioden.



Figur 7: Skisse over inntakskulvert

Men selv om måleren ikke var plassert ved inntaket er det synlige, men små temperaturøkninger fra punkt A til punkt B.

For sammenligning av målte temperaturer i kulvert og ved målestasjonen i Ås se Kap. 4.1.8.

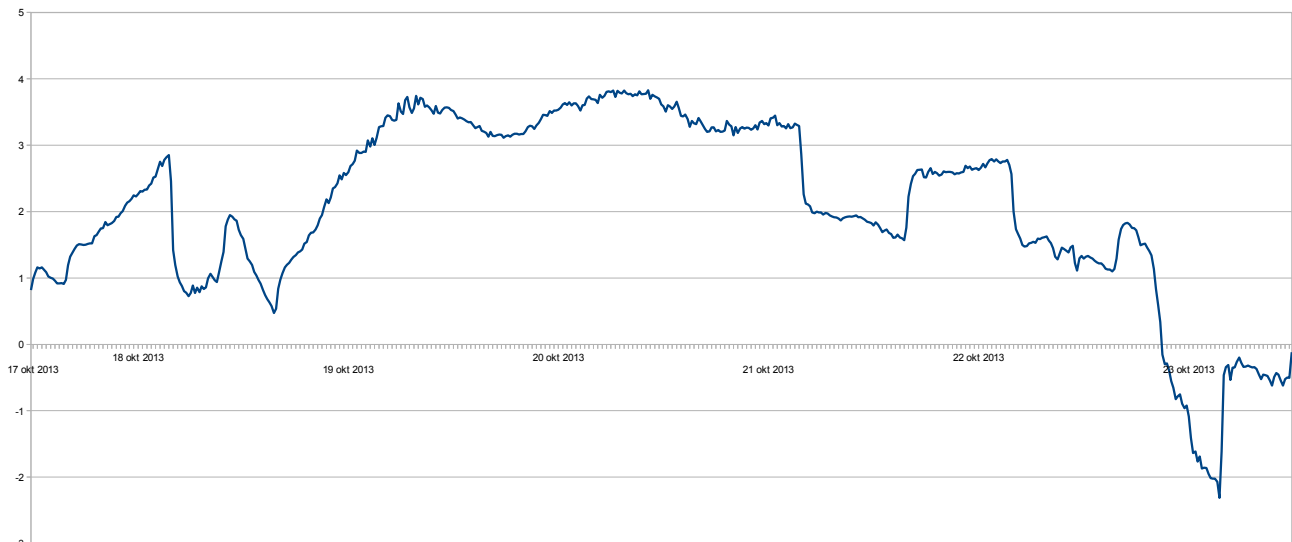
4.1.2 Måleresultater 17 oktober til 23 oktober

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
17 okt 2013	5,45	7,50	7,69	8,31
18 okt 2013	1,89	6,99	2,81	7,73
19 okt 2013	2,38	4,07	6,07	7,03
20 okt 2013	2,64	3,50	6,33	6,78
21 okt 2013	2,65	3,84	4,61	6,64
22 okt 2013	3,34	8,04	4,83	7,08
23 okt 2013	8,02	11,91	7,10	11,79

Tabell 8: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
17 okt 2013	0,82	12:02	2,24	23:47
18 okt 2013	0,47	15:47	2,85	03:47
19 okt 2013	2,59	00:17	3,74	08:02
20 okt 2013	3,15	20:17	3,83	10:32
21 okt 2013	1,57	15:47	3,45	01:02
22 okt 2013	-0,96	23:47	2,79	01:47
23 okt 2013	-2,31	03:47	-0,12	12:02

Tabell 9: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 8: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 17 okt: Temperaturene holdt seg lik forrige periodes sluttmålinger med temperaturer mellom 5°C og 8°C. Det gjør at kulverten bidrar med en temperaturøkning på ca. 1°C når solen var oppe og opp til 2°C etter solnedgang.
- 18 okt: Temperaturen på uteluften sank ned til under 2°C. Med lave temperaturer natterstid økte temperaturforskjellen. Kulverten varmet opp inntaksluften. Etter soloppgang økte temperaturen ute, og temperaturforskjellen ble mindre enn 1°C.
- 19 okt: I luftinntaket holdt temperaturen seg jevn over hele døgnet. Mellom 2°C til 4°C. I kulverten holdt temperaturen seg fra 6°C til 7°C, som vil si en temperaturøkning på luften på litt over 3°C.
- 20 okt: Omtrent samme målinger som dagen før.
- 21 okt: Temperaturen på inntaksluften var som de to foregående dagene (2°C – 4°C). Men på morgenen sank kulverttemperaturen med 2°C fra kl. 4.30 til 11.00.
- 22 okt: Omtrent samme utvikling som dagen før, men på kvelden kom et værskifte hvor utetemperatur steg til 10°C over natten. Dette førte til en negative temperaturforskjell på -2°C.
- 23 okt: Temperaturen fortsatte å stige opp mot 12°C. Med så hurtige temperaturendringer på inntaksluften kjølte kulverten fortsatt ned inntaksluften. Temperaturendringer i massene rundt kulvert og i betong skjer ikke like hurtig som i luft.

Fra forrige periode har inntaksmåleren blitt flyttet til inntaket.

Målte temperaturer ved inntak sank fra forrige periode. Det var et kaldere klima denne perioden. Temperaturforskjellen steg og var mer stabil.

Hurtig temperaturøkning den siste natten forårsaket kjøling av innteksluft. Temperaturendringen i kulvert skjer ikke like hurtig.

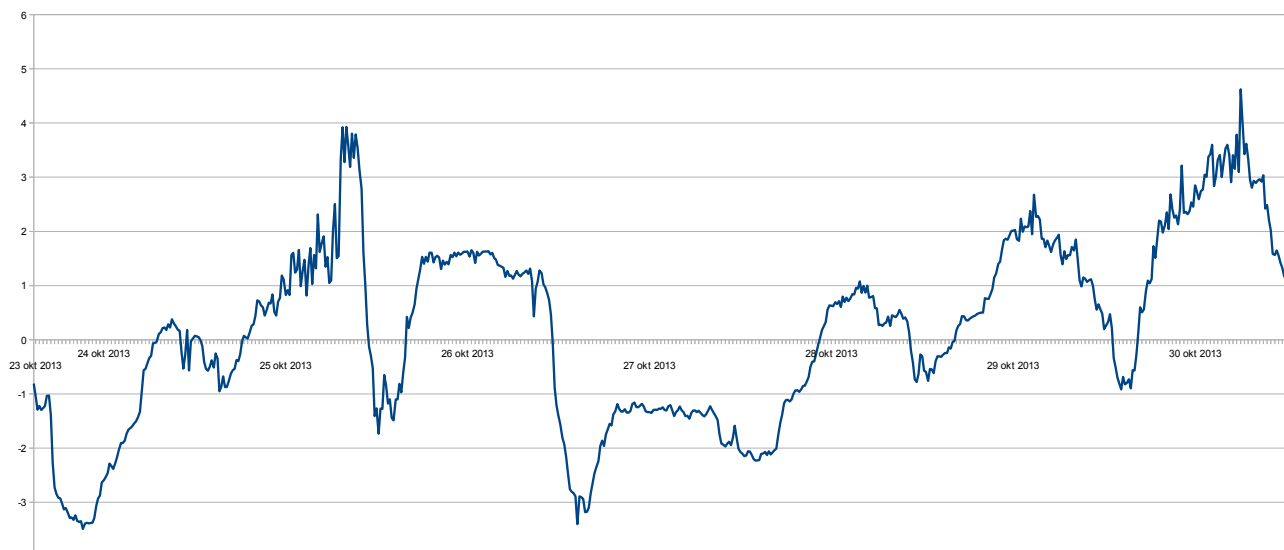
4.1.3 Måleresultater 23 oktober til 30 oktober

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
23 okt 2013	9,20	12,72	9,20	11,56
24 okt 2013	7,67	11,89	8,30	9,80
25 okt 2013	1,43	10,91	5,22	9,44
26 okt 2013	6,78	12,21	8,40	9,10
27 okt 2013	8,58	11,59	9,06	9,44
28 okt 2013	7,14	10,84	9,02	10,14
29 okt 2013	5,51	10,87	7,83	9,98
30 okt 2013	2,99	8,09	6,42	8,76

Tabell 10: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
23 okt 2013	-3,49	21:17	-0,81	14:47
24 okt 2013	-2,59	00:02	1,19	23:32
25 okt 2013	-1,73	12:17	3,93	08:02
26 okt 2013	-3,40	14:32	1,65	00:32
27 okt 2013	-2,23	14:02	0,63	23:47
28 okt 2013	-0,78	11:17	2,01	23:47
29 okt 2013	-0,92	14:17	3,21	22:17
30 okt 2013	0,54	12:47	4,62	06:02

Tabell 11: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 9: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 23 okt:** Inntakstemperatur holdt seg på ca. 12°C. I kulvert sank temperaturen fra 11°C og ned mot 9°C. Kulverten har en kjølede effekt hvor temperatur sank med opp mot 3,5°C.
- 24 okt:** I løpet av døgnet sank inntakstemperaturen fra ca. 12°C til 8°C, mens temperatur i kulvert holdt seg stabil rundt 9°C. Fra å kjøle ned luften med ca. 3°C på morgenen blir det en temperaturforskjell i kulverten på 0°C ±1°C utover kvelden.
- 25 okt:** På morgenen (6:30 – 10:30) oppstod det et temperaturfall. Inntakstemperaturen falt ned mot 1°C og en temperaturforskjell på opp til 4°C. Etter soloppgang økte temperaturen til inntaksluften til 10°C, før den sank utover kvelden. Temperatur i kulvert holder seg mellom 7°C og 8°C gjennom døgnet.
- 26 okt:** Inntakstemperatur økte til 12°C ved soloppgang og sank til 10°C mot midnatt. Temperatur i kulvert holdt seg mellom 8°C og 9°C.
- 27 okt:** Inntakstemperatur på 10°C til 12°C helt til kveld. Deretter sank den til 8,5°C. Jevn kulverttemperatur mellom 9°C og 10°C over døgnet.
- 28 okt:** Inntakstemperatur øker fra 8,5°C ved midnatt til 10°C kl.11. Deretter sank den ned til 7°C. Kulverttemperaturen over døgnet var på 9 – 10°C.
- 29 okt:** Inntakstemperatur fra midnatt til kl. 10.30 var mellom 6°C og 7°C. Deretter økete den til over 10°C før den avtok kl. 18.30 til en temperatur mellom 6°C og 7°C. Kulverttemperaturen over døgnet var på 8 – 9°C.
- 30 okt:** Inntakstemperatur sank fra 6°C ved midnatt til 3°C kl. 6.45 før den steg til 8°C i slutten av denne perioden. I kulvert sank temperaturen fra 8,7 ved midnatt ned til 6,5°C kl. 7.15. Deretter steg den til 8°C.

På dagtid holder inntaksluften seg over 10°C. Dette skjedde gjennom hele uken. Når inntakstemperaturen var over 10°C kjølte kulverten ned luften. Desto høyere temperatur det var på uteluften jo mer kjølte kulverten den ned.

Luften i kulverten holder en jevnere temperatur enn luften ved inntaket. Ved inntaket er det store endringer fra dag til natt.

Tabell 9 viser en reduserende minsteverdi på inntaksluften. Dette gjenspeiles i Figur 9 der toppene på grafen øker utover i perioden.

Også denne perioden viser lave temperaturforskjeller rundt middag og høye fra rundt midnatt og til morgenen. Når det er mest behov for oppvarming av inntaksluften er det liten eller ingen grad av oppvarming.

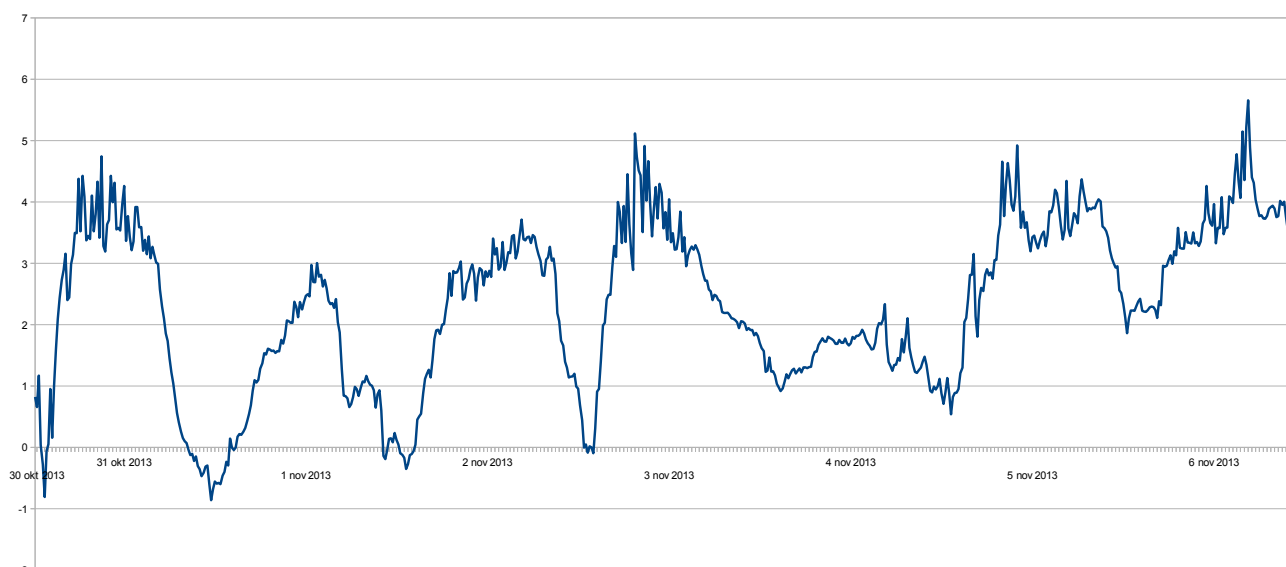
4.1.4 Måleresultater 30 oktober til 6 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
30 okt 2013	2,91	9,33	6,19	9,02
31 okt 2013	3,19	9,91	6,51	9,18
01 nov 2013	5,02	9,02	7,28	8,75
02 nov 2013	2,60	8,40	7,46	8,30
03 nov 2013	3,50	7,14	7,53	8,09
04 nov 2013	2,12	6,57	5,75	8,09
05 nov 2013	0,14	4,08	4,15	7,33
06 nov 2013	-0,63	3,19	3,27	6,53

Tabell 12: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
30 okt 2013	-0,81	13:58	4,74	21:28
31 okt 2013	-0,86	11:58	4,26	00:28
01 nov 2013	-0,35	13:43	3,03	20:58
02 nov 2013	-0,10	14:28	5,12	19:58
03 nov 2013	0,92	15:13	4,05	00:28
04 nov 2013	0,54	13:43	4,92	22:28
05 nov 2013	1,86	12:58	4,37	06:58
06 nov 2013	3,33	00:43	5,66	04:58

Tabell 13: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 10: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 30 okt:** Temperatur ved inntak sank fra 8°C kl. 12 til 4°C kl. 16. Deretter var det en jevn temperatur rundt 4°C. I kulvert sank temperaturen fra 9°C til 7°C.
- 31 okt:** Temperatur ved inntak steg fra 4°C ved midnatt til 10°C kl. 12. Kulverten holdt en jevn temperatur mellom 7°C og 9°C. Derfor kjølte kulverten mellom 9:00 – 15:30 og varmet opp luften 3°C på det meste på morgen og kveld.
- 1 nov:** Temperaturforskjellen varierte stort over døgnet. Med en jevn temperatur i kulvert på ca. 8°C, og varierende temperatur ved inntak, 5°C på kveld og morgen og opp til 9°C på dagen.
- 2 nov:** I kulvert holdt temperaturen seg rundt 8°C hele døgnet. Ved inntak varierte temperaturen fra 4°C morgen og kveld og over 8°C midt på dagen.
- 3 nov:** Temperatur ved inntak steg fra 4°C midnatt til 7°C kl. 15.15. Deretter holdt temperaturen seg mellom 6-7°C. I kulvert varierte temperaturen mellom 7°C og 8°C gjennom døgnet.
- 4 nov:** Synkende inntakstemperatur på 2 – 3°C over døgnet. Temperatur i kulvert mellom 6°C og 8°C.
- 5 nov:** Inntakstemperaturer ned mot 0°C mellom kl. 7 og kl. 10. Med så kald luft inn tilførte kulverten nok energi til å varme opp luften 4 – 5°C.
- 6 nov:** Inntakstemperatur sank fra 3°C til -0,5°C. Temperatur i kulvert sank fra 6,5°C til 3,5°C.

Figur 10 viser store endringer på temperaturforskjellen over hele denne perioden. Disse svingningene blir forårsaker av varmere dager og kalde netter.

Tabell 12 viser større forskjell på min. og maks. temperatur ved inntak enn det den gjør nede i kulverten.

Igjen er minste temperaturforskjell rundt middag og største temperaturforskjell mellom kveld og tidlig morgen (se Tabell 13).

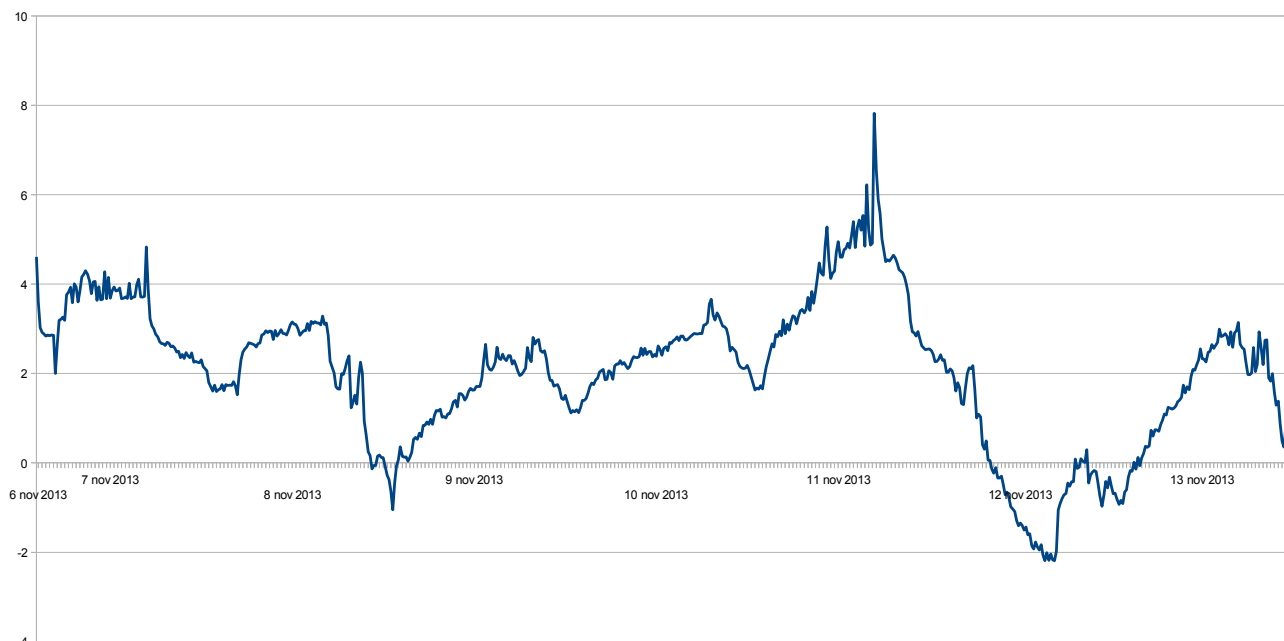
4.1.5 Måleresultater 6 november til 13 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
06 nov 2013	0,60	2,20	3,44	5,59
07 nov 2013	0,44	2,91	3,16	5,66
08 nov 2013	1,51	7,35	3,90	6,55
09 nov 2013	3,23	5,17	5,97	6,32
10 nov 2013	0,31	4,72	5,56	6,38
11 nov 2013	-3,93	6,92	0,95	5,57
12 nov 2013	3,38	8,27	5,51	7,36
13 nov 2013	1,02	5,06	3,82	5,93

Tabell 14: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturskjell inne til ute		Største temperaturskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
06 nov 2013	2,00	17:02	4,61	14:32
07 nov 2013	1,60	14:17	4,83	05:02
08 nov 2013	-1,05	13:32	3,29	04:17
09 nov 2013	1,12	13:02	2,81	08:02
10 nov 2013	1,63	13:17	5,28	22:47
11 nov 2013	-1,29	23:47	7,82	05:02
12 nov 2013	-2,19	04:47	2,30	23:47
13 nov 2013	0,29	12:02	3,14	05:02

Tabell 15: Minste og største temperaturskjell fra inne til ute



Figur 11: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 6 nov:** Lave temperaturer ned mot 0°C ved inntaket på dagen, men med en økning opp mot 2°C på kvelden. Kulvertluften holdt 2-4°C høyere temperatur.
- 7 nov:** Inntakstemperatur sank ned til laveste temperatur tidlig på morgenen på rundt 0°C deretter steg den til 2°C utover dagen. I kulverten var temperaturen 2-3°C varmere.
- 8 nov:** Temperaturøkning på inntaksluften som gjorde at kulverten kjølte ned luften på dagtid.
- 9 nov:** Temperatur ved inntak var på ca. 4 °C hele døgnet. I kulvert lå den på 6°C. Temperaturforskjellen var over 2°C på morgen og kveld, og under på dagen.
- 10 nov:** Jevn temperatur rundt 6°C i kulvert. Temperaturer fra 1°C til 5°C ved inntak.
- 11 nov:** Til kl. 5 sank temperaturen ned mot -4°C i luftinntaket. Dette gjorde at temperaturforskjeller opp til 6°C oppstod. Mot kvelden steg inntakstemperaturen opp mot 6°C.
- 12 nov:** Temperaturen holdt seg over 6°C utover dagen. På grunn av den kalde natten før var kulverten blitt nedkjølt. Derfor kjølte kulverten ned luften langt utover dagen.
- 13 nov:** Temperatur ved inntak var 3,5°C ved midnatt, sank til 1°C kl. 8 og steg opp til 5°C kl. 12.

Store temperaturøkninger over kort tid kan føre til at luften blir kjølt ned av kulvert, selv om temperaturen ikke er så høy. Den 11 november steg temperaturen på inntaksluften hele kvelden. Dette førte til nedkjøling av luften siden kulverten hadde blitt godt nedkjølt tidligere på dagen når temperaturen ved inntak var ned mot -4°C.

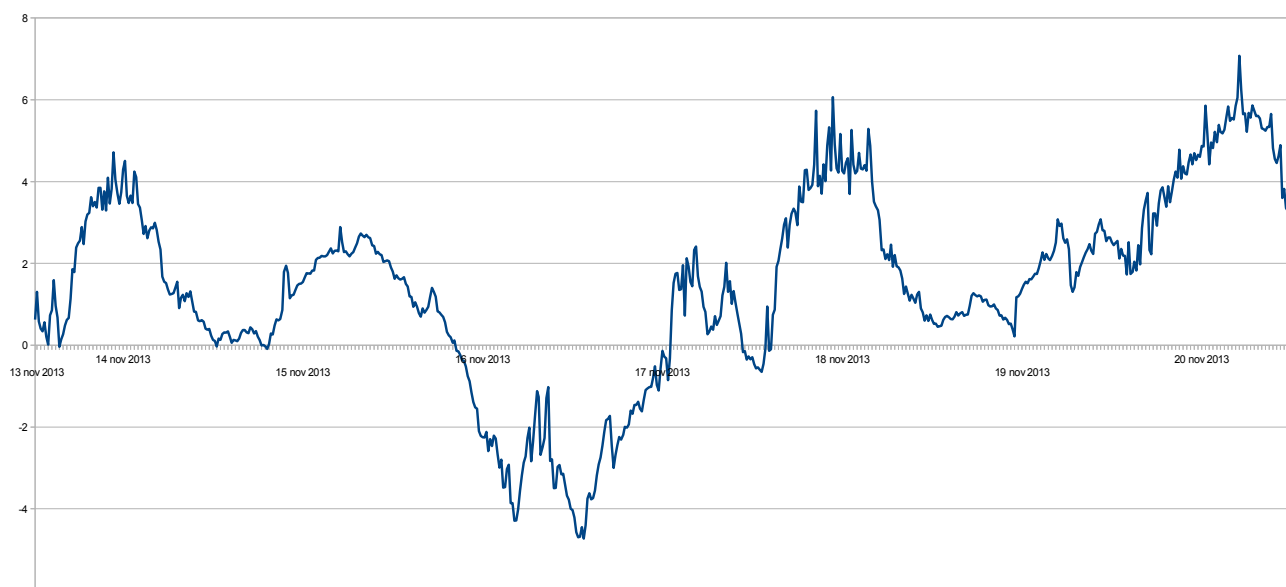
4.1.6 Måleresultater 13 november til 20 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
13 nov 2013	0,65	6,31	5,32	6,61
14 nov 2013	0,81	6,31	4,69	6,38
15 nov 2013	1,02	8,37	3,74	6,27
16 nov 2013	6,78	11,23	6,12	6,64
17 nov 2013	-0,41	7,49	5,55	6,75
18 nov 2013	0,35	6,20	3,84	6,42
19 nov 2013	-0,76	5,02	2,96	6,40
20 nov 2013	-5,89	0,35	-0,39	4,84

Tabell 16: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturskjell inne til ute		Største temperaturskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
13 nov 2013	-0,04	15:38	4,71	22:53
14 nov 2013	-0,09	19:23	4,51	00:23
15 nov 2013	-2,22	23:53	2,89	05:08
16 nov 2013	-4,73	13:38	-0,51	23:08
17 nov 2013	-0,86	00:53	6,06	22:53
18 nov 2013	0,21	23:08	5,26	01:23
19 nov 2013	1,31	06:53	4,78	21:08
20 nov 2013	2,88	12:23	7,07	05:08

Tabell 17: Minste og største temperaturskjell fra inne til ute



Figur 12: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 13 nov:** Temperatur ved inntak var over 6°C på dagtid, men sank ned mot 0°C utover kvelden. Temperatur i kulvert holdt omtrent samme temperatur fra dag til kveld (synker 1°C). Dette førte til lite temperaturforskjell på dagen og opp til 4°C på kvelden.
- 14 nov:** Temperatur ved inntak økte utover morgenen og dagen (opp til 6°C), før den avtok litt utover kvelden (ned til 4°C). Temperatur i kulvert holdt seg stabil rundt 5-6°C men sank under 5°C midt på dagen. Temperaturforskjellen var synkende til ut på dagen. Siden inntakstemperaturen ikke falt like mye denne kvelden ble ikke forskjellen like stor.
- 15 nov:** Temperaturen ved inntak var synkende til kl. 9 før den steg helt til midnatt. I kulvert sank temperaturen som ved inntaket til kl. 9 for deretter å stige. På grunn av tregere temperaturendringer i kulvert enn ute ble det en negativ temperaturforskjell og kulverten begynner å kjøle.
- 16 nov:** Inntakstemperaturen fortsatte å øke til ut på dagen og fikk temperaturer opp mot 11°C. I kulverten holdt temperaturen seg stabil mellom 6°C og 7°C gjennom hele døgnet, som førte til at kulverten kjølte ned luften hele denne dagen. Over 4°C nedkjøling av luften.
- 17 nov:** Temperatur ved inntak holdt seg til ut på dagen (opp til 7,5°C) før den avtok og sank ned til 0°C ved midnatt. I kulvert holdt temperaturen seg stabilt på 5°C til 6°C.
- 18 nov:** Temperaturen ved inntak var stigende hele døgnet (opp til 6°C). Bortsett fra et temperaturfall til litt under 4°C kl.7 hadde kulverten en temperatur på ca. 6°C.
- 19 nov:** Temperaturen ved inntak sank og holder ca 1°C ut dagen. I kulverten sank temperaturen ned til ca. 4°C på grunn av kaldere luft ute.
- 20 nov:** Til kl. 7 morgenen sank temperaturen til under -5°C ved inntaket. Temperaturfallet gjorde at luften i kulverten gikk under 0°C. Med så kald luft ute tilførte kulverten luften nok varme til en temperaturøkning på opp mot 6°C.

Den 16 november er maks og min inntakstemperatur høyere enn resten av perioden. Hele denne dagen kjøler kulverten ned luften. Temperaturen i kulvert holder seg nærmest lik gjennom hele døgnet (se *Tabell 16* og *Figur 12*).

Tabell 16 viser mindre variasjon mellom maks og min verdi i kulvert enn ved inntak. Mer stabil temperatur i kulvert.

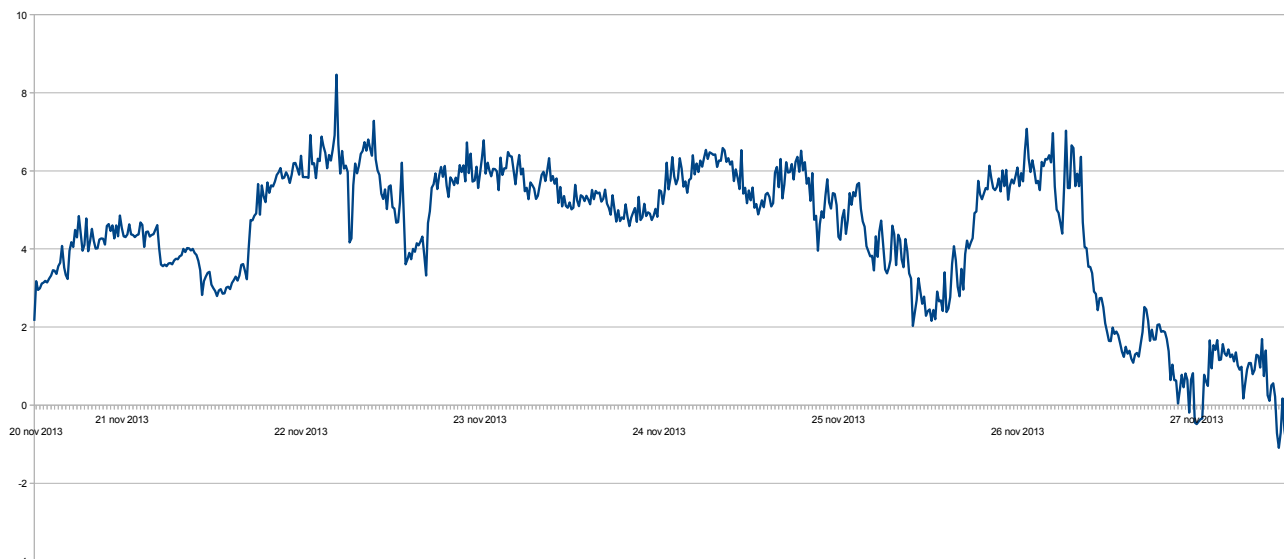
4.1.7 Måleresultater 20 november til 27 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
20 nov 2013	-3,09	-0,54	0,84	3,56
21 nov 2013	-3,93	-0,41	0,31	3,73
22 nov 2013	-8,52	-2,63	-2,64	2,25
23 nov 2013	-5,14	-2,49	1,36	2,13
24 nov 2013	-5,19	-2,08	1,13	2,11
25 nov 2013	-6,76	-1,68	-2,51	2,14
26 nov 2013	-8,08	1,92	-3,41	1,47
27 nov 2013	-1,15	7,71	0,51	4,73

Tabell 18: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
20 nov 2013	2,16	12:36	4,84	18:36
21 nov 2013	2,79	13:06	6,20	23:36
22 nov 2013	3,32	17:06	8,46	05:06
23 nov 2013	4,59	20:21	6,78	00:51
24 nov 2013	3,96	21:36	6,58	08:51
25 nov 2013	2,03	10:21	6,13	20:36
26 nov 2013	-0,19	23:21	7,08	01:36
27 nov 2013	-2,99	13:06	1,69	09:06

Tabell 19: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 13: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 20 nov:** Temperaturen ved inntak sank til -3°C kl. 16. Deretter steg den utover kvelden og holdt seg stabil rundt -1°C . I kulvert gikk temperaturen ned til under 1°C kl. 16, for så å stige til $3,5^{\circ}\text{C}$ og holdt seg der utover kvelden. Både inne- og ute-temperaturen sank og steg samtidig, men med 4°C høyere temperatur i kulvert.
- 21 nov:** Temperaturen ved inntak varierte mellom -1°C til -3°C utover dagen, før den sank ned mot 4°C ved midnatt. På dagen sank og steg temperaturen i kulvert lik den ute. Men istedenfor å synke utover kvelden, steg den til over 2°C . Fra å ha en temperaturforskjell på $3-4^{\circ}\text{C}$ på dagtid var den oppe i over 6°C på kvelden.
- 22 nov:** Temperaturen ved inntak fortsatte å synke til kl. 6.30. Da var temperaturen nede i $-8,5^{\circ}\text{C}$. Deretter steg den og varierte mellom -3°C og -6°C ut dagen. I kulvert sank temperaturen ned til -2°C samtidig som temperaturen ute var på sitt laveste. Temperaturen steg opp til 2°C kl. 13.30, før den falt ned til -2°C . Deretter steg den og stabiliserte seg mellom $1,5$ og 2°C utover kvelden.
- 23 nov:** Temperaturen ved inntak startet ved -4°C og steg gjennom hele døgnet til $-2,5^{\circ}\text{C}$ ved midnatt. I kulvert holdt temperaturen seg stabil mellom $1,5^{\circ}\text{C}$ og 2°C hele døgnet. Det var små temperaturendringer over hele døgnet både ute og inne. I kulverten var det en økning i temperatur med $5-6^{\circ}\text{C}$ fra inntaket.
- 24 nov:** Temperaturen ved inntak varierte mellom -3°C og -5°C over døgnet. I kulvert holdt den seg mellom 1°C og 2°C . Som forrige døgn var det en positiv temperaturforskjell på $5-6^{\circ}\text{C}$ gjennom hele døgnet.
- 25 nov:** Som de forrige døgnene varierte temperaturen ved inntaket nå mellom -3°C og -6°C . Rundt kl. 5.30 begynte temperaturen å synke i kulvert. Fra å ha en stabil temperatur mellom 1°C og 2°C sank den ned til $-2,5^{\circ}\text{C}$. Fra kl. 10 begynner temperaturen å stige til $0,5^{\circ}\text{C}$. Når temperaturen på luften i kulverten sank falt temperaturforskjellen ned til 2°C .
- 26 nov:** Temperaturen ved inntak sank fra -5°C ved midnatt til -8°C kl. 6. Deretter steg den gjennom døgnet til 1°C . Samtidig som ved inntaket sank temperaturen i kulverten ned til -3°C . Siden utetemperaturen steg med ca. 9°C over dagen førte det til en minkende temperaturforskjell, fra 6°C ned til 0°C .

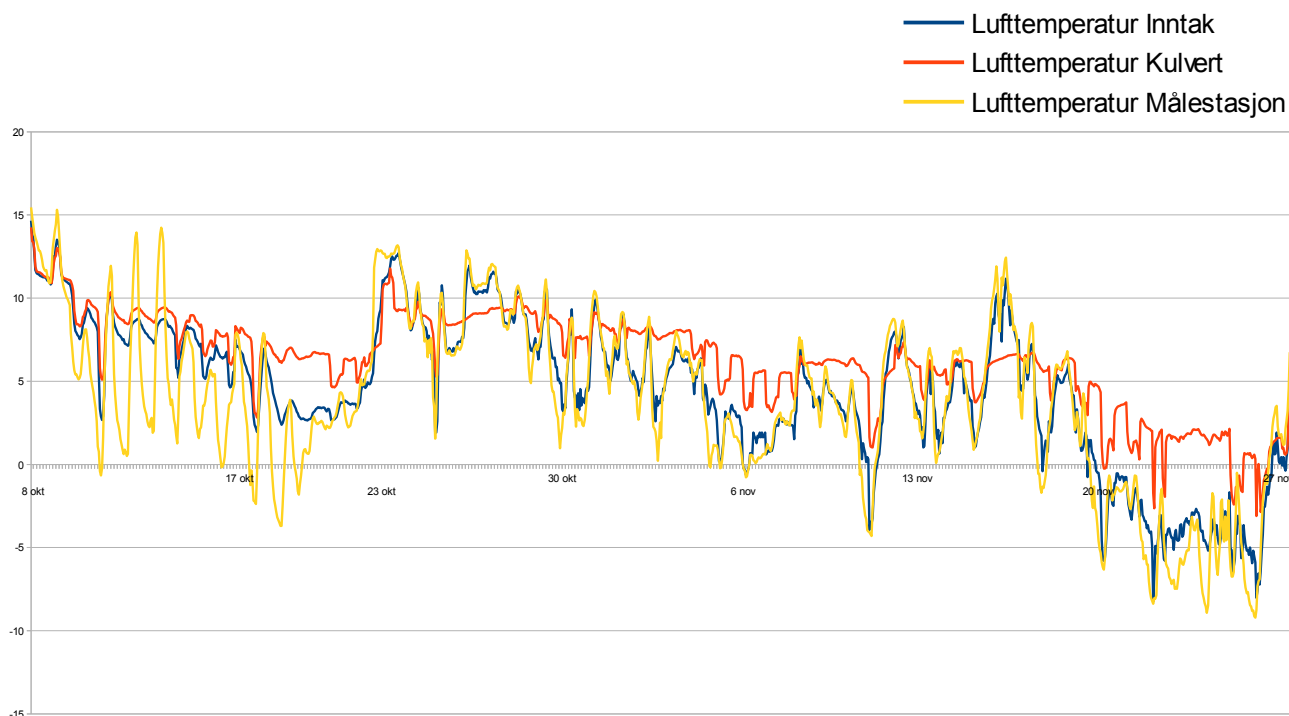
27 nov: Temperaturen ved inntak holdt seg mellom -1°C og 1°C til det kom en brå temperaturøkning kl. 11. Inntakstemperaturen steg da til 8°C . Temperaturen i kulvert holdt seg mellom $0,5^{\circ}\text{C}$ og $1,5^{\circ}\text{C}$ til kl. 11. Temperaturen steg da til $4,7^{\circ}\text{C}$. Med en så stor temperaturendring over kort tid ved inntaket ble temperaturforskjellen negativ og kulverten begynte å kjøle ned luften.

Gjennom denne perioden ble de laveste temperaturene målt. Samtidig viser *Figur 13* at det er i denne perioden de største temperaturhevingene oppstår.

Selv om temperatur ved inntaket endrer seg over døgnet, holder temperaturen i kulvert seg $4\text{-}6^{\circ}\text{C}$ varmere. Gjennom kalde dager er det ingen store variasjoner mellom natt og dag, men det er en mer konstant temperaturforskjell på luften fra inntak til filtervegg.

Etter en uke med minusgrader ute sank temperaturen i kulvert. Når det ble temperaturøkning i slutten av perioden og opp mot 7°C ute, ble det negativ temperaturforskjell.

4.1.8 Målte temperaturer



Figur 14: Temperaturer målt ved luftinntak og i kulvert i tillegg til temperatur fra målestasjonen i Ås (kilde: Meteorologisk data fra Ås)

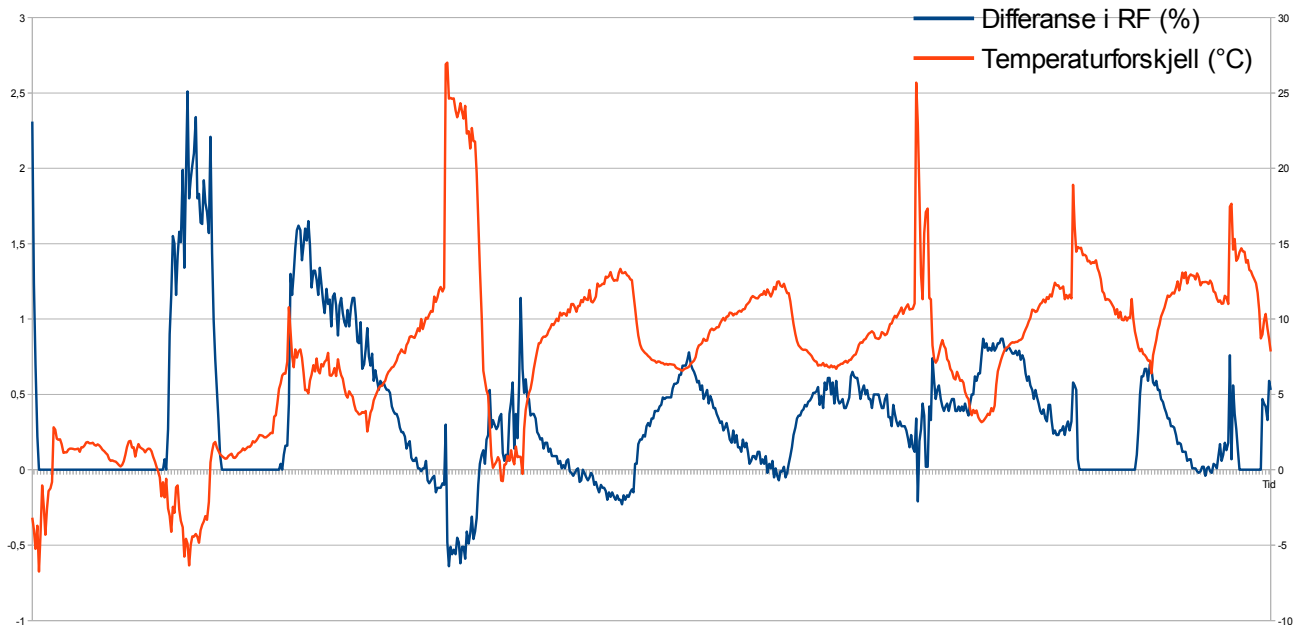
Måledata fra Ås målestasjon har for det meste samme svingninger som lufttemperaturen ved inntaket. Den store forskjellen er i den første uken når temperaturmåleren ikke var plassert i luftinntak, men i bunn av kulvert under luftinntak (se Kap 4.1.1). Det betyr at temperaturforskjellen ville variert mye mer den perioden enn det som ble målt. Større nedkjøling på dagen og mer oppvarming på natten.

Bare i første del av kulverten er det en synlig temperaturøkning.

4.1.9 Luftfuktighet

De to første ukene/periodene ble det benyttet en temperatur- og RF-logger ved inntak og ved filter. Det er bare i de periodene endring på luftfuktighet kan måles. Figurene under viser endring i luftfuktighet og temperatur. Venstre y-akse er temperatur, og høyre y-akse er prosentvis endring av luftfuktighet.

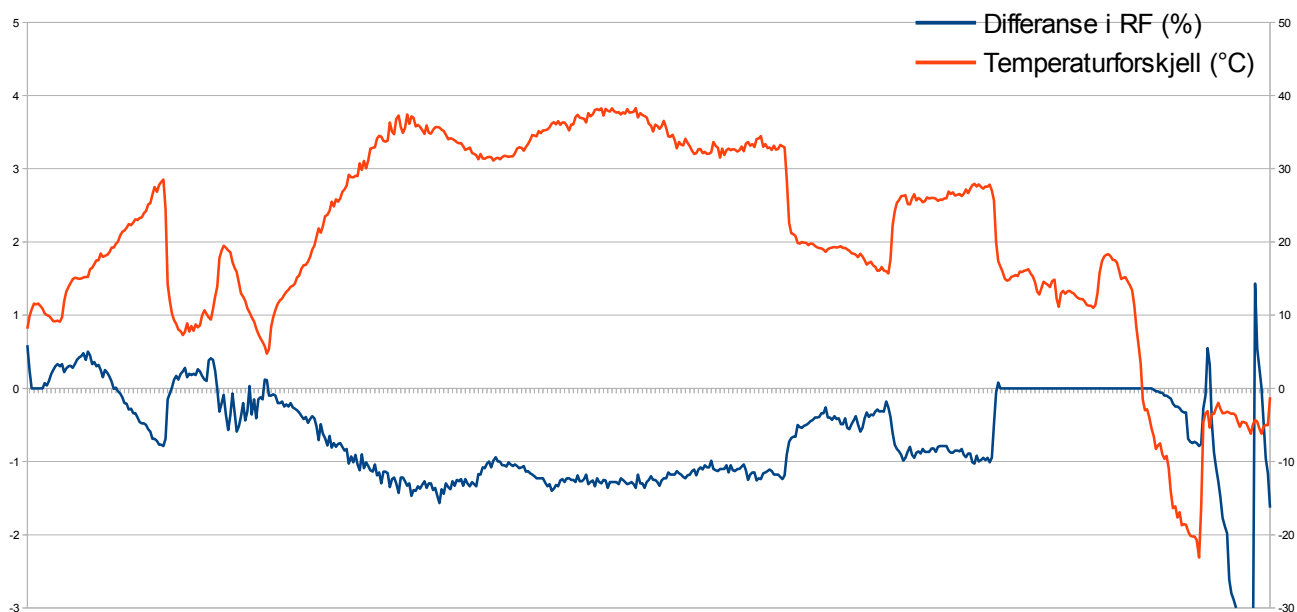
Når RF-grafene under ikke viser forskjell mellom fuktighet ute og inne, er målte data enten 100% eller 0%. Kan derfor se bort ifra de målingene, siden det er mulighet for målefeil.



Figur 15: Differanse på temperatur og RF 8 – 16 oktober

Det er høyest RF når kulverten kjøler ned luften og lavest RF når kulverten varmer opp luften. Når temperaturen på luften øker innover i kulverten øker også luftens metningspunkt, og luften kan holde på mer fuktighet. Når det ikke blir tilført noe fukt, med temperaturen øker, vil den relative fuktigheten synke.

I noen tilfeller når temperaturen økte innover i kulvert, økte også RF. I de periodene hadde det vært nedbør i området. I nedbørs-perioder stiger den relative fuktigheten i luften, og det vises også på grafen. (se vedlegg for meteorologiske data og mengde nedbør i Ås)



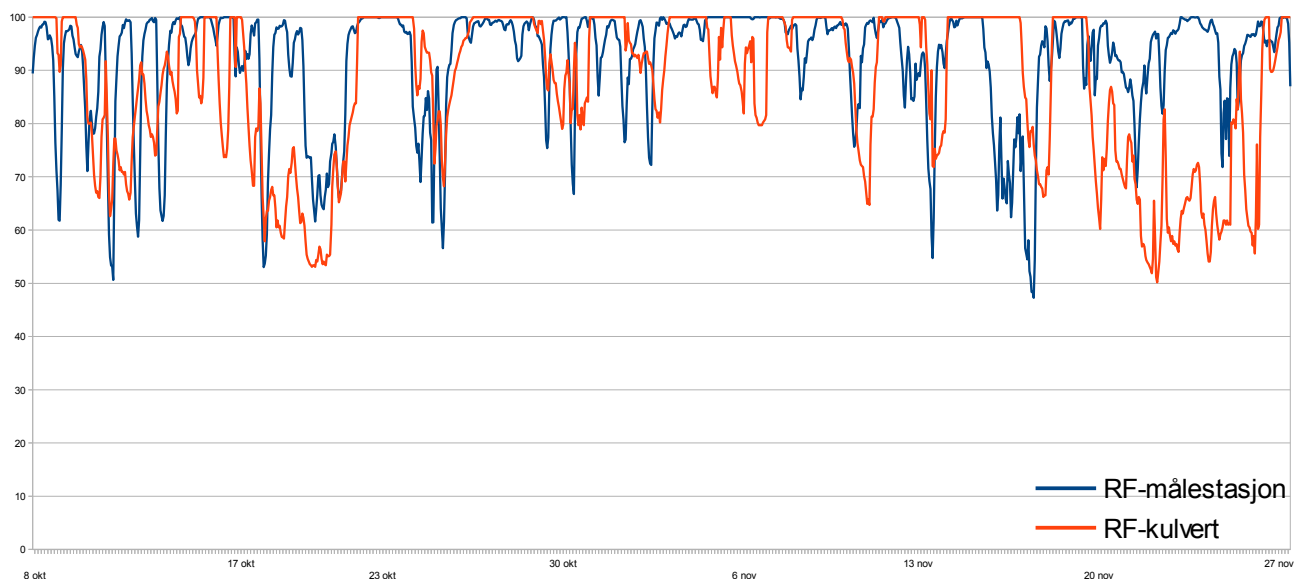
Figur 16: Differanse på temperatur og RF 17 – 23 oktober

Som nevnt tidligere var temperaturene i perioden 17 til 23 oktober lavere enn perioden før. Lavere temperatur betyr at luften ikke kan holde på så mye fuktighet. Derfor stiger den relative luftfuktighet.

Det var ekstremt fuktig i inntakskulverten når målerne ble hentet inn 23 oktober. Det hadde vært mye nedbør det siste døgnet, og temperaturen på uteluften var stigende. I kulverten var det damper på gulvet og dråper på vegger og i tak. Halvveis inn i inntakskulverten begynte det å bli tørt på gulv, vegger og i tak.

I en kulvert som har blitt kjølt ned over flere dager vil veggene være kaldere enn omgivelsene rundt, som igjen fører til kondens på veggene.

Selv om det var fuktig var den målt RF lav. Ved inntaket var målt RF rundt 50%, mens inne i kulvert var den nede i 20%. Selv om luften ble kjølt ned, minket luftfuktigheten. Mulig målefeil.

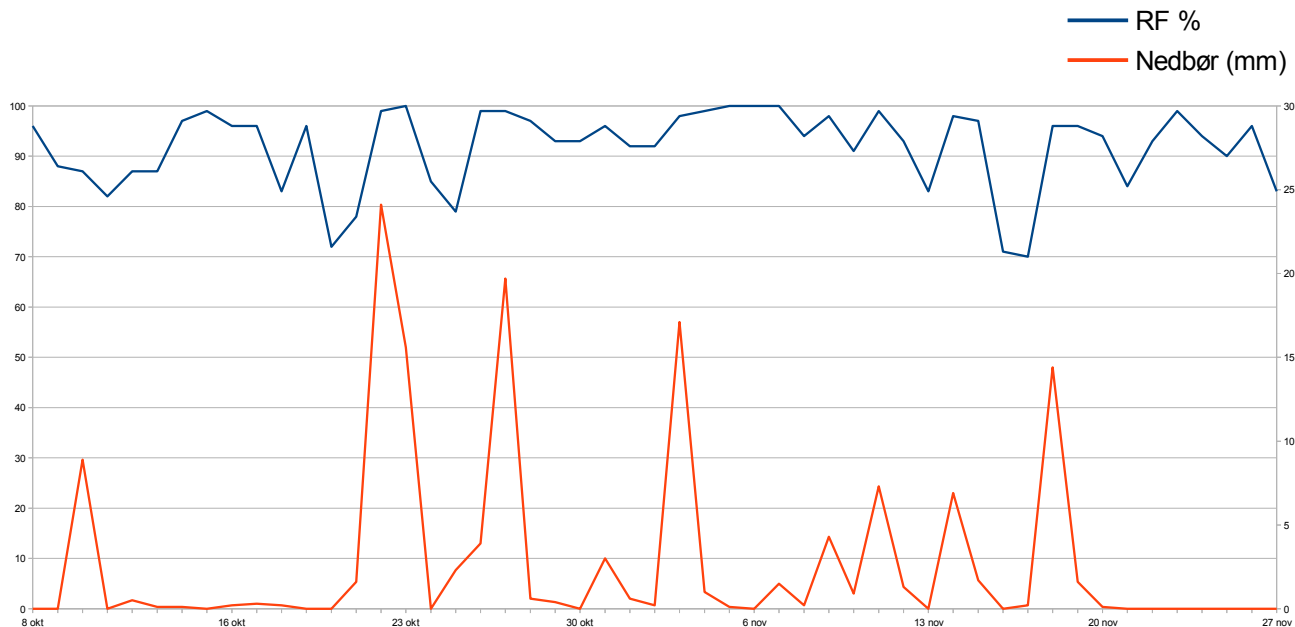


Figur 17: Graf over målt RF i kulvert og målt RF fra målestasjon i Ås (kilde: Meteorologisk data fra Ås)

I grafen på *Figur 17* er verdier som avviker mye fra resten satt til 100 %RF (gjelder RF i kulvert). I løpet av hele perioden på 7 uker var det to uker som skilte seg ut i *Figur 16*. De hadde jevne og høye temperaturøkninger. Ut ifra grafen skiller de to ukene seg ut, siden det er kun i de tidsrommene den relative fuktigheten i kulverten er under 60%.

Når kurven for RF-kulvert er mindre enn RF-målestasjon er det større temperaturøkninger i kulverten. Omvendt når kulverten kjøler ned luften. (se *Figur 17*)

Se vedlegg for grafer hentet fra Tinytag med målt RF.



Figur 18: Fuktighet og nedbør hentet fra målestasjonen i Ås (Kilde: www.umb.no/fagklim/element/sanntidsdata)

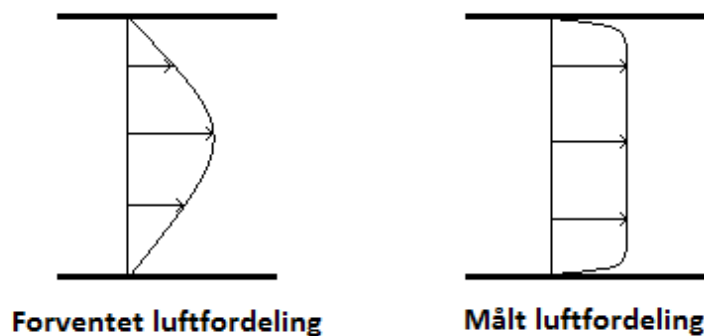
Figur 18 viser RF og nedbør for hver dag fra 8 oktober til 27 november. Venstre akse viser %RF og høyre akse viser antall mm nedbør.

4.1.10 Luftmengde

For måling av luftmengden gjennom inntakskulverten ble det manuelt loggført lufthastigheter hvert minutt i en time.

Med tilgjengelig utstyr var det vanskelig å måle hvordan luftstrømmen gikk gjennom kulverten. Dette på grunn av konstant endring av lufthastighetene. Ved å måle punktvis lufthastighet fra tak til gulv i kulvert viste det seg at det var omtrent like stor variasjon i hele tverrsnittet til kulverten. Lufthastigheten varierte mellom 0,1 m/s til 0,4 m/s.

Forventet luftfordeling var hvor lufthastigheten var størst midt i kulvert, og avtagende mot tak og gulv.



Figur 19: Forventet og målt luftfordeling

Kulverten har blitt dimensjonert for å levere en luftmengde på $0,7 \text{ l/s m}^2$. Med denne luftmengden er det forutsatt at det ble brukt lavemiterende materialer i bygningen. Det vil si materialer som ikke gir fra seg forurensende stoffer.

Bygningen er på ca. 550 m^2 , men det er ikke hele arealet som er tilknyttet ventilasjonskulverten. Kjøkken, wc, bøttekott, våtgardrober og personalgardrobe er ikke tilknyttet kulverten og har separate avtrekk.

Totalt areal som kulverten ventilerer:

Gruppe 1:	$52,95\text{m}^2$
Gruppe 2:	$55,07\text{m}^2$
Gruppe 3:	$53,01\text{m}^2$
Gruppe 4:	$40,76\text{m}^2$
Møterom for 6-åringer:	$31,38\text{m}^2$
Eventyr-rom (3 stk.):	$46,77\text{m}^2$
<u>Lek og hvil rom (4 stk.):</u>	<u>$28,46\text{m}^2$</u>
<u>Totalt:</u>	<u>$308,40\text{m}^2$</u>

(Se vedlegg for plantegning med arealer)

Med et ventilert areal på 308 m^2 og en ventilasjonsluftmengde på $0,7 \text{ l/s m}^2$, vil nødvendig luftmengde levert fra kulvert bli:

$$V_{\min} = A_{\text{vent}} \cdot V_{\text{vent}} = 308 \text{ m}^2 \cdot 0,7 \text{ l/s m}^2 = 216 \text{ l/s}$$

V_{\min} = Min. luftmengde
 A_{vent} = Bygningens ventilerte areal
 V_{vent} = Ventilasjonsluftmengde

$$V_{\min} = \frac{216 \text{ l/s}}{1000} = 0,216 \text{ m}^3/\text{s}$$

Min. luftmengde = $0,216 \text{ m}^3/\text{s}$

Tverrsnittet på inntakskulvert:

$h = 1,9 \text{ m} < h_{\min} = 2,0 \text{ m}$ (Tabell 2)
 $b = 1,2 \text{ m} > b_{\min} = 0,8 \text{ m}$ (Tabell 2)

$$A = b \cdot h = 1,2 \text{ m} \cdot 1,9 \text{ m} = 2,28 \text{ m}^2$$

A : Inntakskulvertens tverrsnitt

Lufthastighet som trengs for å tilfredsstille ventilasjonsluftmengden kulverten er dimensjonert etter er:

$$v_{\min} = \frac{V_{\min}}{A} = \frac{0,216 \text{ m}^3/\text{s}}{2,28 \text{ m}^2} = 0,09 \text{ m/s}$$

v_{\min} = Min. lufthastighet

For å finne lufthastigheten i kulvert ble en lufthastighetsmåleren montert opp i kulvert. Hvert minutt i en time ble det gjort en manuell avlesning av måleren.

$$v_{\text{målt}} = \frac{\sum (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots)}{n} = \frac{\sum (0,22 + 0,25 + 0,30 + 0,21 + \dots)}{61} = \frac{14,48}{61} = 0,24 \text{ m/s}$$

$v_{\min} < v_{\text{målt}}$ OK

Med ventilering av hele bygningen som har et totalt areal på 550 m^2 blir luftmengden = $0,17 \text{ m}^3/\text{s}$
Selv om hele bygningen var tilkoblet ventilasjonskulverten var målt lufthastigheten stor nok.

Se vedlegg for målte lufthastigheter.

$$V = A \cdot v_{\text{målt}} = 2,28 \cdot 0,24 = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

V : Luftmengde

Målt luftmengde i kulvert er $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$

4.1.11 Tilført energi

Ved å anta en konstant lufthastighet gjennom hele perioden på 0,24 m/s og da også en konstant luftmengde på 0,55 m³/s kan den tilførte energien til tilluften regnes ut.

Under er hvor stor effekt kulverten har.

	$C = \frac{kJ}{m^3 \cdot K}$	$V = \frac{m^3}{s}$	$\Delta T = K$	$P = \frac{kJ}{s} = kW$
8 okt – 16 okt	1,25	0,55	0,77	0,53
17 okt – 23 okt	1,25	0,55	2,07	1,42
23 okt – 30 okt	1,25	0,55	0,17	0,12
30 okt – 6 nov	1,25	0,55	2,32	1,60
6 nov – 13 nov	1,25	0,55	2,06	1,42
13 nov – 20 nov	1,25	0,55	1,42	0,98
20 nov – 27 nov	1,25	0,55	4,37	3,00
Hele perioden 8 okt – 27 nov	1,25	0,55	1,86	1,28
Hele perioden med dim. luftmengde	1,25	0,22	1,86	0,51

Tabell 20: Effekten til kulvert

Effekten til kulverten varierer over ukene, men er desidert størst den siste uken når inntaksluften holder temperaturer på godt under 0°C.

	$P = kW$	$E = kWh$
8 okt – 16 okt	0,53	100
17 okt – 23 okt	1,42	204
23 okt – 30 okt	0,12	20
30 okt – 6 nov	1,60	266
6 nov – 13 nov	1,42	234
13 nov – 20 nov	0,98	165
20 nov – 27 nov	3,00	507
Hele perioden 8 okt – 27 nov	1,28	1494
Hele perioden med dim. luftmengde	0,51	595

Tabell 21: Energimengden overført fra kulvert til luft

Over en periode på 7 uker gir kulverten fra seg ca. 1500 kWh.

4.2 Tangenten Nesodden

Her ble det plassert en termometer ved luftinntaket og en temperatur/luftfuktighets måler på den andre siden av filterveggen. Årsaken til at denne ble plassert på andre side av filterveggen var på grunn av den korte avstanden fra luftinntak til filter. Fra utplassering av målere ble temperatur og luftfuktighet loggført hvert 15 minutt.

I løpet av den tiden målinger ble gjort i dette anlegget gikk den ene viften døgnet rundt for å sikre god luftkvalitet i bygget dagen etter. Dette var nødvendig for å opprettholde en god nok luftkvalitet.

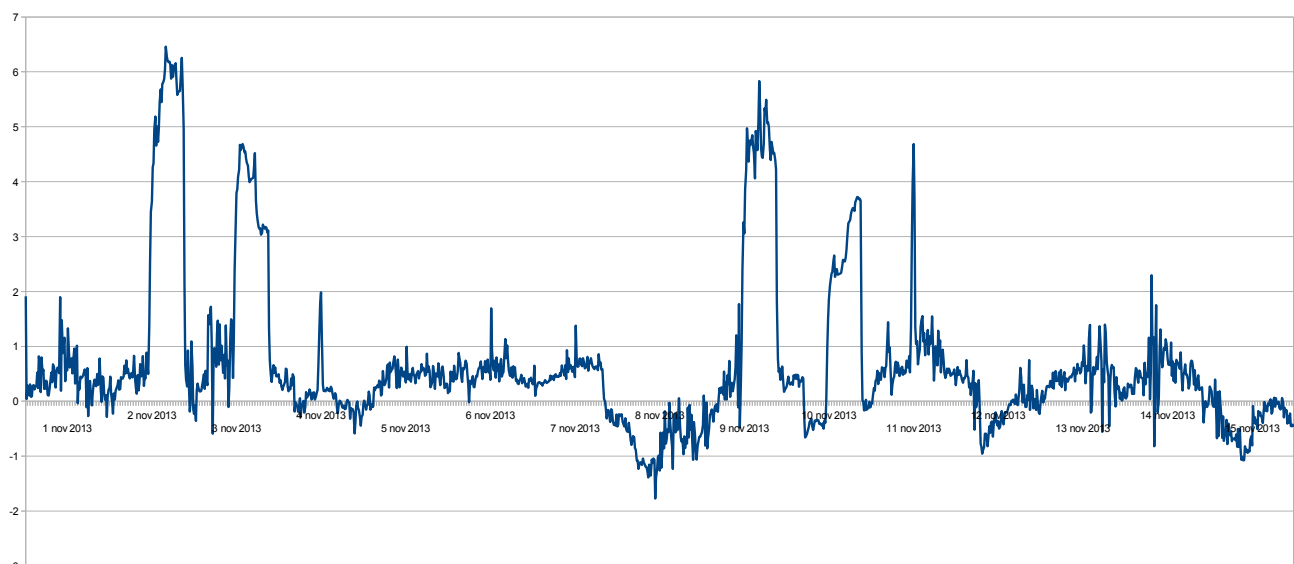
4.2.1 Måleresultater 31 oktober til 15 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
31 okt 2013	4,42	10,21	5,58	11,75
01 nov 2013	3,85	9,47	4,74	9,56
02 nov 2013	2,24	8,47	3,46	9,30
03 nov 2013	3,31	8,09	6,66	9,00
04 nov 2013	4,57	7,03	5,23	8,88
05 nov 2013	1,51	5,02	2,14	5,86
06 nov 2013	-0,03	2,00	0,52	2,67
07 nov 2013	0,48	4,42	1,23	3,12
08 nov 2013	1,39	7,35	1,25	7,41
09 nov 2013	1,96	6,02	4,45	7,83
10 nov 2013	1,47	5,76	2,61	7,98
11 nov 2013	-2,17	8,37	-1,33	7,93
12 nov 2013	5,25	9,50	6,18	9,67
13 nov 2013	2,36	8,06	2,96	8,34
14 nov 2013	2,28	7,21	2,87	6,59
15 nov 2013	2,32	5,62	2,26	5,34

Tabell 22: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
31 okt 2013	0,04	12:32	1,91	12:17
01 nov 2013	-0,28	11:17	3,45	23:47
02 nov 2013	-0,59	17:17	6,46	04:02
03 nov 2013	-0,29	18:17	4,69	01:47
04 nov 2013	-0,58	09:32	1,99	00:02
05 nov 2013	-0,02	18:02	0,99	00:17
06 nov 2013	0,10	12:47	1,69	00:17
07 nov 2013	-1,77	22:47	1,38	00:17
08 nov 2013	-1,26	00:02	3,26	23:47
09 nov 2013	-0,66	17:17	5,83	04:17
10 nov 2013	-0,17	10:02	3,94	23:47
11 nov 2013	-0,96	19:32	4,69	00:02
12 nov 2013	-0,50	00:17	0,71	23:47
13 nov 2013	-0,82	20:17	1,75	20:47
14 nov 2013	-1,08	21:32	1,07	01:02
15 nov 2013	-0,81	00:02	0,07	06:17

Tabell 23: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 20: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 31 okt:* Inntakstemperaturen og kulverttemperaturen holdt seg jevne gjennom hele dagen, men det var fra 0°C til 1°C mer i kulverten. Temperaturene var fra 10°C til 4°C.
- 1 nov:* Temperaturforskjellen ute og inne holdt seg lik 0°C ±0,5°C helt til midnatt når temperaturen i kulvert ble 3,5°C høyere enn ved inntaket.
- 2 nov:* Temperaturforskjellen fortsatte å øke utover natten til over 6°C. Ca. kl. 9 begynte temperaturene å jevne seg ut. Temperaturforskjellen lå nå på 0°C ±1°C til midnatt. Da steg den opp mot 4°C igjen.
- 3 nov:* Temperaturforskjellen holdt seg mellom 3°C og 5°C til kl. 9. Luften ute og inne fikk da omtrent samme temperatur igjen. Ved midnatt var temperaturforskjellen oppe i 2°C.
- 4 nov:* Temperaturforskjellen sank rett etter midnatt ned til de samme verdiene som dagene før.
- 5 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 4°C til 7°C.
- 6 nov:* Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 2°C til 5°C.
- 7 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 1°C til 4°C.
- 8 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C helt til midnatt. Temperaturer fra 2°C til 5°C. Ved midnatt økte temperaturforskjellen til over 3°C.
- 9 nov:* Fra midnatt til kl.9 var det en temperaturforskjell fra 3°C til 6°C. Deretter en temperaturforskjell fra -1°C til 1°C til midnatt når den økte til 2°C. Inntakstemperaturer fra 2°C til 6°C.
- 10 nov:* Fra midnatt til kl. 9 var det en temperaturforskjell fra 2°C til 4°C. Deretter en temperaturforskjell fra -1°C til 1°C til midnatt når den økte til 4°C. Inntakstemperaturer fra 2°C til 6°C.
- 11 nov:* Temperaturforskjellen avtok rett etter midnatt til en temperaturforskjell fra -1°C til 1°C som holdt seg gjennom døgnet. Temperaturer fra -2°C til 8°C.
- 12 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 6°C til 10°C.
- 13 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 3°C til 8°C.
- 14 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra 2°C til 7°C.
- 15 nov:* Temperaturforskjell mellom -1°C og 0°C til måleslutt. Temperaturer fra 2°C til 6°C.

Målingene er tatt over en en to ukers periode. I anlegget er det installert to vifter som fører ventilasjonsluften til to deler av bygningen. På grunn av klager på for dårlig luft blir den ene viften kjørt over hele døgnet for å opprettholde luftkvaliteten.

Fra *Figur 20* og beskrivelse i logg er det stor økning i temperaturforskjell noen dager i uken. Temperaturforskjellen stiger natt til lørdag og natt til søndag i begge ukene. Den målte temperaturen var 4-6°C høyere i kulvert enn ved inntak. Det viste seg at viftene ikke kjørte når temperaturforskjellen økte i helgene.

Når viftene ikke går blir luftmengdene mindre og hastigheten på luften gjennom kulverten synker. Med lavere lufthastigheter i kulvert blir luften varmet opp av omgivelsene rundt før den kommer ut til sonene. Fra målingene er det tydelig at luften blir varmet opp når viftene er av, men dette går ut over luftkvaliteten i bygget.

I *Tabell 23* er det en oversikt over når på døgnet den minste og største temperaturforskjellen er registrert. Med unntak av de døgnene måleren ble satt ut og avlest var nesten alle maksimalverdier tatt rundt midnatt. Ved inntaket varierte det mer over døgnet.

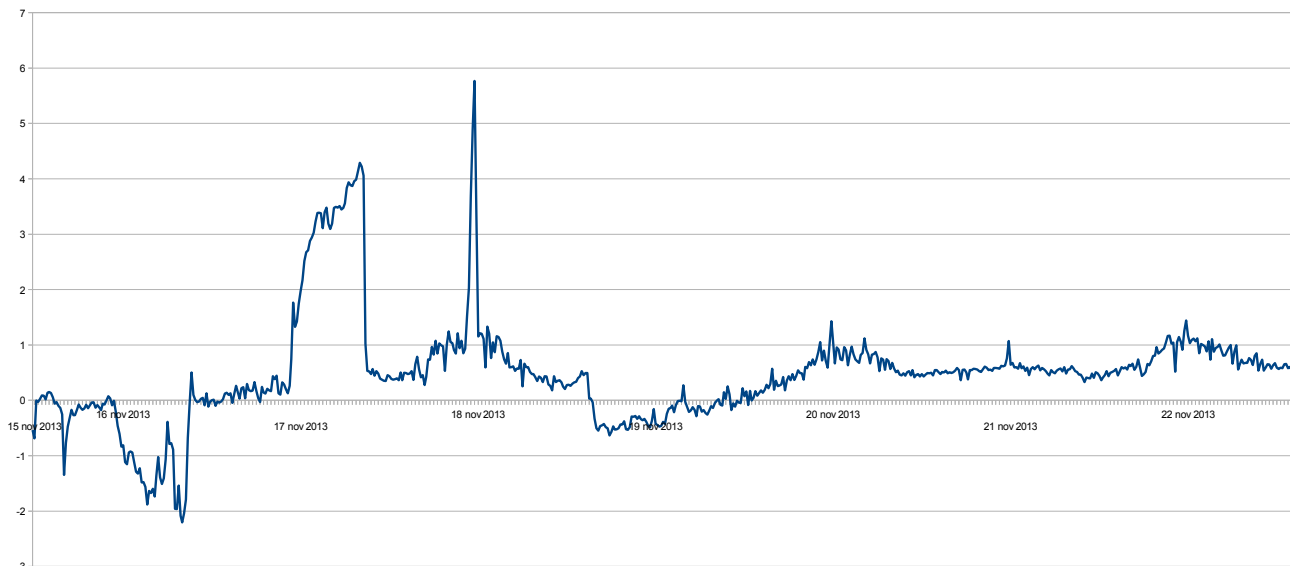
4.2.2 Måleresultater 15 november til 22 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
15 nov 2013	2,95	10,77	2,92	10,53
16 nov 2013	9,33	13,26	9,68	13,21
17 nov 2013	0,31	10,01	1,84	11,76
18 nov 2013	-1,06	7,42	0,02	6,96
19 nov 2013	-1,06	6,02	-0,01	5,86
20 nov 2013	-3,51	-0,37	-2,80	0,67
21 nov 2013	-4,70	-0,33	-3,65	0,18
22 nov 2013	-5,49	-2,31	-4,56	-1,77

Tabell 24: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturskjell inne til ute		Største temperaturskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
15 nov 2013	-1,35	16:25	0,15	14:25
16 nov 2013	-2,21	08:25	1,77	23:25
17 nov 2013	0,28	17:10	5,77	23:55
18 nov 2013	-0,63	18:10	3,33	00:10
19 nov 2013	-0,48	00:55	1,05	22:40
20 nov 2013	0,36	17:40	1,43	00:10
21 nov 2013	0,33	10:25	1,25	23:55
22 nov 2013	0,54	10:40	1,44	00:10

Tabell 25: Minste og største temperaturskjell fra inne til ute



Figur 21: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 15 nov: Temperaturforskjell mellom -1°C og 0°C til midnatt. Temperaturer fra 3°C til 11°C .
- 16 nov: En økning i inntakstemperatur som førte til at temperaturforskjellen ble negativ. Den sank ned til mellom -1°C og $-2,2^{\circ}\text{C}$. Deretter økte den til ca. 0°C . Temperaturer var mellom 9°C og 13°C . Ved midnatt økte temperaturforskjellen til 2°C .
- 17 nov: Fra midnatt til kl. 9 var det en temperaturforskjell fra 2°C til 4°C . Deretter en temperaturforskjell fra 0°C til 1°C til midnatt når den økte til 5°C . Inntakstemperaturer fra 1°C til 10°C .
- 18 nov: Temperaturforskjellen avtok rett etter midnatt til en temperaturforskjell fra -1°C til 1°C som holdt seg gjennom døgnet. Temperaturer fra -1°C til 7°C .
- 19 nov: Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra -1°C til 6°C .
- 20 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra -3°C til 0°C .
- 21 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra -4°C til 0°C .
- 22 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C til måleslutt. Temperaturer fra -5°C til -2°C .

Det var liten forskjell på temperaturen i kulverten og ved luftinntaket også denne perioden. Temperaturøkningen varierte mellom -1°C og 1°C som perioden før.

I helgen er det også her en økning av temperaturen inne i kulverten i forhold til temperaturen ved luftinntaket. Natt til søndag 17 november øker temperaturen i kulverten som også forrige periode viste.

På grunn av stigende utetemperaturer natt til lørdag ble luften i kulverten avkjølt selv om viftene ikke kjørte. Ved høye utetemperaturer over 10°C bidro ikke kulverten med noe oppvarming.

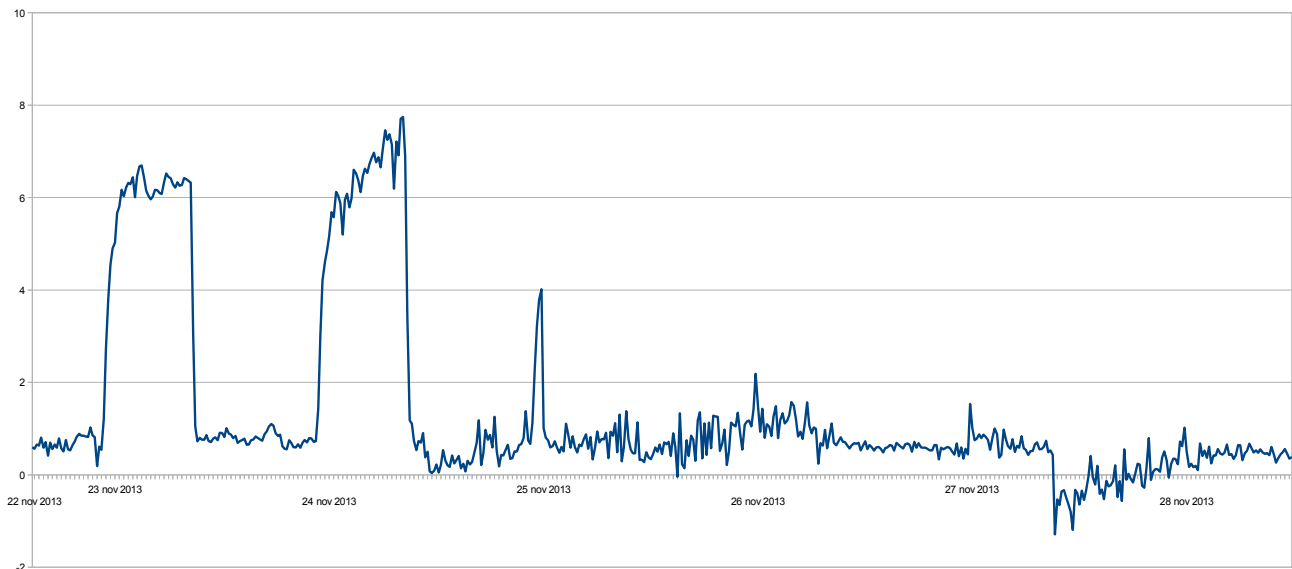
4.2.3 Måleresultater 22 november til 28 november

Dato	Min. Inntak (°C)	Maks. Inntak (°C)	Min. Uttak (°C)	Maks. Uttak (°C)
22 nov 2013	-4,80	-2,76	-3,80	0,90
23 nov 2013	-4,55	-2,35	-3,52	3,20
24 nov 2013	-4,46	2,64	-2,87	3,88
25 nov 2013	-3,88	1,55	-2,50	4,28
26 nov 2013	-4,70	-0,07	-3,53	0,38
27 nov 2013	-1,24	13,07	-0,39	12,65
28 nov 2013	5,14	8,13	5,75	8,58

Tabell 26: Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter

Dato	Minste temperaturforskjell inne til ute		Største temperaturforskjell inne til ute	
	Temperatur (°C)	Tid på døgnet	Temperatur (°C)	Tid på døgnet
22 nov 2013	0,19	22:20	4,55	23:50
23 nov 2013	0,56	19:35	6,70	03:20
24 nov 2013	0,04	11:50	7,75	08:35
25 nov 2013	-0,04	15:20	4,01	00:05
26 nov 2013	0,24	07:05	2,19	00:05
27 nov 2013	-1,29	09:35	1,53	00:05
28 nov 2013	0,10	01:35	1,02	00:05

Tabell 27: Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute



Figur 22: Temperaturforskjell fra inne til ute

Logg:

- 22 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C til midnatt. Temperaturer fra -5°C til -2°C. Ved midnatt økte temperaturforskjellen til 5°C.
- 23 nov: Fra midnatt til kl. 9 var det en temperaturforskjell fra 5°C til 7°C. Deretter en temperaturforskjell fra 0°C til 1°C til midnatt når den økte til 5°C. Inntakstemperaturer fra -5°C til -2°C.
- 24 nov: Fra midnatt til kl. 9 var det en temperaturforskjell fra 5°C til 8°C. Deretter en temperaturforskjell fra 0°C til 1°C til midnatt når den økte til 4°C. Inntakstemperaturer fra -4°C til 3°C.
- 25 nov: Temperaturforskjellen avtok rett etter midnatt til en temperaturforskjell fra 0°C til 1°C som holdt seg gjennom døgnet. Temperaturer fra -1°C til 7°C.
- 26 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra -5°C til 0°C.
- 27 nov: Temperaturforskjell mellom -1°C og 1°C hele døgnet. Temperaturer fra -1°C til 13°C.
- 28 nov: Temperaturforskjell mellom 0°C og 1°C til måleslutt. Temperaturer fra 5°C til 8°C.

Både natt til lørdag og natt til søndag var det høyere temperatur i kulvert enn ved inntak. Temperaturene ute var godt under 0°C. Med viftene av ble luften varmet opp 6°C.

På hverdagene og på dagtid i helgene var temperaturen som ukene før. Mellom -1°C og 1°C.

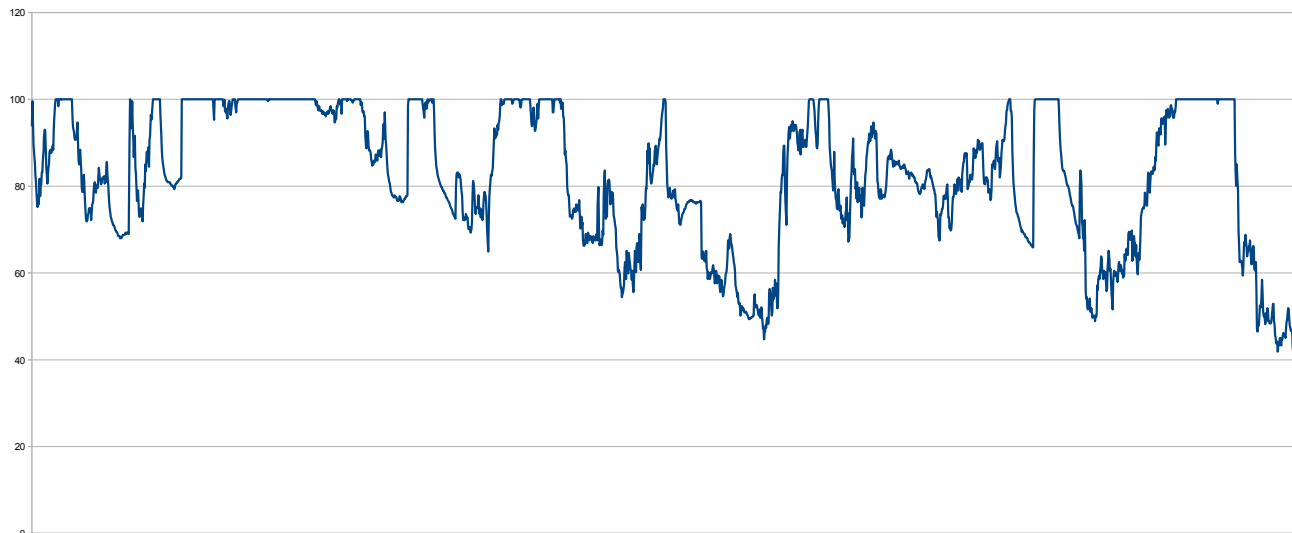
Onsdag 27 november økte utetemperaturen kraftig. En temperaturøkning på uteluften med 13°C. På grunn av at viften kjører er lufthastigheten ned i kulvert stor, og temperaturforskjellen går fra å være litt positiv til litt negativ. Liten endring selv med store temperatursvingninger ute (se Tabell 26).

Den største temperaturforskjellen registrert hvert døgn er ved midnatt, med unntak av helgene.

4.2.4 Luftfuktighet

Endring i luftfuktighet fra luftinntak til vifte ble ikke målt på grunn av for få RF-målere.

Middelverdien til luftfuktigheten inne i kulverten over hele måleperioden er 82,7 %RF.



Figur 23: Relativ fuktighet i kulvert

I grafen over er verdier som avviker mye fra resten blitt fjernet.

Det er perioder med høy fuktighet i luften. Med verdier opp mot 100% er det fare for at det oppstår kondens i kulvert. Siden disse målingene er innenfor luftfilterene kan det bli oppsamling av fukt i filterene, noe som gjør de mindre egnet til å ta opp partikler som pollen.

4.2.5 Luftmengde

For å måle lufthastigheten ble en lufthastighetsmåler montert opp i kulvert. Avlesningen skjedde manuelt hvert minutt i en time.

Middelverdien til de målte lufthastighetene er:

$$v_{\text{målt}} = \frac{\sum (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + \dots)}{n} = \frac{\sum (2,25 + 1,59 + 1,82 + 2,06 + \dots)}{61} = \frac{125,91}{61} = 2,06 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{målt}} = 2,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Se vedlegg for målt lufthastighet.

Tverrsnitt av inntakskulvert:

$$b = 2 \text{ m}$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$A = b \cdot l = 2 \text{ m} \cdot 7 \text{ m} = 14 \text{ m}^2$$

Bredde og lengde på inntakskulvert er avrundet til hele meter på grunn av usikkerhet til kulvertens dimensjoner.

$$V = A \cdot v_{\text{målt}} = 14 \text{ m}^2 \cdot 2,06 \text{ m/s} = 29 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luftmengden beregnet til 29 m³/s har flere usikkerhetsmomenter i seg, men med den dataen som var tilgjengelig blir dette det endelige resultatet for å få ut energimengdene som ble tilført ventilasjonsluften.

Siden viftene ikke kjører på nattertid i helgene er det betydelig mindre lufthastigheter i kulvert. For lufthastighet utenfor driftstid brukes dimensjoneringshastigheten i *Tabell 2* s.10 som gir:

$$\text{Lufthastighet} = 1,0 \text{ m/s}$$

Omgjort til luftmengde:

$$\text{Luftmengde} = 14 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hele perioden strekker seg over 659 timer. Natt til lørdag og natt til søndag er viftene av i 10 timer. På fire uker er viftene av i totalt 80 timer. Middel luftmengde er da:

$$\text{Luftmengde} = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensjonene i dette anlegget er større og beregnet til å frakte store luftmengder. Her hvor kulverten har stort volum og høy hastighet på luften er dette mulig.

4.2.6 Tilført energi

Middelverdien på temperaturforskjellen over hele perioden:

$$\Delta T = 0,77 \text{ K}$$

For å finne energimengden med konstant kjøring av vifter fjernes målingene tatt når viftene var av. Da blir middelverdien på temperaturforskjellen:

$$\Delta T = 0,36 \text{ K}$$

Ved å kun benytte målingene som ble tatt når viften var av kan energimengden med bare naturlig ventilasjon utregnes. Da blir middelverdien på temperaturforskjellen:

$$\Delta T = 3,71 \text{ K}$$

Med disse temperaturforskjellene antas det en konstant lufthastighet, og lik lufthastighet i hele kulvertens tverrsnitt.

Tabellen under viser hvor stor effekt kulverten har.

	$C = \frac{kJ}{m^3 \cdot K}$	$V = \frac{m^3}{s}$	$\Delta T = K$	$P = \frac{kJ}{s} = kW$
Hele perioden 31 okt – 28 nov	1,25	29	0,77	28
Hele perioden med redusert lufthastighet	1,25	27	0,77	26
Uten periode med temperaturøkning i helgene	1,25	29	0,36	13
Temperaturøkning i helgene	1,25	29	3,71	134
Temperaturøkning i helgene med redusert lufthastighet	1,25	14	3,71	65

Tabell 28: Effekten til kulvert

Selv med små temperaturøkninger på under 1°C er effekten til kulverten stor. Dette på grunn av store luftmengder.

Ved å anta en lufthastighet på 1,0 m/s når viftene er av halveres effekten til kulverten.

	$P = kW$	$E = kWh$
Hele perioden 31 okt – 28 nov	28	18452
Hele perioden med redusert lufthastighet	26	17134
Uten periode med temperaturøkning i helgene	13	7527
Temperaturøkning i helgene	134	10720
Temperaturøkning i helgene med redusert lufthastighet	65	5200

Tabell 29: Energimengde overført fra kulvert til luft

Hele perioden gikk over 4 uker. På den tiden ble det overført over 17 MWh fra kulvert til tilluft.

5 Diskusjon

5.1 Haugtussa

Haugtussa barnehage er hovedprioriteten i denne oppgaven. Dette er på grunn av utformingen av kulverten. Inntakstårn plassert et stykke unna hovedbygningen og lang inntakskulvert, i motsetning til inntakskulverten i Tangenten hvor det nesten ikke var avstand mellom inntak og filtere.

Temperaturer

Temperaturene ved inntaket varierte mer enn temperaturene nede i kulvert. Fra dag til natt kan temperaturen endre seg mange grader, og det har betydning for om kulverten varmer opp eller kjøler ned luften. Med høye utetemperaturer på dagen kjøler kulverten, og med lave temperaturen på natten varmer kulverten. Det betyr at ventilasjonsluften får tilført energi når bygningen ikke er i bruk, og gir fra seg energi når bygningen er i bruk.

Ved klimaskifte hvor temperaturen stiger over en kort periode, fører det til at kulverten kjøler ned ventilasjonsluften. Kulverten består av mye termisk masse som har treg temperaturendring. Med rask temperaturøkning på uteluften går mye av energien i luften til å varme opp kulverten til den når samme temperatur.

Når temperaturen ved inntaket steg over ca. 9°C startet enten nedkjølingen av ventilasjonsluften, eller temperaturforskjellen var tilnærmet lik null med små avvik hvis temperaturen holdt seg høy. Men med temperaturer under 9°C økte temperaturforskjellen avhengig av hvor lav temperaturen ved tilluften var. Lavere temperatur førte til større temperaturforskjell.

Den siste uken målerne var utplassert var det flere minus ute over lengre tid. Det førte til høy temperaturøkning gjennom inntakskulverten hele uken. Det virket som om temperaturforskjellen ble mer konstant når det ble lavere temperatur ute.

Det ble til slutt målt en uke hvor temperaturene på uteluften var under 0°C. Selv om dette viste noe av kapasiteten til kulverten ville det vært ønskelig å få en enda lenger periode på flere uker for å se hvordan anlegget reagerer på et konstant kaldt klima.

I de tilfeller hvor kulverten kjøler ned ventilasjonsluften kunne det vært aktuelt å få fraktet inntaksluften direkte til luftfilter og fordelingskulvert. Dette for å hindre unødvendig nedkjøling av ventilasjonsluften når det er behov for oppvarming.

Ulempen med dette er at inntaket må bli plassert nærmere bygningen. Det er da større mulighet for at forurenset luft kommer ned i kulverten.

Luftfuktighet

De to første ukene i Haugtussa barnehage ble endring i luftfuktighet målt gjennom inntakskulvert. Målingene viser økende luftfuktighet ved nedkjøling av ventilasjonsluft og minkende når den blir oppvarmet.

Når temperaturen på luften øker stiger metningspunktet. Det vil si at ved høyere temperatur kan luften ta opp mer fuktighet. Ved lavere temperatur blir luften mett og det kan oppstå kondens på flatene i kulverten.

Når temperaturen ute er stigende, og det er i tillegg nedbørsmengde på flere mm. øker sannsynligheten for kondens i kulvert.

Luftmåling

Lufthastighetsmåleren som ble brukt har en loggefunksjon, men på grunn av kommunikasjonsproblemer mellom måler og datamaskin for avlesning var det vanskelig å få verdier over en lengre sammenhengende periode. I stedet for å loggføre verdier over en lenger periode, ble det gjort manuell avlesning av lufthastigheten i kulverten over et kort tidsrom. Dette ga kun en oversikt over lufthastigheter på dette tidspunktet. Ved å sette middelveien av målingene lik konstant over hele perioden, gjør at det er en usikkerhet rundt lufthastigheter og luftmengdene.

Det var intensjonen å benytte en annen lufthastighetmåler (Dantec). Det ble gjort kjennskap til hvordan måleren fungerer og hvordan den var i drift. Men på grunn av sen tilgang til måleren og problemer med å få installert måleren i kulvert, ble det nødvendig å benytte en annen måler. Dantec-måleren registrerte i tillegg enorme mengder med data. Et ønsket intervall mellom målingene var på 15 minutter, og det var her ikke mulig. Men det ble gjort kjennskap til nytt og avansert måleutstyr.

Det ville vært ønskelig å få benyttet en måler som registrerte luftstrømmen i hele kulvertens tverrsnitt, og loggføring over en lenger periode. På den måten vil luftmengdene i kulvert bli mer nøyaktige. I tillegg vil det være mulig å se endring i lufthastighet ved ulike tider og om det har noe å si på temperaturøkning fra inntaket og inn i kulvert.

For å finne luftstrømningen gjennom kulvert ble det gjort punktvis målinger over hele tverrsnittet til kulverten. Med lufthastigheter som konstant varierte mellom 0,1 m/s og 0,4 m/s var det vanskelig å bestemme hvordan luftmengden ble fordelt i kulverten. Ved å ta punktvis målinger og notere maks. og min. verdi i hvert punkt, var det mulig å få fram en kurve ved å bruke middelveiene. Formen på kurven var forholdsvis flat. Det betydde en lik lufthastighet i hele kulvertens tverrsnitt.

Energi

Energien kulverten overfører til ventilasjonsluften er avhengig av temperaturene på uteluften. Ved å se på temperaturmålingene over de 7 uker/perioder, var det stor forskjell fra minste til største effekt. I periode 3 hvor den minste effekten ble målt var den maksimale temperaturen på uteluften hver dag over 10°C. I periode 7 hvor den største effekten ble målt var temperaturen på uteluften konstant under 0°C.

Periode 1	100 kWh
Periode 2	204 kWh
Periode 3	20 kWh
Periode 4	266 kWh
Periode 5	234 kWh
Periode 6	165 kWh
Periode 7	507 kWh
Periode 1-7	1494 kWh
Periode 1-7 med dim. lufthastighet	595 kWh

Tabell 30: Energimengde overført fra kulvert

Totalt tilført energi energi i periode 3 var 20 kWh. Mye av energien i luften ble tatt opp av kulvert når det var høy temperatur. Gjennom hele periode 7 ble ventilasjonsluften varmet opp, med en temperaturøkning på 5-6°C. Kulverten hadde en gjennomsnittlig effekt på 3000 W som ga over 500 kWh gjennom hele perioden.

Periode 1 viser ikke energimengden fra inntak til filter, men fra bunn av inntakstårn til filter. Ut ifra de meteorologiske dataene i Ås for temperatur tatt i denne perioden, virker det som om ventilasjonsluften ble mer oppvarmet enn det de utsatte måleren registrerte.

For at kulverten skal tilføre mest mulig energi til ventilasjonsluften bør det være kald uteluft. Men selv om det er da kulverten bidrar mest, øker også oppvarmingsbehovet til bygningen.

5.2 Tangenten

Inntakstårnet til kulvert er plassert rett utenfor bygningen. Det betyr en kort inntakskulvert før luftfiltre. I tillegg er lufthastigheten stor. Med stor lufthastighet og kort inntakskulvert blir lite energi overført fra omgivelsene.

På grunn av dette ble måleren plassert på innsiden av luftfilterene, så temperaturendringene er ikke bare over inntakskulverten.

I Haugtussa kjører viften kun når det er overflødig varme i bygningen, ellers dekker de naturlige drivkreftene luftskifte. Mens her kjører viften døgnet rundt for å hele tiden ha god nok luftutskiftning, og god inneluft dagen etter.

På grunn av konstant kjøring av vifte er temperaturforskjellen svært liten. Med høy lufthastighet tar det kort tid før luften gjennom kulverten og ute i rommene/sonene.

Hver natt i helgene fra kl. 11-12 til kl. 9 på morgenen er viftene av. I løpet av disse periodene er det stor temperaturøkning i kulvert, men antagelig også lav lufthastighet. Men ved høye utetemperaturer på over 10°C kjølte anlegget ned luften. Uten viften ville grafen ha variert mer slik som i Haugtussa. Kjøler ved høy inntakstemperatur og varmer ved lav.

SD anlegg har ikke blitt satt i drift. Derfor var det ingen registrerte data av luftmengder tilgjengelig på bygget. Har vært i kontakt med en person som skulle ha kjennskap til bygningen for å få dimensjoner til kulvert og estimerte luftmengder. Men har ikke fått svar tilbake, slik at dimensjonene har en usikkerhet i seg.

Lufthastighetene er også her manuelt avlest over en kort tidsperiode. Den endelige lufthastigheten var middelverdien av disse. Loggførte lufthastigheter over en lengre periode hadde vært ønskelig, men slikt utstyr var ikke tilgjengelig.

Selv med små temperaturendringer er effekten til kulverten stor. Noe av dette skyldes store dimensjoner på anlegget og store luftmengder. Selv om temperaturendringene er små er energitilførselen stor på grunn av at mye luft blir varmet opp litt.

Sannsynlig kommer noe av energien fra varmegjenvinnerne og tekniske rom hvor det er høyere temperatur.

Overraskende store mengder med energi som går med til oppvarming av ventilasjonsluften. Kan være mye energi å hente fra omgivelsene rundt kulverten.

6 Konklusjon

6.1 Haugtussa

Inntakskulverten til ventilasjonsanlegget bidrar med oppvarming av luften før den når ut til sonene i bygningen. Den varmeste målte perioden hadde en gjennomsnittlig effekt på 120 W. Det førte til en total energitilførsel til ventilasjonsluften på 20 kWh.

Den kaldeste målte perioden hadde en gjennomsnittlig effekt på 3000 W. Ved kaldere klima ute, øker effekten til kulverten og mer energi blir overført til ventilasjonsluften. Gjennom denne perioden ble over 500 kWh overført til ventilasjonsluften.

Over hele perioden målingene har pågått har gjennomsnittlig effekt vært på 1280 W. Med den effekten er den totale energien som har blitt tilført ventilasjonsluften 1500 kWh.

6.2 Tangenten

Kulverten bidrar med en lav gjennomsnittlig temperaturøkning på under 1°C. Men på grunn av store luftmengder blir mye luft varmet opp. Gjennom fire uker ga kulverten en gjennomsnittlig effekt på 26 kW. Med det ble den totale energien kulverten ga fra seg over 17 MWh.

7 Videre arbeid

Siden dette studiet bare strekker seg over første halvdel av fyringssesongen, er det mulig å jobbe videre med dette utover våren.

Det er også ønskelig å se hvordan anleggene fungerer under lengre perioden med kaldt klima.

På grunn av noe usikkerhet rundt dataene om lufthastigheter i kulvert, kunne det med bedre utstyr og logging over lengre perioder tatt mer nøyaktige målinger av luftmengder og da også mer nøyaktig energimengde tilført ventilasjonsluften.

8 Litteratur/refferanser, Tabell- og Figur- liste

Sktifflige kilder

Byggforskserien: Ventilasjonssystem med kulvert for føring av tilluft. Eksempel i skoler.

Byggdetaljer: 552.337

Mysen, Mads og Schild, Per G.

Bygningsintegrert ventilasjon – en veiledning

Dokka, Tor Helge ; Mysen, Mads ; Schild, Per G. ; Tjelflaat, Per Olaf

Fremvisning: Tangenten Nesodden Kommunesenter

Haakull, Ståle – Prosjektleder Skanska

Notat: Beskrivelse av ventilasjonsanlegg - Haugtussa barnehage

Jørgensen, Dagfinn – Rådg. Ingeniører MRIF

Plantegninger fra InSpiris:

Andersen, Jan Arve : Sivilarkitekt MNAL

Søknad om rammetilatelse: Haugtussa

Andersen, Jan Arve : Sivilarkitekt MNAL

Meteorologiske data for Ås 2013, UNIVERSTIETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP 2013

Thue-Hansen V. and Grimenes A.A.

Internett kilder

Naturlig ventilasjon i skoler – NKF:

Nettside: <http://nkf.custompublish.com/naturlig-ventilasjon-i-skoler.4907428-161009.html>

Aktuelle ventilasjonsløsninger

Tjeneste fra utdanningsdirektoratet: 14.01.2004

Nettside: <http://www.skoleanlegg.utdanningsdirektoratet.no/id/1436.0>

Meteorologiske data for Ås:

Nettside: <http://www.umb.no/fagklim/element/sanntidsdata>

Info om temperaturmåler:

Nettside: http://www.ptnordic.no/E2x2VLXC9g_H7z_AhlFK64KFLV68f3TP9D6CJ1YYr.ips?template=products_no:pagesize=10

Inneklima.com:

Nettside: <http://www.inneklima.com/index.asp?document=237>

Lovdata. *Byggeteknisk Forskrift –TEK 10*. 2010;

Nettside: <http://www.lovdata.no/cgiwift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0489.html>

Tabelliste

Tabell 1: Maksimale lufthastigheter ved dimensjonering av luftinntak (Kilde: Byggforsk 552.337)	10
Tabell 2: Dimensjonering av kulvert (Kilde: Byggforsk 552.337)	11
Tabell 3: Dimensjonering av filter (Kilde: Byggforsk 552.337)	11
Tabell 4: Dimensjonering av varmegjennvinningsbatteri (Kilde: Byggforsk 552.337)	12
Tabell 5: Verdier for vann, luft og betong (Kilde: Formelsamling i fysikk)	14
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	26
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	26
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	29
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	29
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	31
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	31
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	33
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	33
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	35
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	35
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	37
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	37
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	39
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	39
Tabell : Effekten til kulvert	47
Tabell : Energimengden overført fra kulvert til luft	47
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	48
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	49
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	51
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	51
Tabell : Maks. og min. verdier på temperatur ved luftinntak og ved filter	53
Tabell : Minste og største temperaturforskjell fra inne til ute	53
Tabell : Effekten til kulvert	57
Tabell : Energimengde overført fra kulvert til luft	58
Tabell : Energimengde overført fra kulvert	60
Tabell : Lufthastigheter målt i Haugtussa	77
Tabell : Lufthastigheter målt i Tangenten	78

Figurliste

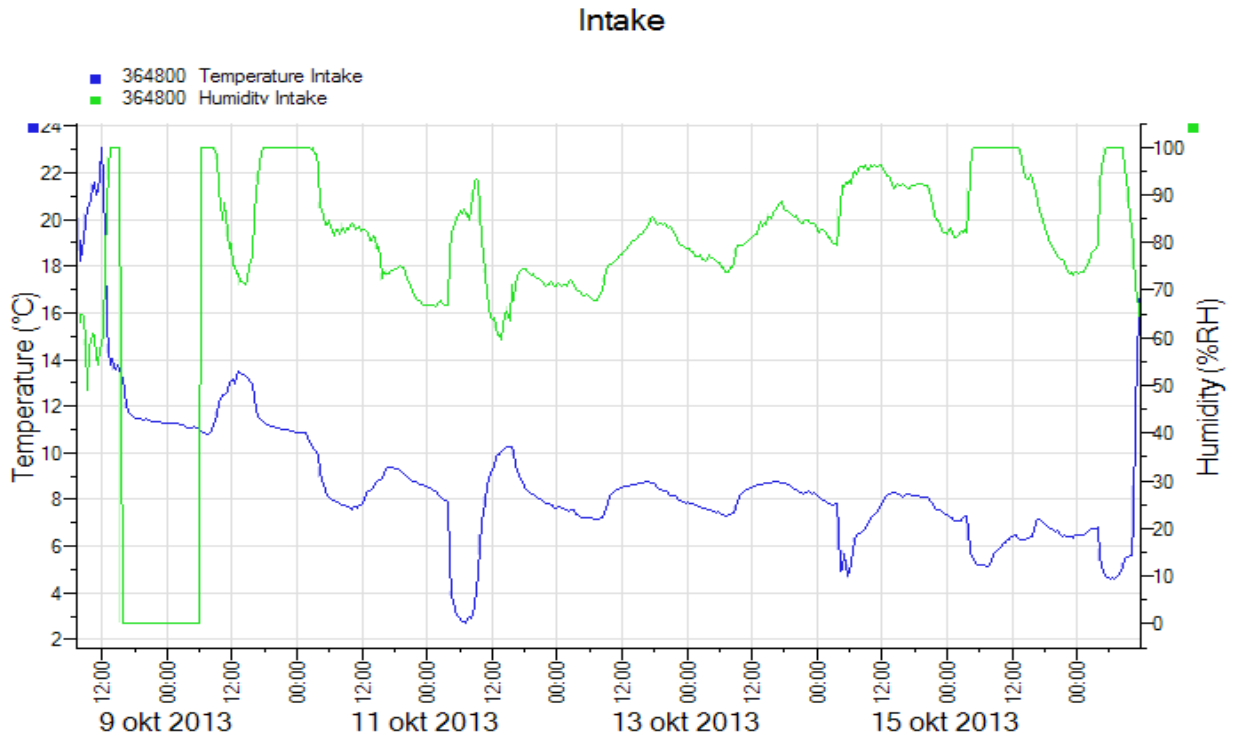
Figur 1: Skisse av et bygg med hybrid ventilasjon og kulvert (Kilde: Byggforsk 552.337)	9
Figur 2: Drift vinterstid (Kilde: Fremvisning: Tangenten Nesodden Kommunesenter)	19
Figur 3: Drift sommertid (Kilde: Fremvisning: Tangenten Nesodden Kommunesenter)	20
Figur 4: Plantegning skisse over inntakskulvert	24
Figur 5: Snitt skisse av inntakskulvert	25
Figur 6: Temperaturforskjell fra inne til ute	27
Figur 7: Skisse over inntakskulvert	28
Figur 8: Temperaturforskjell fra inne til ute	30
Figur 9: Temperaturforskjell fra inne til ute	32
Figur 10: Temperaturforskjell fra inne til ute	34
Figur 11: Temperaturforskjell fra inne til ute	36
Figur 12: Temperaturforskjell fra inne til ute	38
Figur 13: Temperaturforskjell fra inne til ute	40

Figur 14: Temperaturer målt ved luftinntak og i kulvert i tillegg til temperatur fra målestasjonen i Ås (kilde: Meteorologisk data fra Ås).....	41
Figur 15: Differanse på temperatur og RF 8 – 16 oktober.....	42
Figur 16: Differanse på temperatur og RF 17 – 23 oktober.....	43
Figur 17: Graf over målt RF i kulvert og målt RF fra målestasjon i Ås (kilde: Meteorologisk data fra Ås).....	43
Figur 18: Fuktighet og nedbør hentet fra målestasjonen i Ås (Kilde:www.umb.no/fagklim/element/sanntidsdata).....	44
Figur 19: Forventet og målt luftfordeling.....	45
Figur 20: Temperaturforskjell fra inne til ute.....	49
Figur 21: Temperaturforskjell fra inne til ute.....	52
Figur 22: Temperaturforskjell fra inne til ute.....	54
Figur 23: Relativ fuktighet i kulvert.....	55
Figur 24: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet ved luftinntak 8 okt til 16 okt (kilde: Tinytag).....	67
Figur 25: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 8 okt til 16 okt (kilde: Tinytag).....	67
Figur 26: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i luftinntak 16 okt til 23 okt (kilde: Tinytag).....	68
Figur 27: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 16 okt til 23 okt (kilde: Tinytag).....	68
Figur 28: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 23 okt til 30 okt (kilde: Tinytag).....	69
Figur 29: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 23 okt til 30 okt (kilde: Tinytag).....	69
Figur 30: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 30 okt til 6 nov (kilde: Tinytag).....	70
Figur 31: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 30 okt til 6 nov (kilde: Tinytag).....	70
Figur 32: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 6 nov til 13 nov (kilde: Tinytag).....	71
Figur 33: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 6 nov til 13 nov (kilde: Tinytag).....	71
Figur 34: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 13 nov til 20 nov (kilde: Tinytag).....	72
Figur 35: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 13 nov til 20 nov (kilde: Tinytag).....	72
Figur 36: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 20 nov til 27 nov (kilde: Tinytag).....	73
Figur 37: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 20 nov til 27 nov (kilde: Tinytag).....	73
Figur 38: Nesodden: Temperatur i luftinntak 31 okt til 15 nov (kilde: Tinytag).....	74
Figur 39: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 31 okt til 15 nov (kilde: Tinytag).....	74
Figur 40: Nesodden: Temperatur i luftinntak 15 nov til 22 nov (kilde: Tinytag).....	75
Figur 41: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 15 nov til 22 nov (kilde: Tinytag).....	75
Figur 42: Nesodden: Temperatur i luftinntak 22 nov til 28 nov (kilde: Tinytag).....	76
Figur 43: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 22 nov til 28 nov (kilde: Tinytag).....	76
Figur 44: Haugtussa: Plan kjeller/kulvert.....	79
Figur 45: Haugtussa: Plan 1 etg.....	80
Figur 46: Haugtussa: Plan 2 etg.....	81

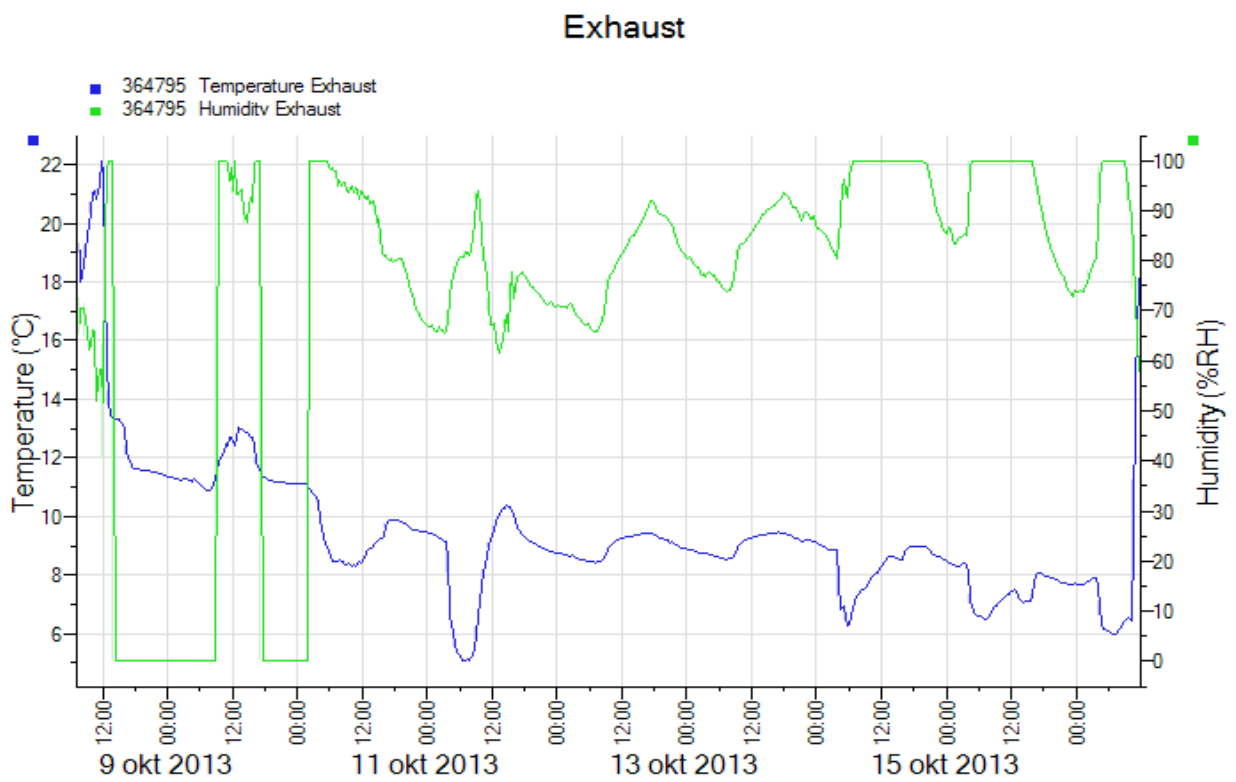
9 Vedlegg

Innholdsliste vedlegg

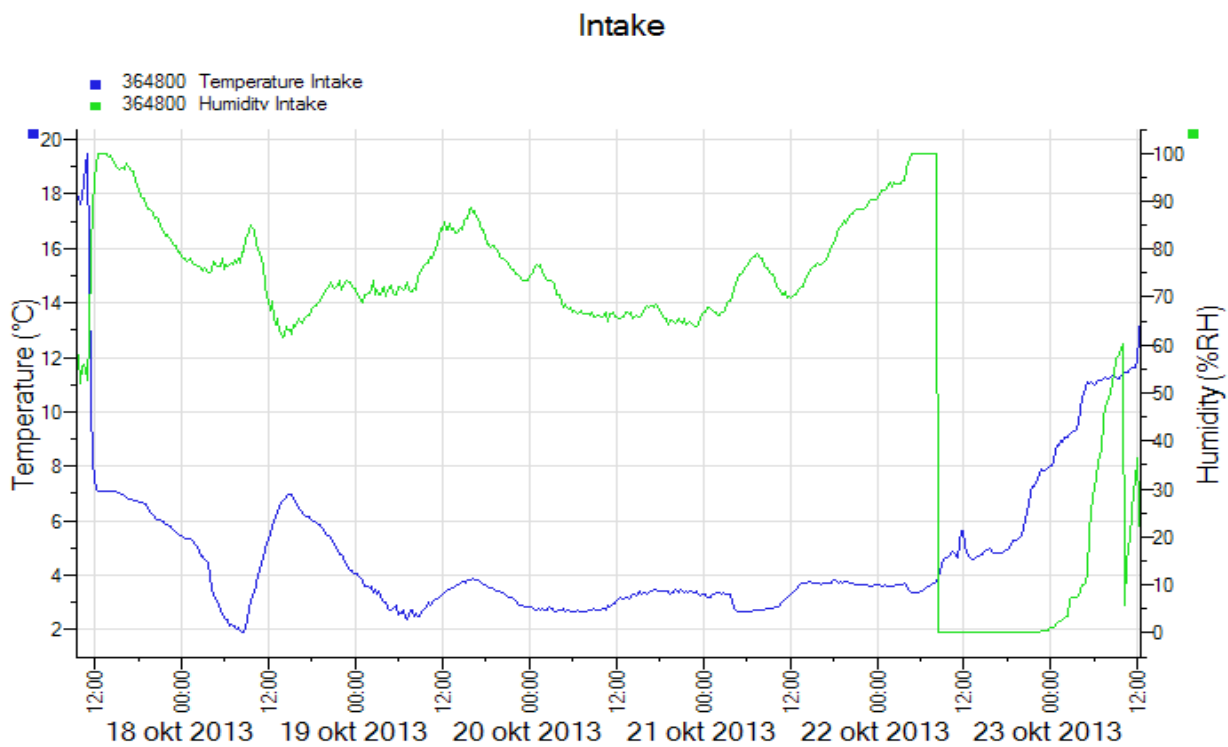
- s. 67 – 73 Grafer hentet fra Tinytag med temperatur- og RF- målinger Haugtussa
- s. 74 – 76 Grafer hentet fra Tinytag med temperatur- og RF- målinger Tangenten
- s. 77 Målte lufthastigheter Haugtussa
- s. 78 Målte lufthastigheter Tangenten
- s. 78 – 81 Plantegninger over Haugtussa steinerbarnehage
- s. 82 Meteorologiske data for oktober
- s. 83 Meteorologiske data for november



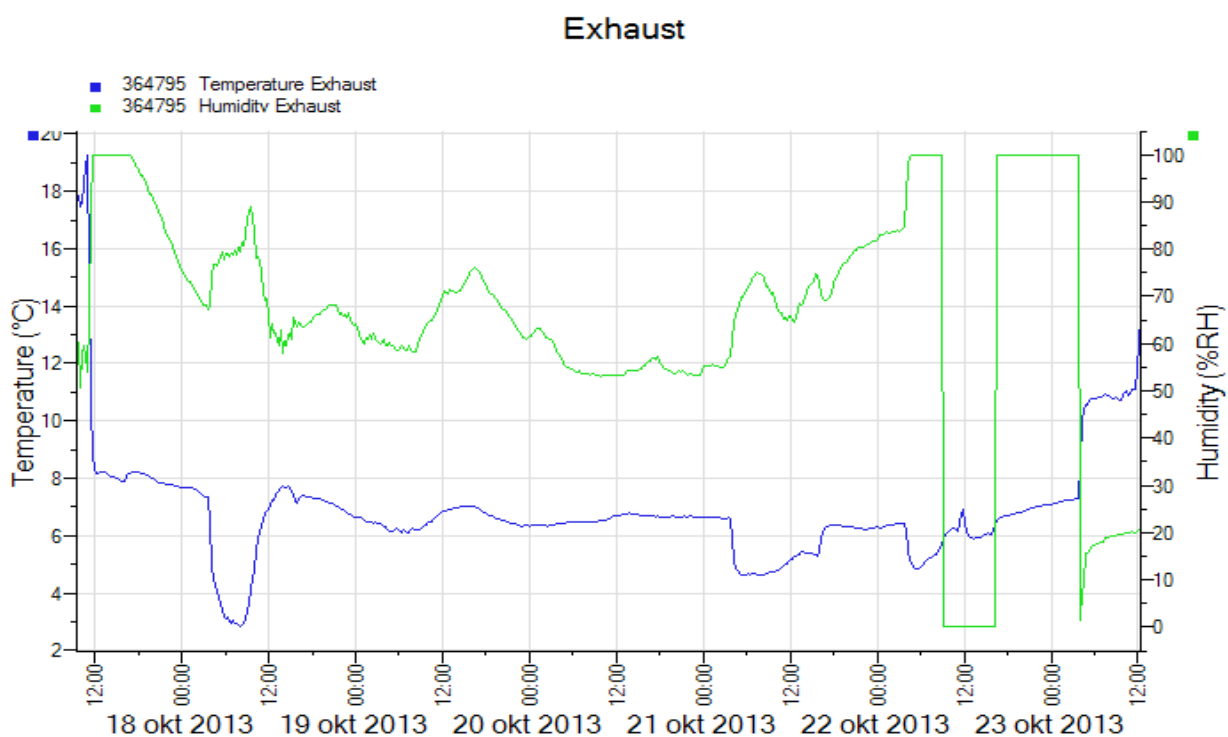
Figur 24: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet ved luftinntak 8 okt til 16 okt (kilde: Tinytag)



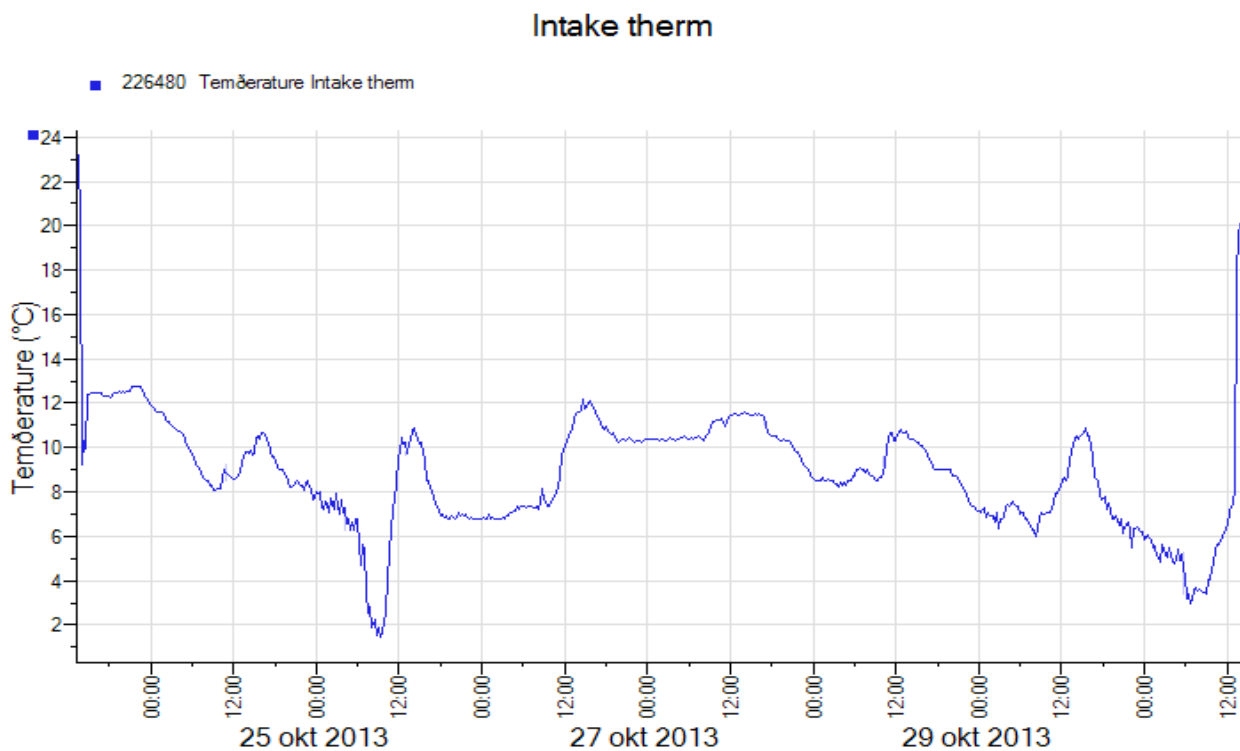
Figur 25: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 8 okt til 16 okt (kilde: Tinytag)



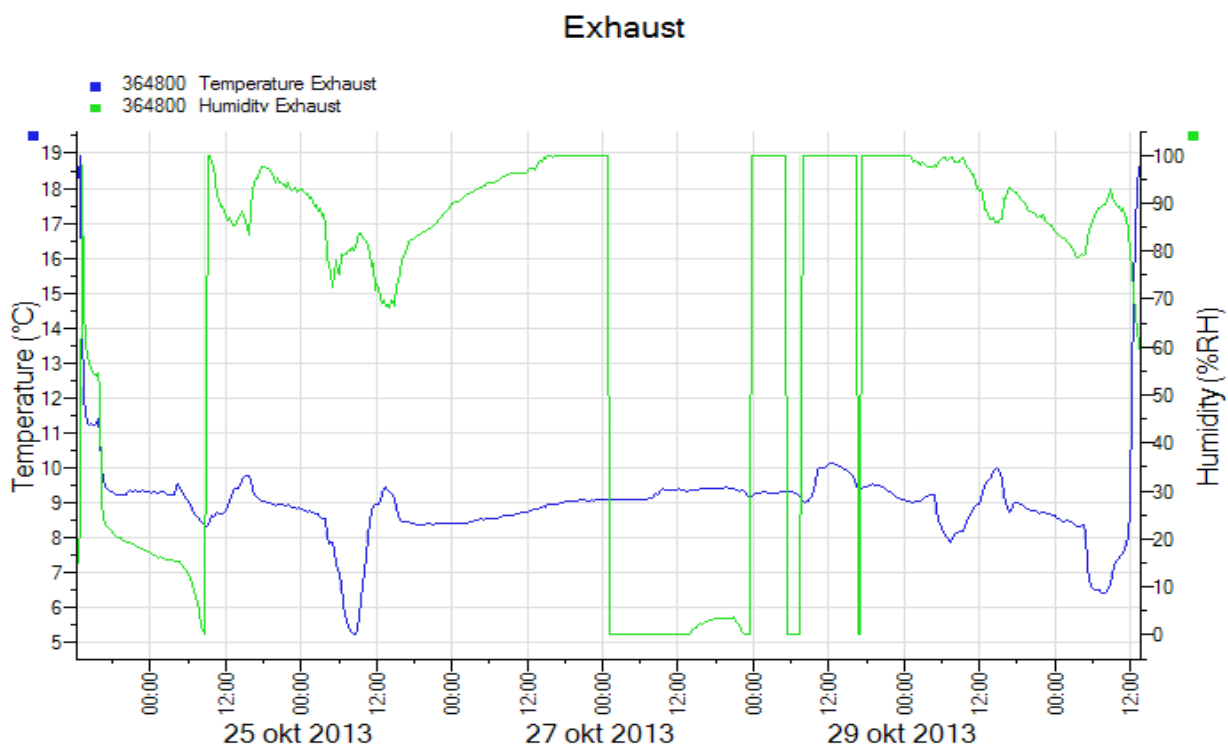
Figur 26: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i luftinntak 16 okt til 23 okt (kilde: Tinytag)



Figur 27: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 16 okt til 23 okt (kilde: Tinytag)

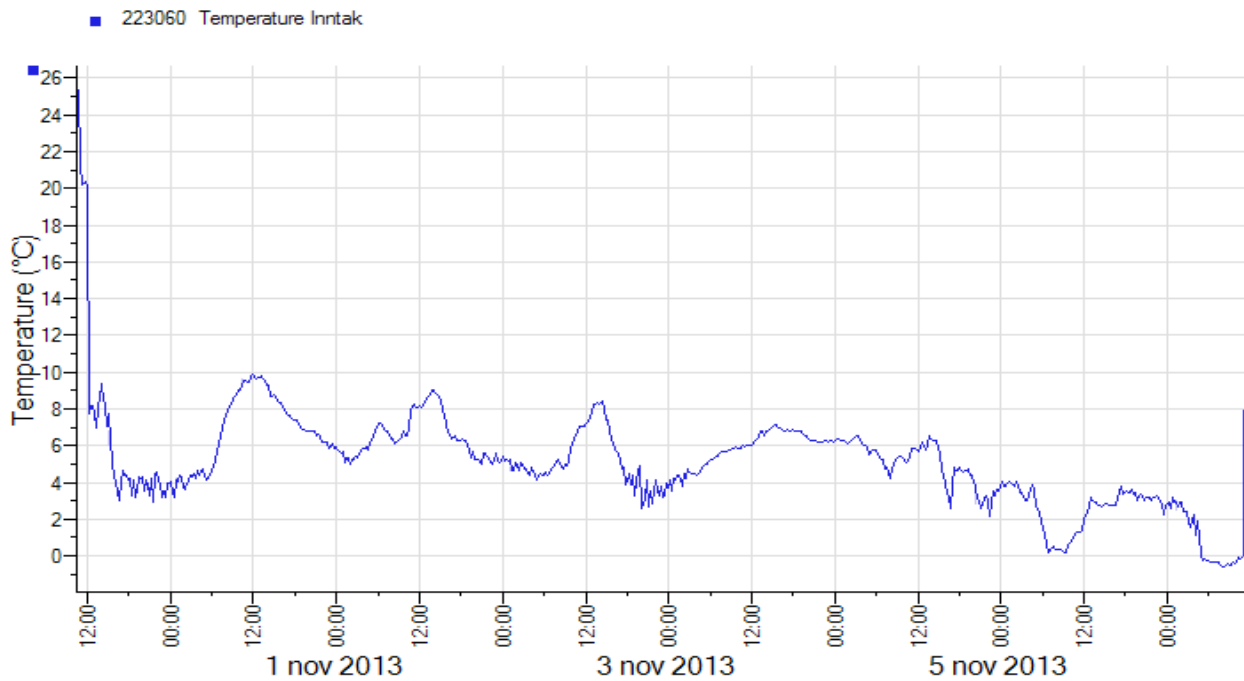


Figur 28: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 23 okt til 30 okt (kilde: Tinytag)



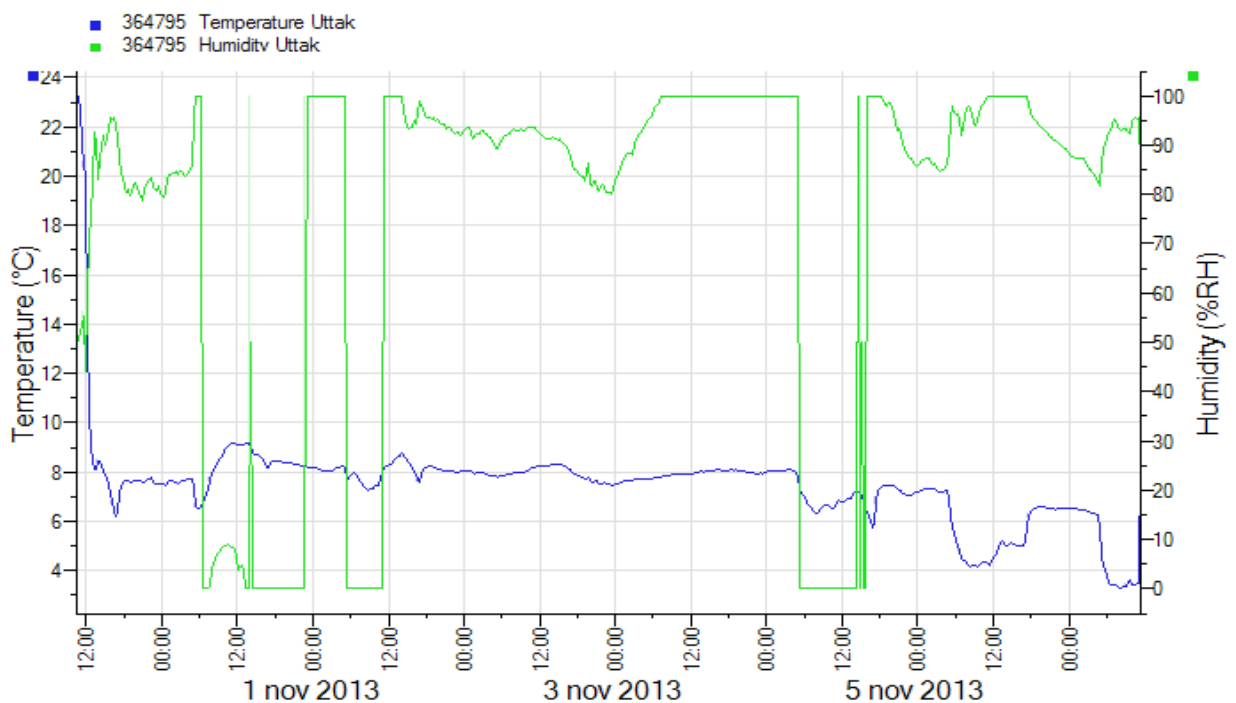
Figur 29: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 23 okt til 30 okt (kilde: Tinytag)

Inntak

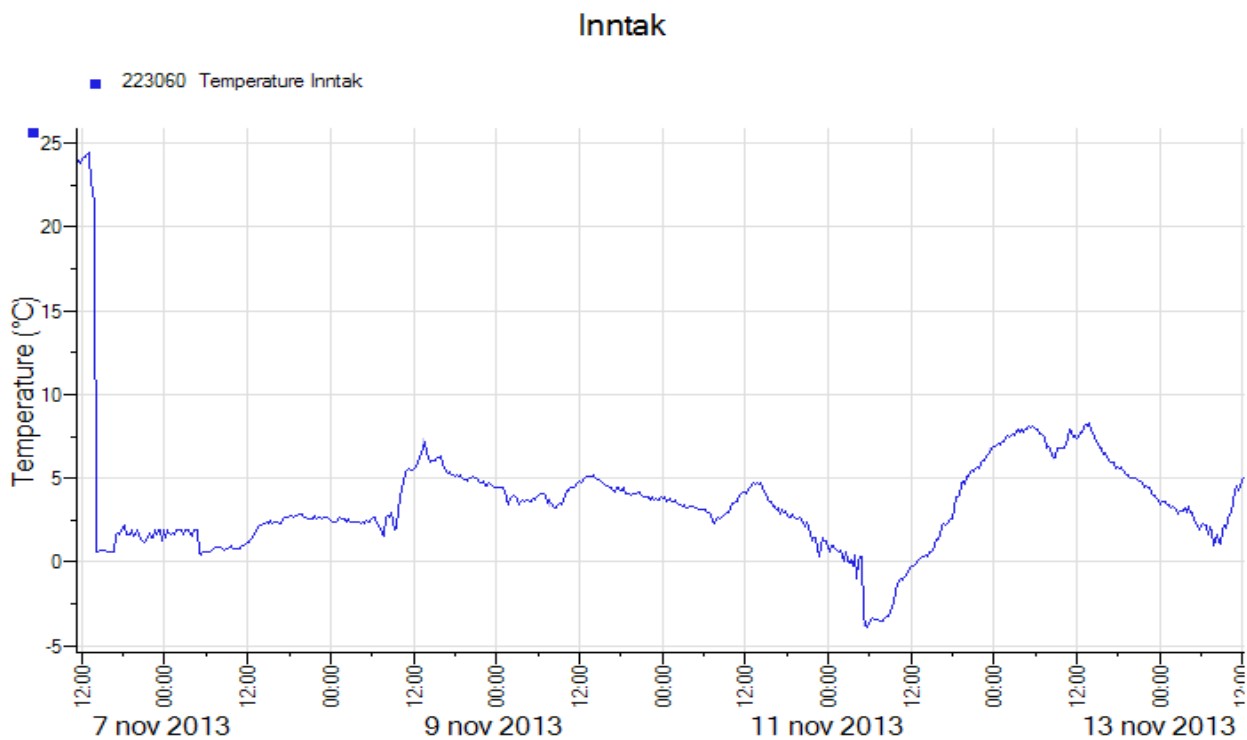


Figur 30: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 30 okt til 6 nov (kilde: Tinytag)

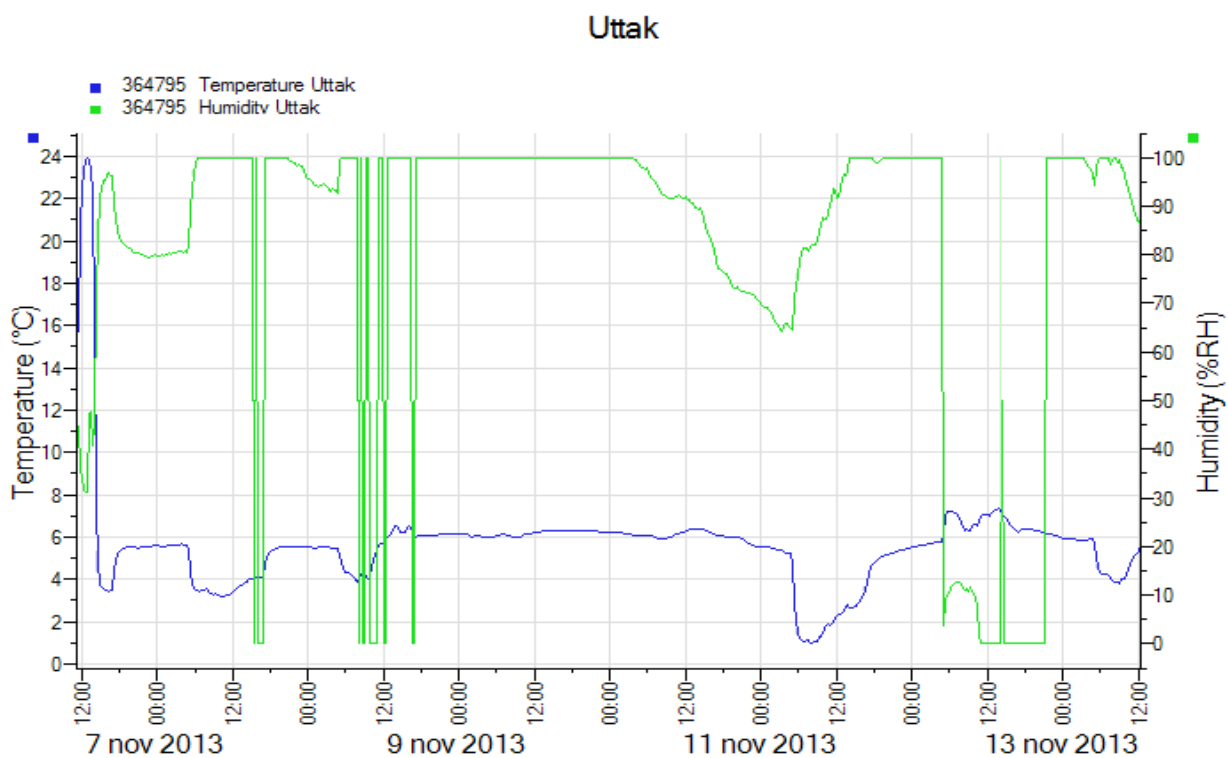
Uttak



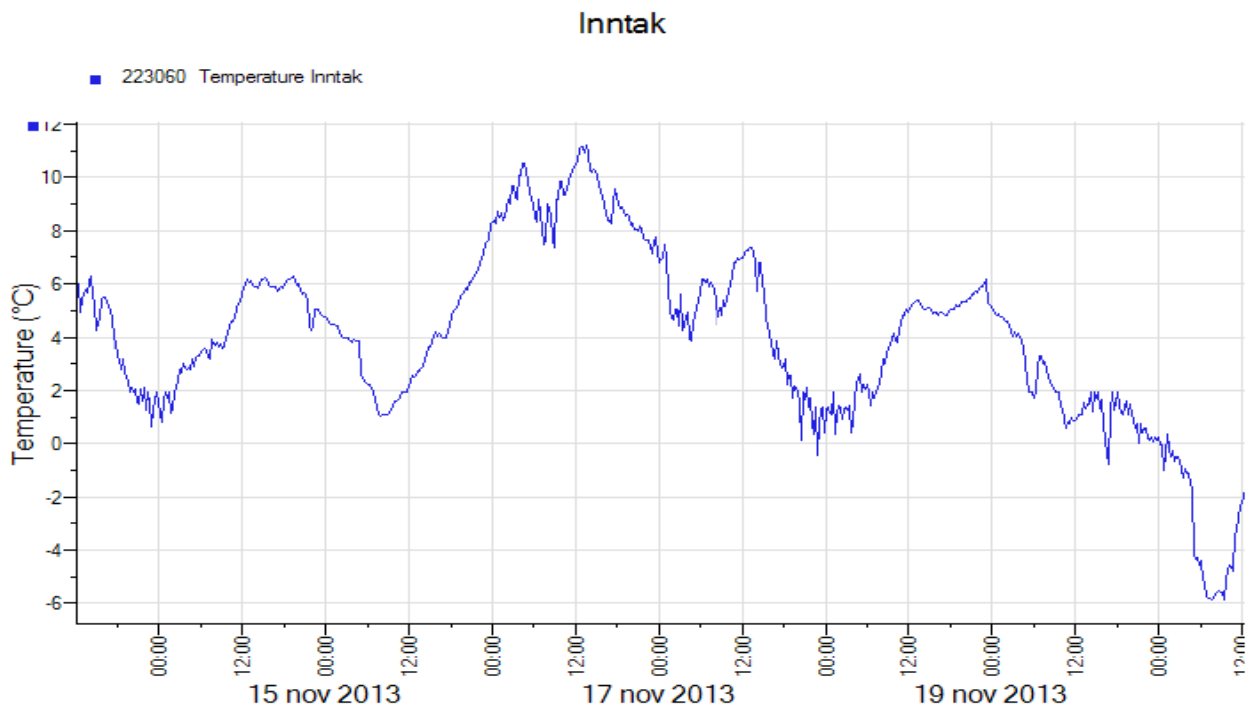
Figur 31: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 30 okt til 6 nov (kilde: Tinytag)



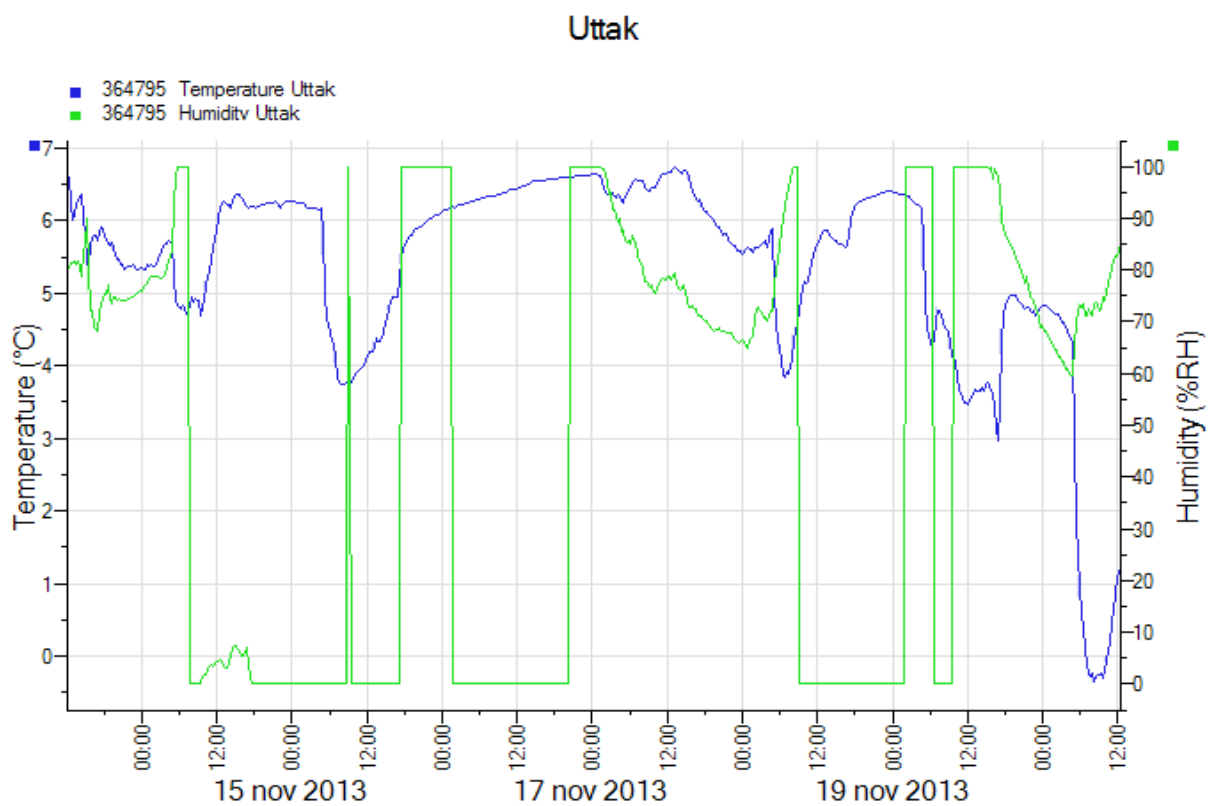
Figur 32: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 6 nov til 13 nov (kilde: Tinytag)



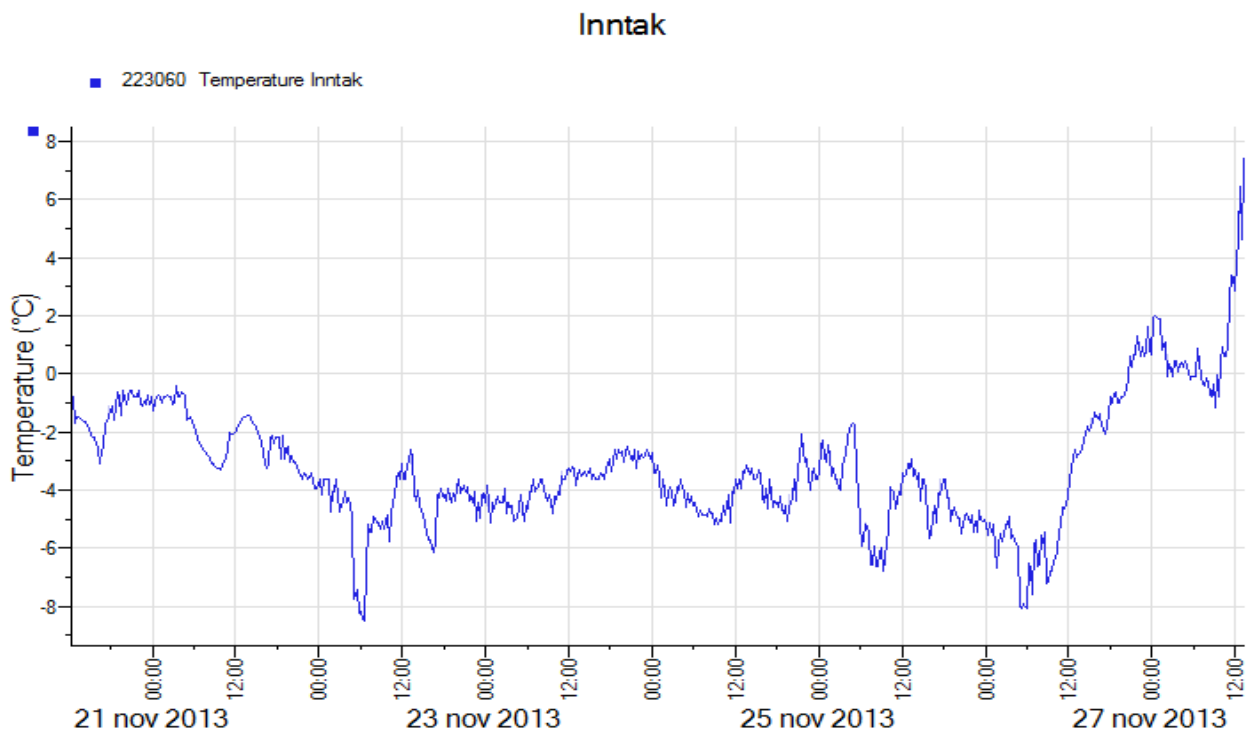
Figur 33: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 6 nov til 13 nov (kilde: Tinytag)



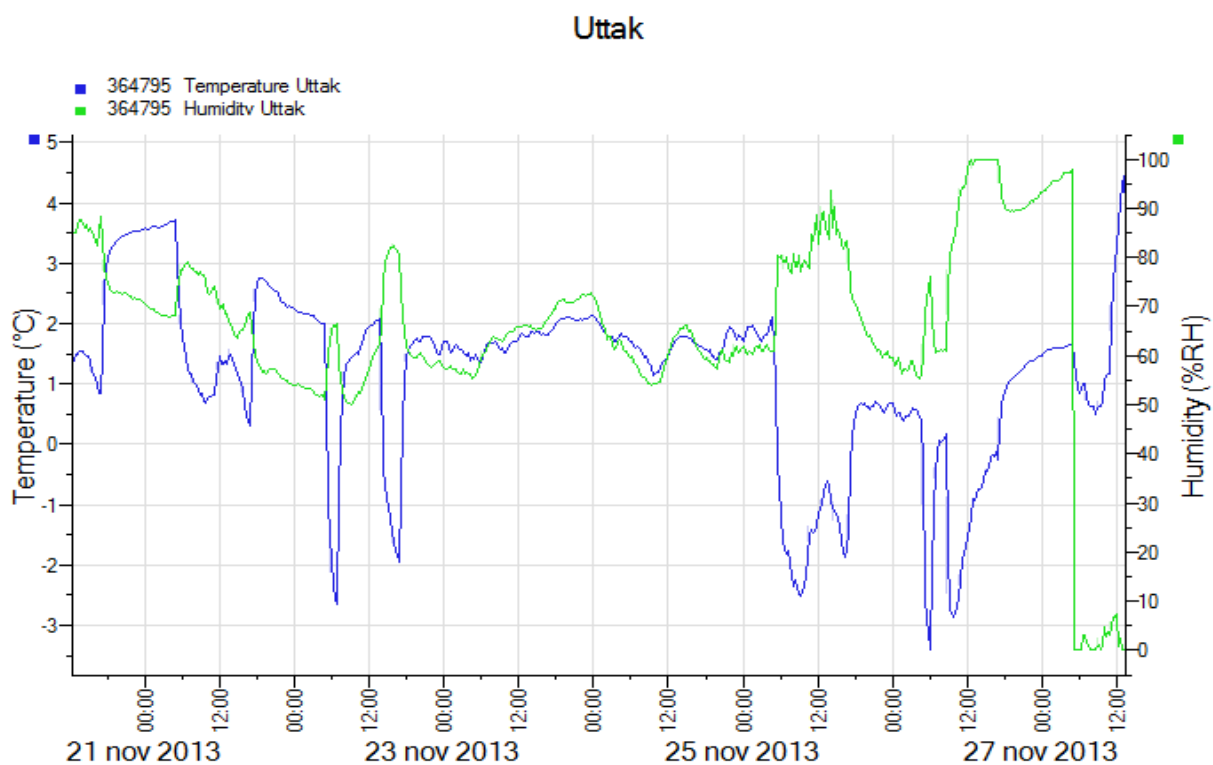
Figur 34: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 13 nov til 20 nov (kilde: Tinytag)



Figur 35: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 13 nov til 20 nov (kilde: Tinytag)

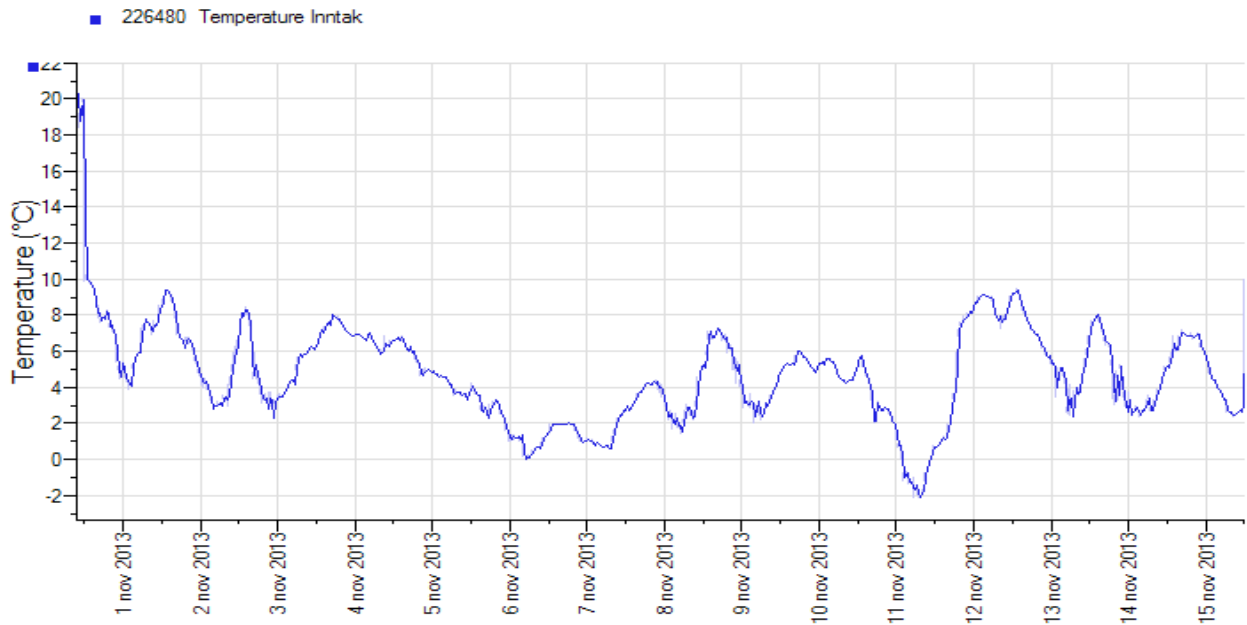


Figur 36: Haugtussa: Temperatur i luftinntak 20 nov til 27 nov (kilde: Tinytag)



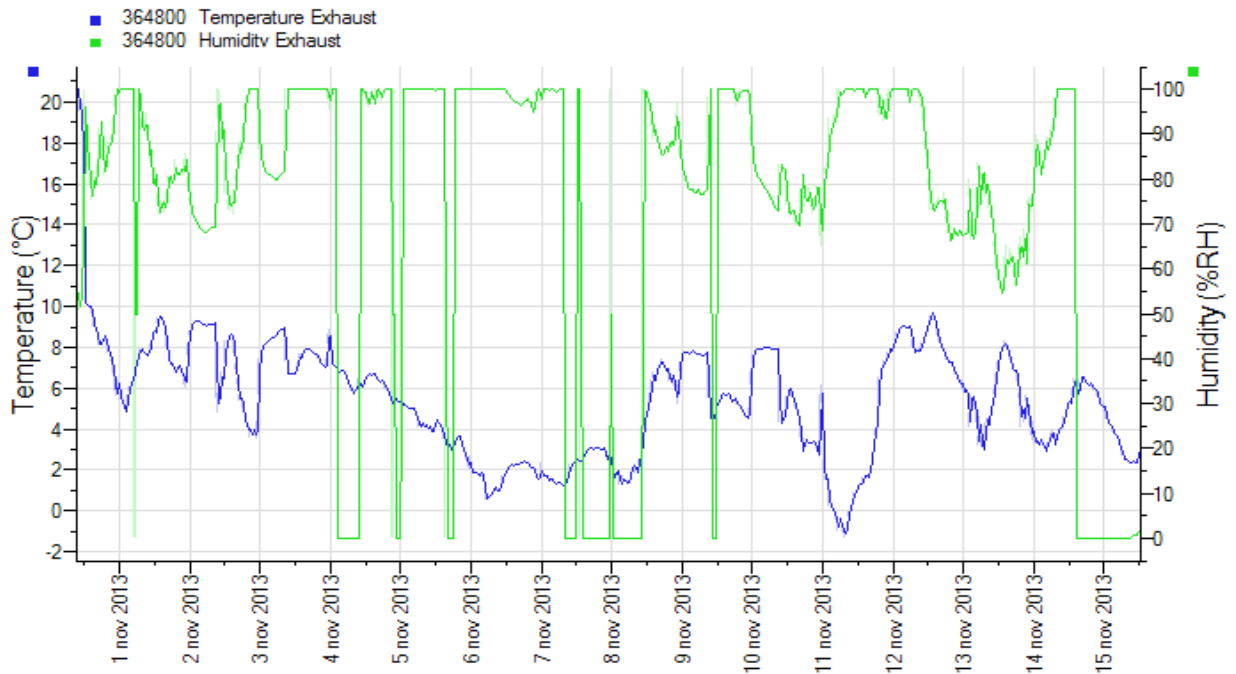
Figur 37: Haugtussa: Temperatur og luftfuktighet i endan av tilluftskulvert 20 nov til 27 nov (kilde: Tinytag)

Inntak

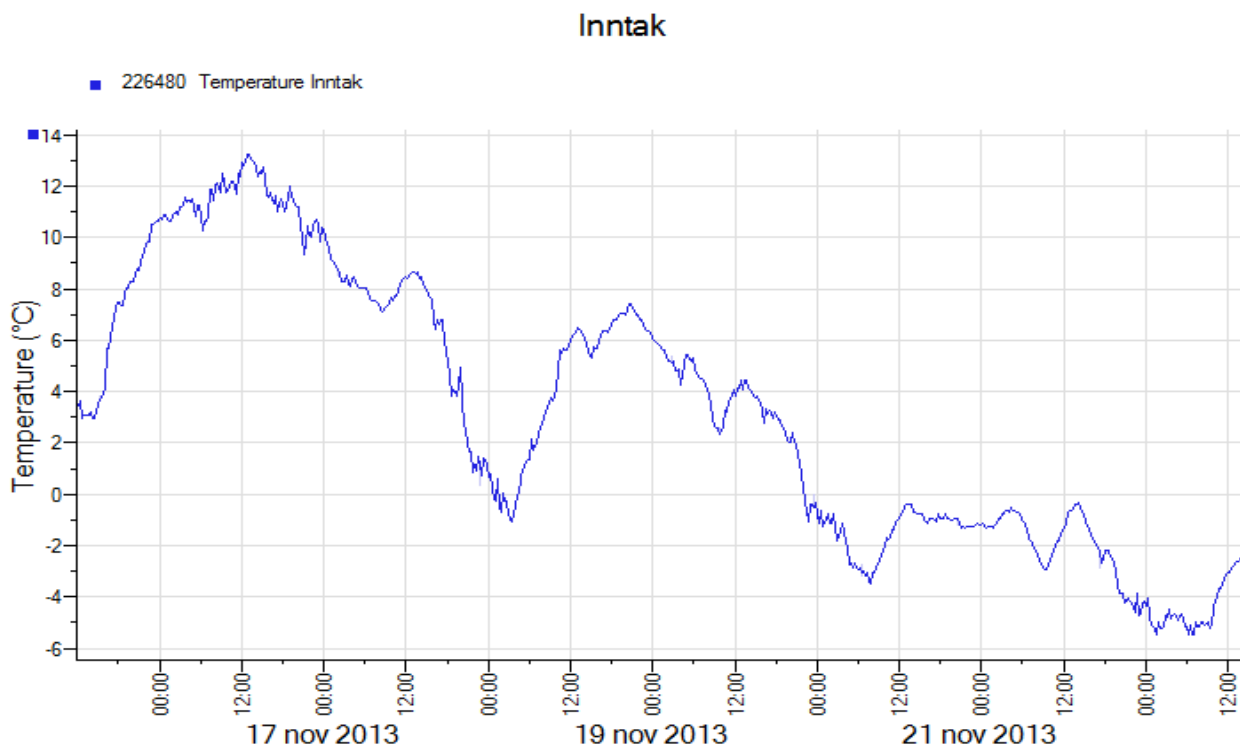


Figur 38: Nesodden: Temperatur i luftinntak 31 okt til 15 nov (kilde: Tinytag)

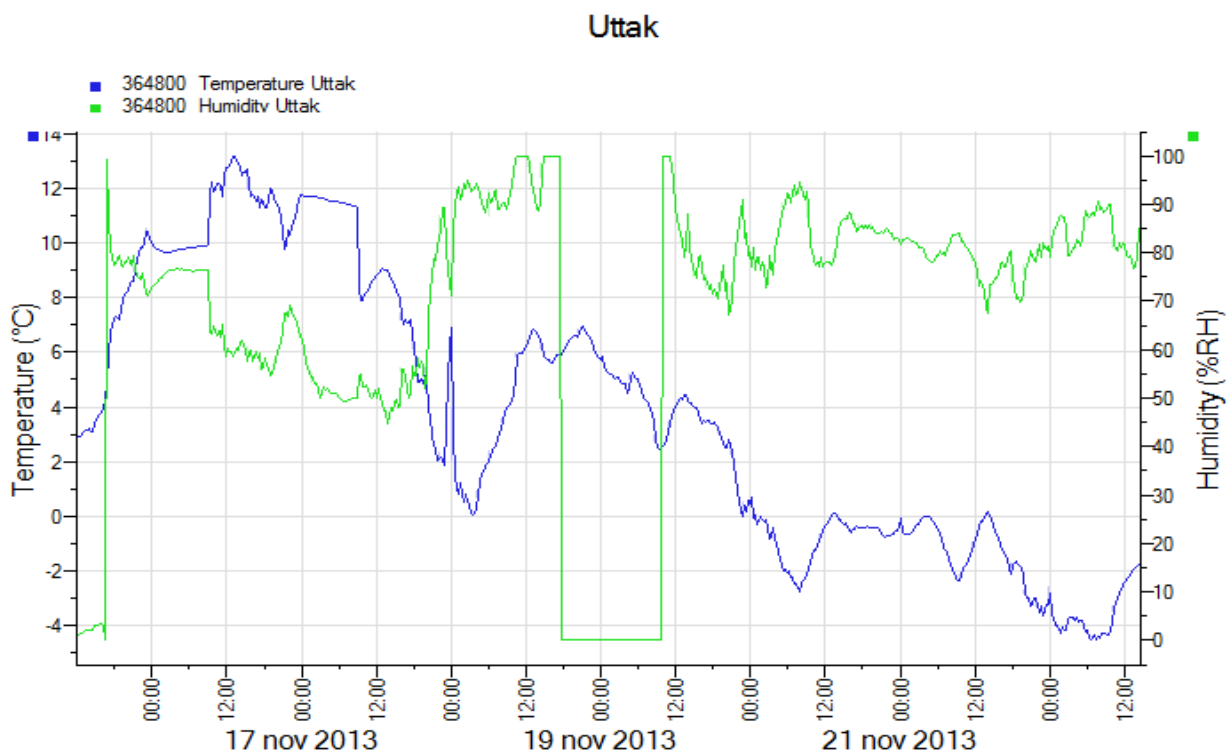
Exhaust



Figur 39: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i enden av tilluftskulvert 31 okt til 15 nov (kilde: Tinytag)

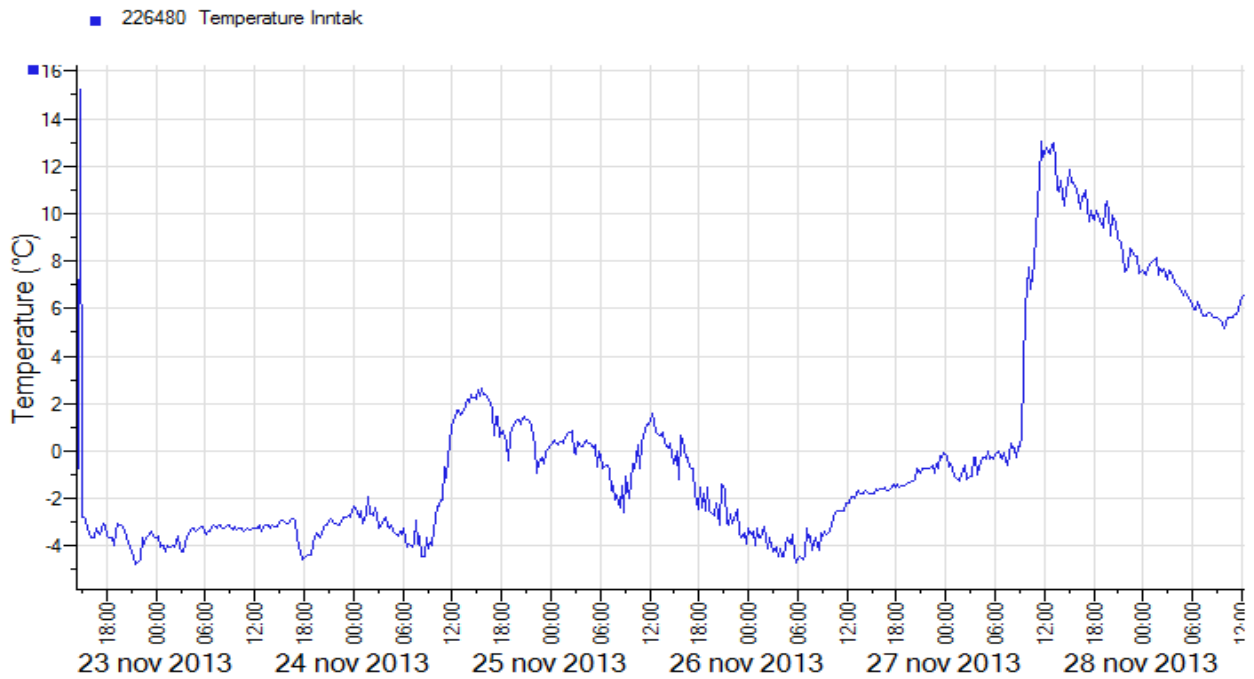


Figur 40: Nesodden: Temperatur i luftinntak 15 nov til 22 nov (kilde: Tinytag)



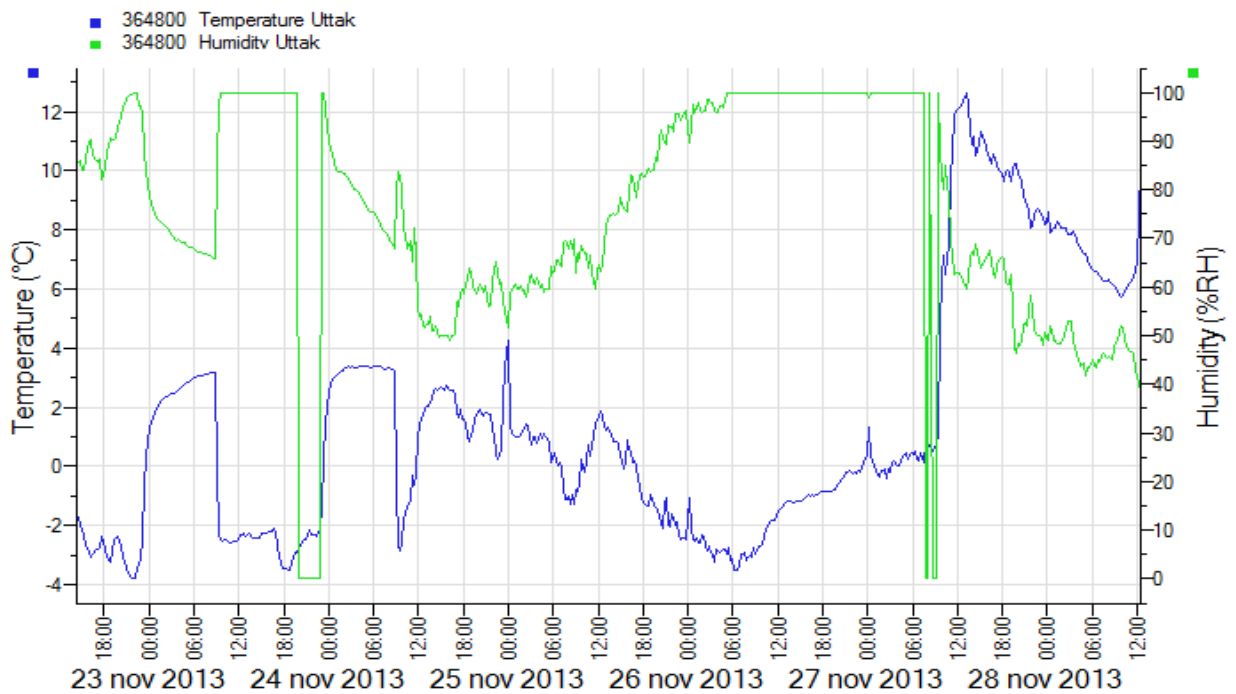
Figur 41: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i enden av tilluftskulvert 15 nov til 22 nov (kilde: Tinytag)

Inntak



Figur 42: Nesodden: Temperatur i luftinntak 22 nov til 28 nov (kilde: Tinytag)

Uttak



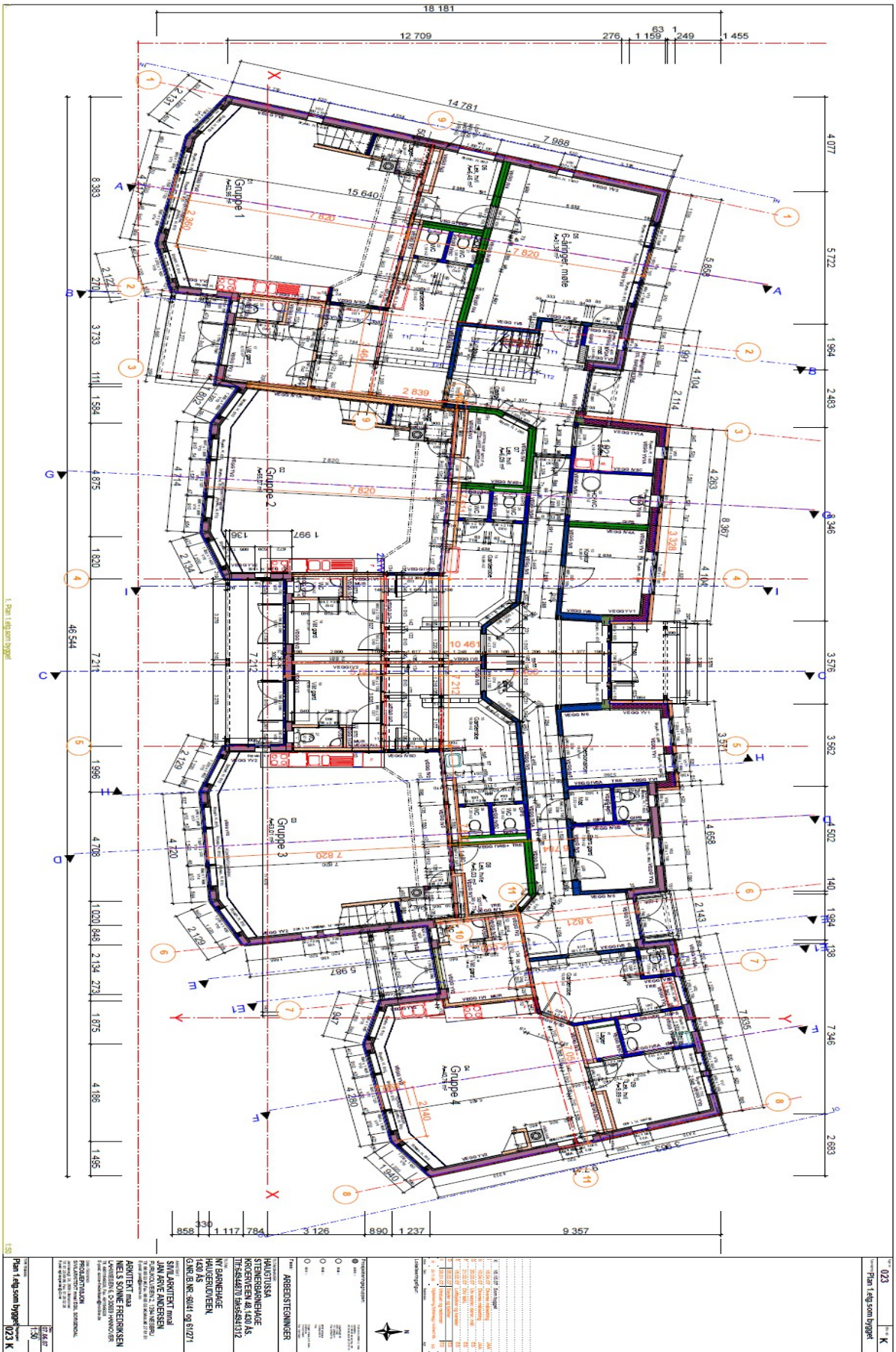
Figur 43: Nesodden: Temperatur og luftfuktighet i enden av tilluftskulvert 22 nov til 28 nov (kilde: Tinytag)

Lufthastigheter i Haugtussa barnehage sin inntakskulvert			
Tid	Lufthastighet (m/s)	Tid	Lufthastighet (m/s)
11:40	0,22	12:11	0,33
11:41	0,25	12:12	0,29
11:42	0,30	12:13	0,30
11:43	0,21	12:14	0,21
11:44	0,18	12:15	0,20
11:45	0,20	12:16	0,26
11:46	0,16	12:17	0,18
11:47	0,21	12:18	0,18
11:48	0,19	12:19	0,15
11:49	0,23	12:20	0,17
11:50	0,18	12:21	0,23
11:51	0,24	12:22	0,27
11:52	0,28	12:23	0,21
11:53	0,32	12:24	0,16
11:54	0,19	12:25	0,29
11:55	0,26	12:26	0,39
11:56	0,18	12:27	0,28
11:57	0,14	12:28	0,25
11:58	0,25	12:29	0,21
11:59	0,20	12:30	0,31
12:00	0,20	12:31	0,33
12:01	0,28	12:32	0,25
12:02	0,32	12:33	0,18
12:03	0,18	12:34	0,27
12:04	0,17	12:35	0,30
12:05	0,22	12:36	0,27
12:06	0,23	12:37	0,20
12:07	0,36	12:38	0,22
12:08	0,24	12:39	0,19
12:09	0,32	12:40	0,24
12:10	0,25		

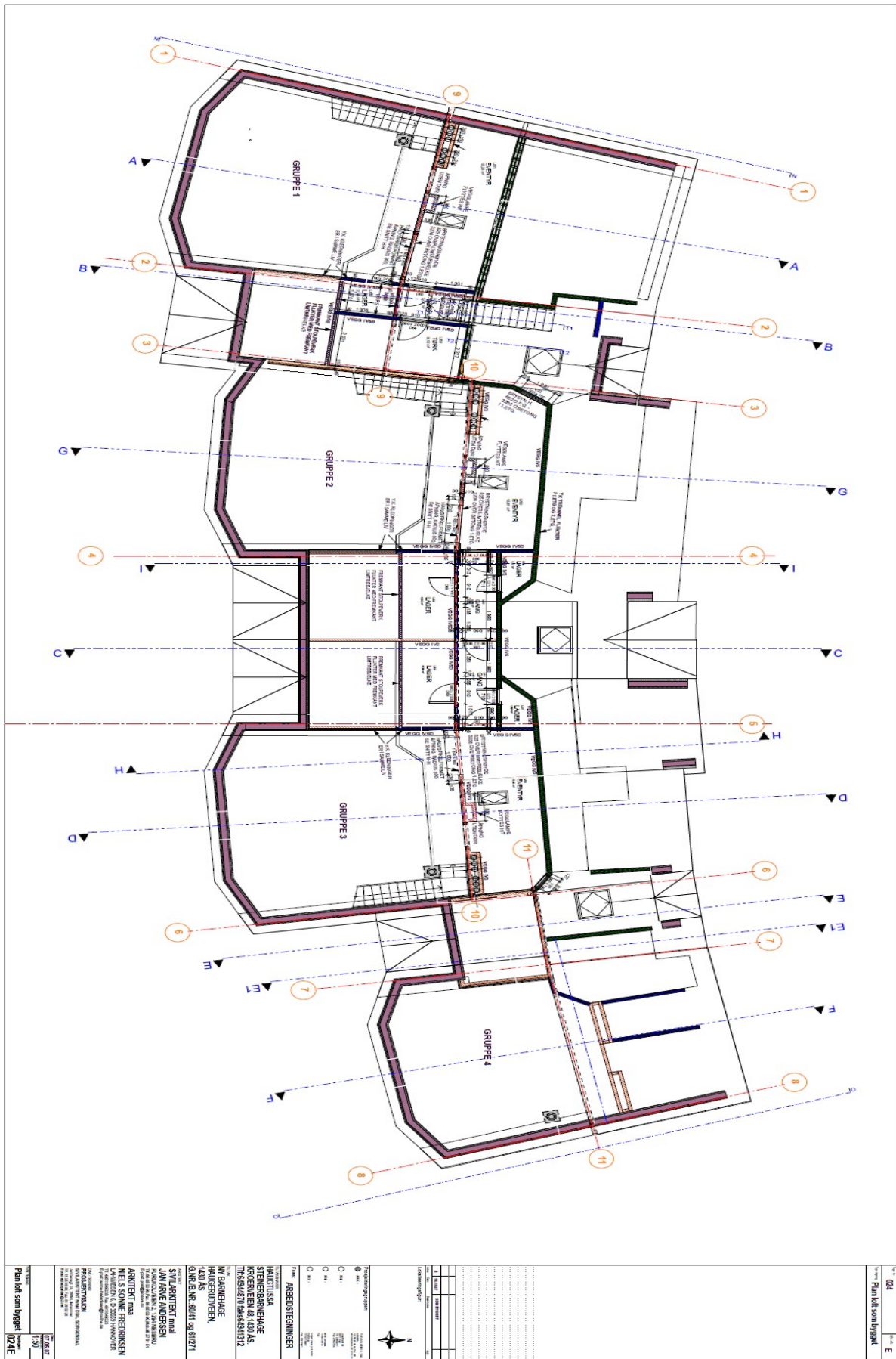
Tabell 31: Lufthastigheter målt i Haugtussa

Lufthastigheter i Nesodden kommunesenter sin inntakskulvert			
Tid	Lufthastighet (m/s)	Tid	Lufthastighet (m/s)
11:00	2,25	11:31	2,10
11:01	1,59	11:32	1,81
11:02	1,82	11:33	2,00
11:03	2,06	11:34	2,00
11:04	1,79	11:35	2,69
11:05	1,97	11:36	2,12
11:06	2,06	11:37	2,10
11:07	2,77	11:38	1,92
11:08	2,31	11:39	2,36
11:09	2,24	11:40	1,71
11:10	1,87	11:41	1,94
11:11	1,99	11:42	2,23
11:12	2,48	11:43	2,35
11:13	1,92	11:44	2,41
11:14	1,90	11:45	1,88
11:15	2,14	11:46	1,96
11:16	1,99	11:47	2,34
11:17	2,20	11:48	2,26
11:18	2,18	11:49	2,11
11:19	1,82	11:50	1,71
11:20	1,71	11:51	1,89
11:21	2,09	11:52	2,01
11:22	2,38	11:53	2,09
11:23	2,28	11:54	1,92
11:24	1,65	11:55	2,42
11:25	2,36	11:56	2,18
11:26	1,99	11:57	2,25
11:27	2,41	11:58	1,72
11:28	1,82	11:59	1,81
11:29	1,74	12:00	2,07
11:30	1,77		

Tabell 32: Lufthastigheter målt i Tangenten



Figur 45: Haugtussa: Plan 1 etc.



Figur 46: Haugtussa: Plan 2 etc.



Meteorologiske data for Ås

Oktober 2013

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI

DATO	TEMPERATURER (°C)									FUKT. rf(%)	TRYKK (mbar)	VIND(10m)		
	Hytte			Jord(cm)								Retn.		
	Mid	Min	Max	2	5	10	20	50	100				Mid (m/s)	Max (m/s)
01	5,1	-0,5	11,7	7,1	7,3	7,6	8,2	9,3	10,6	87	1014,4	2,1	4,0	SØ
02	5,3	-1,8	11,2	6,6	6,8	7,1	7,7	9,1	10,4	86	1017,0	2,8	4,8	NØ
03	7,9	5,4	9,7	7,6	7,6	7,7	7,9	8,9	10,2	86	1016,4	3,7	5,1	SØ
04	6,8	2,9	9,6	7,6	7,6	7,7	8,0	8,8	10,1	89	1008,0	3,7	6,1	SØ
05	10,5	5,4	15,3	9,0	8,7	8,6	8,4	8,8	9,9	94	998,0	3,4	5,6	SØ
06	8,8	1,6	13,7	8,2	8,2	8,4	8,6	8,9	9,9	91	1003,1	4,2	6,9	S
07	13,2	10,5	16,0	10,1	9,7	9,5	9,1	9,0	9,8	92	1004,1	5,2	6,8	S
08	13,8	12,1	16,5	11,5	11,0	10,7	10,0	9,3	9,8	96	1001,7	6,4	8,5	S
09	12,0	9,8	15,6	11,2	11,0	10,9	10,5	9,8	9,8	88	990,8	4,9	6,6	S
10	6,5	4,1	9,8	9,3	9,6	9,9	10,2	10,1	9,9	87	1001,8	6,2	8,8	N
11	4,8	-0,8	12,4	7,5	7,9	8,4	9,1	9,9	10,0	82	1019,0	3,5	4,8	N
12	5,7	0,4	14,1	7,2	7,5	7,8	8,5	9,6	10,0	87	1020,5	3,5	4,5	NØ
13	6,9	1,5	14,4	7,1	7,4	7,6	8,1	9,2	9,9	87	1013,5	3,5	5,3	N
14	5,2	1,1	8,1	6,8	7,1	7,3	7,8	8,9	9,8	97	1010,2	3,1	4,4	N
15	3,2	-0,3	5,8	6,5	6,8	7,1	7,6	8,7	9,7	99	1001,2	3,0	4,8	NØ
16	4,8	-0,1	6,9	6,2	6,4	6,6	7,1	8,4	9,5	96	999,2	3,7	6,1	S
17	5,8	2,1	8,0	6,9	7,1	7,1	7,3	8,1	9,4	96	990,7	4,0	7,8	N
18	2,3	-2,7	8,0	5,2	5,8	6,1	6,9	8,1	9,3	83	1002,6	3,7	5,3	N
19	-0,5	-3,9	3,9	3,9	4,6	5,0	6,0	7,8	9,2	96	1003,7	2,9	3,6	N
20	1,6	-1,4	2,9	3,8	4,3	4,7	5,5	7,4	9,1	72	1003,5	4,2	5,1	N
21	2,9	2,0	4,4	4,2	4,6	4,7	5,3	7,0	9,0	78	1004,3	4,4	5,6	NØ
22	5,6	2,4	12,9	5,0	5,2	5,1	5,4	6,7	8,8	99	993,3	3,7	7,3	NØ
23	12,7	11,8	13,3	8,5	8,0	7,3	6,5	6,7	8,5	100	982,7	7,0	9,6	S
24	9,3	6,5	11,9	8,5	8,5	8,2	7,8	7,2	8,4	85	985,4	7,1	9,7	S
25	6,8	1,2	10,5	6,5	6,8	7,0	7,3	7,6	8,3	79	997,9	4,8	6,3	SØ
26	9,6	6,5	13,2	7,7	7,6	7,5	7,3	7,7	8,3	99	984,1	5,2	8,8	S
27	10,8	8,3	12,1	9,0	8,9	8,6	8,1	7,8	8,3	99	976,2	7,0	9,6	S
28	8,9	5,0	10,9	8,7	8,9	8,7	8,5	8,2	8,4	97	967,4	5,7	8,7	S
29	7,0	3,2	11,2	7,7	8,2	8,2	8,2	8,4	8,5	93	977,5	4,8	6,7	S
30	4,2	0,9	8,9	6,3	6,9	7,0	7,6	8,3	8,5	93	994,7	4,3	5,3	N
31	7,0	2,0	10,6	6,4	6,6	6,7	7,1	8,1	8,5	96	995,7	5,6	8,9	S
Mid.	6,9	3,1	10,8	7,3	7,5	7,6	7,8	8,4	9,3	90,6	999,3	4,4	6,5	

Høyeste temperatur: 16,5

Laveste temperatur: -3,9

Normal temperatur (1931-1960): 5,7

Normal temperatur (1961-1990): 6,2

DATO	STRÅLING										Jord varmekraft (MJ/m2)	Fordampning (mm)	Nedbør (mm)
	Global	Diffus (MJ/m2)	Balanse	UV	Blå	Grønn (% av global)	Rød	IRød	Par (mol/m2)	Albedo			
01	8,43	2,38	4,74	5,1	11,1	19,4	10,1	54,3	20,5	0,26	-0,33	0,9	0,0
02	7,83	3,33	4,70	5,1	11,4	19,6	9,2	54,7	18,8	0,27	-0,32	0,7	0,0
03	1,67	1,66	0,49	6,6	11,1	22,1	8,5	51,7	4,0	0,24	-0,07	0,1	0,0
04	2,71	2,61	0,93	6,5	12,8	26,0	6,5	48,2	6,7	0,25	-0,12	0,4	3,8
05	4,90	2,80	2,65	5,6	12,2	22,4	8,3	51,5	12,2	0,24	0,31	1,0	13,8
06	6,97	3,70	4,10	5,3	11,7	21,4	8,4	53,3	16,9	0,26	-0,07	0,3	0,1
07	5,46	4,51	2,78	5,4	12,9	23,8	7,1	50,7	13,4	0,24	0,49	1,9	2,1
08	5,21	3,80	2,82	5,8	13,5	23,6	7,1	50,1	13,0	0,23	0,62	1,0	0,0
09	6,45	3,52	3,04	5,3	11,7	21,9	8,0	53,1	15,8	0,24	0,30	1,0	0,0
10	2,50	2,40	0,69	6,6	14,8	24,9	6,7	47,1	6,3	0,21	-0,37	3,0	8,9
11	7,42	2,47	3,79	4,9	8,9	19,7	11,0	55,5	18,1	0,26	-0,50	1,2	0,0
12	7,22	1,27	4,08	4,9	10,0	19,2	11,0	54,9	17,8	0,26	-0,34	0,5	0,5
13	7,16	1,15	4,24	4,8	10,4	20,2	9,7	54,9	17,5	0,27	-0,28	0,8	0,1
14	2,12	2,07	1,12	6,8	17,0	23,9	6,4	45,9	5,3	0,18	-0,28	0,0	0,1
15	1,37	1,32	0,69	7,2	17,6	25,1	5,5	44,6	3,5	0,15	-0,34	0,0	0,0
16	2,45	2,38	1,16	6,6	13,6	24,6	5,8	49,3	6,1	0,19	-0,24	0,0	0,2
17	1,86	1,81	0,47	7,3	17,6	22,7	7,6	44,8	4,7	0,20	-0,04	0,1	0,3
18	6,69	5,39	3,04	4,5	8,6	17,2	10,6	59,1	15,4	0,28	-0,61	0,7	0,2
19	3,12	2,94	1,20	6,2	14,2	23,0	5,4	51,1	7,6	0,23	-0,71	0,2	0,0
20	2,09	2,10	1,03	7,0	14,6	23,0	8,0	47,4	5,3	0,17	-0,50	1,6	0,0
21	1,30	1,30	0,46	7,4	16,0	25,2	6,9	44,5	3,4	0,20	-0,31	0,4	1,6
22	0,49	0,52	0,27	8,3	14,7	24,7	13,6	38,6	1,4	0,11	-0,02	1,7	24,1
23	0,88	0,90	0,55	7,2	15,4	26,7	6,3	44,5	2,3	0,16	0,94	2,8	15,6
24	3,64	2,50	-1,07	5,6	12,9	20,4	9,6	51,4	9,0	0,24	0,22	1,4	0,0
25	4,63	1,70	-0,17	5,0	8,6	14,5	13,9	58,1	11,1	0,28	-0,24	0,4	2,3
26	2,66	2,18	0,61	6,1	14,5	22,0	7,2	50,1	6,5	0,22	0,33	1,6	3,9
27	0,51	0,54	-0,53	8,2	11,3	23,0	14,9	42,6	1,4	0,25	0,51	2,9	19,7
28	2,62	2,04	-0,21	6,3	12,9	21,7	7,7	51,4	6,5	0,22	0,16	0,2	0,6
29	3,55	2,00	0,55	5,4	11,7	17,0	11,6	54,2	8,7	0,26	-0,11	0,2	0,4
30	3,57	1,70	0,69	5,3	10,0	14,8	12,3	57,5	8,7	0,26	-0,38	0,1	0,0
31	2,32	2,02	-0,15	6,0	15,1	20,8	7,7	50,5	5,6	0,21	-0,09	0,7	3,0
Sum	119,8	71,0	48,8						293,5		-2,39	27,8	101,3
Mid.	3,86	2,29	1,57	6,1	12,9	21,8	8,8	50,5	9,5	0,23	-0,08	0,9	

Normal nedbør (1931-60): 86 mm

Normal nedbør (1961-90): 100 mm



Meteorologiske data for Ås

November 2013

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI

DATO	TEMPERATURER (°C)									FUKT. rf(%)	TRYKK (mbar)	VIND(10m)		
	Hytte			Jord(cm)								Retn.		
	Mid	Min	Max	2	5	10	20	50	100				Mid (m/s)	Max (m/s)
01	6,6	3,8	9,4	6,4	6,7	6,8	7,1	7,8	8,5	92	989,0	5,7	7,2	S
02	4,5	-0,1	9,1	5,4	5,9	6,1	6,7	7,6	8,4	92	986,9	4,9	7,0	S
03	6,0	1,0	8,1	5,5	5,9	5,9	6,3	7,5	8,4	98	975,2	6,7	8,3	SØ
04	4,7	-0,6	6,9	5,9	6,3	6,3	6,5	7,2	8,5	99	966,2	5,0	7,0	SØ
05	1,5	-0,3	3,1	4,9	5,7	5,5	6,0	7,2	8,4	100	970,8	4,0	5,3	SØ
06	0,3	-0,8	1,6	4,8	5,4	5,5	5,8	7,0	8,3	100	979,1	3,9	4,9	SØ
07	1,7	0,3	3,2	4,5	5,1	5,1	5,5	6,8	8,1	100	982,2	4,3	5,5	S
08	4,9	1,9	8,0	4,2	4,9	4,9	5,3	6,6	7,9	94	986,3	5,3	6,9	S
09	4,2	2,1	5,9	4,3	4,9	4,9	5,2	6,4	7,8	98	984,7	4,6	6,1	N
10	2,5	-1,2	5,3	4,1	4,7	4,7	5,1	6,3	7,8	91	991,7	4,8	6,4	NV
11	0,6	-4,6	7,9	2,1	2,8	3,2	4,3	6,0	7,6	99	1007,6	5,0	9,1	S
12	7,1	3,5	8,9	4,6	4,9	4,5	4,5	5,7	7,5	93	998,5	5,9	8,6	S
13	3,2	0,0	7,3	3,2	4,0	4,0	4,5	5,7	7,4	83	1001,8	4,8	6,8	S
14	5,0	0,5	7,1	3,5	4,0	3,8	4,2	5,7	7,3	98	1000,9	4,5	5,8	SØ
15	3,9	0,8	9,6	4,3	4,9	4,5	4,6	5,6	7,2	97	1003,9	5,6	9,5	S
16	10,1	7,2	12,7	5,0	5,2	4,9	4,9	5,5	6,9	71	997,8	6,0	9,6	SV
17	4,0	-2,0	8,8	3,5	3,9	4,2	4,8	5,6	6,9	70	1004,6	4,3	7,0	V
18	4,1	-2,0	7,0	2,8	3,1	3,3	4,0	5,5	6,8	96	995,2	5,6	7,6	S
19	1,9	-3,0	5,7	3,5	3,9	3,9	4,3	5,4	6,7	96	987,2	3,7	4,9	SV
20	-3,0	-6,4	-0,6	1,2	1,8	2,4	3,4	5,2	6,6	94	995,7	4,2	6,3	N
21	-2,5	-6,0	-0,5	0,8	1,3	1,7	2,7	4,7	6,5	84	1000,1	5,3	6,5	N
22	-6,0	-8,6	-1,3	0,4	0,9	1,3	2,2	4,4	6,4	93	1005,2	3,5	4,8	NØ
23	-5,4	-7,6	-3,0	0,2	0,6	1,0	1,8	4,1	6,2	99	1002,7	4,8	16,4	SØ
24	-5,5	-9,0	-1,3	-0,1	0,4	0,8	1,6	3,7	6,0	94	1006,8	7,2	24,6	SØ
25	-5,0	-8,2	0,0	-0,4	0,1	0,5	1,3	3,5	5,7	90	1016,3	1,0	3,3	NØ
26	-3,7	-9,4	3,2	-0,5	-0,1	0,3	1,1	3,2	5,5	96	1012,6	1,4	3,4	Ø
27	5,2	0,8	11,6	-0,1	0,2	0,3	1,0	2,8	5,3	83	999,3	2,6	7,3	SV
28	5,1	-2,2	8,0	0,0	0,3	0,4	1,0	2,7	5,2	47	1000,9	5,1	10,5	NV
29	-0,1	-2,3	1,2	-0,1	0,4	0,4	1,0	2,7	5,0	85	997,1	1,3	3,0	N
30	-1,2	-3,4	2,7	-0,1	0,7	0,4	0,9	2,7	4,9	97	998,6	1,7	6,3	Ø
Mid.	1,8	-1,9	5,2	2,8	3,3	3,4	3,9	5,4	7,0	91,0	994,8	4,4	7,5	

Høyeste temperatur: 12,7

Laveste temperatur: -9,4

Normal temperatur (1931-1960): 0,9

Normal temperatur (1961-1990): 0,4

DATO	STRÅLING 1) 2)									Jord varmeflux (MJ/m2)	Fordamp ning (mm)	Nedbør (mm)	
	Global	Diffus (MJ/m2)	Balanse	UV	Blå	Grønn	Rød	IRød	Par (mol/m2)				Albedo
					(% av global)								
01	3,91	2,84	-0,91	4,9			37,1	58,0	9,3	0,29	-0,13		0,6
02	3,85	1,06	-0,21	4,9			34,2	60,8	9,1	0,28	-0,35		0,2
03	1,17	1,24	0,25	6,5			44,2	49,3	2,9	0,25	-0,11		17,1
04	1,90	1,57	0,07	7,5			44,5	47,9	4,8	0,18	-0,10		1,0
05	2,17	2,14	0,93	6,1			44,4	49,5	5,3	0,19	-0,27		0,1
06	0,76	0,80	0,10	7,7			45,7	46,6	1,9	0,18	-0,26		0,0
07	1,00	1,02	0,06	6,8			47,7	45,5	2,6	0,20	-0,24		1,5
08	3,00	1,25	-1,25	4,8			34,0	61,2	7,2	0,26	-0,26		0,2
09	0,82	0,91	-0,75	6,8			29,9	63,3	1,9	0,21	-0,19		4,3
10	2,47	1,60	-1,30	5,6			39,3	55,1	6,3	0,24	-0,32		0,9
11	1,24	1,14	0,26	5,7			33,6	60,6	2,9	0,33	-0,72		7,3
12	2,38	1,07	-1,28	5,4			41,1	53,5	6,2	0,27	0,21		1,3
13	2,69	0,83	-2,43	4,9			32,0	63,1	6,3	0,30	-0,41		0,0
14	1,09	1,11	0,00	5,8			42,1	52,1	2,6	0,19	-0,08		6,9
15	0,38	0,37	-0,98	7,4			56,5	36,1	1,0	0,24	-0,02		1,7
16	1,95	1,52	-2,25	5,1			38,8	56,1	4,7	0,26	0,19		0,0
17	2,34	2,08	-2,41	4,9			30,9	64,2	5,6	0,35	-0,45		0,2
18	0,53	0,58	-0,25	6,9			33,2	59,9	1,2	0,27	-0,29		14,4
19	1,92	2,09	-0,08	5,5			38,9	55,6	4,6	0,29	-0,22		1,6
20	2,62	2,29	1,14	3,8			32,8	63,4	4,8	0,34	-0,92		0,1
21	1,78	1,87	-2,68	5,7			34,9	59,5	4,3	0,33	-0,68		0,0
22	2,26	2,13	-1,24	4,3			32,2	63,6	4,7	0,35	-0,73		0,0
23	1,09	0,92	-0,13	6,7			41,3	52,0	2,8	0,28	-0,64		0,0
24	2,48	0,63	0,63	3,4			35,7	60,9	4,4	0,49	-0,67		0,0
25	1,39	0,86	-1,27	6,1			39,0	55,0	3,5	0,38	-0,62		0,0
26	1,02	0,83	-0,35	5,7			36,8	57,5	2,4	0,40	-0,58		0,0
27	0,89	0,81	-1,86	6,2			47,3	46,5	2,1	0,22	-0,49		0,0
28	1,57	0,61	-4,07	5,0			26,8	68,2	3,6	0,31	-0,45		0,0
29	0,63	0,65	-0,49	7,2			40,8	52,1	1,5	0,19	-0,41		0,0
30	1,22	0,88	0,07	4,8			47,5	47,7	2,8	0,29	-0,40		0,0
Sum	52,5	37,7	-22,5						123,4		-10,63		59,4
Mid.	1,75	1,26	-0,75	5,7			38,8	55,5	4,1	0,28	-0,35		

Normal nedbør (1931-60): 83 mm

Normal nedbør (1961-90): 79 mm

1) I overskyet vær når verdien fra globalstrålingsinstrumentet og instrumentet som måler diffus stråling er omtrent like, og innstrålingen samtidig er lav, er relativt feil stor. Dermed kan verdien for diffus stråling overstige verdien for globalstråling (innenfor usikkerhetsmarginen)

2) I måneder med lav innstråling er usikkerheten i spektralbåndmålingene stor. Verdiene for blå, grønn/gul og rød er derfor slått sammen.