



Karbonavtrykk fra klimatiseringsløsninger

En studie av inneklima, energi og klimagassbelastning ved ulike mekaniske, hybride og naturlige klimatiseringsløsninger for skole og kontor



Forord

Denne rapporten er en del av forskningsprosjektet «Hybridene – Optimal hybrid ventilasjon i fremtidens bygg». Forskningsprosjektet finansieres av Norges Forskningsråd (NFR), ledes av Skanska og varer i en fireårsperiode fra august 2021 til august 2025. Hovedmålet til prosjektet er å utvikle nye og markedsgjennombrytende konsepter for hybrid ventilasjon som gir høy arkitektonisk kvalitet, lave investeringskostnader, lavt klimafotavtrykk, godt inneklima og meget lavt behov for kjøpt energi. Eksisterende lovverk og regler setter begrensninger for valg av hybrid ventilasjon i kaldt klima og i større byrom, noe dette forskningsprosjektet skal utfordre.

Denne rapporten omhandler en studie av ulike mekaniske, hybride og naturlige klimatiseringsløsninger for skole- og kontorbygg, og sammenligning av inneklima, energibruk og klimagassutslipp for disse over byggets levetid. Ved utarbeidelse av denne rapporten har det vært tett samarbeid mellom FoU-prosjektet *Hybridene* og FoU-prosjektet *Grønn VVS*, som er ledet av Multiconsult. I *Grønn VVS* er sammenligning mellom ulike mekaniske klimatiseringsløsninger mest aktuelt, mens i *Hybridene* er det hovedfokus på å sammenligne hybride klimatiseringskonsepter med mekanisk og naturlig ventilasjon.

Samarbeidspartnerne i *Hybridene* er Multiconsult ASA, Windowmaster BSI AS, Snøhetta AS, Energima AS, Avantor AS, Aalborg Universitet og Skanska Norge AS.

Rapport utarbeidet av Mehrdad Rabani (Multiconsult/Oslo MET), Simon Utstøl (Multiconsult), Anders Liaøy (Multiconsult), Christian Steneng (Multiconsult), Wolfgang Kampel (Multiconsult), Arnkell Jónas Petersen (NMBU) og Haakon Halla (Multiconsult)

02	18.06.2025	Endelig versjon	MRA/SUT/HHA	WOLK	AJP
01	10.06.2025	Ferdigstilling rapport	MRA/SUT/HHA	WOLK	AJP
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



Sammendrag

I denne studien er ulike klimatiseringsløsninger for kontor- og skolebygg vurdert, med fokus på mekaniske, hybride, trimmet fortrengning og naturlige ventilasjonsløsninger, samt deres innvirkning på termisk komfort, energibruk og klimagassutslipp. Beregningene av klimagassutslipp inkluderer både iboende bundne utslipp og utslipp knyttet til energibruk i drift, basert på etablerte prognoser for utslippsfaktorer.

I studien tilstrebes å sammenligne løsninger med lik ytelse, dvs. at det leveres sammenlignbar kvalitet på inneklima ved samme belastning. Imidlertid er de naturlige ventilasjonsløsninger som inkluderes ikke direkte sammenlignbare, da simuleringer viser ikke-tilfredsstillende lokal termisk komfort vesentlige deler av driftstid i vinterhalvåret. Naturlig ventilasjon er likevel medtatt i rapporten for å gi kontekst. Hybride ventilasjonsløsninger har resulterende termisk inneklima omtrent på nivå med mekaniske løsninger, men i overgangsperioder vår/høst er resultatene noe dårligere.

Den generelle trenden er at mindre installasjoner har mindre klimagassutslipp, grunnet mindre mengder materialer, samt mindre energibehov i drift. Videre at valg av energikilde kan ha stor effekt på klimagassutslipp fra energibruk, dette gjelder særlig i tilfeller hvor en benytter elektrisitet til oppvarming, hvor valget kan påvirke sluttresultatet i betydelig grad for anlegget som vurderes.

I et livssyklusperspektiv er de store postene i klimagassutslippene de iboende utslippene i materialene samt utslipp fra energibruk. Hvor energibruket står for 47 % - 67 % av utslippene i de scenarioer som er undersøkt i studien. Resten av utslippene er da tilknyttet materialbruk. Klimagassutslipp fra klimatiseringsløsninger bør derfor vurderes helhetlig og inkludere alle livsløpsfaser og energibruk i forutsatt drift. Det å redusere bundne utslipp slik at det øker energibehovet eller gjør anlegget sårbart mht. tilpasningsdyktighet, vil kunne føre til suboptimalisering eller problemflytting, hvor samlede utslipp øker selv om en reduserer deler av livsløpsutslippene.

LCA analyser av climatekniske anlegg er et ungt ingeniørfelt, og det er stor mangel på miljømessige underlagsdata til beregningene. Det er derfor sannsynlig at både beregningsmetoder og underliggende data vil utvikle seg raskt i løpet av de kommende årene. Dette bør hensyntas ved vurdering av de resultater som rapporteres.



Innholdsfortegnelse

1. Innledning	5
1.1. Intro og bakgrunn	5
1.2. Basis for sammenligning	5
1.3. De undersøkte klimatiseringsløsninger	7
1.4. Energiforsyning	16
1.5. Klimagassverktøy for VVS	17
2. Metode	20
2.1. Systemgrenser	20
2.2. Inneklima	20
2.3. Dimensjonerende størrelser	23
2.4. Energi	23
2.5. Klimagassberegninger	25
3. Resultater	27
3.1. Inneklima	27
3.2. Energi	38
3.3. Klimagassberegninger	41
4. Diskusjon	49
5. Referanser	51
Appendiks	52
A. Komponenter, levetider og materialmengder	52
B. Levert energi (kWh/m ²)	70
C. Modellerte klimatiseringsløsninger	71
D. Dimensjonerende størrelser for kontor	86
E. Dimensjonerende størrelser for skole	88



1. Innledning

1.1. Intro og bakgrunn

I takt med strengere krav til energibruk og komfort har mengden tekniske installasjoner til klimatisering av bygg økt kraftig. Dette fører til mer kompliserte bygg med tilhørende høye krav til drift og vedlikehold, stort plassbehov til teknikk (først og fremst ventilasjonsanlegg) og, ikke minst, et betydelig klimagassutslipp fra VVS-installasjoner. Studier i FoU-prosjektet *Grønn VVS* [1] indikerer at VVS-installasjoner står for mellom 20 % og 40 % av bygg sine totale bundne utslipp i Norge, avhengig av type bygg, ambisjoner og løsninger. Felles for studiene utført av Grønn VVS er at bygningsdel 36 luftbehandling står for de største utslippene i VVS-anlegget [2].

Med bakgrunn i det ovennevnte er hypotesen i FoU-prosjekt *Hybridene* at hybride ventilasjonskonsepter, som kombinerer fordeler fra både naturlig og mekanisk ventilasjon, vil kunne bidra til en positiv utvikling i byggebransjen. Dette ved å videreutvikle konsepter og strategier for hybrid klimatisering for å oppnå et godt innemiljø, med ambisjon om lavere energibruk og materialbehov samt høyere robusthet og arkitektonisk kvalitet, sammenlignet med tradisjonelle mekaniske klimatiseringsløsninger.

Arbeidspakke 4 i FoU *Hybridene* omhandler en studie av karbonfotavtrykk, inneklima og energi for ulike klimatiseringsløsninger, og det er disse arbeidene som presenteres i denne rapporten. Arbeidene er gjennomført i samarbeid med FoU *Grønn VVS*. Det er utredet ulike mekaniske, hybride og naturlige klimatiseringsløsninger og gjennomført inneklima-, energi og klimagassberegninger knyttet til disse. For FoU *Grønn VVS* er sammenligning mellom ulike mekaniske klimatiseringsløsninger mest relevant, mens FoU *Hybridene* har fokusert mest på hybride konsepter holdt opp mot mekaniske og naturlige. Det er også inkludert et *Powerhouse*-inspirert klimatiseringsalternativ for sammenligning med de øvrige.

Hybride ventilasjonskonsepter egner seg ikke for alle typer bygg eller lokasjoner, og det er en del rammebetingelser som må være på plass for å oppnå suksessfulle prosjekter med hybrid ventilasjon. I det arbeidet som rapporteres her legges det til grunn at det ikke er forhold som tilsier at hybride klimatiseringsløsninger ikke er egnet i lokasjonen, og løsningene som benyttes er tilpasset eksisterende regelverk. Rammebetingelser for suksessfulle prosjekter basert på hybride klimatiseringsløsninger, samt beskrivelse av barrierer og utfordringer knyttet til lover og forskrifter vil omhandles i egne leveranser i prosjektet.

1.2. Basis for sammenligning

I prosjektet er det utarbeidet og modellert to typebygg, som underlag for utforskning av tematikken. Formålet med typebyggene er å gjøre funn fra prosjektet generaliserbare, med overføringsverdi til andre prosjekter. Typebyggene og planløsningene tilsvarer typiske norske bygg. I prosjektet benyttes de som underlag for modellering, simuleringer og beregninger av ulike typer klimatiseringsløsninger.

For prosjektet er det valgt å studere to ulike bygningskategorier; kontor og skole. Prosjektet har i samråd med FoU-partnerne utviklet og modellert to planløsninger som representerer en typisk undervisnings- og kontoretasje. Disse er basert på planløsninger fra reelle nybygg i Sør-Norge, men er anonymisert og tilpasset formålet. Det forutsettes at bygningene er plassert utenfor sentrumskjernen av Oslo og er nybygg i TEK17-standard med tanke på energieffektivitet. Utendørs støy- og forurensingsnivå er forutsatt lavt. Layout og planløsning i de to typiske etasjene er låst for å

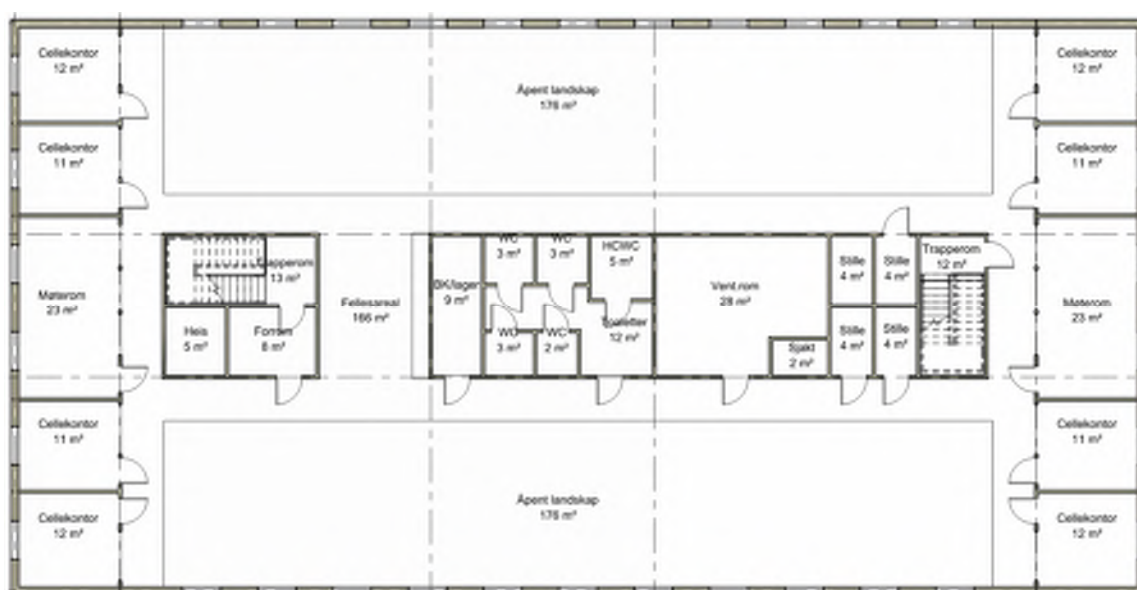


ha likt utgangspunkt for sammenligning mellom ulike typer klimatiseringsløsninger. Det forutsettes at byggene har tre (skole) / fire (kontor) identiske etasjer utført i stål/betong med lavemitterende materialer, uten teppegulv, innvendige termisk lette konstruksjoner (vegger og himling), og at etasjene har desentral ventilasjonsløsning basert på etasjeaggregater.

Kontor:

Kontoretasjen har et oppvarmet BRA på 800 m² og består av cellekontor, kontorlandskap, møterom, stillerom, fellesareal/gangsoner/minikjøkken, trapp/heis, toaletter, bøttekott/lager og ventilasjonsrom.

Arealutnyttelse: Cellekontor = 12 %, kontorlandskap = 45 %, Møterom/stillerom = 8 % og resterende (fellesareal, trapp/heis, bøttekott/lager, toaletter, ventilasjonsrom) = 35 %.

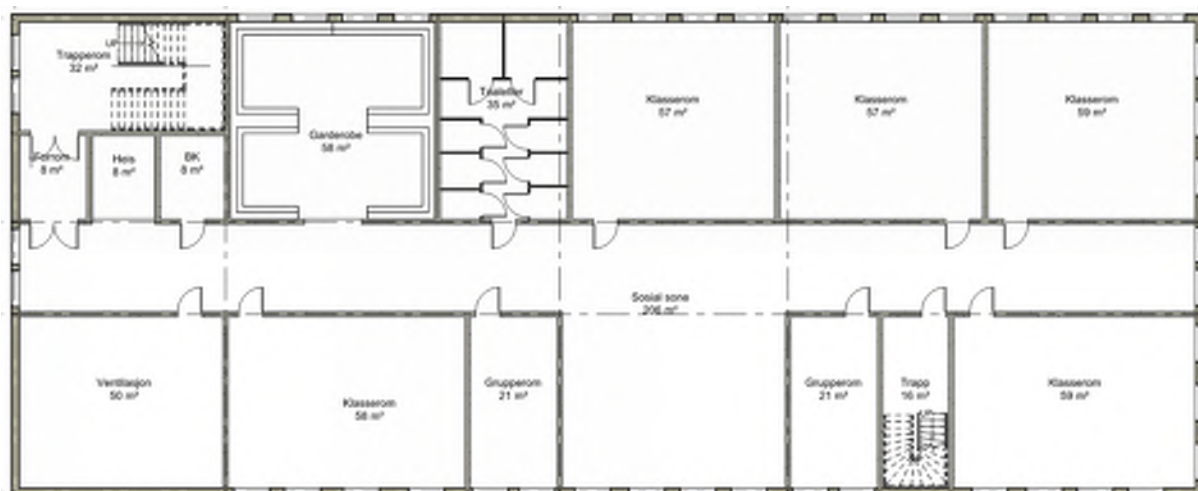


Figur 1. Den typiske etasje som er benyttet som basis for vurderinger av kontorbygg.

Skole:

Undervisningsetasjen har et oppvarmet BRA på 790 m² og består av garderobe, toaletter, klasserom, grupperom, trapp og sosial sone/vrimleareal. Flerbrukshall, skolekjøkken, kunst og håndverksrom og andre funksjoner ligger utenfor skolebygget i eksterne bygninger.

Arealutnyttelse: Klasserom/grupperom = 44 %, sosial sone / vrimleareal = 27 % og resterende (garderobe, toaletter, ventilasjonsrom, bøttekott, trapp/heis) = 29 %.



Figur 2. Den typiske etasje som er benyttet som basis for vurderinger av skolebygg.

1.3. De undersøkte klimatiseringsløsninger

Oversikt klimatiseringsløsninger

For de to typebyggene er det sett på ulike varianter av klimatiseringsløsninger for sammenligning av inneklima, energibruk og klimagassutslipp. I det nedenstående presenteres de vurderte klimatiseringsløsninger for henholdsvis skole og kontor. Det er tatt utgangspunkt i en mekanisk «referanseløsning» som de ulike alternativene vurderes opp mot. Det bemerkes også at bygningskropp og planløsning er forutsatt identisk ved alle klimatiseringsløsninger som vurderes mot hverandre. I realiteten vil en ofte kunne tilpasse bygningsmessige løsninger noe til teknikken, men det er her valgt å ha samme utgangspunkt for alle alternativer, som de tekniske løsninger må tilpasses til.

Dimensjonering av klimatiseringsløsningene

For dimensjonering av varme-, kjøle- og ventilasjonsanleggene er det lagt til grunn standard offentlige krav i henhold til TEK17 [3] og arbeidstilsynet [4]. Ut over dette er det for skolebygget hensyntatt krav i «Standard kravspesifikasjon for Oslo» [5]. På bakgrunn av disse krav er det i kapittel 0 og 3 redegjort for inneklimasimuleringer som ligger bak dimensjonering og modellering av klimatiseringsløsninger.

Kontoret

Av Tabell 1 fremgår essensen i de ulike klimatiseringsløsninger for kontor-etasje, samt dimensjonerende luftmengder og lokale varme-/kjølebehov for de ulike klimatiseringsalternativ, basert på inneklimategninger presentert i kapittel 2 og 3.



Tabell 1 Oversikt klimatiseringsløsninger – Kontor

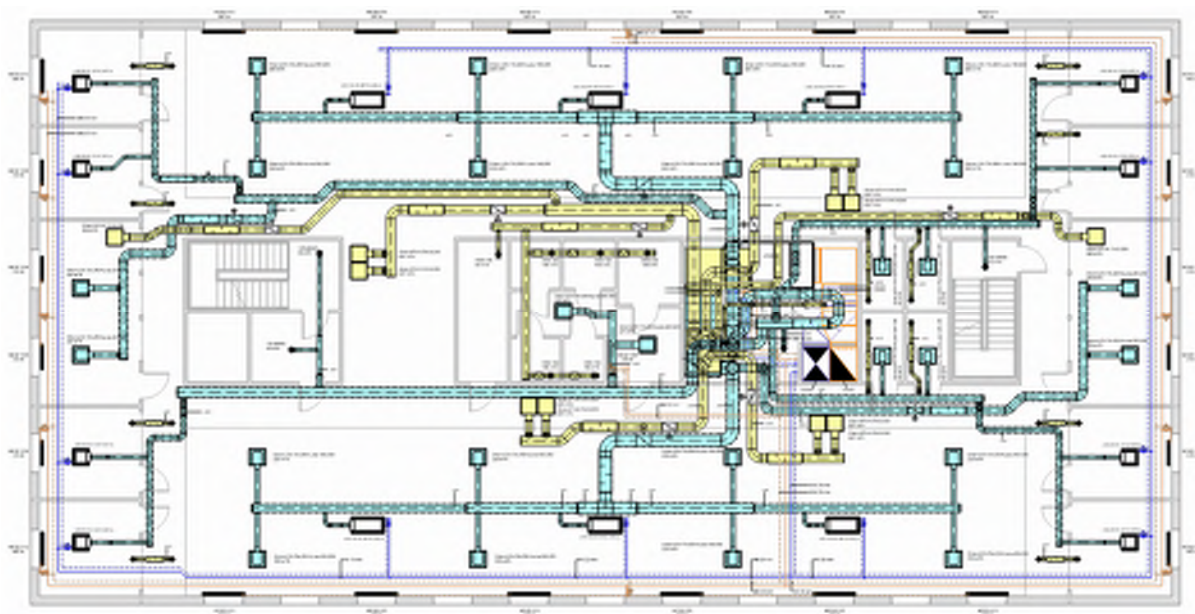
Kontor	Nummer	Navn	Ventilasjon	Oppvarming	Kjøling
Mekanisk Omrøring	MEK1	Referanse: "Konvensjonell"	Konv. omrøring + 2-rørs kombibafler. VAV møterom og landskap, CAV cellekontor.	Radiator	2-rørs kombibaffel + sentralt kjølt luft
	MEK2	"Kontormaskin"	Konv. omrøring + 4-rørs kombibafler. VAV møterom og landskap, CAV cellekontor.	4 rørs kombibaffel Luft lokalt	4 rørs kombibaffel + sentralt kjølt luft
	MEK3	"Aktive ventiler med lokal el."	Konv. omrøring. VAV møterom og landskap, CAV cellekontor. Benyttet tilluftsventiler med innebygget VAV.	Elektrisk strålepanel	Sentralt kjølt luft
	MEK4	"Aktive ventiler med gulvvarme/-sval"	Konv. omrøring. VAV møterom og landskap, CAV cellekontor. Benyttet tilluftsventiler med innebygget VAV.	Gulvvarme	Gulvsvaling
Trimmet Fortrengning	TF	"Powerhouseinspirert, gulvvarme/-sval"	Optimalisert fortreningsventilasjon med forenklet VAV i landskap og møterom, CAV uten spjeld i cellekontorer og egen avtrekksvifte toalettkerne.	Gulvvarme	Gulvsvaling
Hybrid	H1	"Nedskalert fortrengning og radiatorer"	Mekanisk fortreningsventilasjon med CAV som "grunnlast". Bidrag nat.vent. via motorstyrte vinduer ved behov.	Radiator	Sentralt kjølt luft
	H2	"Nedskalert fortrengning og gulvvarme/-sval"	Mekanisk fortreningsventilasjon med CAV som "grunnlast". Bidrag nat.vent. via motorstyrte vinduer ved behov.	Gulvvarme	Gulvsvaling
Naturlig	N	"Naturlig ventilasjon og radiatorer"	Motorstyrte vinduer kontor/møterom. Mekanisk ventilasjon med CAV i kjerneområder med toalettkerne, trapp og stillerom.	Radiatorer	Ingen

Generelt for alle kontor-alternativer er det benyttet etasjeaggregater for ventilasjon, plassert i lokalt teknisk rom. Luftinntak via rist i fasade og avkast opp i felles sjakt til tak. Aggregatet har roterende varmegjenvinner og vannbårne varme- og kjølebatteri. Disse er forsynt fra shunter plassert i felles varmesentral plan U.

I det følgende er de ulike klimatiseringsløsninger for kontor presentert nærmere. Større versjoner av 2D-tegninger for løsningene finnes i Appendiks C.

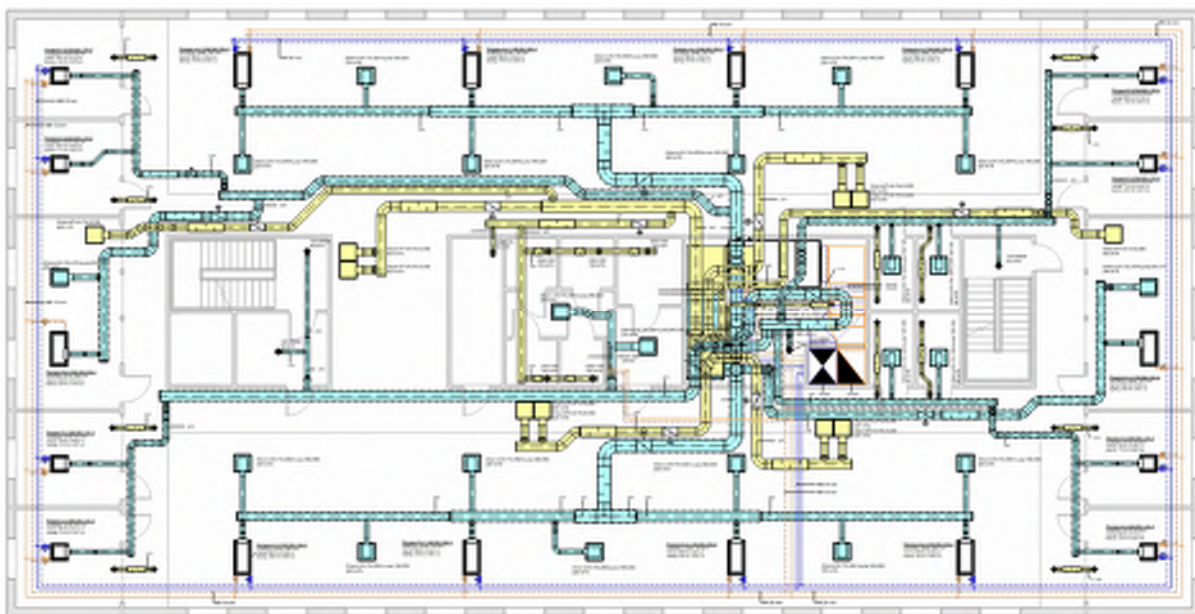


For MEK1 er det tradisjonelt sprednett og omrøringsventilasjon. Det er medtatt lyddempet overstrømning fra cellekontorer og stillerom til sentralavtrekk i åpent landskap. I møterom er det medtatt lokalt avtrekk. Kontorlandskap og møterom utstyres med behovsstyring (temp./CO₂), mens resterende rom ventileres med konstante luftmengder via CAV-strenger. Oppvarming besørges via radiatorer plassert under vinduer. 2-rørs kjølebafler benyttes for ivaretagelse av lokale kjølebehov i cellekontor og kontorlandskap. I møterom viser inneklimaberegninger at det ikke er behov for lokal kjøling, utover kjølt tilluft.



Figur 3 Modellert alternativ MEK1 - Kontor

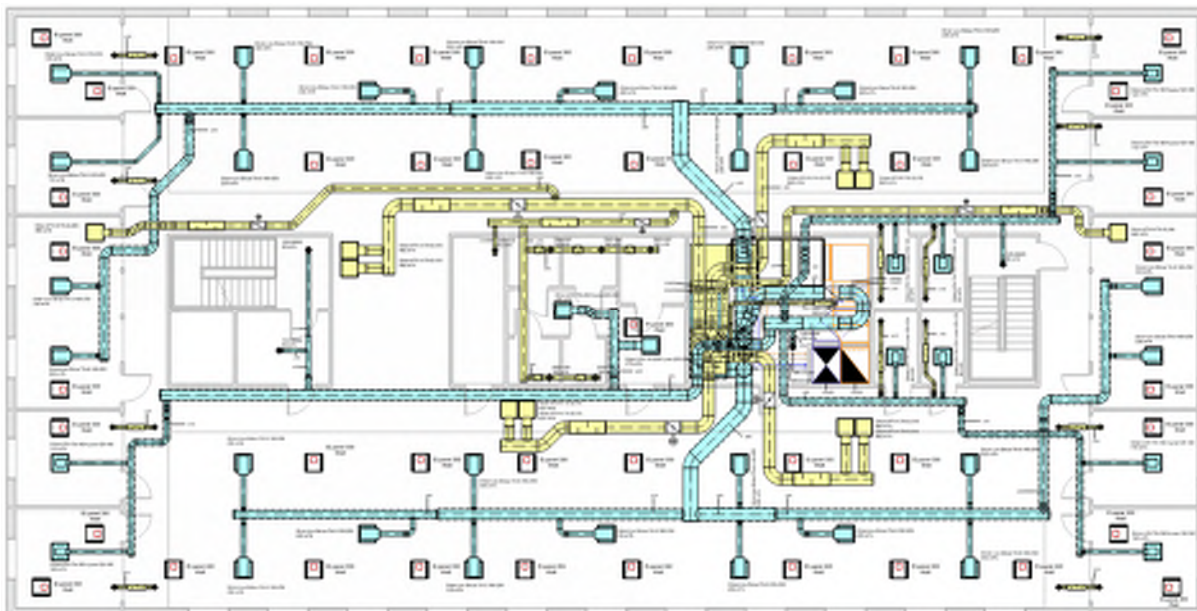
I MEK2 er ventilasjonsløsning identisk som i MEK1. Eneste forskjell er oppvarmingsløsningen, som besørges av 4-rørs kombibafler.



Figur 4 Modellert alternativ MEK2 - Kontor

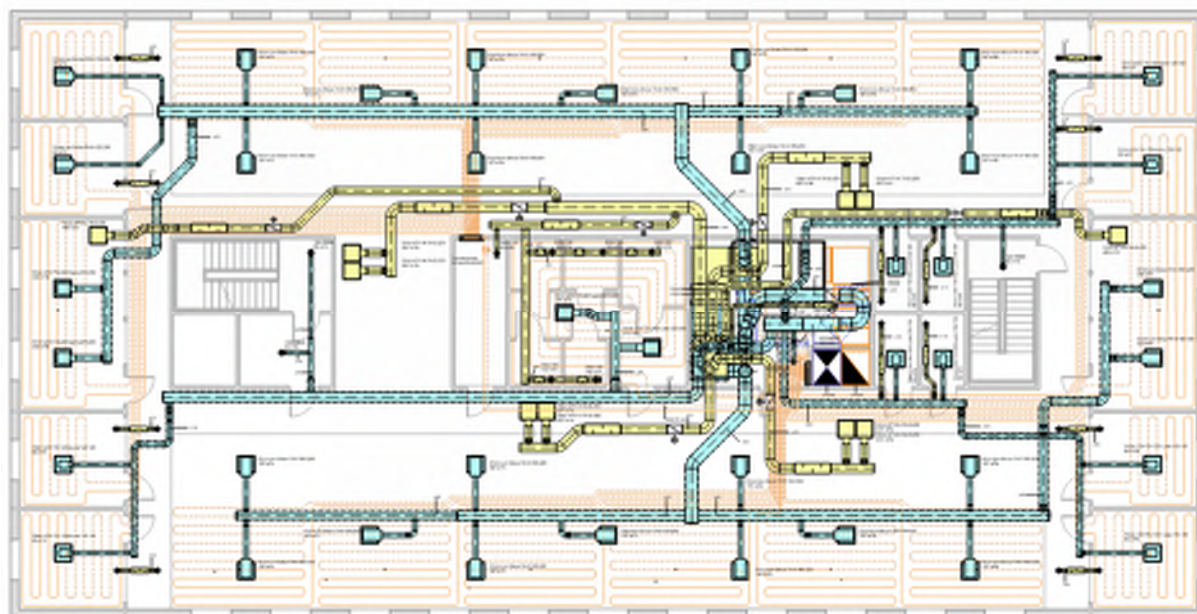


For MEK3 er det lagt inn aktive tilluftsventiler med innebygde VAV/CAV-spjeld, som gjør at kanalnett for tilluft kan forenkles noe. Her er det lagt til grunn himlingsmonterte el-paneler som oppvarmingsløsning, og det er ingen kjøling, ut over sentralkjølt tilluft.



Figur 5 Modellert alternativ MEK3 - Kontor

Ventilasjonsløsning for MEK4 er identisk med MEK3. Eneste forskjell er oppvarming via vannbåren gulvvarme, som også kan benyttes som «svaling».

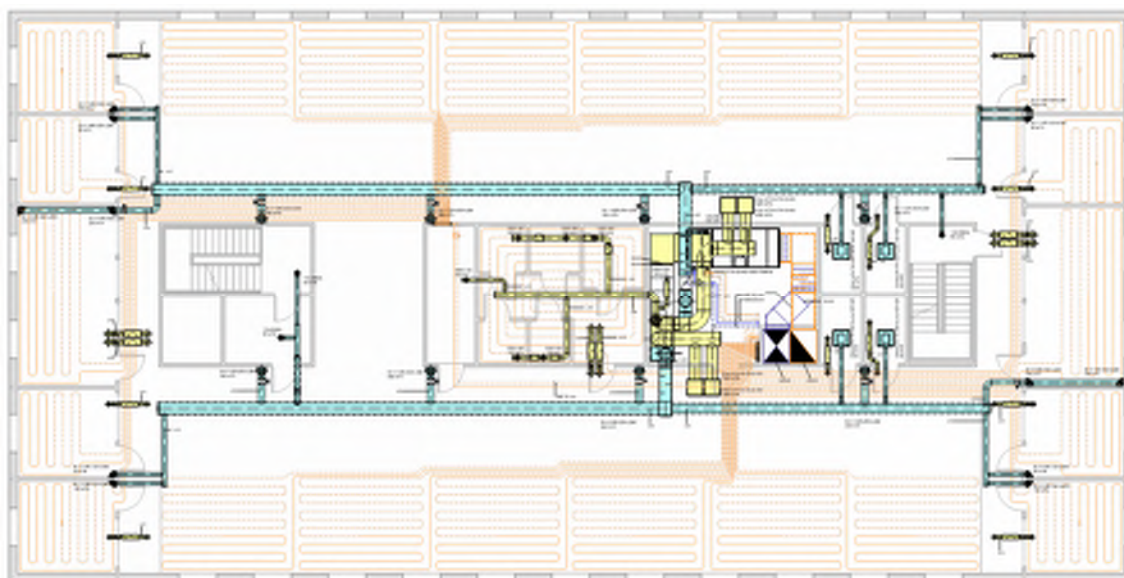


Figur 6 Modellert alternativ MEK4 - Kontor

«Trimmet fortregning» (TF) er et mekanisk alternativ med optimalisert materialbruk og forenklet styring, inspirert av «Powerhouseprosjektene». Her er det benyttet fortregningsventilasjon via gulvstående ventiler. Det er behovsstyrte luftmengder basert på temp./CO₂ i møterom og kontorlandskap, og (tilnærmet) konstante luftmengder i øvrige rom. Hovedkanal på tilluft er lagt uten nedtrapping, og det er utelatt CAV-spjeld. I kontorlandskap er det foran hver tilluftsventil

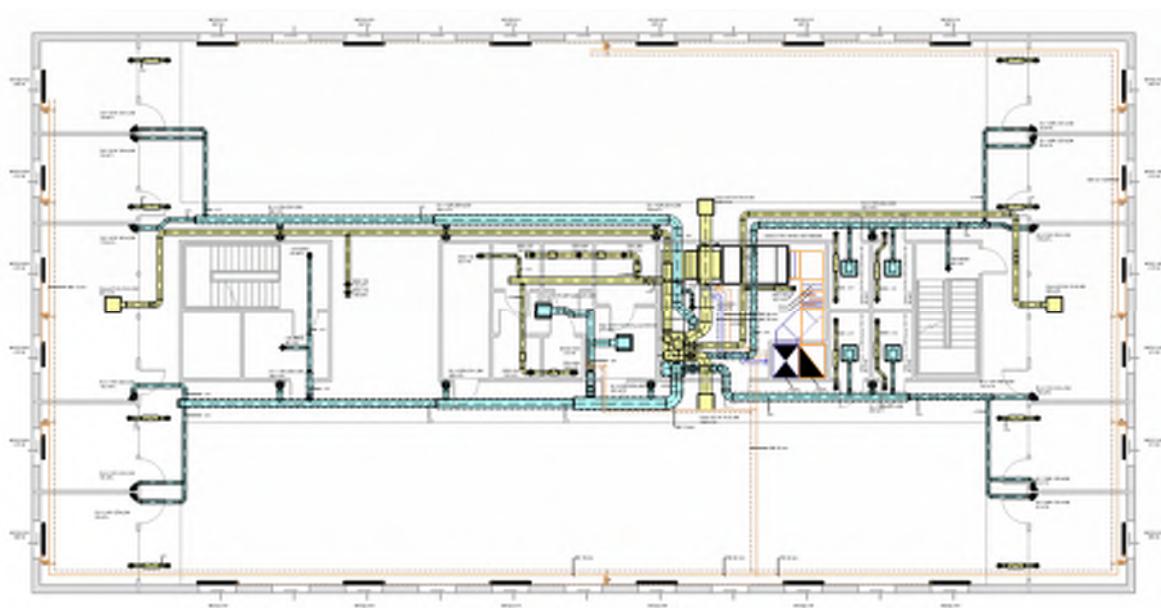


medtatt enkle av/på spjeld uten lydfeller. Tilluftsvifte styres etter trykksensorer montert i hovedkanaler ute i etasjen. Det er medtatt lyddempet overstrømning fra cellekontorer og møterom til sentralavtrekk i landskap. Avtrekksvifte frekvensstyres som slave av tilluft, og det utelates motorspjeld i avtrekkskanaler. I toalettområde monteres en kanalmontert hjelpevifte og irisspjeld for å holde konstant luftmengde der. Luft strømmer over fra landskap til toaletter via lyddempet overstrømning. Varmebehov dekkes av vannbåren gulvvarme, som også har «svale»-funksjon i sommerhalvår.



Figur 7 Modellert alternativ TF - Kontor

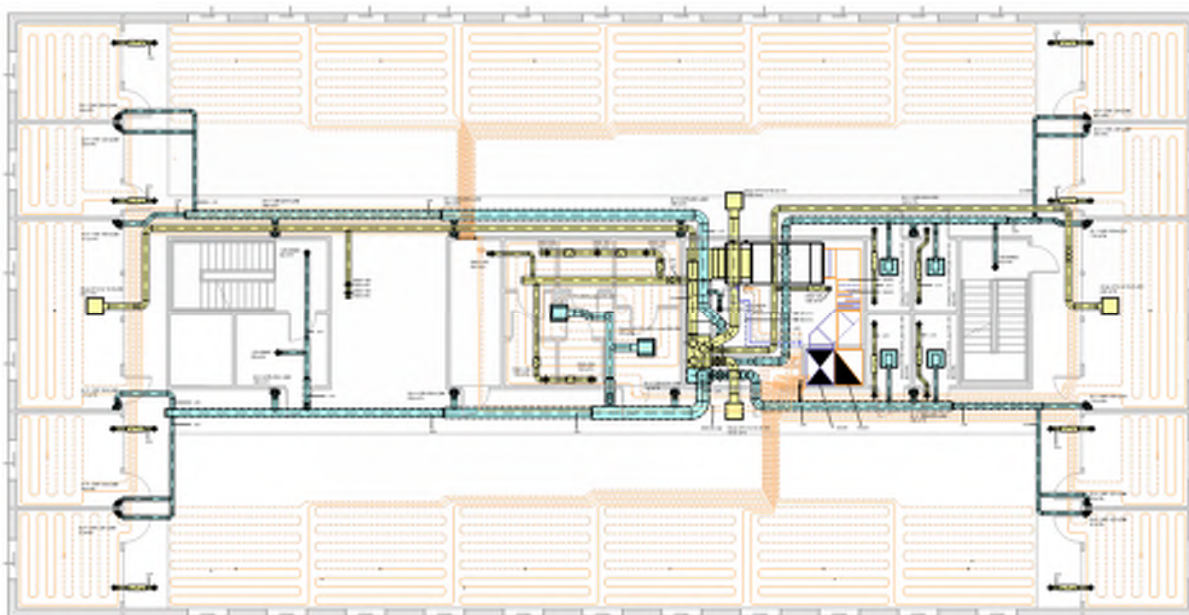
H1-alternativ har forenklet kanalnett og konstante luftmengder med fortrenningsventilasjon, og supplering via motorisert vinduslufting ved behov. De konstante mekaniske luftmengdene er dimensjonert slik at det i vinterhalvåret ikke skal være behov for vinduslufting for å oppnå innklimakrav. Det etableres sentralavtrekk i landskap og lyddempet overstrømning fra cellekontorer og stillerom. Oppvarmingsløsning er radiatorer under vindu.



Figur 8 Modellert alternativ H1 - Kontor

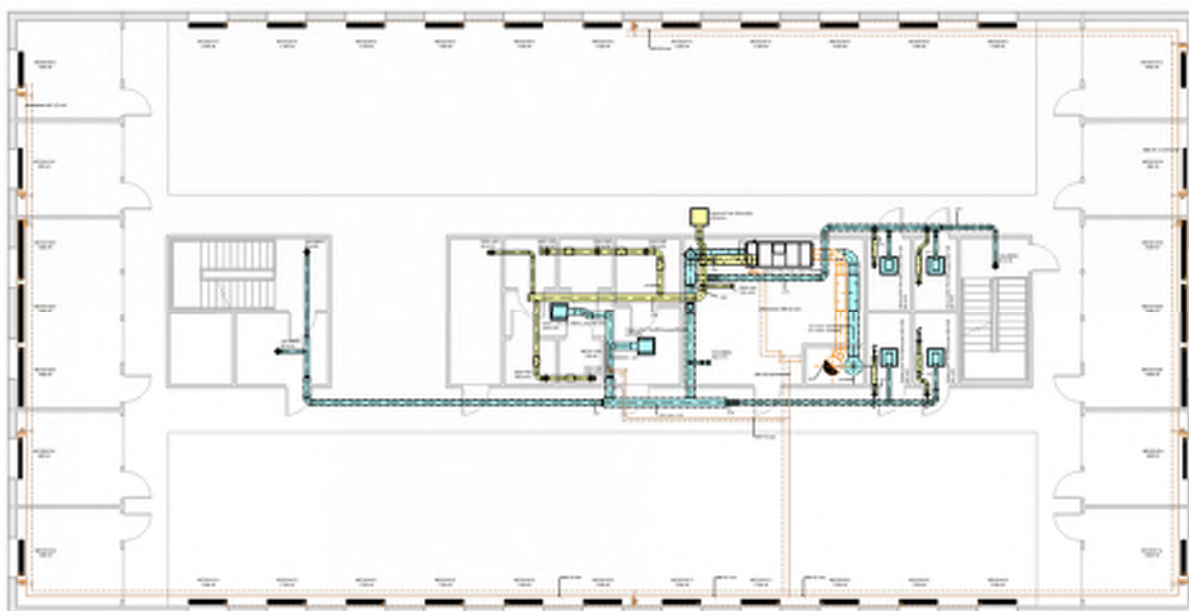


I H2 er ventilasjonsløsning identisk med H1. Eneste forskjell er oppvarmingsløsning, som besørges av vannbåren gulvvarme, som også har «svale»-funksjon i sommerhalvår.



Figur 9 Modellert alternativ H2 - Kontor

I alternativ NV ventileres alle kontorer og møterom i sin helhet via automatisk vinduslufting. Kjerneområder ventileres via et nedskalert mekanisk ventilasjonsanlegg med konstante luftmengder. Oppvarming besørges av vannbårne radiatorer. Omfang og installert effekt på radiatorer blir stort grunnet vinduslufting vinterstid.



Figur 10 Modellert alternativ NV – Kontor



Skolen

De viktigste trekkene for de forskjellige klimatiseringsløsninger for skoleetasjen frem går av Tabell 2.

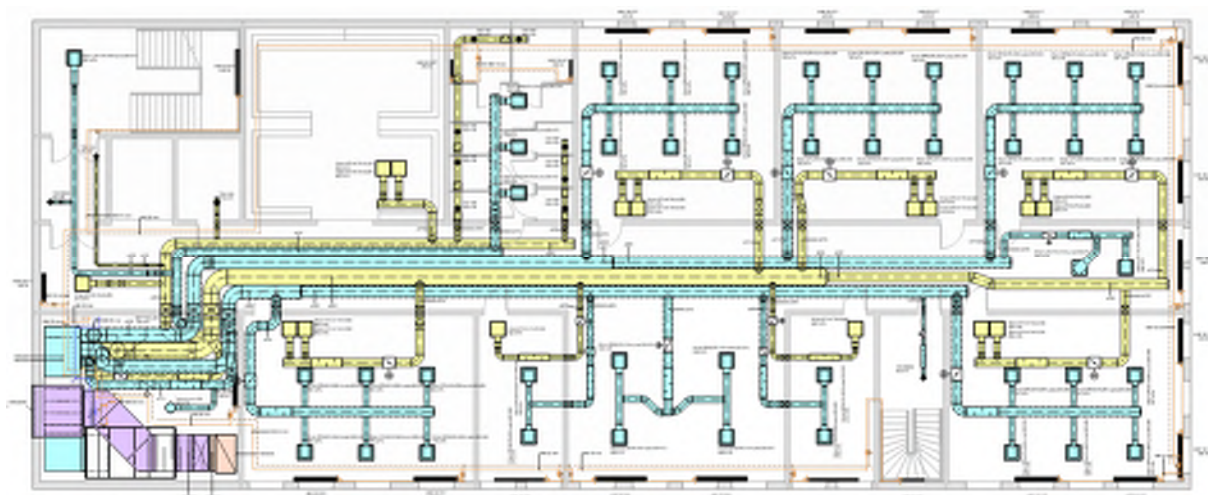
Tabell 2 Oversikt klimatiseringsløsninger – Skole

Skole	Forkortelse	Navn	Ventilasjon	Oppvarming	Kjøling
Mekanisk Omrøring	MEK1	Referanse: "Konvensjonell"	Konv. omrøring med sentralt kjølt luft og VAV i klasserom og grupperom og CAV for øvrig.	Radiator	Luft sentralt
	MEK2	"Aktive ventiler med lokal el."	Konv. omrøring med sentralt kjølt luft og VAV i klasserom og grupperom og CAV for øvrig. Benyttet tilluftsventiler med innebygget VAV.	Elektrisk strålepanel	Luft sentralt
	MEK3	"Aktive ventiler med gulvvarme/-sval"	Konv. omrøring med sentralt kjølt luft og VAV i klasserom og grupperom og CAV for øvrig. Benyttet tilluftsventiler med innebygget VAV.	Gulvvarme	Gulvsvaling
Hybrid	H1	"Nedskalert fortregning og radiatorer"	Mekanisk fortrenningsventilasjon med CAV som "grunnlast". Bidrag nat.vent. via motorstyrte vinduer ved behov.	Radiator	Sentralt kjølt luft
	H2	"Nedskalert fortregning og gulvvarme/-sval"	Mekanisk fortrenningsventilasjon med CAV som "grunnlast". Bidrag nat.vent. via motorstyrte vinduer ved behov.	Gulvvarme	Gulvsvaling
Naturlig	N	"Naturlig ventilasjon og radiatorer"	Motorstyrte vinduer klasserom, grupperom, fellesområder, garderober og trapp. Mekanisk ventilasjon med CAV i toalettakerne, bk og teknisk rom.	Radiatorer	Ingen

For alle skolealternativer er det benyttet etasjeaggregater for ventilasjon, plassert i lokalt teknisk rom. Luftinntak via rist i fasade og avkast opp i felles sjakt til tak. Aggregatet har roterende varmegjenvinner og vannbårne varme- og kjølebatteri. Disse er forsynt fra shunter plassert i felles varmesentral i plan U. Det er lagt til grunn «steng-inne» brannstrategi for ventilasjonsanlegg, med brannspjeld i skiller med brannkrav.

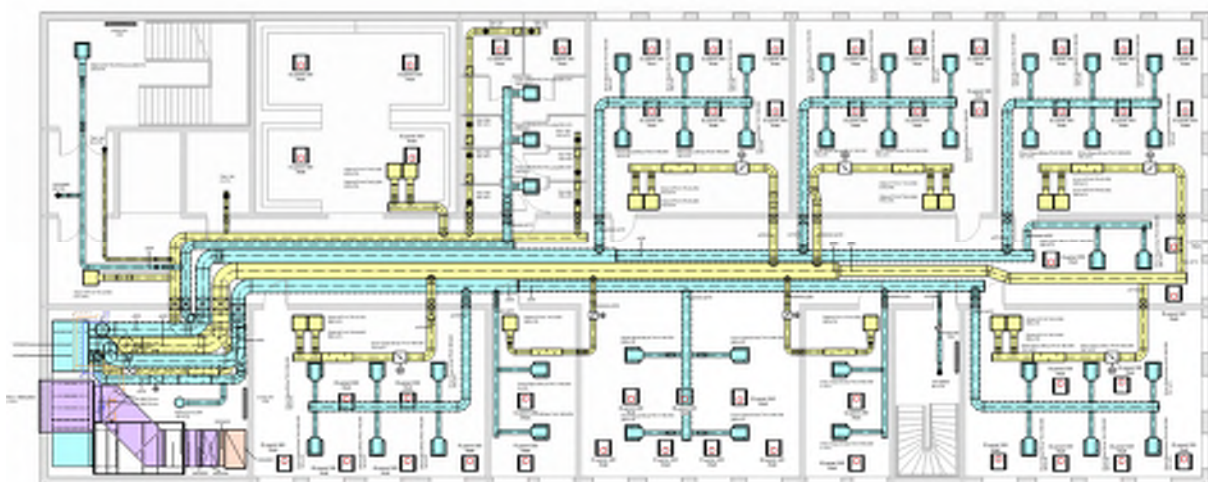
I det følgende er de ulike klimatiseringsløsninger for skole presentert nærmere. Større versjoner av 2D-tegninger for løsningene finnes i Appendiks C.

For MEK1 er det tradisjonelt sprednett med kanalføringer i korridor, omrøringsventilasjon og lokalt avtrekk per rom. Klasserom og grupperom utstyres med behovsstyring (temp./CO₂), mens resterende rom ventileres med konstante luftmengder via CAV-streng. Oppvarming besørges via radiatorer plassert under vinduer.



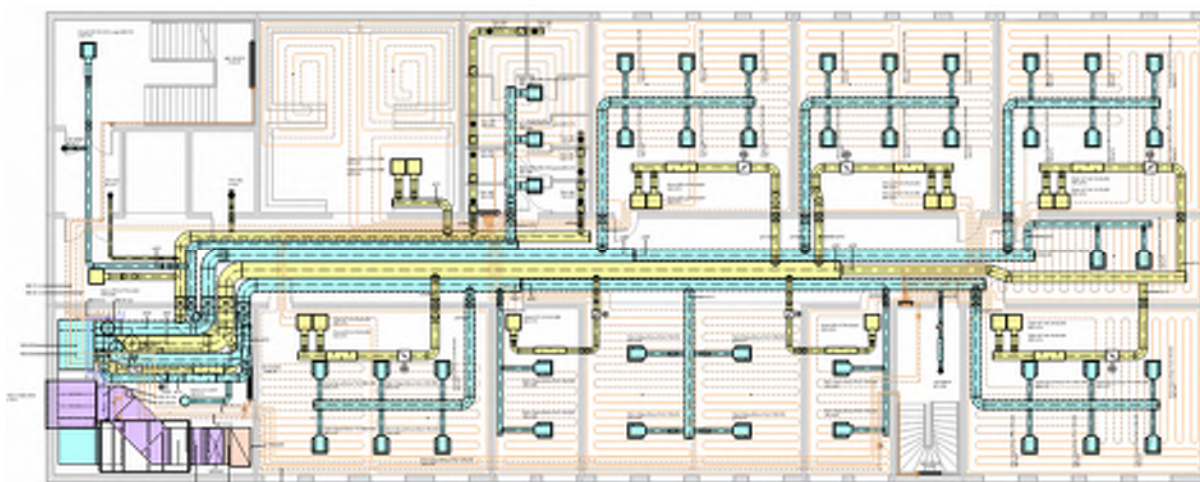
Figur 11 Modellert alternativ MEK1 - Skole

MEK2 følger samme prinsipp som MEK1 for ventilasjon, bortsett fra at det benyttes aktive tilluftsventiler med innebygde spjeld. Som oppvarming benyttes himlingsmonterte el-paneler.



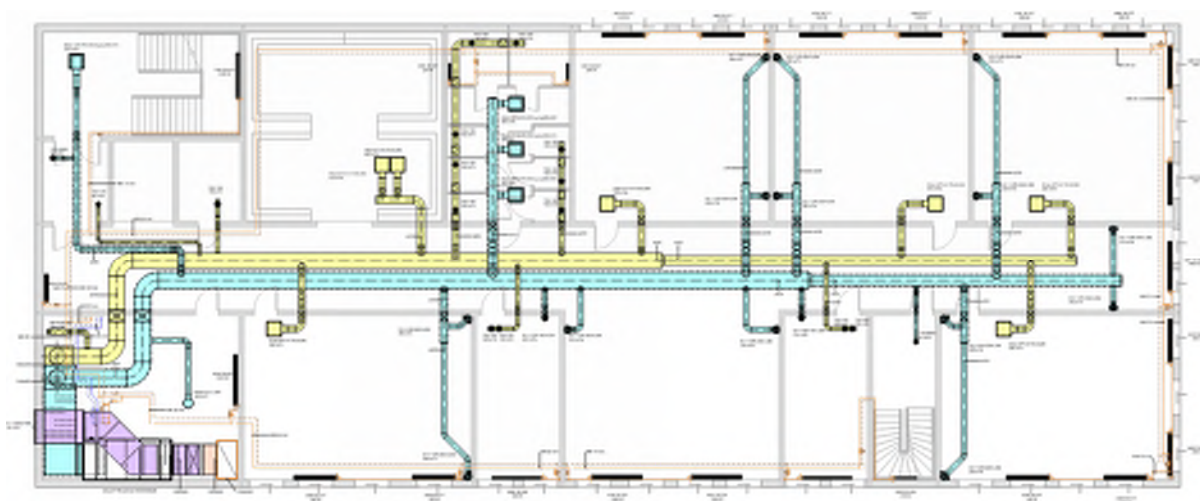
Figur 12 Modellert alternativ MEK2 - Skole

I MEK3 er prinsippet for ventilasjon identisk med MEK2. Eneste forskjell er oppvarmingsløsningen, som besørges av vannbåren gulvvarme. Denne har i tillegg mulighet for «svale»-funksjon.



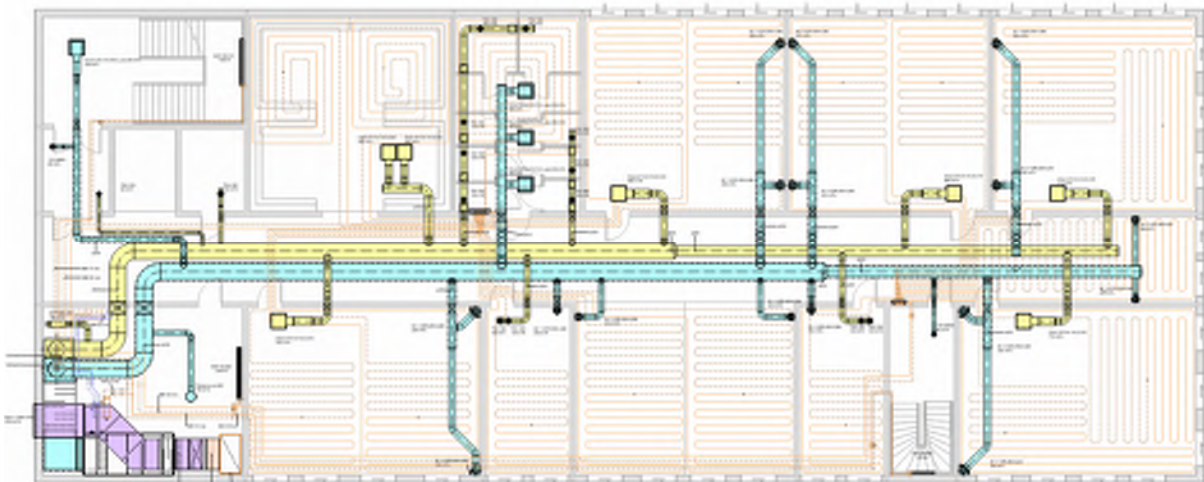
Figur 13 Modellert alternativ MEK3 - Skole

H1-alternativ har forenklet kanalnett grunnet lavere luftmengder og det benyttes CAV. Det suppleres med motorisert vinduslufting ved behov. Det benyttes fortrengningsventilasjon i klasserom, grupperom og allrom, med gulvstående ventiler plassert ut mot hjørner i rom. De konstante mekaniske luftmengdene er dimensjonert slik at en ikke skal behøve å supplere med vinduslufting for å oppnå inneklimakrav i vinterhalvåret. Oppvarmingsløsning er radiatorer under vindu.



Figur 14 Modellert alternativ H1 - Skole

I H2 er prinsipp for ventilering identisk som H1. Eneste forskjell er oppvarming, som i H2 besørges av vannbåren gulvvarme. Denne har i tillegg mulighet for «svale»-funksjon.



Figur 15 Modellert alternativ "Hybrid 2" - Skole

Til slutt kommer alternativ NV. Alle klasserom, grupperom, allrom, garderobe og trapp ventileres i sin helhet via automatisk vinduslufting. Toalettkjerner, bøttekott, forrom til trapp og teknisk rom ventileres via et nedskalert mekanisk ventilasjonsanlegg med konstante luftmengder. Oppvarming besørges av vannbårne radiatorer. Omfang og installert effekt på radiatorer blir stort grunnet vinduslufting vinterstid.



Figur 16 Modellert alternativ "Naturlig ventilasjon" - Skole

1.4. Energiforsyning

I forbindelse med energi- og klimagassberegninger er det lagt til grunn to forskjellige energiforsyningsløsninger for typebyggene. Alternativ 1 består av fjernvarme til dekning av alt varmebehov og kjølemaskin med tørrkjøler til dekning av kjølebehov. I alternativ 2 er det væske/vann varmepumpe og energibrønner som grunnlast og elkjel som spisslast. For dekning av kjølebehov er det i alternativ 2 lagt til grunn at 60 % (energidekning) dekkes av frikjøling mot brønnpark og 40 % via kjølemaskin. Tabellen under viser detaljer rundt energiforsyningsløsningene.



Tabell 3 Energiforsyning, sammenstilt

	Varme									
	Basislast					Spisslast				
	Type	Andel (energi-dekn.)	COP	CO2	Kilde	Type	Andel (energi-dekn.)	COP	CO2	Kilde
Alt. 1	Fjernvarme	100 %	0,87	Oslo Fjernvarme	NS 3030:2014 Fjernvarme, godt isolerte rør, Radiator	-	-	-	-	-
Alt. 2	Varmepumpe	90 %	2,91	NO+EU28	NS 3030:2014 varmepumpe lav temp, godt isolerte rør, Gulvvarme	Elkjel	10 %	0,86	NO+EU28	NS 3030: 2014 elkjel , godt isolerte rør, Gulvvarme
	Kjøling									
	Basislast					Spisslast				
	Type	Andel (energi-dekn.)	COP	CO2	Kilde	Type	Andel (energi-dekn.)	COP	CO2	Kilde
Alt. 1	Kjøle-maskin og tørrkjøler	100 %	2,2	NO+EU28	NS 3030: 2014 KM på TK.	-	-	-	-	-
Alt. 2	Frikjøling mot brønn	60 %	10	NO+EU28	Erfarings-tall	Maskinell kjøling	40 %	2,4	NO+EU28	NS 3030:2014 KM på brønn.

1.5. Klimagassverktøy for VVS

For å utføre klimagassberegninger for VVS-komponenter direkte i BIM-modellene, har prosjektet Grønn VVS utviklet et verktøy som gir brukeren muligheten til å beregne og vurdere ulike alternativer direkte i BIM-modellen. Dette uten behov for eksport til IFC-fil eller andre formater. Verktøyet benytter Revit API og kan installeres som en add-in til Revit.

Siden det foreløpig ikke finnes utslippsdata direkte på komponentene i Revit, er verktøyet avhengig av en database som matcher komponentene i modellen med tilsvarende komponenter i databasen. Programmet skiller mellom fire forskjellige datakvaliteter basert på nøyaktigheten i databasen. Der hvor det finnes en EPD, vil datakvaliteten settes til 1. Datakvalitet 2 betyr at et tilsvarende produkt er benyttet som stedfortreder, mens datakvalitet 3 benyttes der det ikke finnes datakvalitet 1 og 2 og representerer en utslippsfaktor for et materiale (e.g. stål). I de tilfellene en ikke oppnår en match, men brukeren vet at det eksisterer et tilsvarende produkt, er det mulig å selv mappe dette. En slik brukermapping tilsvarer datakvalitet 4.

Verktøyet har også forskjellige beregningsmetoder basert på typen komponent som behandles. Rør og kanaler beregnes i lengde, isolasjon i volum, og øvrige komponenter i stykk. Dette gir brukeren en god oversikt over hva som kan endres og hva som bør prioriteres, ettersom disse benevnningene også benyttes i modelleringsprogrammet.

Når en beregning er utført, klassifiserer programmet komponentene i henhold til bygningsdelstabellen på 3-sifternivå. Resultatene presenteres deretter til brukeren gjennom et grafisk brukergrensesnitt, hvor hver komponent er summert under bygningsdel. Dette gjør det enkelt for brukeren å vurdere hvilke komponenter og systemer som bør prioriteres for å effektivt redusere klimagassutslippene knyttet til VVS. Det blir også presentert hvilke komponenter som mangler match og en prosentvis presentasjon av dette.

Etter at brukeren har utført en beregning i modelleringsprogrammet og gjort ønskede endringer, er det mulig å eksportere resultatene til en Excel-fil for en ryddig oversikt. I tillegg kan resultatene skrives tilbake til modellen, noe som muliggjør visualisering av resultatene. Dette gjør det mulig å se visuelt hvilke komponenter i modellen som har høyest utslipp. Dette er vist i Figur 20. Figur 20 Brukergrensesnitt for klimagassverktøy – visualisering av resultater i modell

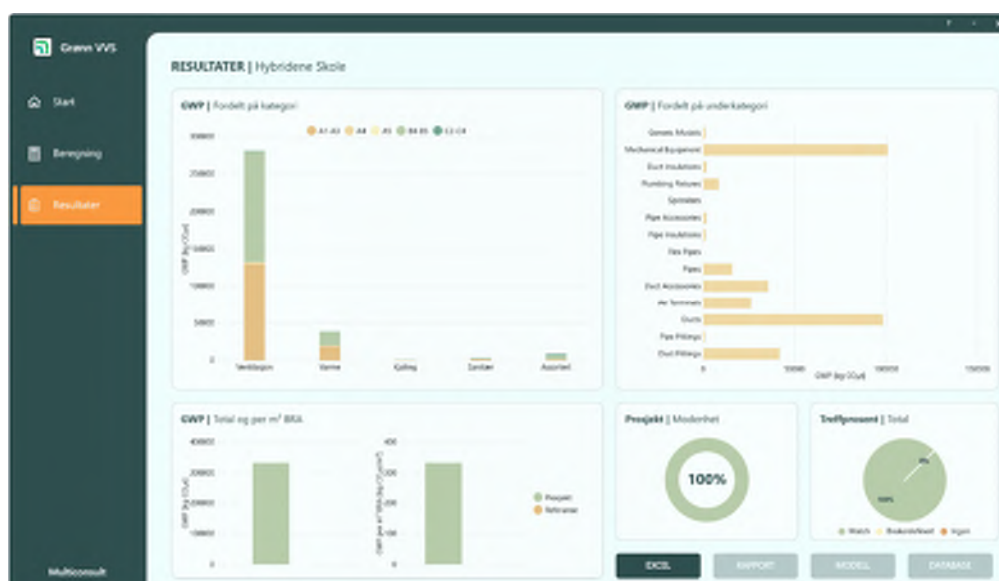
Bruergrensesnittet til verktøyet er presentert i Figur 17 til Figur 19.

[illegible]

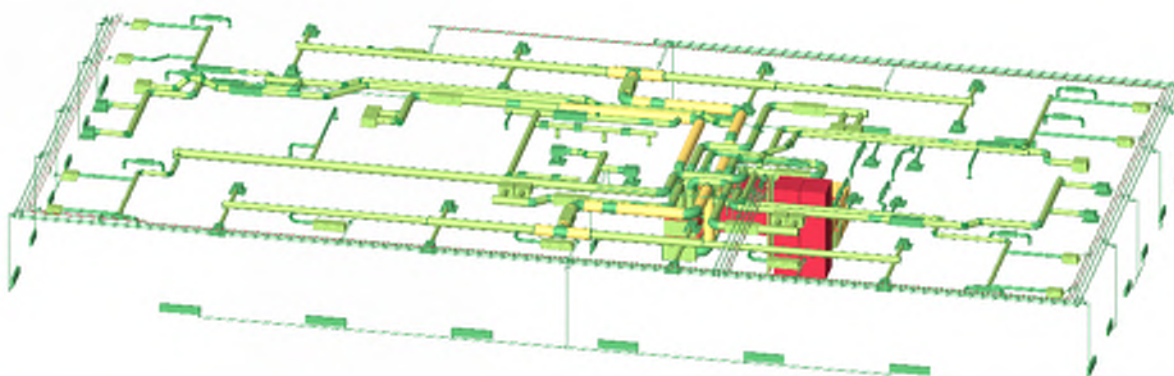
Figur 17 Brukergrensesnitt for klimagassverktøy – startmeny.

[illegible]

Figur 18 Brukergrensesnitt for klimaagassverktøy – Beregningsoversikt.



Figur 19 Brukergrensesnitt for klimagassverktøy – Resultatvisning.



Figur 20 Brukergrensesnitt for klimagassverktøy – visualisering av resultater i modell. Her vist for MEK1.



2. Metode

2.1. Systemgrenser

Avgrensning for vurderte klimatiseringsløsninger i denne studien er alle installasjoner knyttet til varme- kjøle og luftbehandling lokalt i etasjer for skole- og kontorbygg. For ventilasjon er det valgt løsning med lokale aggregater per etasje, slik at anlegg for luftbehandling (bygningsdel 36) vil være omfattet i sin helhet. For varme- og kjøleanlegg (henholdsvis bygningsdel 32 og 37), er imidlertid energisentral utelatt, da denne ligger utenfor "standard etasje". Presenterte klimagassutslipp knyttet til varme og kjøleanlegg i denne rapporten vil relativt sett dermed representere en noe mindre andel av totalen i virkelige prosjekter.

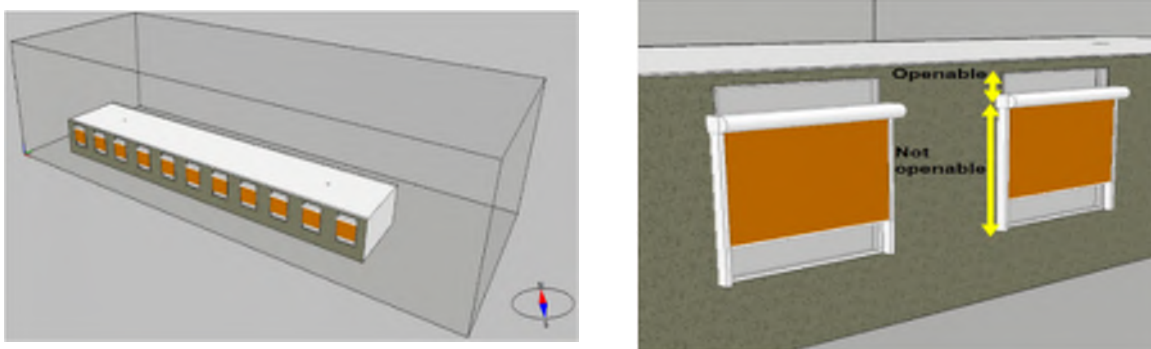
2.2. Inneklima

IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE)-verktøyet, som er utviklet av EQUA Simulation AB, ble brukt som en dynamisk simuleringsprogramvare for bygningsenergi, med målet om å simulere og vurdere effektiviteten av klimatiseringssystemene med tanke på det termiske inneklimaet. De påfølgende avsnittene beskriver modellerings- og simuleringsprosedyrene som ble implementert gjennom IDA ICE-verktøyet versjon 5.0.

2.2.1. Detaljer om bygningsenergimodell

En teknisk bygningsmodell som representerer en «mixed-mode» bygning, for eksempel et kontorlandskap og et klasserom plassert i midtetasje i en typisk kontor- (som vist i Figur 21) og skolebygning i Oslo, ble analysert.

Karakteristikkene til bygningskroppen, belysningssystemet, VVS-systemet og innstillingene ble nøye valgt i samsvar med bestemmelsene som er beskrevet i den norske forskriften, TEK17 [3] og de tekniske kravene for skoler i Oslo kommune [4]. Internlaster inkludert personer, utstyr og belysning, sammen med deres bruksprofiler ble valgt i samsvar med norske standardspesifikasjoner for bygningsenergiytelse, NSPEK [5]



Figur 21. 3D-modell av kontorlandskapet i IDA ICE med to-delt vindu

Vinduene er delt inn i to forskjellige deler. Den større nedre delen, som strekker seg over 1,8 meter i høyden, har et automatisert eksternt solskjermingssystem og er ikke åpningsbar. I motsetning er den mindre øvre seksjonen, som måler 0,4 meter i høyde, designet for å kunne åpnes. Bygningens egenskaper, interne gevinster og spesifikasjoner for mekanisk ventilasjon er beskrevet i Tabell 4.

Tabell 4. Detaljer om egenskapene til bygningens klimaskjerm, interne varmetilskudd og spesifikasjoner for mekanisk ventilasjon



Parameter, Enhet	Verdi/egenskaper
Yttervegg U-verdi, W/(m ² , K)	0,18
Glass U-verdi, W/(m ² , K)	0,70
g-verdi (uten / med solskjerming)	0,50 / 0,05
Normalisert kuldebroverdi ψ , W/(m ² , K)	0,03
Lekkasjetall n50, (1/h)	0,60
Solskjerming styringsmetode	Solfluks > 175 W/m ²
Internlaster (personer-belysning-utstyr)	Kontorlandskap: 6 m ² /person - 8 W/m ² - 25 W/m ²
	Cellekontor: 1 person – 6 W/m ² - 9W/m ²
	møterom: 2 m ² /person – 6 W/m ² - 22 W/m ²
	Skole: 2 m ² /person – 6 W/m ² - 15 W/m ²
Bruksprofil	NSPEK 3031 [3]
Normalisert SFP	1,5 kW/(m ³ /s)
Gjennomsnittlig varmegjenvinningsgrad	80 %

2.2.2. Strategier for ventilasjonskontroll

Som nevnt i avsnitt 1.3 vurderes tre forskjellige ventilasjonsstrategier: Fullmekanisk, hybrid og naturlig ventilasjonssystem. Det mekaniske systemet benytter mekanisk ventilasjon med full variabel luftmengde (VAV), med CO₂- og temperaturkontrollere innstilt på en konstant tilførselslufttemperatur på 18 °C gjennom hele året. De minste og maksimale luftmengdene er valgt basert på det som er beskrevet i appendiks D og E, med tilhørende minimums- og maksimumstemperaturer og CO₂-innstillinger på 21 °C - 23 °C og 400 ppm - 900 ppm, henholdsvis. De maksimale luftmengdene er bestemt for å oppfylle standardene for termisk komfort og inneklima som er beskrevet av Arbeidstilsynet. De mekaniske og TF ventilasjonsløsninger utnytter også nattventilasjon utenfor driftstid. Hybridventilasjonen benytter en kombinasjon av VAV mekanisk ventilasjon styrt av lufttemperatur og CO₂ med naturlig ventilasjon via automatisk vindusåpningskontroll. Naturlig ventilasjon tar i bruk samme automatiske vindusåpning som hybridventilasjonen, uten noe bidrag fra mekanisk ventilasjon.

Figur 22 illustrerer styringen av det hybride ventilasjonssystemet som utnytter naturlig ventilasjon.

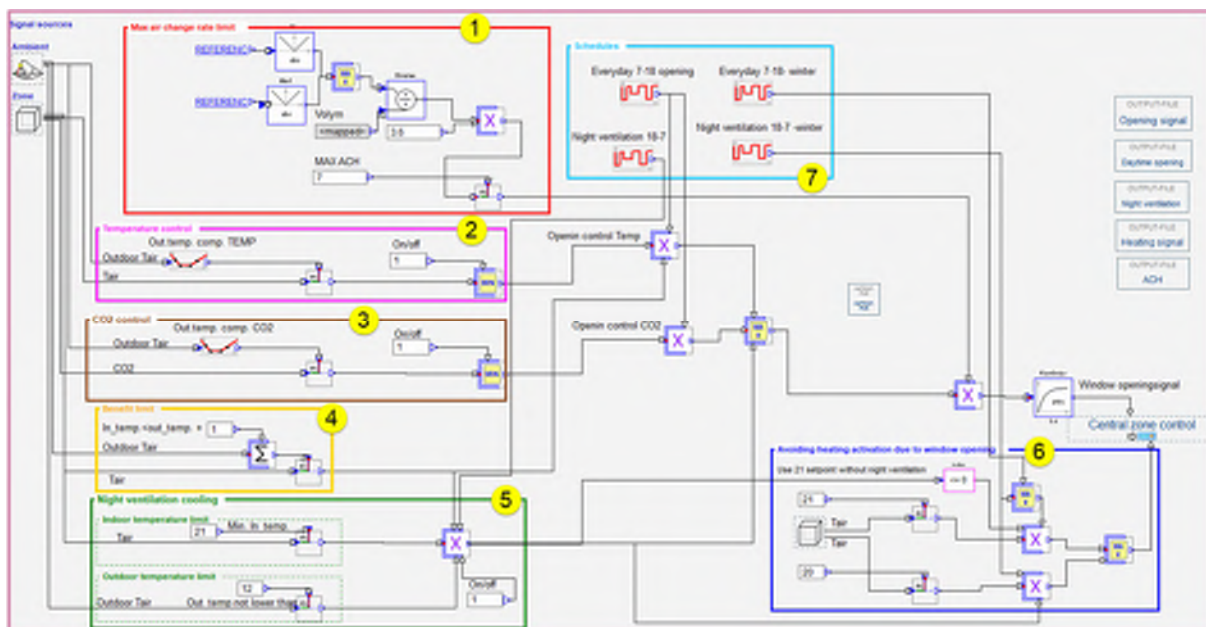
Dette systemet er modellert i IDA ICE og inkluderer kontrollområder som bestemmer hvordan vindusåpninger kontrolleres automatisk. Det hybride ventilasjonskontrollsystemet fungerer ved å prioritere mekanisk ventilasjon, som har forrang fremfor åpning av vinduer.

Dersom lufttemperaturen og CO₂-nivåene i de angitte kontrollområdene (2, 3 og 5) overstiger sine innstillingspunkter, vil vindusåpningsmekanismen aktiveres. Spesielt hvis innetemperaturen går over 24 °C og er høyere enn utetemperatur med minst 1 °C (kontrollområde 4), eller hvis CO₂-nivået overstiger 950 ppm, vil vinduene automatisk åpne seg mellom klokken 07:00 og 18:00 (kontrollområde 7).

Utenfor oppholdstid (mellom klokken 18:00 og 07:00), vil vinduene åpne dersom innetemperaturen er høyere enn 21 °C, utetemperatur er høyere enn 12 °C, og innetemperaturen er høyere enn utetemperatur med minst 1 °C. Gjennom dagen er maksimal luftveksling per time (ACH) gjennom vinduene begrenset, slik at urimelig mye lufting ikke forekommer (kontrollområde 1). Åpningsgraden justeres automatisk for å møte de spesifiserte kravene.



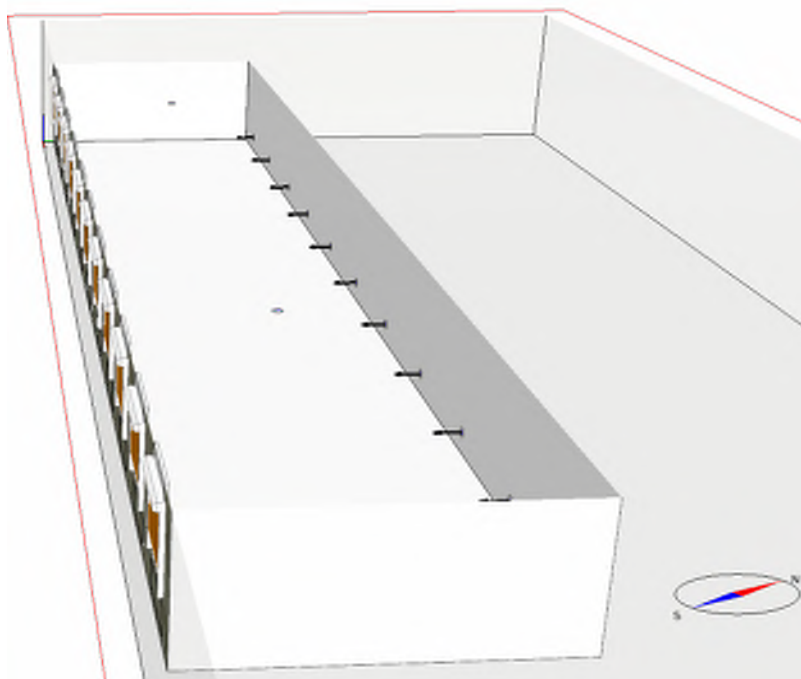
I tillegg opererer oppvarmingssystemet dersom innetemperaturen faller under 21 °C gjennom dagen. Men, hvis nattventilasjonen aktiveres, reduseres oppvarmingsinnstillingen med 1 °C (oppvarmingsinnstilling 20 °C) for å unngå samtidig drift av vindusåpning og radiatorer (kontrollområde 6). For mer detaljert beskrivelse av styringsrutingen, henvises til Rabani & Petersen (2023) [6].



Figur 22. Skjema over utviklet vindusåpningskontroll i det hybride ventilasjonssystemet

2.2.3. Simuleringstype

To ulike typer simuleringer er gjennomført. Den første, kalt «Climate» i IDA ICE, ble brukt til å vurdere gjennomsnittlig CO₂-nivå, operativ temperatur og luftutskifting gjennom hele året, samt på tre utvalgte dager om vinteren, våren samt dimensjonerende sommerdag for å vurdere vindusåpningsmetoden med hensyn til disse faktorene. Den andre metoden, kalt «Climate with stratification» i IDA ICE, ble brukt til en detaljert analyse av operativ temperatur, CO₂, trekk og termisk komfort kriterier kun for én dag om våren og én dag om vinteren. I Figur 23 vises plasseringen av tilluftventiler og avtrekk for detaljerte inneklimasimuleringer i IDA ICE. Tilluftsentilene er plassert på gulvnivå, mens avtrekket er plassert i himlingen for å modellere nedskalert fortrengning.



Figur 23. Plassering av tilluft og avtrekk for å modellere nedskalert fortrengningsventilasjon.

2.3. Dimensjonerende størrelser

De nødvendige dimensjonerende størrelser for luftmengder samt effekter for kjøling og varme er verifisert og tilpasset gjennom iterative inneklima simuleringer i IDA ICE.

Det er lagt til grunn likt dimensjonerende romoppvarmingsbehov i mekaniske og hybride alternativer, da det er svært begrenset behov for vinduslufting i vinterhalvår for de valgte hybride løsninger. Dette da mekanisk ventilasjonsmengde hybride løsningene er kalibrert slik at lufting kun forekommer når det er allerede overskuddsvarme i rommet, og luftinger driver derfor ikke opp nødvendig oppvarmingseffekt.

For naturlig ventilasjonsalternativ er varmebehov betydelig høyere, da her åpnes luker når det er nødvendig uavhengig av utetemperatur. Dette driver behovet for varmeeffekt, som da kan ivareta globalt termisk inneklima i lokalene. Til dette bemerkes at på tross av tilfredsstillende globale forhold, er det sannsynlig at det vil ved lukeåpning i vinterhalvåret være perioder med ikke tilfredsstillende lokalt termisk inneklima. Løsningene med naturlig ventilasjon er dermed ikke ekvivalente mht. inneklima vinterstid, sammenlignet med fullmekaniske og hybride alternativer.

Dimensjonerende størrelser for kontor fremgår av Appendiks D, og Appendiks D for skoleetasjen.

2.4. Energi

Energiberegningene er utført i IDA ICE, med utgangspunkt i de samme forutsetningene som er brukt for simulering av inneklima, se avsnitt 2.2.

Vifteytelsen i ventilasjonsaggregatet er imidlertid justert gjennom kurvetilpasning, basert på veiledende verdier for driftspunkter for SFP i Tabell F.3 som angitt i NS 3031:2014 [7] [4].

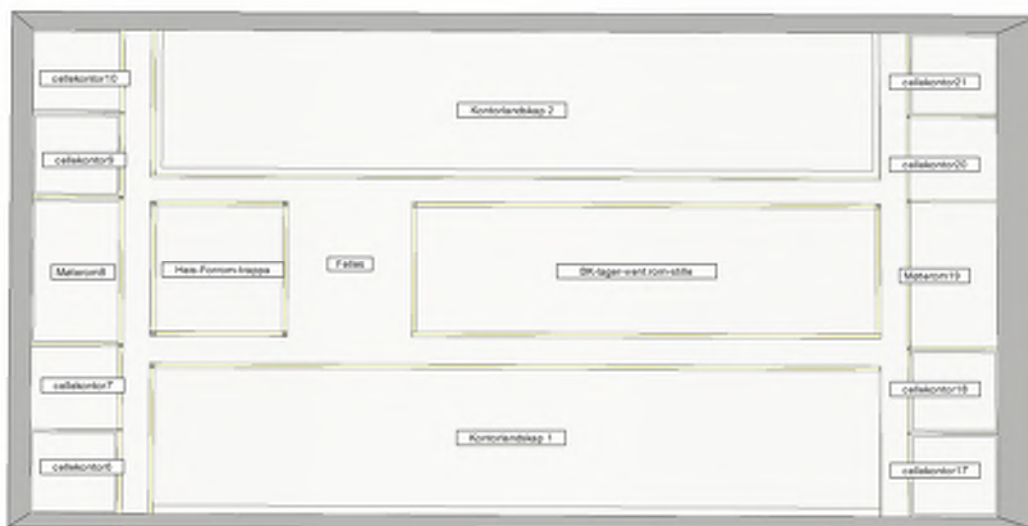
Soneinndelingen for energiberegninger for både kontor og undervisningsbygg er vist i Figur 24(a) og



(b) henholdsvis. Det må påpekes at i de forskjellige klimatiseringsløsningene inkluderer kjernen i kontorbygg følgende funksjoner: Heis, forrom og trapperom (som er slått sammen i beregningene), ventilasjonsrom, bøttekott (BK) / lager, toaletter, sjakter og stillerom (som også er slått sammen i beregningene), samt fellesarealer utstyrt med CAV-ventilasjonsystem som har samme luftmengde i alle klimatiseringsløsninger. Likeledes er ventilasjonsrom, BK, heis, forrom, trapperom, garderobe og WC i undervisningsetasjen slått sammen og utstyrt med CAV-ventilasjon.

Alle vinduer innenfor hver case, hybrid eller naturlig, styres likt, eksempelvis har vinduer i fellesarealer samme styringsmetode som vinduer i klasserom og grupperom.

For TF klimatiseringsløsningen er det antatt et noe høyere operativt temperaturnivå enn det som er angitt i offentlige krav, nemlig 27 °C i stedet for 26 °C. Dette er for å tilnærme modellen den virkemåten fortrenkningsventilasjon vil ha i en virkelig driftssituasjon, dvs. at temperaturen i oppholdssonen vil grunnet temperaturstratifisering i praksis være lavere enn den fullt oppblandede temperaturen i avtrekken.



(a)



(b)

Figur 24. Soneinndeling av (a) kontor- og (b) undervisningsetasje i IDA ICE



2.5. Klimagassberegninger

2.5.1. NS 3720 Metode for klimagassberegninger for bygninger

Livsløpsanalyser (LCA) er en metodikk for å systematisk evaluere miljømessige konsekvenser knyttet til et produkt, et produktsystem eller en aktivitet. Livsløpsanalyser for bygninger er definert generelt i NS-EN 15978 *Bærekraftige byggverk – Vurdering av bygningers miljøpåvirkning – Beregningsmetode* [8], og spesielt for klimagassberegninger i NS 3720 *Metode for klimagassberegninger for bygninger* [9]. NS 3720 angir retningslinjene for utarbeidelse av klimagassberegninger for bygninger, inkludert forhåndsdefinerte omfang for beregninger. Klimagassutslipp over levetiden tilordnes moduler fra A til D, som omfatter ulike deler av byggets livsløp fra produksjon av materialer fram til avhending av bygget. Beregningene som presenteres i denne rapporten følger prinsippene og retningslinjene i NS 3720.

2.5.2. Formål

Formålet med beregningen er å vurdere klimagassfotavtrykket fra ulike sammenlignbare klimatiseringsløsninger for hhv. skole og kontor for derved å kunne identifisere klimavennlige klimatiseringsløsninger. Bakgrunnen for prosjektet og målsettingen er beskrevet nærmere i kapittel 1.1.

2.5.3. Systemgrense

Systemgrenser er grensesnittet mellom det som omfattes og det som ikke omfattes i rom og tid i beregningene og er avgjørende for at analysen skal være konsistent, gjennomslutlig og relevant for målene. Systemgrensen for selve klimatiseringsløsningene er beskrevet i kapittel 2.1. NS 3720 definerer ikke systemgrenser for klimagassberegninger i det enkelte prosjektet og systemgrensen må derfor defineres av prosjektet selv. Omfanget på denne beregningen er materialproduksjon, transport, utskifting, avfallsbehandling (A1-A3, A4, B4, C2-C4), samt kapp og svinn på byggeplass (A5), og energibruk i drift (B6) (Tabell 5). Inkluderte bygningsdeler etter 2- og 3 siffer nivå iht. standardisert bygningsdelstabell [10] er oppsummert i Tabell 6.

Tabell 5 Faser i bygningens livsløp inndelt i moduler etter NS 3720. Inkluderte moduler i klimagassberegningene presentert i denne rapporten er indikert med kryss nederst i tabellen.

Produktstadiet			Gjennomføringsstadiet		Bruksstadiet								Livsløpets slutt				Konsekvenser utover systemgrensen
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	C1	C2	C3	C4	D
Råvarer	Transport råvarer	Produksjon	Transport til byggeplass	Anleggs- bygge- og monteringsarbeid	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskifting	Ombygging	Energibruk i drift	Vannforbruk i drift	Transport i drift	Riving	Transport	Avfallsbehandling	Avhending	Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi
x	x	x	x	x				x		x				x	x	x	



Tabell 6 Inkluderte bygningsdelar /systemer i beregningen

Bygningsdel 2-siffer	Bygningsdel 3-siffer
32 Varme	322 Varmerør
	324 Varmearmaturer
	325 Varmeutstyr
	326 Varmeisolasjon
36 Luftbehandling	362 Kanaler
	364 Luftfordelingsutstyr
	365 Luftbehandling
	366 Ventilasjonsisolasjon
37 Kjøling	372 Kjølerør
	374 Kjølearmaturer
	376 Kjøleisolasjon

2.5.4. Tidshorisont for beregningen

Tidshorisont for beregningen er satt til 50 år. Dette er en standard tidshorisont som benyttes iblant annet i veiledning til klimagassberegninger iht. byggteknisk forskrift [11] og som benyttes i andre land i Norden og EU.

2.5.5. Funksjonell enhet

Funksjonell enhet i analysen er 1 m² klimatisert lokale (kontor og skole) over en periode på 50 år.

2.5.6. Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyser gjøres for å vurdere beregningenes robusthet og gjøres for de områdene, temaene eller kildene som fører til de største bidragene til objektenes klimagassutslipp. I denne beregningen gjøres det en følsomhetsanalyse for utslippsfaktor for elektrisitet. Utslippsfaktor for elektrisitet har stor betydning for livsløpsutslippene i klimagassberegningene, da faktoren er vesentlig forskjellig for norsk produksjonsmiks basert på fornybar energi og europeisk miks som i større grad er basert på fossile kilder.

2.5.7. Scenarier og antagelser

Scenarier er antagelser som benyttes dersom det ikke foreligger detaljert informasjon og/eller utslippene vil skje fram i tid i livsløpet. Sentrale scenarier i denne beregningen er oppsummert som følger:

- Komponentenes levetid er fastsatt av kvalifiserte rådgivere med spesialkompetanse innen VVS. Benyttede levetider for de ulike komponentene er gjengitt i Appendiks A.
- Transportavstander for materialer er satt til 300 km iht. *Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap. Byggteknisk forskrift (TEK17) § 17-1* [11] Benyttet utslippsfaktor for transport i drift er 0,13 kg CO₂-ekv. per tonn-km.
- Elektrisitetsfaktor benyttet er jamfør NS 3720 satt til *Electricity, EU28 + Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2018-2020 average): 0,0962 kg CO₂-ekv/ kWh*, som er en gjennomsnittsfaktor for levetiden til bygget med en antagelse om en lineær negativ utvikling i utslippsintensitet fram mot 2050.
- Utslippsfaktor for fjernvarme er basert på Celsio NEPD-3785-2721 med en korrigering av utslippsfaktoren for innsatsfaktoren elektrisitet i fjernvarmeproduksjonen for å harmonisere med utslippsfaktoren for elektrisitet benyttet for øvrig i beregningen. Benyttet utslippsfaktor fjernvarme i beregningene er: 0,041 kg CO₂-ekv. / kWh.



- End-of-life representerer utslippene knyttet til sluthåndteringen av materialene i bygget. Det er benyttet standardscenarier for transport og avfallshåndtering iht. One Click LCA.

2.5.8. Inndata

Klimagassberegningene er basert på modeller av klimatiseringsløsningene i typebyggene beskrevet i kapittel 1. Komponenter og materialmengder benyttet i beregningen inkl. i Appendiks A. Utslipp knyttet til energibruk i drift er basert på beregninger av levert energi, beskrevet i kapittel 3.2

2.5.9. Programvare

One Click LCA (versjon 7.6) er benyttet i klimagassberegningene.

3. Resultater

3.1. Inneklima

3.1.1. Inneklima dimensjonerende sommerdøgn

Mekanisk og Trimmet fortrengning ventilasjonsløsninger

Tabell 7 oppsummerer resultatene fra dimensjonerende sommersimulering for henholdsvis et cellekontor og et kontorlandskap for fire mekaniske løsninger (MEK 1 og MEK 2 er de samme) i kontorbygg, samt et klasserom og et grupperom i skolebygg for tre mekaniske løsninger. Resultatene viser at myndighetskrav og grenseverdi fra kravspesifikasjon om maks 26 °C operativ temperatur, oppfylles for alle vurderte soner i driftstiden, unntatt cellekontor og kontorlandskapet i TF løsning. Dette da den styres mot en høyere temperatur for å tilnærme modellen den virkemåten fortrenningsventilasjon vil ha i en virkelig driftssituasjon, det er vår vurdering at den faktiske termiske opplevelsen i denne løsningen er på nivå med 26 °C operativ temperatur.

Tabell 7. Simuleringsresultater: Maks operativ temperatur i driftstiden, dimensjonerende sommerdøgn

Romtype	Resultater - Sommersimulering			
	Maks operativ temperatur °C			
Kontorbygg				
Cellerom 18	MEK 1/2: 25 °C	MEK 3: 25 °C	MEK 4: 25 °C	TF: 26 °C
Kontorlandskap 1	MEK 1/2: 26 °C	MEK 3: 26 °C	MEK 4: 26 °C	TF: 27 °C
Skolebygg				
Klasserom 1	MEK 1/2: 26 °C		MEK 3: 25 °C	
Grupperom 5	MEK 1/2: 25 °C		MEK 3: 26 °C	

Iht. Arbeidstilsynets veiledningsnettside [12] om Inneklima og luftkvalitet på arbeidsplassen tillates det en viss overskridelse av maks operativ temperatur i varme sommerperioder. Overskridelsen kan ikke utgjøre mer enn 50 timer per år i brukstiden.

Tabell 8 oppsummerer relevante resultater fra årssimulering. Det bemerkes at årssimuleringen er gjort i byggets driftstid. I realiteten vil det være en lavere samtidighet på internlastene, og da reduseres også timene med høy operativ temperatur. Bygget har effektiv utvendig solskjerming, så



for de fleste sonene vil internlastene ha markant større påvirkning på inneklimaet enn solbelastningen.

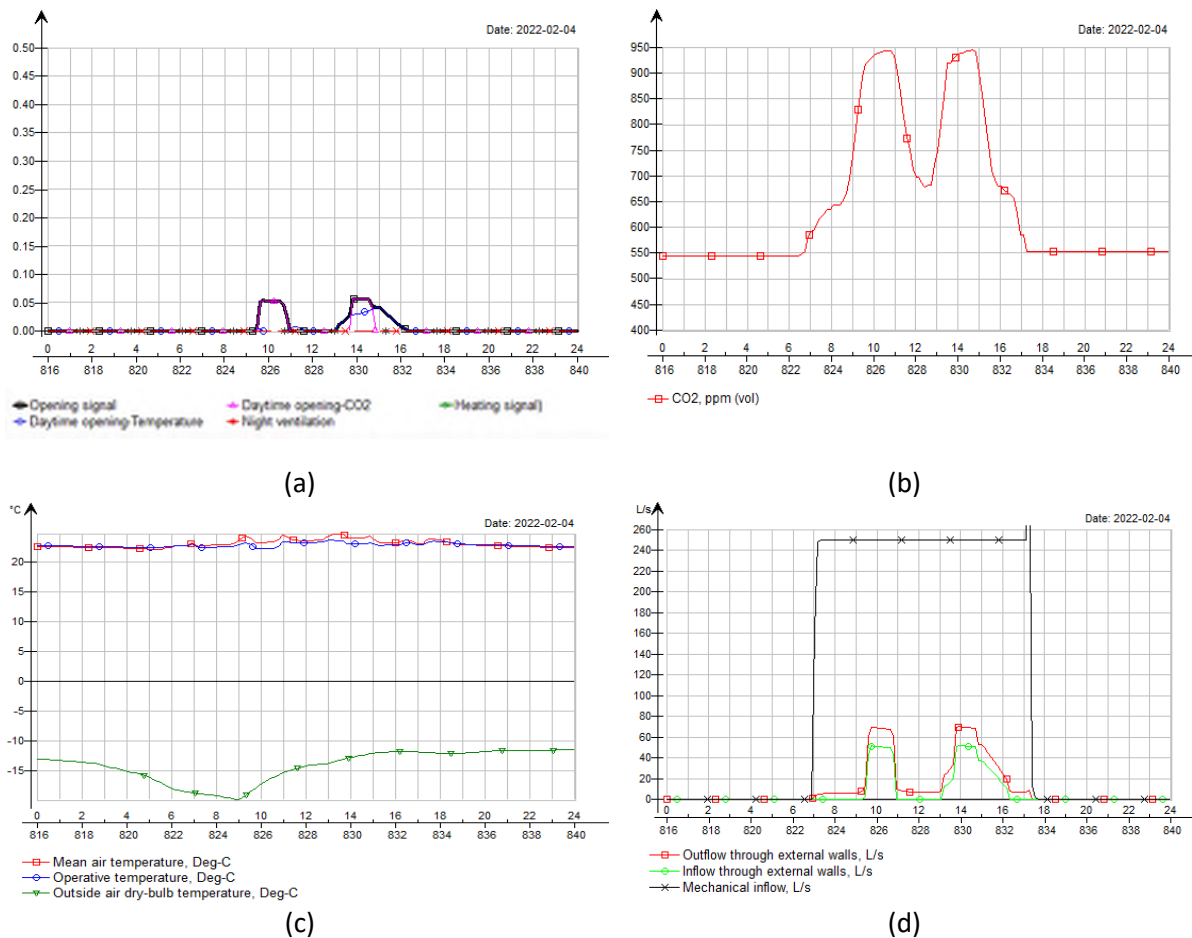
Tabell 8. Resultater av operativ temperatur, maks CO₂ nivå, og temperaturvarighet av overskridende temperaturer

Romtype	Resultater – Årssimulering			
	Min. operativ temperatur [°C]	Maks operativ temperatur [°C]	Maks CO ₂ [ppm]	Antall timer over 26 °C (27 °C for TF) [h]
Kontorbygg				
Cellerom 18	MEK1/2: 20 MEK3: 20 MEK4: 21 TF: 20	MEK1/2: 26 MEK3: 26 MEK4: 26 TF: 27	MEK1/2: 700 MEK3: 618 MEK4: 701 TF: 702	MEK1/2: 0 MEK3: 0 MEK4: 0 TF: 0
Kontorlandskap 1	MEK1/2: 22 MEK3: 22 MEK4: 23 TF: 21	MEK1/2: 27 MEK3: 27 MEK4: 27 TF: 29	MEK1/2: 900 MEK3: 896 MEK4: 847 TF: 888	MEK1/2: 29 MEK3: 19 MEK4: 20 TF: 22
Skolebygg				
Klasserom 1	MEK1/2: 21 MEK3: 22	MEK1/2: 26 MEK3: 27	MEK1/2: 924 MEK3: 1007	MEK1/2: 0 MEK3: 36
Grupperom 5	MEK1/2: 21 MEK3: 22	MEK1/2: 25 MEK3: 25	MEK1/2: 937 MEK3: 1038	MEK1/2: 0 MEK3: 0

Resultatene viser at alle soner tilfredsstiller kravet om overskridelse på maksimalt 50 timer samt maksimalt CO₂-nivå på 1000 ppm. Unntaket er MEK 3-løsningen i Grupperom 5 i skolebygget, som har et CO₂-nivå litt over 1000 ppm når rommet er fullt belagt med personer.

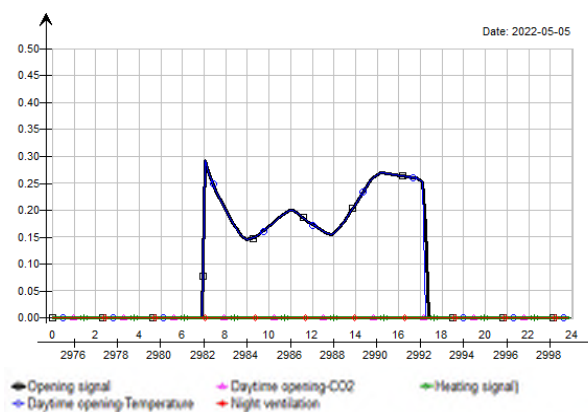
Hybrid ventilasjon

For å verifisere styringsmetoden for vindusåpning, er åpningssignalet analysert for 4. februar og 5. mai i kontorarealene i Hybrid 1-scenarioet. Figur 25 viser åpningssignalet for vinduer, CO₂-nivå, operativ temperatur og luftmengde for 4. februar i et sørvendt kontorlandskap som eksempel. Resultatene viser at CO₂-nivået er den dominerende faktoren for vindusåpning, og ikke temperaturen på denne dagen (Figur 25a). Den største luftmengden kommer fra mekanisk ventilasjon, med bistand fra vindusåpning i oppholdstiden kl. 09-11 og 13-17, slik at den operative temperaturen ikke faller under 21 °C (se Figur 25d) og CO₂-nivået holdes under 1000 ppm. Åpningssignal for vinduer er her basert på kontinuerlig ventilerings. Et prinsipp med pulsventilering vil i praksis kunne være mer aktuelt i en del tilfeller, spesielt vinterstid. Dette basert på komfortvurderinger i praksis. Resulterende inneklima og energibehov i simuleringer vil imidlertid tilnærmet likt ved de to ulike prinsippene for åpningssignal.

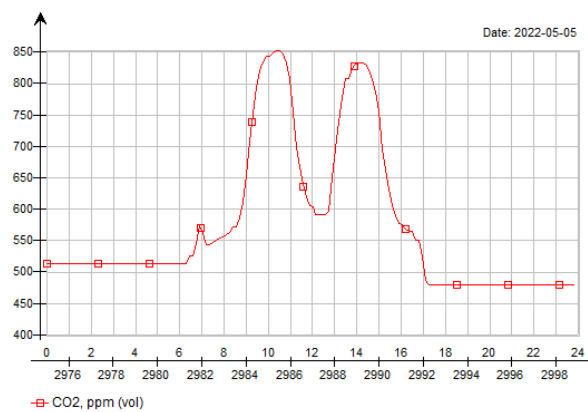


Figur 25. Variasjon av (a) vindus åpning signal, (b) CO₂ nivå, (c) operativ temperatur, og (d) total luftmengde fra mekanisk ventilasjon og gjennom vinduer den 4. februar i sørvendt kontorlandskap

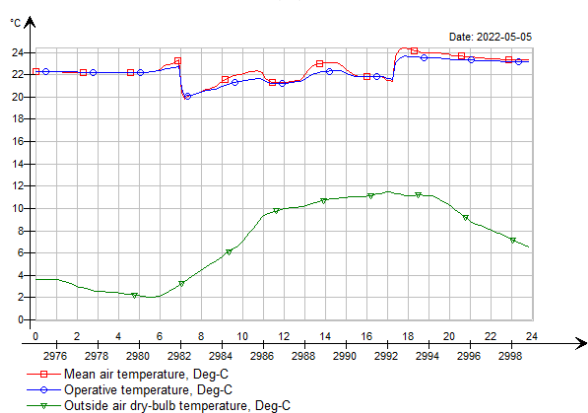
Resultatene for de samme nevnte parameterne vises for 5. mai og det dimensjonerende sommerdøgnet henholdsvis i Figur 26 og Figur 27. Den 5. mai åpnes vinduene i større grad enn forventet sammenlignet med 4. februar. Likevel viser dimensjonerende sommerdøgn en annen trend, der vinduene åpnes utenfor driftstidene 100 % av tiden, og naturlig ventilasjon gjennom vinduer dominerer over mekanisk ventilasjon. Både den 5. mai og i dimensjonerende sommerdøgn er det temperaturen som er årsaken til at vinduene åpnes i løpet av oppholdstiden. Man kan derfor konkludere med at CO₂-nivået er den dominerende faktoren for vindusåpning om våren, mens temperaturen er den dominerende faktoren om sommeren.



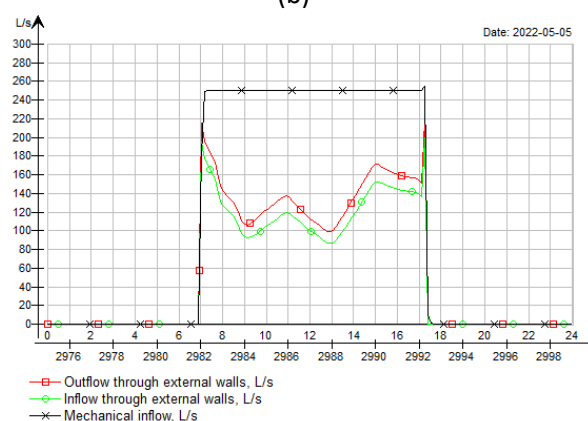
(a)



(b)

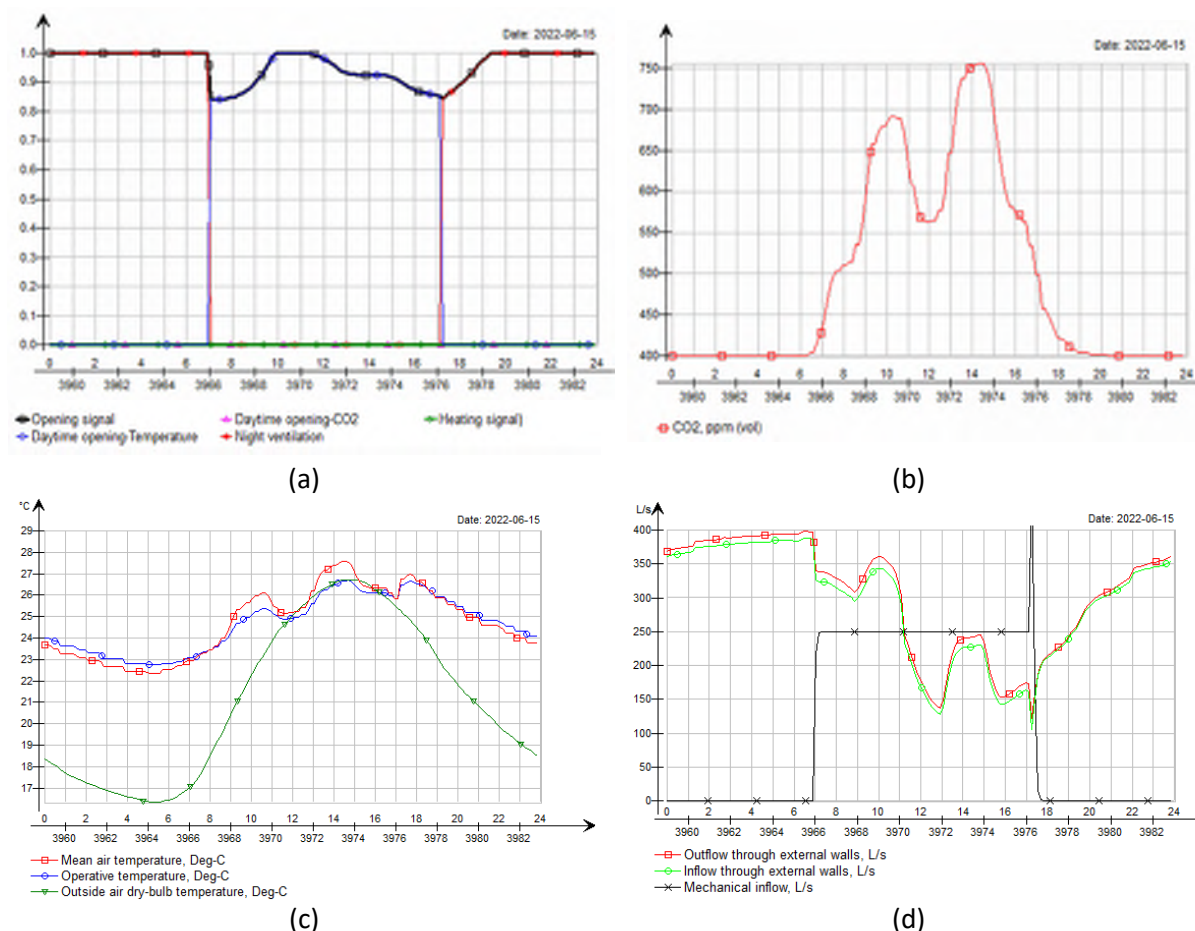


(c)



(d)

Figur 26. Variasjon av (a) vindus åpning signal, (b) CO₂ nivå, (c) operativ temperatur, og (d) total luftmengde fra mekanisk ventilasjon og gjennom vinduer den 5. mai (figurer hentet fra IDA ICE) i sørvendt kontorlandskap



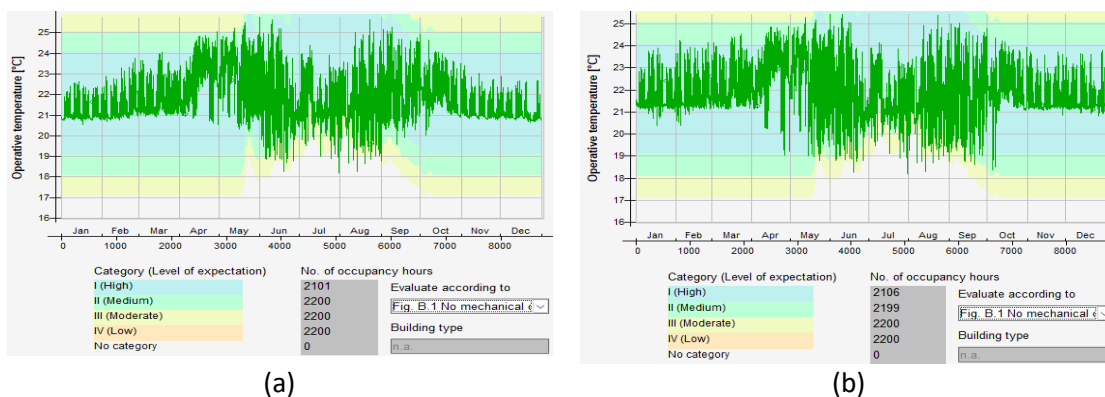
Figur 27. Variasjon av (a) vindus åpning signal, (b) CO₂ nivå, (c) operativ temperatur, og (d) total luftmengde fra mekanisk ventilasjon og gjennom vinduer den dimensjonerende sommerdøgn (figurer hentet fra IDA ICE) i sørvendt kontorlandskap

Figur 28 viser temperaturvariasjonen fra årssimulering for kontorlandskap i de to hybridløsningene, H1 og H2. Resultatene viser at i de fleste timene i brukstiden oppfylles termisk komfortkrav i henhold til adaptiv termisk komfort kategori II i samsvar med NS-EN 16798-1 [12]. Kategori II er å anse som tilfredsstillende komfort, og på nivå med myndighetskrav i TEK. Det er henholdsvis 187 og 150 timer i H1- og H2-løsningene, som overskrider grensen for kategori II. Disse faller i hovedsak i kategori III, som er definert som moderat komfort. Dette indikerer dermed at det er noen timer hvor komfort faller noe under det som typisk forutsettes ved oppføring av nye bygg i Norge. Timene i kategori III forekommer i all hovedsak vår og høst. Til dette kommenteres at vi ikke har dykket ned i denne problemstillingen, men forutsatt at den kan løses ved å optimalisere styring i overgangsperioder mellom vinter og sommer. Det anses ikke usannsynlig at enkelte timer vil fortsatt falle i kategori III, noe som indikerer at hybrid ventilering kan ha noe lavere termisk inneklimakvalitet, i enkelte årstider, enn mekaniske løsninger.



Figur 28. Årlige variasjoner i operativ temperatur i kontorlandskap for (a) H1 og (b) H2 (figurer hentet fra IDA ICE)

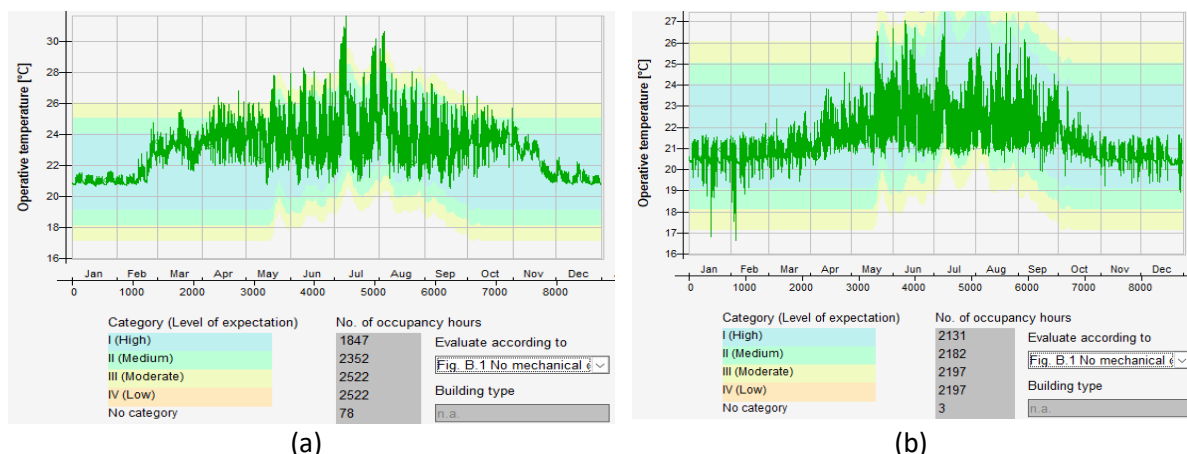
På samme måte viser Figur 29 også temperaturvariasjoner for klasserommet i to hybride løsninger. Resultatene for klasserommet viser imidlertid at begge systemene oppfyller termisk komfort kategori II i henhold til NS-EN 16798-1-standarden.



Figur 29. Årlige variasjoner i operativ temperatur i klasserom for (a) H1 og (b) H2 (figurer hentet fra IDA ICE)

Naturlig ventilasjon

Figur 30 viser temperaturvariasjonene fra årssimulering for kontorlandskapet og klasserommet i den naturlige ventilasjonsløsningen. Resultatene for kontorlandskapet indikerer at antall timer som overskrider komfortkategori II i løpet av brukstiden per år, i henhold til NS-EN 16798-1-standarden, er henholdsvis 170 timer for kontorlandskapet og 15 timer for klasserommet. Dette følger samme mønster som i to hybridløsninger. Imidlertid bør lokal termisk komfort vurderes nøye, spesielt ved naturlig ventilasjon, for å identifisere eventuelle betydelige termiske ubehag i dette tilfellet.



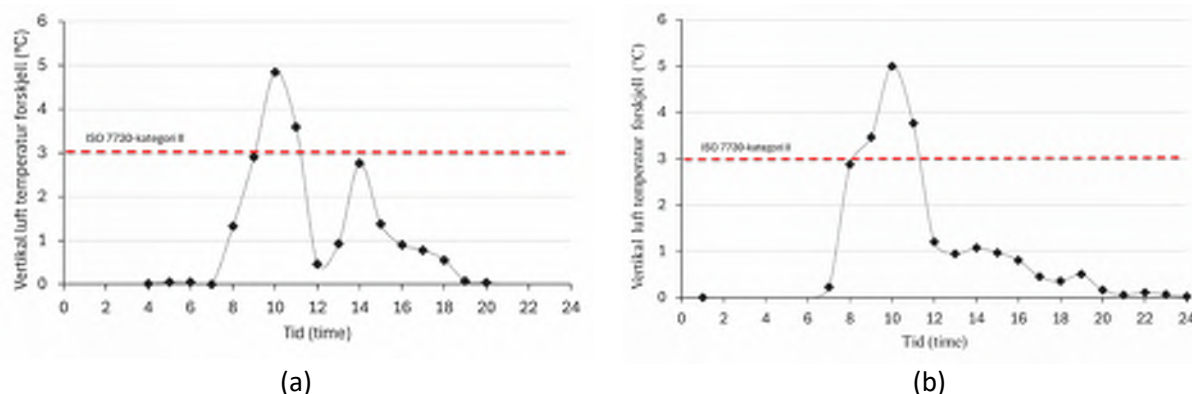
Figur 30. Årlige variasjoner i operativ temperatur for (a) kontorlandskap og (b) klasserom (figurer hentet fra IDA ICE)

3.1.2. Inneklima vinter- og vårdøgn

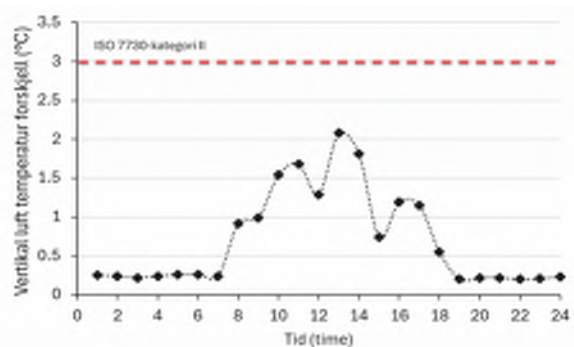
Hybrid ventilasjon

I denne delen presenteres resultater for samme kontorlandskap og klasserom i Hybrid 1-scenariet og naturlig ventilasjon scenariet for to utvalgte dager (4. februar og 3. mai). Målet var å undersøke om vindusåpning kan føre til lokal termisk diskomfort og ubehag i oppholdsområdet på ulike tidspunkter. Det er her benyttet innklimasimulering i IDA ICE 5.0, inklusive stratifisering i oppholdssone.

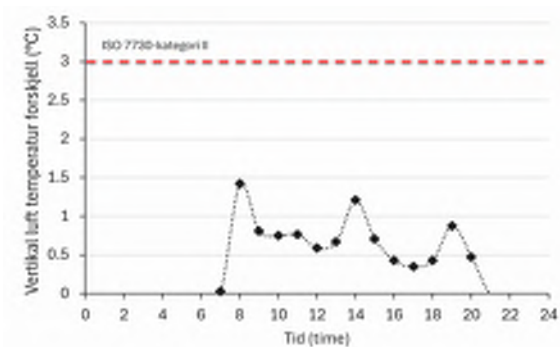
Figur 31 viser den gjennomsnittlige vertikale lufttemperaturforskjellen mellom ankelhøyde og 0,6 m (en sittende person) i løpet av 4. februar og 3. mai. Resultatene viser at temperaturstratifiseringen overskrider komfortnivået i henhold til termisk komfortstandard ISO 7730 på begge de simulerte dagene. Dette skjer i én time den 4. februar og i omtrent to timer den 3. mai. I begge tilfeller er hovedårsaken til overskridelsen vindusåpning. Overskridelsen er imidlertid ikke betydelig, og temperaturen ligger maksimalt 2 °C over grensen. Det observeres derimot ingen temperatursjiktning i klasserommet disse datoene (se Figur 32).



Figur 31. Gjennomsnittlig vertikal luft temperatur forskjell mellom ankel og nivået til en sittende person for kontorlandskap i Hybrid 1-scenariet (a) 4. februar og (b) 3. mai (figurer hentet fra IDA ICE)



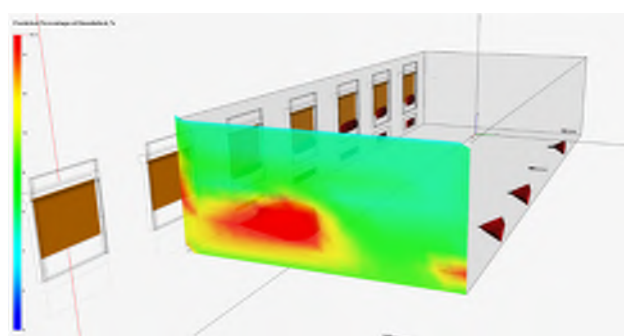
(a)



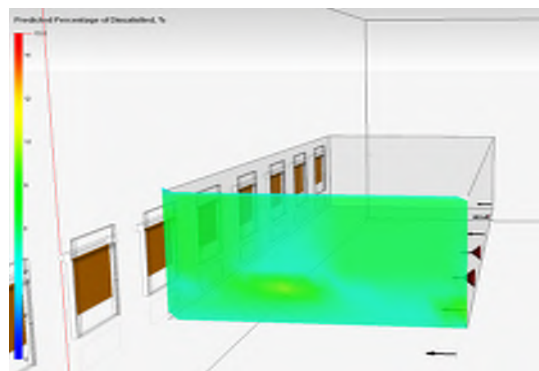
(b)

Figur 32. Gjennomsnittlig vertikal luft temperatur forskjell mellom ankel og nivået til en sittende person for klasserom i Hybrid 1-scenariot (a) 4. februar og (b) 3. mai (figurer hentet fra IDA ICE)

For å analysere termisk komfort i detalj, vises den romlige fordelingen av PPD i tre forskjellige tidsrom for de to nevnte datoene i Figur 33. Termisk komfort oppnås på begge dager, med unntak av kl. 8 og kl. 15 den 4. februar, hvor det største diskomfortområdet oppstår i oppholdssonen ved starten av arbeidstiden (se rødt areal i Figur 33a). Dette skyldes hovedsakelig trekk som oppstår når vinduene åpnes. Det observeres likevel noen små lokale diskomfortområder i nærheten av vindusåpningen 3. mai, men disse ligger utenfor oppholdssonen. Generelt viser resultatene at hybridklimatiseringsløsningen tilfredsstiller kravene til inneklima og termisk komfort i driftstid. Unntaket er ved arbeidstidens start, hvor det er observert ubehag i oppholdsarealene. Det bør derfor søkes metoder som reduserer ventilering tidlig om morgenen, f.eks. ved å starte ventileringen noe tidligere eller øke mekanisk ventilering om morgenen.

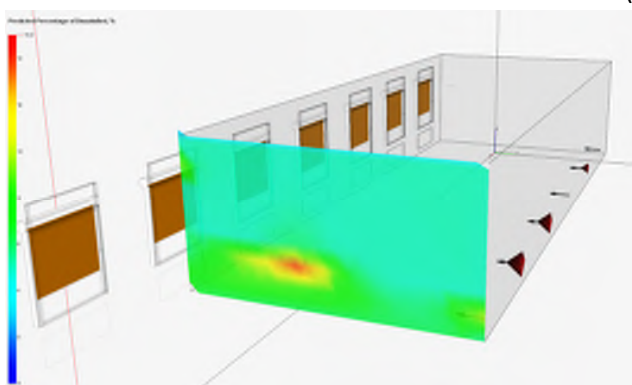


4. februar

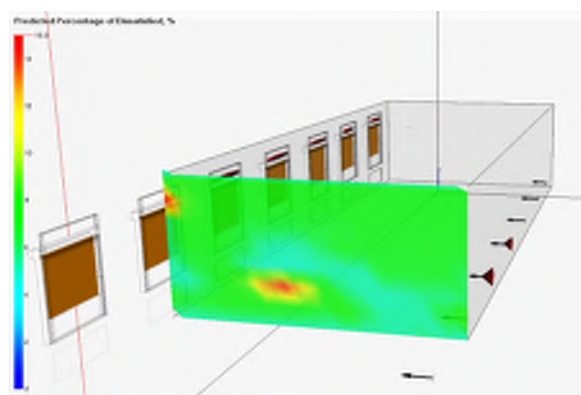


3. mai

(a)

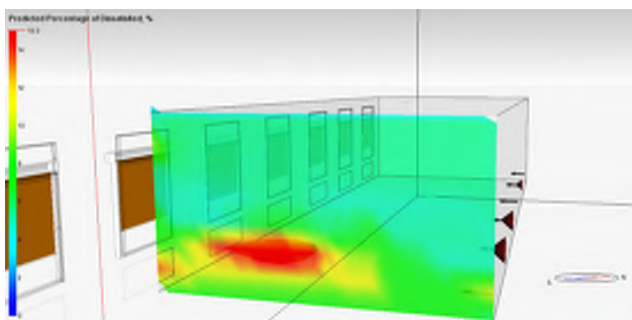


4. februar

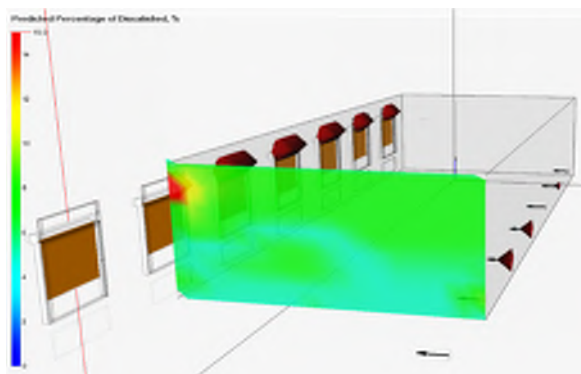


3. mai

(b)



4. februar



3. mai

(c)

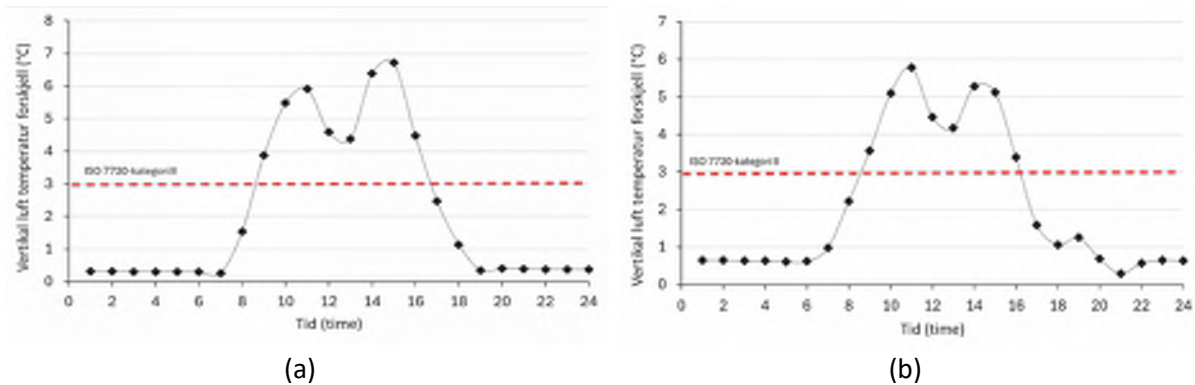
Figur 33. Romlige fordelingen av PPD for kontorlandskap i Hybrid 1-scenariet (a) kl. 8 og (b) kl. 12 og (c) kl. 15. Fargeskalaen i bildene går fra blå som tilsvarer 0 % til rød som tilsvarer 15 % (figurer hentet fra IDA ICE)

Naturlig ventilasjon

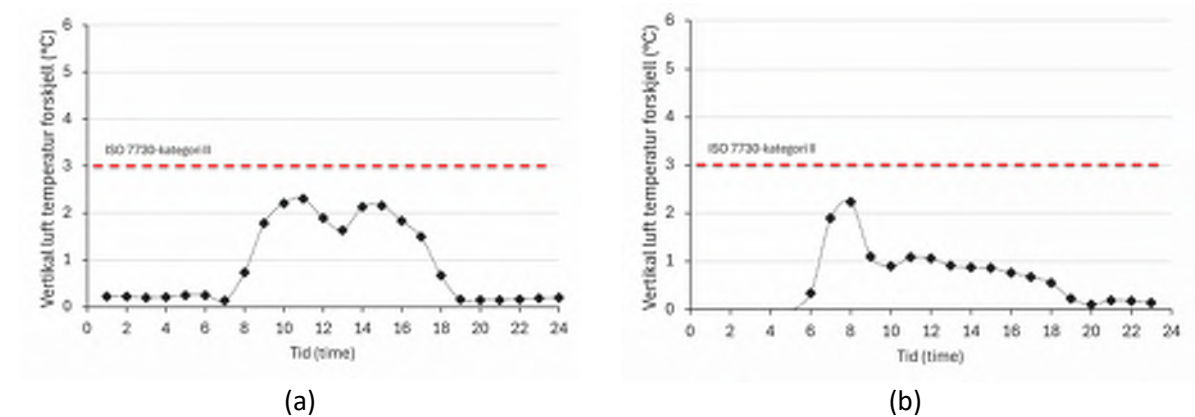
På samme måte som for hybridscenariet, viser Figur 34 og Figur 35 den gjennomsnittlige vertikale lufttemperaturforskjellen mellom ankelhøyde og nivået for en sittende person (0,6 m) i perioden fra 4. februar til 3. mai for den naturlige løsningen. Resultatene indikerer at i kontorlandskapet overstiger temperaturstratifisering komfortnivået i henhold til termisk komfortstandard ISO 7730 på begge de simulerte dagene (i større grad sammenlignet med hybridscenariet). Dette skjer



gjennom hele driftstiden den 4. februar og den 3. mai. I begge tilfeller er hovedårsaken til overskridelsen vindusåpning. Det observeres imidlertid ingen temperatursjiktning i klasserommet på begge datoene, men sammenlignet med hybridløsningen er det likevel større vertikal temperaturforskjell (se Figur 35).

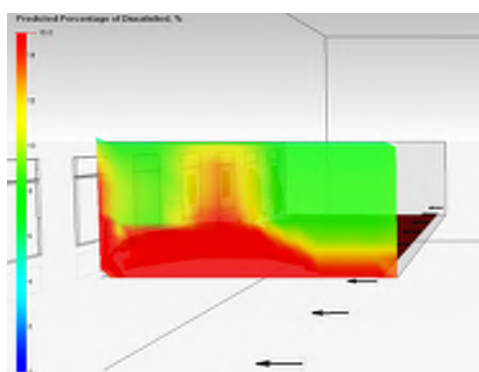


Figur 34. Gjennomsnittlig vertikal luft temperatur forskjell mellom ankel og nivået til en sittende person for kontorlandskap i Naturlig-scenariot (a) 4. februar og (b) 3. mai (figurer hentet fra IDA ICE)

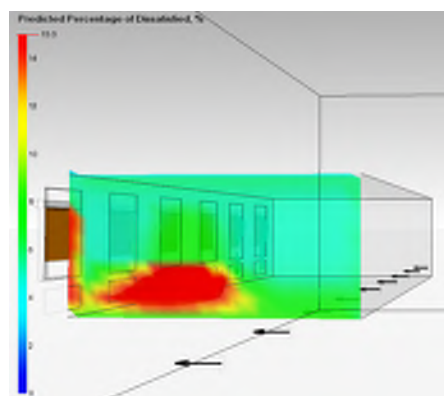


Figur 35. Gjennomsnittlig vertikal luft temperatur forskjell mellom ankel og nivået til en sittende person for klasserom i Naturlig-scenariot (a) 4. februar og (b) 3. mai (figurer hentet fra IDA ICE)

Den romlige fordelingen av PPD for tre forskjellige tidsperioder på de to nevnte datoene er vist i Figur 36. Resultatene viser at termisk komfort ikke oppnås på noen av dagene, spesielt den 4. februar, hvor nesten hele oppholdssonen er utilfreds med det termiske inneklimaet (se rødt område i Figur 36). Dette skyldes hovedsakelig trekk som oppstår når vinduene åpnes. Noen små lokale diskomfortområder observeres nær vindusåpningene den 3. mai, med unntak av kl. 08:00 hvor oppholdssonen er tilfreds, men disse områdene ligger utenfor selve oppholdssonen

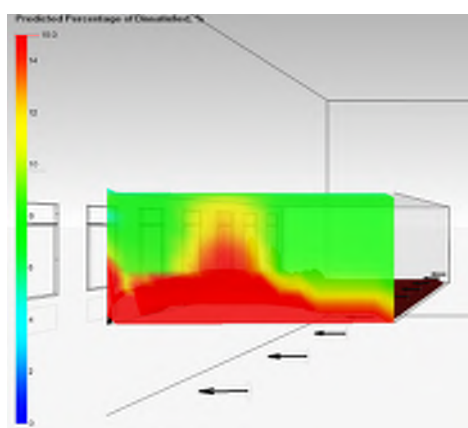


4. februar

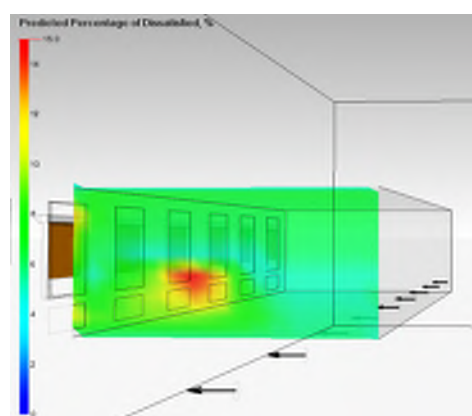


3. mai

(a)

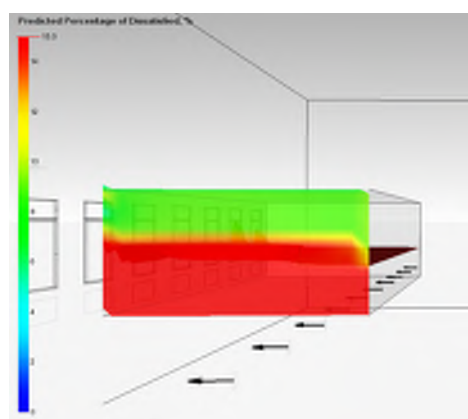


4. februar

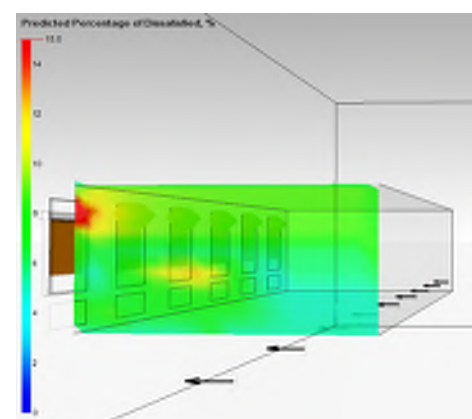


3. mai

(b)



4. februar



3. mai

(c)

Figur 36. Romlige fordelingen av PPD for kontorlandskap i Naturlig-scenariet (a) kl. 8 og (b) kl. 12 og (c) kl. 15. Fargeskalaen i bildene går fra blå som tilsvarer 0 % til rød som tilsvarer 15 % (figurer hentet fra IDA ICE)

Generelt viser resultatene at løsningen for naturlig klimatisering ikke oppfyller kravene til lokalt inneklimate og termisk komfort i driftstid, særlig den 4. februar. Unntaket er om våren (som vist i Figur 36b i løpet av dagen), hvor den termiske komforten anses som akseptabel i oppholdsarealene.

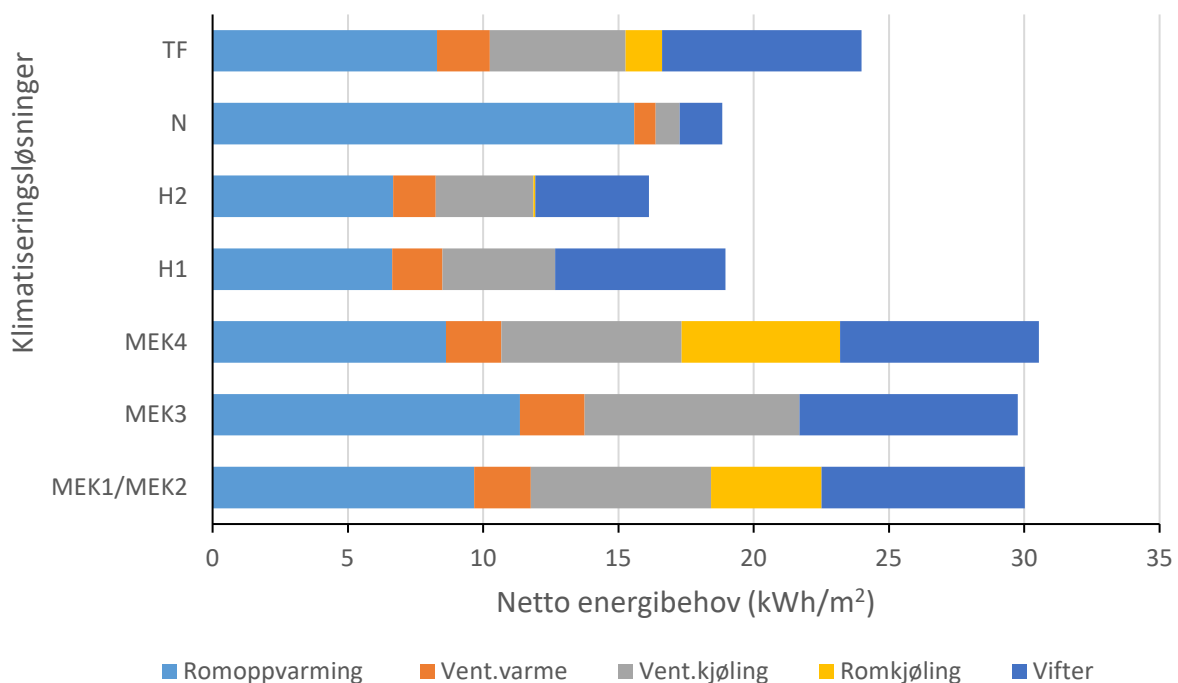


3.2. Energi

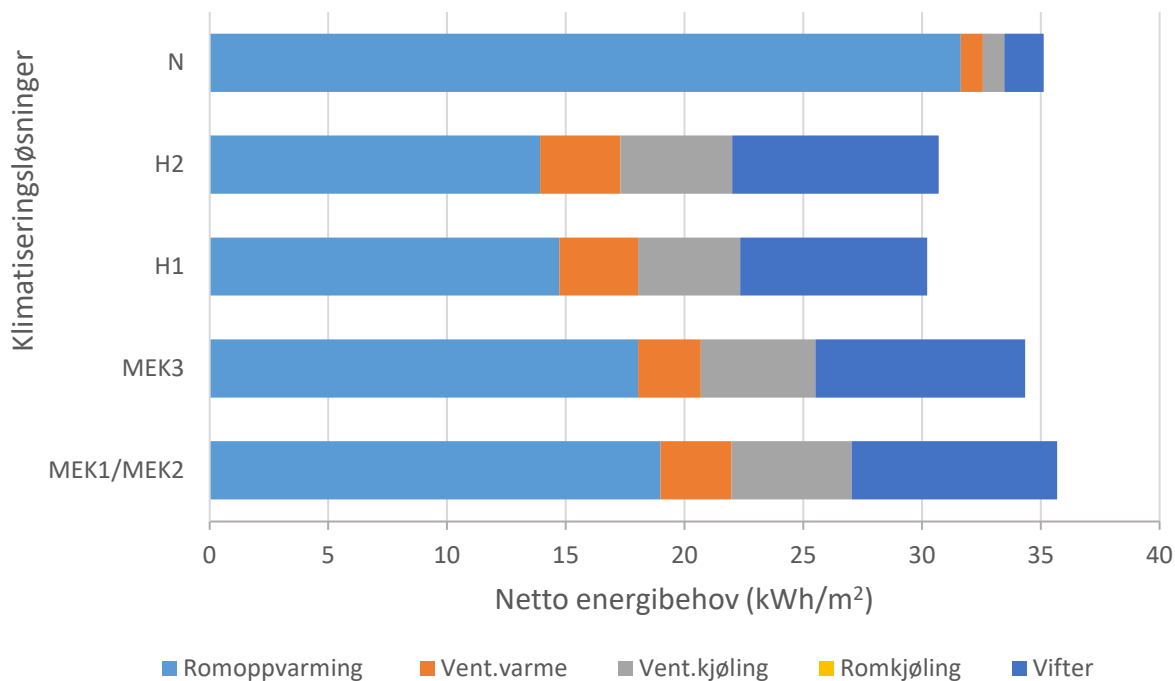
Figur 37 viser netto energibehov for ulike klimatiseringsløsninger i to forskjellige bygningstyper. Både for kontor- og skolebygg har mekaniske løsninger generelt høyere energibruk enn andre alternativer, mens hybridløsninger har den laveste energibruken. Naturlig ventilasjon har et forholdsvis lavt energibruk, sammenlignet med de andre løsningene, særlig når en har i mente at systemet er uten varmegjenvinning. Dette er delvis forårsaket av at naturlig ventilasjon har kortere driftstid og lavere luftmengder, da det er ikke satt opp til å ventilere for materialeavgassing, kun personer. Det gjentas også at naturlig ventilasjon viser dårligere resultater på lokal termisk komfort store deler av vinterhalvåret, og er av den grunn ikke direkte sammenlignbar med tanke på energibehov.

I kontorbygg er det relativt sett høye energibehov til mekaniske løsninger hovedsakelig knyttet til ventilasjon (både kjøling og vifter), da internlastene (basert på NSPEK) er vurdert til å være relativt høye i driftstiden. Hybridløsninger som benytter vinduslufting har derimot minimal energibruk til vifter og ventilasjonskjøling, og lokal kjøling er ikke nødvendig. Naturlige klimatiseringsløsninger har imidlertid det høyeste oppvarmingsbehovet, siden vinduslufting også brukes i vintermånedene, noe som fører til et betydelig høyere oppvarmingsbehov sammenlignet med de andre løsningene.

For skolebygg viser hybridventilasjon ingen stor forbedring sammenlignet med mekaniske løsninger. Dette skyldes at den høye persontettheten i klasserom og grupperom gjør at vinduslufting må benyttes i hybridløsninger, selv om vinteren, noe som fører til et høyere oppvarmingsbehov. Naturlig ventilasjon resulterer også i et vesentlig høyere oppvarmingsbehov enn de andre løsningene.



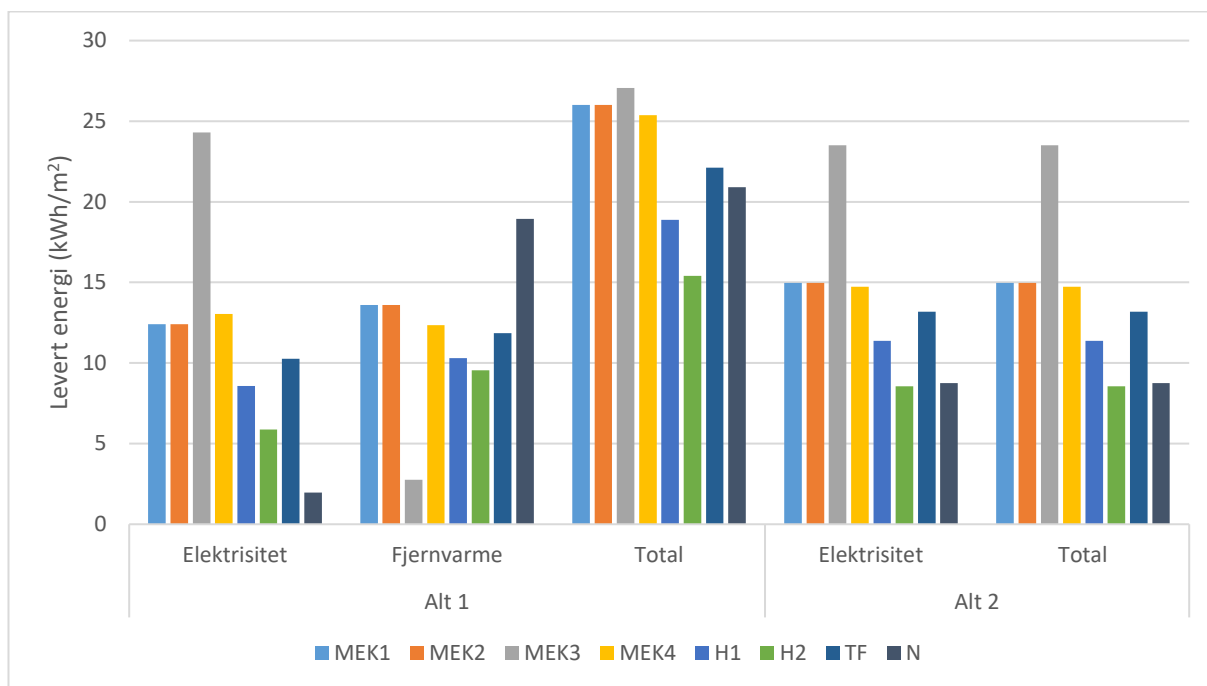
(a) Kontor



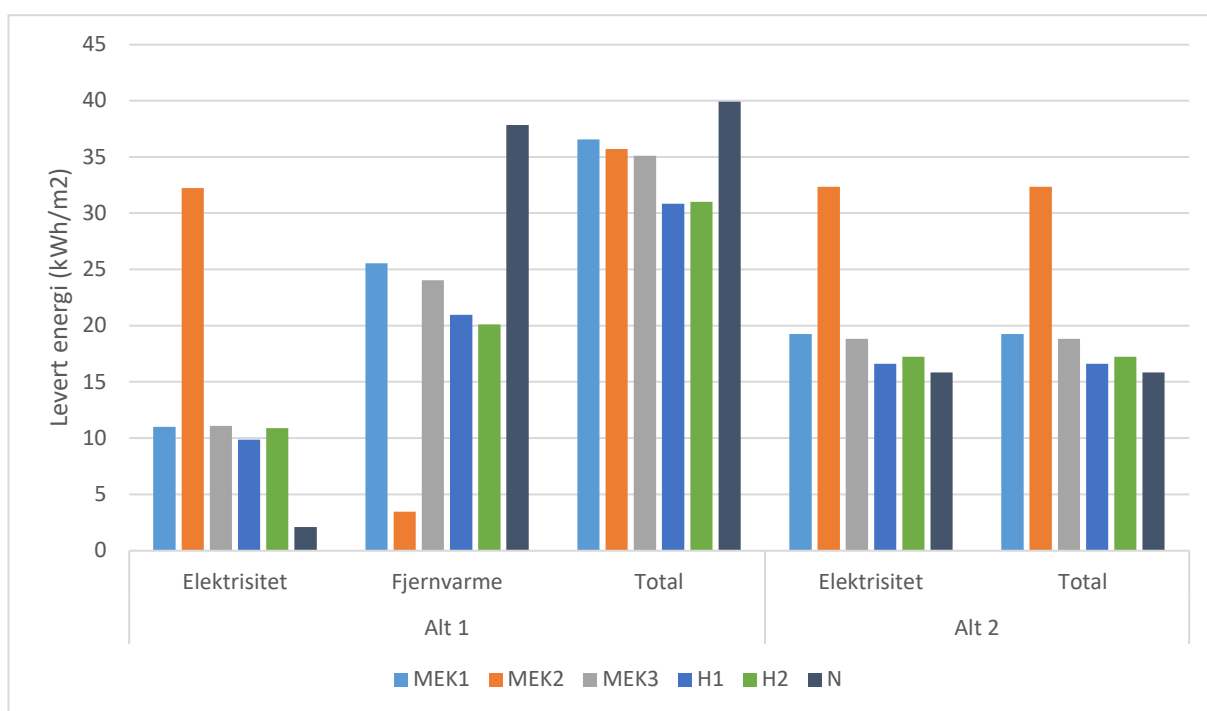
(b) Skole

Figur 37. Nettoenergibehov til forskjellige klimatiseringsløsninger i (a) kontor og (b) skole

Figur 38 sammenligner levert energi for ulike klimatiseringsløsninger og to energiforsyningsalternativer for skole og kontor. Resultatene viser at levert energi følger samme mønster som netto energibehov, men for kontorbygget har MEK3 og for skolebygg har MEK2 høyest levert energi, spesielt i Alternativ 2. Dette skyldes at lokal elektrisk oppvarming er benyttet i disse tilfellene, noe som viser at valg av energikilde kan ha stor innvirkning på både klimatiseringsløsninger og utslipp av klimagasser.



(a) Kontor



(b) Skole

Figur 38. Levert energi til forskjellige klimatiseringsløsninger og to energiforsyningsalternativer i (a) kontor og (b) skole



3.3. Klimagassberegninger

3.3.1. Samlede utslipp

Samlede klimagassutslipp etter bygg, typologi, energialternativ og livsløpsfase er oppsummert i Tabell 9.

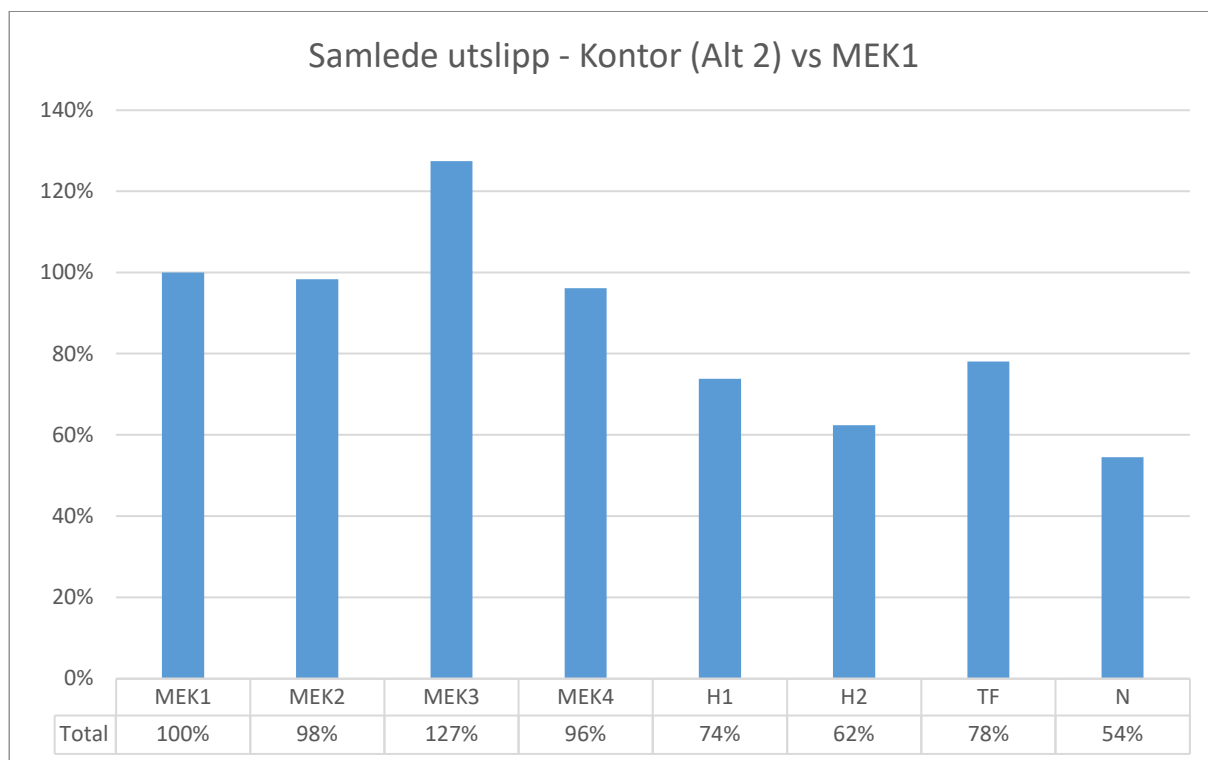
For kontor er de samlede utslippene høyest for MEK3 og lavest for naturlig ventilasjon (N) begge energialternativene. Sammenlignet med MEK1 medfører N en estimert samlet utslippsreduksjon på 46 %, mens de hybride alternativene H1 og H2 medfører hhv. 28 % og 37 % utslippsreduksjon ved energialternativ 2 (Figur 39).

For skole er de samlede utslippene størst for MEK2 og minst for N for begge energialternativene. Sammenlignet med MEK1 medfører N en estimert utslippsreduksjon på N utgjør en samlet utslippsreduksjon på 31 %, mens de hybride alternativene H1 og H2 medfører hhv. 20 % og 19 % utslippsreduksjon ved energialternativ 2 (Figur 40).

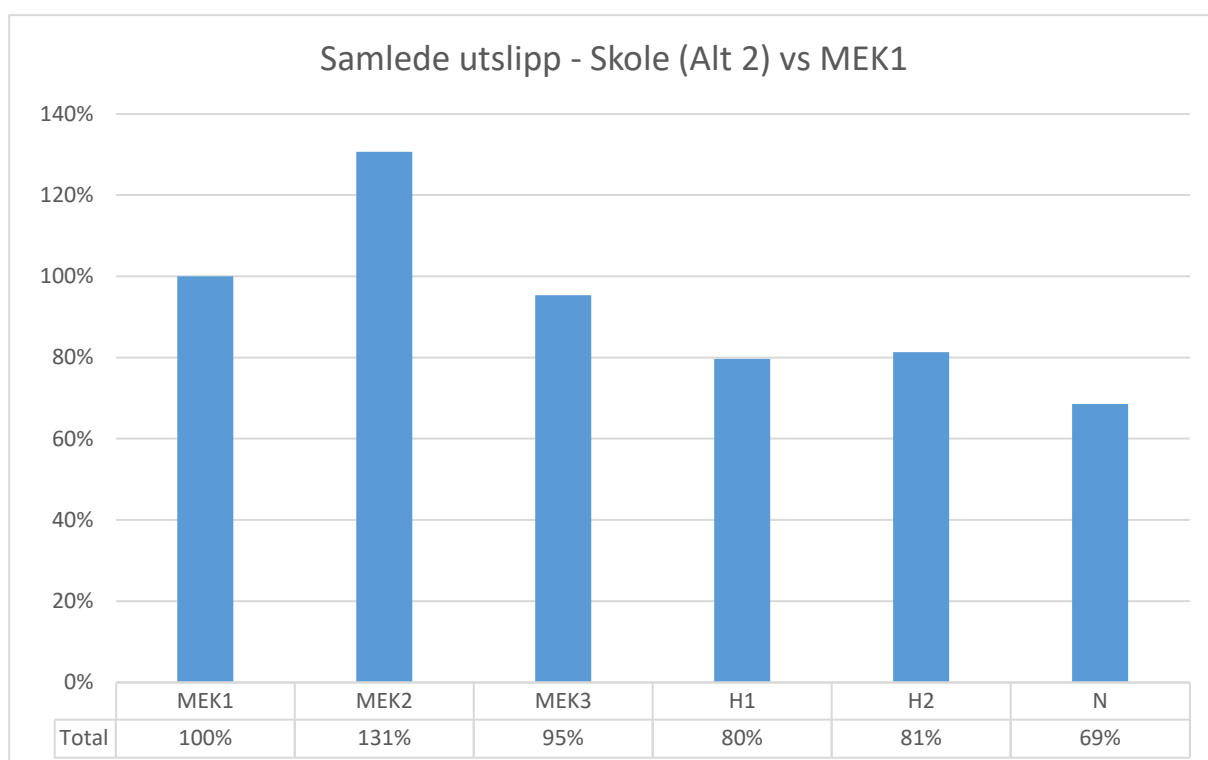
Den estimerte utslippsreduksjonen sammenlignet med MEK1 omfatter både reduksjoner i bundne utslipp i materialer og utslipp knyttet til levert energi og dette gjelder begge energialternativer og bygg (Figur 41 og Figur 42).

Tabell 9 Klimagassutslipp (Kg CO₂-ekv./m²) etter bygg, typologi, energialternativ og livsløpsfase.

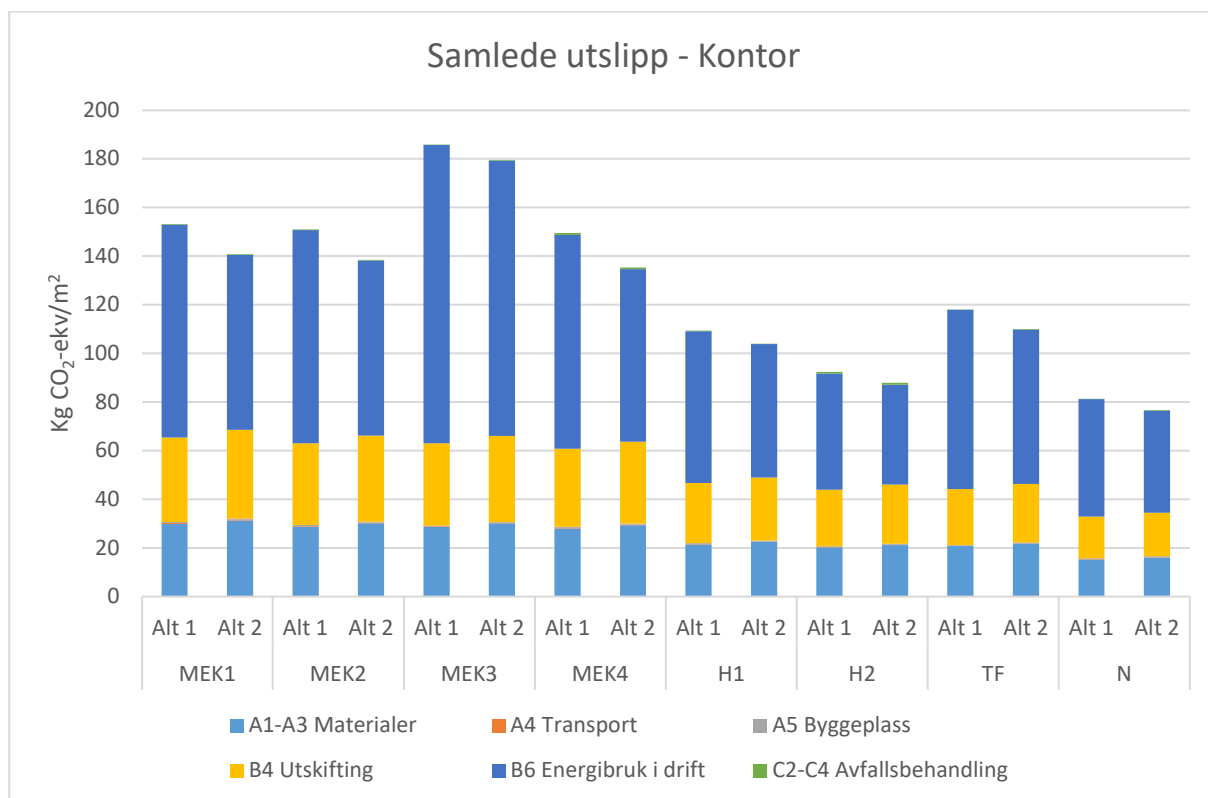
Bygg	Typologi	Energialt	A1-A3 Materialer	A4 Transport	A5 Byggeplass	B4 Utskifting	B6 Energibruk i drift	C2-C4 Avfall	Sum
Kontor	MEK1	Alt 1	29,9	0,3	0,4	34,7	87,6	0,3	153,2
		Alt 2	31,4	0,3	0,5	36,4	72,0	0,3	140,9
	MEK2	Alt 1	28,7	0,3	0,4	33,7	87,6	0,3	150,9
		Alt 2	30,1	0,3	0,4	35,3	72,0	0,3	138,5
	MEK3	Alt 1	28,7	0,2	0,3	33,8	122,6	0,2	185,9
		Alt 2	30,1	0,3	0,3	35,4	113,1	0,3	179,5
	MEK4	Alt 1	28,0	0,2	0,4	32,1	88	0,7	149,5
		Alt 2	29,4	0,3	0,4	33,7	70,9	0,8	135,4
	H1	Alt 1	21,4	0,2	0,3	24,8	62,4	0,2	109,4
		Alt 2	22,5	0,2	0,3	26,0	54,8	0,2	104
	H2	Alt 1	20,2	0,2	0,3	23,2	47,8	0,7	92,4
		Alt 2	21,2	0,2	0,3	24,4	41,1	0,7	87,9
	TF	Alt 1	20,8	0,2	0,3	23,0	73,7	0,2	118,1
		Alt 2	21,8	0,2	0,3	24,1	63,4	0,2	110
Skole	N	Alt 1	15,3	0,2	0,3	17,1	48,3	0,2	81,3
		Alt 2	16,0	0,2	0,3	17,9	42,1	0,2	76,7
	MEK1	Alt 1	40,3	0,4	0,5	45,8	105,3	0,4	192,7
		Alt 2	40,1	0,4	0,5	45,6	92,7	0,4	179,7
	MEK2	Alt 1	37,0	0,3	0,4	41,6	162,2	0,3	241,7
		Alt 2	36,8	0,3	0,4	41,3	155,6	0,3	234,8
	MEK3	Alt 1	37,8	0,3	0,5	41,7	102,6	0,8	183,7
		Alt 2	37,6	0,3	0,5	41,5	90,6	0,8	171,4
	H1	Alt 1	29,8	0,3	0,4	32,7	90,5	0,3	153,9
		Alt 2	29,6	0,3	0,4	32,5	79,9	0,3	143,1
	H2	Alt 1	28,8	0,3	0,4	33,3	93,6	0,7	157,2
		Alt 2	28,7	0,3	0,4	33,2	82,9	0,7	146,1
	N	Alt 1	21,8	0,3	0,3	24,4	87,6	0,3	134,8
		Alt 2	21,7	0,3	0,3	24,2	76,1	0,3	123,1



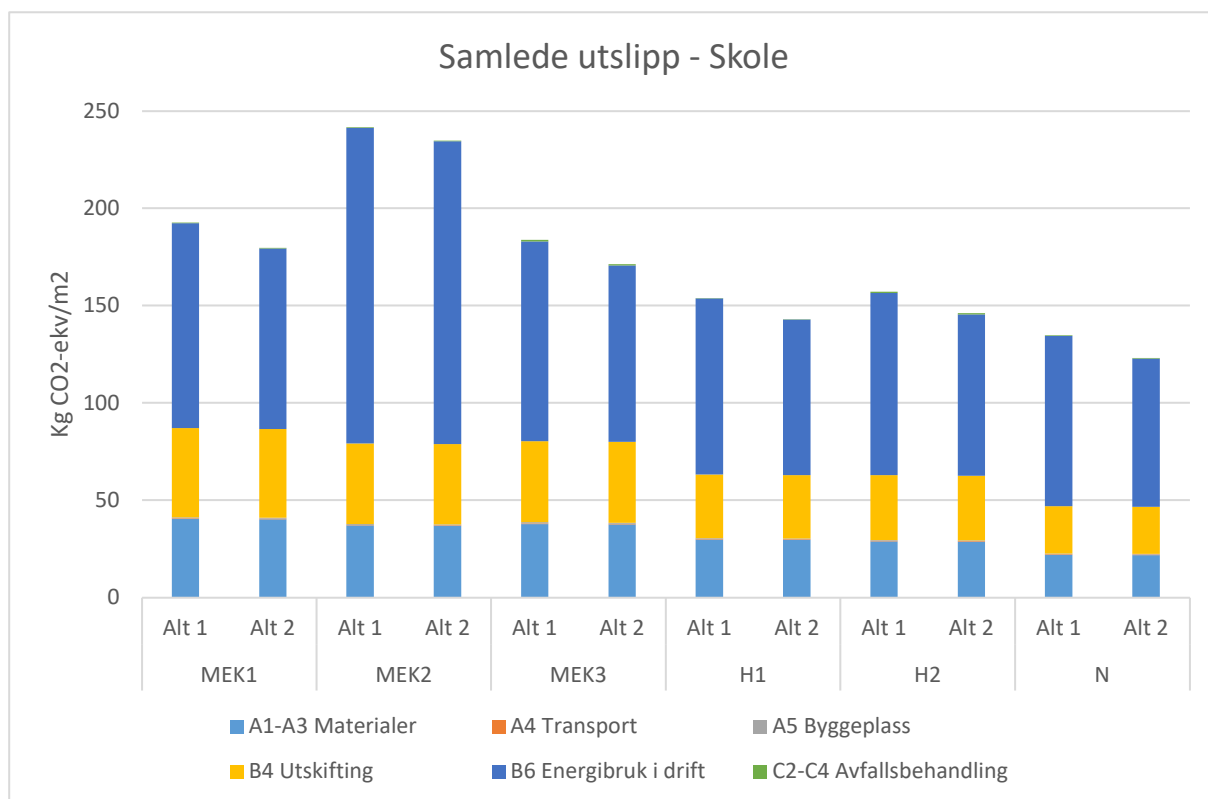
Figur 39 Samlede utslipp per typologi i kontorbygg som prosent av MEK 1 (A1-A5, B4, B6, C2- C4, energialternativ 2)



Figur 40 Samlede utslipp per typologi i skolebygg som prosent av MEK 1 (A1-A5, B4, B6, C2-C4, energialternativ 2)



Figur 41 Klimagassutslipp (kg CO₂-ekv/m²) for kontor, etter typologi, energialternativ og livsløpsfase.

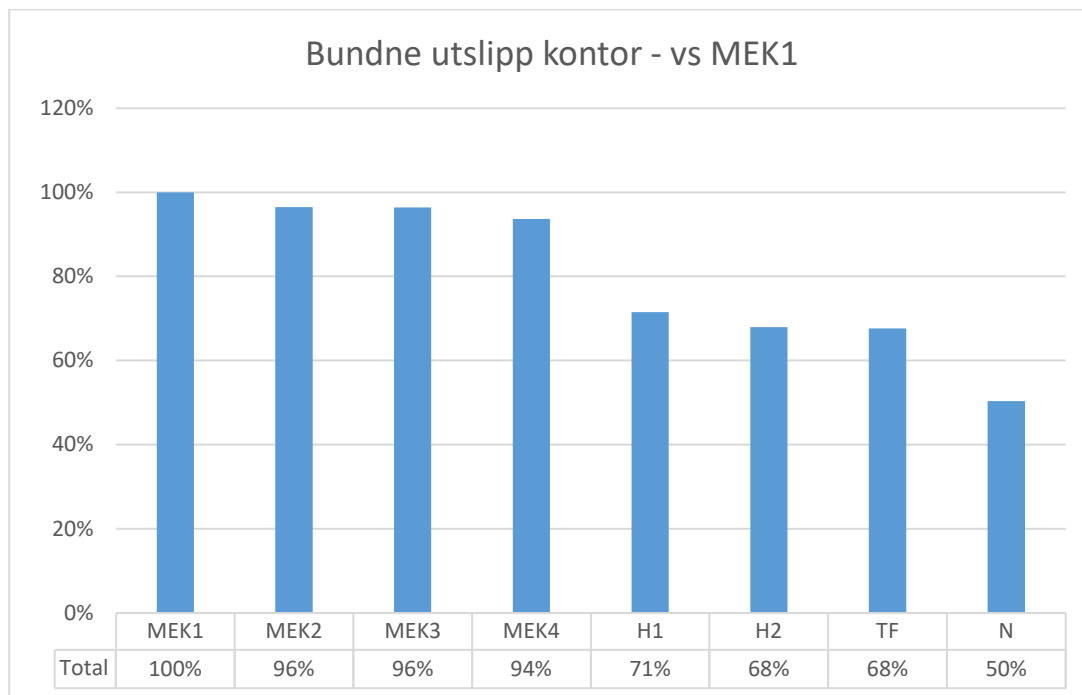


Figur 42 Klimagassutslipp (kg CO₂-ekv/m²) for skole, etter typologi, energialternativ og livsløpsfase.

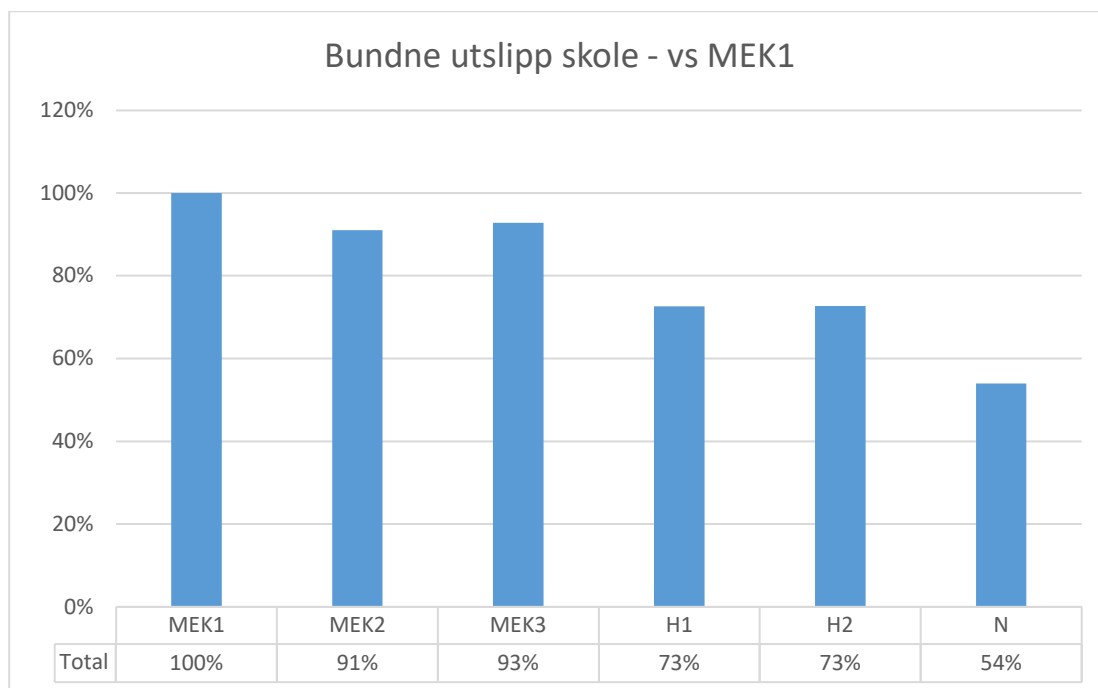


3.3.2. Bundne utslipp

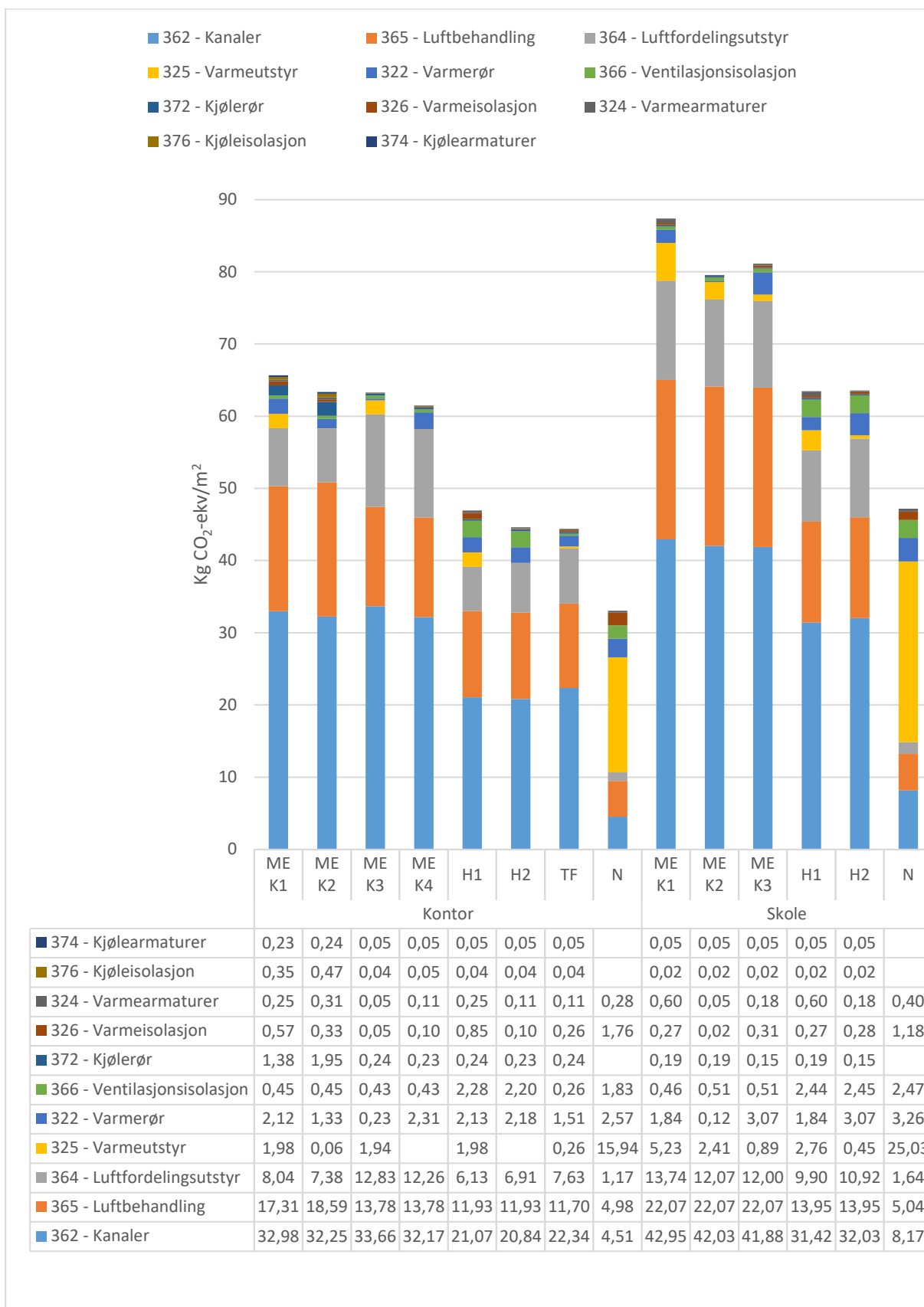
For bundne utslipp alene er utslippene størst for MEK 1 for både kontor- og skolebygg (Figur 43 og Figur 44). N har de laveste bundne utslippene i begge byggene. For begge bygg, og alle typologier foruten N er de største bundne utslippene knyttet til 362 Kanaler og 365 Luftbehandling (Figur 45). Bygningsdel 36 Luftbehandling utgjør ca. 90 % av de bundne utslippene i samtlige typologier foruten N (Figur 46). For N er de største bundne utslippene knyttet til 325 Varmeutstyr.



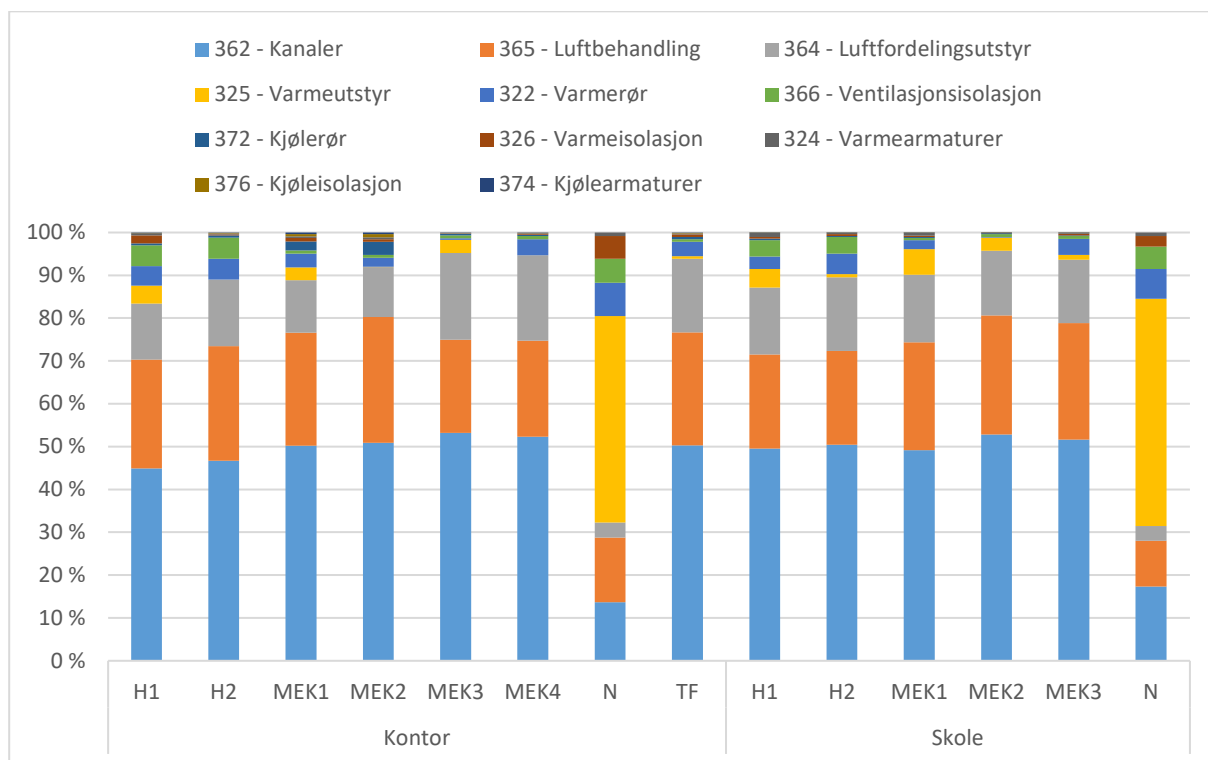
Figur 43 Bundne utslipp per typologi i kontorbygg som prosent av MEK1 (A1-A5, B4, C2-C4)



Figur 44 Bundne utslipp per typologi i skolebygg som prosent av MEK1 (A1-A5, B4, C2-C4)



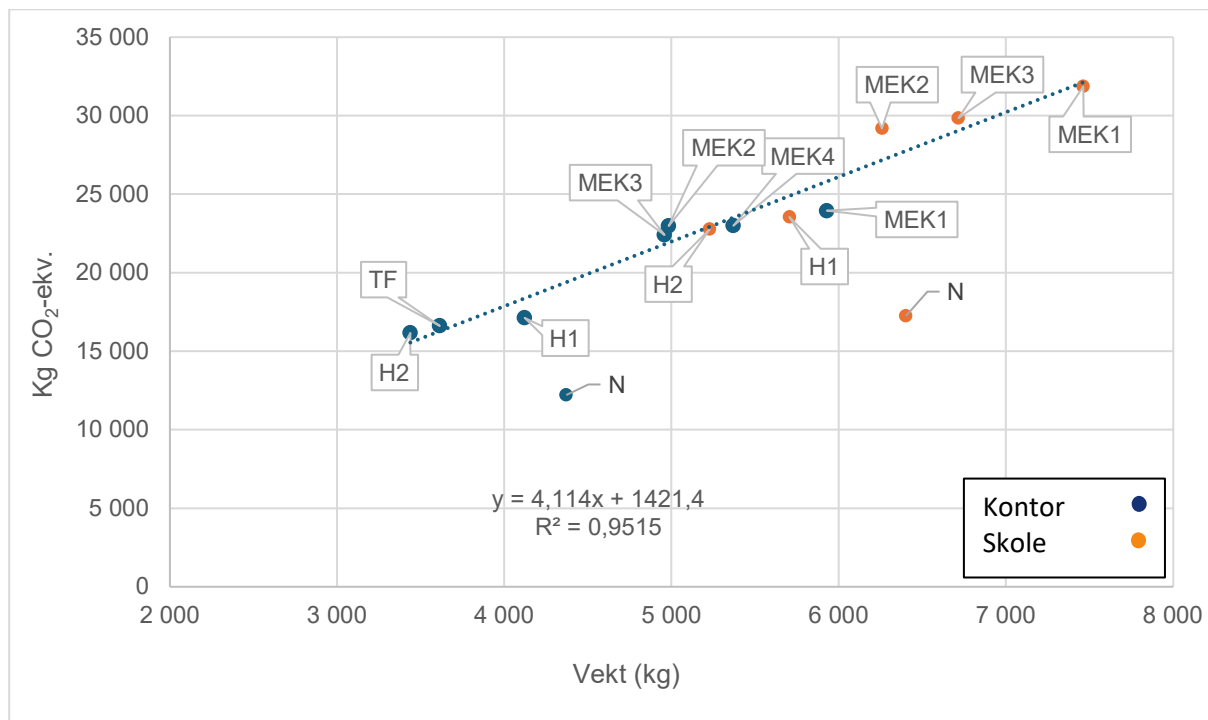
Figur 45 Bundne utslipp (A1-A5, B4, C2-C4, kg CO₂-ekv/m²) etter bygg, typologi og bygningsdel (3-siffer).



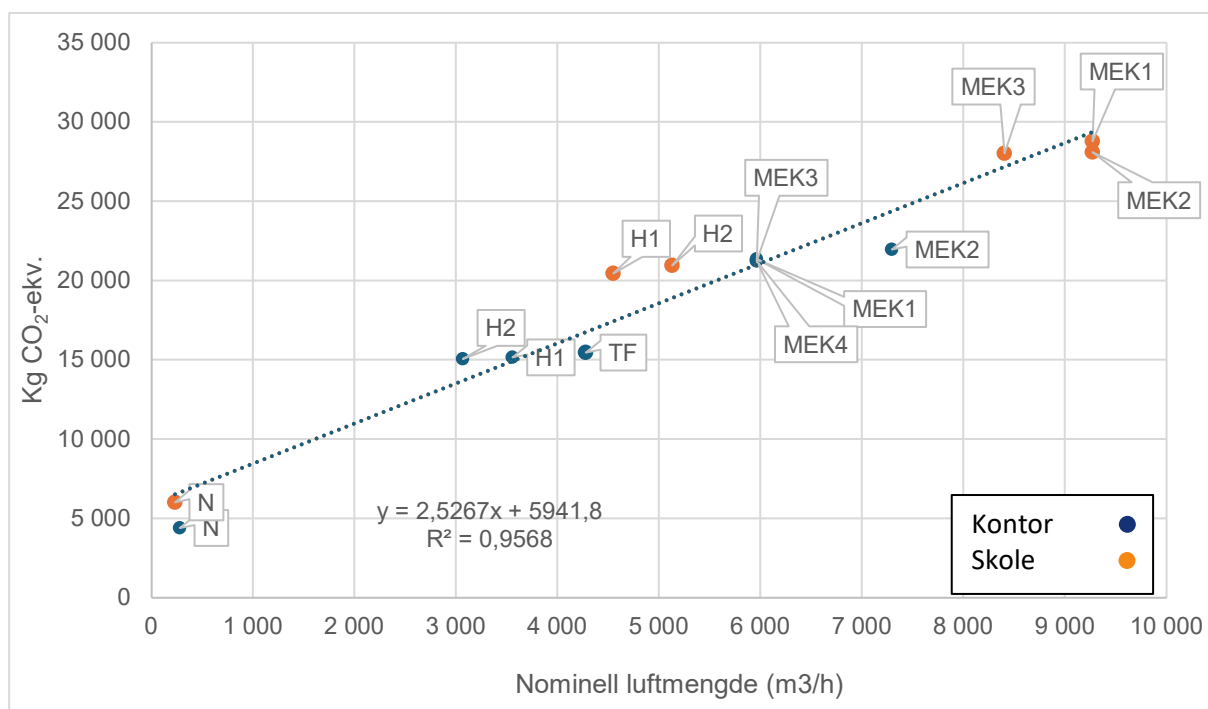
Figur 46 Prosentandel bundne utslipp etter bygningsdel. Tabellen viser verdier i kg CO₂-ekv./m².

Figur 47 viser sammenhengen mellom vekt og utslipp (A1-A3) for klimatiseringsanlegget. Regresjonslinjen uttrykker den beste lineære sammenhengen mellom variablene, og R²-verdien er et uttrykk for hvor godt de bundne utslippene (y-aksen) forklares av vekten (x-aksen). Figuren inkluderer både mekaniske, hybride og naturlige klimatiseringsløsninger. Naturlig ventilasjon er ikke inkludert, da den ikke leverer samme kvalitet på inn klima, og består av ulike typer komponenter.

Figur 48 viser sammenheng mellom luftmengde og klimagassutslipp fra materialer i ventilasjonsanlegget. Regresjonslinje her viser en klar lineær tendens, som kan være nyttig å bruke i tidligfase prosjektering av klimatiseringsanlegg. For hver redusert kubikkmeter luft per time reduseres samtidig utslippene med ca. 2,5 kg CO₂-ekvivalenter knyttet til materialbruk.



Figur 47 Sammenheng mellom vekt (x-akse) og utslipp (y-akse), for A1-A3, for hhv kontor (blå markører) og skole (oransje markører). Regresjonslinjen viser den beste lineære tilpasningen for mellom vekt og utslipp. R^2 uttrykker hvor godt regresjonslinjen forklarer variasjon i data. Naturlig ventilasjon (N) er utelatt fra regresjonsanalysen men inkludert på diagrammet.



Figur 48 Sammenheng mellom luftmengde (x-akse) og utslipp (y-akse), for A1-A3, for hhv kontor (blå markører) og skole (oransje markører). Regresjonslinjen viser den beste lineære tilpasningen mellom luftmengde og utslipp. R^2 uttrykker hvor godt regresjonslinjen forklarer variasjon i data. Omfatter kun bygningsdel 36.



3.3.3. Usikkerhet og følsomhetsanalyse

Usikkerhet i klimagassberegninger er knyttet til både inndata/modeller som er lagt til grunn og til hvorvidt de forutsetninger og antagelser som er lagt til grunn for utslippsfaktorer og levetider benyttet i klimagassberegningene er representative. I dette kapitlet omtales kun usikkerheter knyttet til selve klimagassberegningene.

3.3.3.1. Utslippsfaktorer materialer (A1-A3)

Utslippsfaktorer er de faktorer som inndata kobles sammen med for å beregne utslipp. Faktorer er ikke direkte knyttet til inndata og må kobles sammen manuelt. Dette innebærer en risiko for at det gjøres en upresis kobling mellom det som er modellert og utslippsfaktoren som benyttes, og at utslippsberegningen for komponenten dermed ikke er representativ. Utvalget av utslippsfaktorer for VVS-komponenter er også mindre enn utvalget av komponenter som faktisk benyttes i modeller. Dette gjør det nødvendig å benytte gjennomsnittsdata eller proxyverdier for lignende eller antatt lignende komponenter som stedfortredere. Dette er i tråd med retningslinjene knyttet til datakvalitet iht. NS 3720, der det skiller mellom datakvalitet på nivå 1 (spesifikke) og nivå 2 (gjennomsnittlige, representative, eller øvrige datapunkter).

3.3.3.2. Utslippsfaktorer transport til byggeplass (A4)

Utslipp knyttet til A4 Transport i drift avhenger både av transportavstander og transportmetoder. Avstander fra fabrikk til byggeplass vil variere betydelig, spesielt i et langstrakt land som Norge. Transportavstanden i disse beregningene på 300 km vil trolig være lite representative for byggeplasser vest, midt og nord i Norge – og for komponenter som kjøpes primært fra utlandet. NS 3720 angir ingen fast verdi for transportlengde til byggeplass. Utslippsfaktor og transportavstand for transport til byggeplass er basert på veiledende verdier i *Veileder for utarbeidelse til klimagassregnskap* [11]. Disse verdiene kan og vil variere i ulike prosjekter.

3.3.3.3. Levetider komponenter

Komponentenes antatte levetider påvirker antall antatte utskiftninger i analyseperioden og dermed utslippene knyttet til B4 utskiftning. Levetidene lagt til grunn i beregningene er gjennomgått og kvalitetssikret av VVS-rådgivere med kompetanse på teknisk levetid for ulike komponenter i VVS-installasjoner. Faktisk levetid i bygg avhenger imidlertid ofte av faktorer utover teknisk levetid, e.g. behov for ombygginger eller andre forhold som krever utskiftninger av komponenter. Endringer av antagelser om levetid vil påvirke utslippene betydelig. I mangel på informasjon som tilsier at andre levetider er mer representative, er de tekniske levetidene benyttet i disse beregningene. Levetider er oppgitt i Appendix A.

3.3.3.4. Følsomhetsanalyse - utslippsfaktor elektrisitet

Utslippsfaktor knyttet til produksjon av levert elektrisitet er usikker og variabel på kort og lang sikt. Iht. NS 3720 skal klimagassberegninger utføres med minimum to faktorer for elektrisitet. I disse beregningen er utslippsfaktor for europeisk el-miks (96,2 gr CO₂-ekv/kWh) lagt til grunn som hovedscenario og norsk miks¹ (6,4 gr CO₂-ekv/kWh) lagt til grunn som alternativ miks i følsomhetsanalysen. Valg av europeisk miks som hovedscenario følger anbefalingen i NS 3720. Følsomhetsanalysen er viktig for å kunne vurdere om resultatene er robuste selv om utslippsfaktoren for elektrisitet endres. Spesifikt er det relevant å vurdere om rekkefølgen på typologier etter samlede utslipp endres dersom utslippsfaktoren for elektrisitet endres.

Følsomhetsanalyse av utslippsfaktor elektrisitet for kontorbygget viser at ved bruk av europeisk miks premieres typologier med lavt behov for levert elektrisitet i større grad enn ved bruk av norsk miks.

¹ Electricity, Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2018-2020 average)



Typologiene med de laveste utslippene endrer rekkefølge ved bruk av norsk miks. H1 og H2 har noe høyere levert elektrisitet sammenlignet med N, men høyere samlet levert energi inkl. fjernvarme. Når det legges til grunn norsk el-miks med betydelig lavere utslipp, utgjør derfor H1 og H2 de to typologiene med lavest samlet utslipp (Tabell 10).

Tabell 10 Følsomhetsanalyse, sortert etter samlede utslipp (Kg CO₂-ekv. /m², utslipp B6 i parentes) for kontorbygg avhengig av utslippsfaktor for elektrisitet (europeisk vs norsk miks), energialternativ 1.

Europeisk el-miks		Norsk el-miks	
MEK3	186 (123)	MEK1	98 (32)
MEK1	153 (88)	MEK2	95 (32)
MEK2	151 (88)	MEK4	91 (29)
MEK4	150 (88)	MEK3	77 (13)
TF	118 (74)	N	72 (39)
H1	109 (62)	TF	72 (28)
H2	92 (48)	H1	71 (24)
N	81 (48)	H2	66 (21)

4. Diskusjon

I denne studien er ulike klimatiseringsløsninger for kontor- og skolebygg vurdert, med fokus på mekaniske, hybride, trimmet fortregning og naturlige ventilasjonsløsninger, samt deres innvirkning på termisk komfort, energibruk og klimagassutslipp. Beregningene av klimagassutslipp inkluderer både iboende bundne utslipp og utslipp knyttet til energibruk i drift, basert på etablerte prognoser for utslippsfaktorer.

Resultatene fra analysene og simuleringene av termisk inneklima viser at alle vurderte klimatiseringsløsninger generelt kan tilfredsstille kravene til termisk komfort. Imidlertid kan naturlige ventilasjonsløsninger, på grunn av kontinuerlig bruk av vinduslufting, føre til dårligere lokal termisk komfort og økt risiko for lokale termiske ubehag, spesielt i kontorlandskap. Dette gjelder, naturligvis, særlig i vinterhalvåret når uteluften er betydelig kaldere enn ønsket romtemperatur.

Når det gjelder netto energibehov, viser resultatene at hybridløsninger generelt har den laveste energibruken blant de vurderte alternativene. Trimmet fortregningsventilasjon viser seg også som en lovende løsning med betydelig lavere energibruk enn mekaniske løsninger, og synes å være å foretrekke i situasjoner hvor vindusåpning er vanskelig å implementere grunnet forhold som utvendig forurensning eller støy.

Levert energi for klimatisering følger generelt samme mønster som netto energibehov, med hybridløsninger som det mest energieffektive alternativet. Valget av energikilde har imidlertid stor påvirkning på sluttresultatet, spesielt for løsninger som benytter lokal elektrisk oppvarming, som kommer betydelig verre ut enn analoge løsninger med vannbåren varme. Dette understreker viktigheten av å vurdere energikildens miljøpåvirkning i tidlig designfasen.

Klimagassberegningene viser at materialrelaterte bundne utslipp er vesentlig høyere i de mekaniske alternativene sammenlignet med hybride alternativer, trimmet fortregning og naturlig ventilasjon. Dette skyldes primært at vekten av kanaler og luftfordelings- og behandlingsutstyr i de hybride løsningene er ca. 40 % lavere enn de tradisjonelle omrøringsbaserte mekaniske løsningene. Redusert



vekt i komponenter og systemer er en viktig indikator på reduserte bundne utslipp, spesielt der metaller inngår som den primære innsatsfaktoren. Dette er spesielt tydelig for ventilasjonskanaler, som utgjør ca. 50 % av de iboende utslippene i samtlige klimatiseringsløsninger med unntak av naturlig ventilasjon.

Generelt indikerer våre resultater at mindre anlegg har mindre iboende klimagassutslipp, og at disse har en tendens til lavere energibruk som også bidrar til lavere klimagassutslipp i drift. Dermed er det klare indikasjoner på at veien til mindre totale klimagassutslipp er mindre installasjoner. Dette har den hake, at installasjoner ikke bør reduseres så mye at krav til global eller lokal komfort ikke tilfredsstilles.

I et livssyklusperspektiv er de store postene i klimagassutslippene de iboende utslippene i materialene samt utslipp fra energibruk. Hvor energibruket står for 47 % - 67 % av utslippene i de scenarioer som er undersøkt i studien. Resten av utslippene er da tilknyttet materialbruk. Klimagassutslipp fra klimatiseringsløsninger bør derfor vurderes helhetlig og inkludere alle livsløpsfaser og energibruk i forutsatt drift. Det å redusere bundne utslipp slik at det øker energibehovet eller gjør anlegget sårbart mht. tilpasningsdyktighet, vil kunne føre til suboptimalisering eller problemflytting, hvor samlede utslipp øker selv om en reduserer deler av livsløpsutslippene.

Til resultatene bør det bemerkes at beregning av iboende utslipp fra HVAC-systemer er et ungt ingeniørfelt, og det er en mangel på EPD-data for slike systemer. I denne studien presenteres en tilnærming som benytter BIM og tilgjengelige EPD-data for å beregne innebygde utslipp for ulike klimatiseringsløsninger på en strukturert måte. Og på tross av at det gjennom arbeidet er søkt å opprettholde høyest mulig kvalitet i beregningene, er det sannsynlig at både beregningsmetoder og underliggende data vil utvikle seg raskt i løpet av de kommende årene.

En kritisk faktor for å forutsi reduksjoner i utslipp fra elektrisitetsbruk er andelen fornybar energi i energimiksen. I denne undersøkelsen brukes den europeiske energimiksen (EU28 + Norge) som grunnlag for å estimere klimagassutslipp fra elektrisitet. Bruken av en annen prognose, som for eksempel den norske energimiksen alene, vil trolig påvirke hvilke konklusjoner som kan trekkes fra studien.



5. Referanser

- [1] Multiconsult, 10 February 2025. [Internett]. Available: <https://www.multiconsult.no/gronn-vvs/>.
- [2] «Grønn VVS-veileder v.1.0.pdf», Multiconsult Norge AS, Oslo, 2025.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17)», 2017. [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- [4] Oslo kommune, «Standard kravspesifikasjoner Oslo kommune (SKOK)», 2022.
- [5] Standard Norge, «Bygningers energiytelse. Beregning av energibehov og energiforsyning», 2021.
- [6] M. Rabani og A. J. Petersen, «Detailed assessment of hybrid ventilation control system in a mixed-mode building in cold climate», *Journal of Physics: Conference Series*, 2023.
- [7] Standard Norge, «Beregning av bygningers energiytelse; Metode og data», 2014.
- [8] Standard Norge, «NS-EN 15978:2011 Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøpåvirkning - Beregningsmetode», 2012.
- [9] Standard Norge, «NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger», 2018.
- [10] Standard Norge, «NS 3451:2022 Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder», 2022.
- [11] Direktoratet for byggkvalitet, «Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap», 2023.
- [12] Arbeidstilsynet, «Inneklima og luftkvalitet på arbeidsplassen», [Internett]. Available: <https://www.arbeidstilsynet.no/arbeidsmiljo/inneklima/>. [Funnet 04 03 2025].
- [13] Standard Norge, «NS-EN 16978-1: 2019 Bygningers energiytelse - Del 1: Inneklimaparametere for dimensjonering og vurdering av bygningers energiytelse inkludert inneluftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustikk», 2019.
- [14] E. Arens, D. Heinzerling, S. Liu, G. Paliaga, A. Pande, S. Schiavon og H. Zhang, «Advances to ASHRAE Standard 55 to encourage more effective building practice.», ASHRAE 55, 2020.



Appendiks

A. Komponenter, levetider og materialmengder

Bygg	Typologi	Bygnin gsdel	Komponent	Levetid	Enhet	Mengde
Kontor	MEK1	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	394
Kontor	MEK1	324	AB-QM 15 HF	30	unit	13
Kontor	MEK1	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK1	324	AT3600-15	30	unit	13
Kontor	MEK1	324	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK1	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	MEK1	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	MEK1	325	MCI21-309_15	35	unit	9
Kontor	MEK1	325	MCI22-312_15	35	unit	4
Kontor	MEK1	325	MCI22-315_15-1	35	unit	12
Kontor	MEK1	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	3
Kontor	MEK1	362	LKK-1127D-1200-600-640	30	unit	2
Kontor	MEK1	362	LKK-2125C-1200-600-1240	30	unit	2
Kontor	MEK1	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	MEK1	362	LKR-160-1200	30	unit	1
Kontor	MEK1	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	MEK1	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	MEK1	362	LKR-250-1200	30	unit	5
Kontor	MEK1	362	LKR-315-1200	30	unit	5
Kontor	MEK1	362	LKR-400-1200	30	unit	2
Kontor	MEK1	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1059
Kontor	MEK1	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1388
Kontor	MEK1	364	Air volume regulator for ventilation, Ø160, 2.07 kg/unit, VAV LEO (TROX Auranor Norge AS)	20	unit	1
Kontor	MEK1	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	MEK1	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	MEK1	364	IRIS-125	20	unit	15
Kontor	MEK1	364	IRIS-160	20	unit	2
Kontor	MEK1	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	MEK1	364	LEO-0-125	15	unit	1
Kontor	MEK1	364	LEO-0-250	15	unit	5
Kontor	MEK1	364	LEO-0-315	15	unit	5
Kontor	MEK1	364	LEO-0-400	15	unit	2
Kontor	MEK1	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	10
Kontor	MEK1	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	MEK1	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-160-250	20	unit	16
Kontor	MEK1	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-200-250	20	unit	4



Kontor	MEK1	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	MEK1	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	MEK1	365	Chilled beam comfort module, 1192 x 592 x 220 mm, 22.6 kg/unit, Comfort module Parasol 1200 (Swegon Group AB)	20	unit	6
Kontor	MEK1	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	MEK1	365	WISE Parasol Z c 592-A2-160-1	20	unit	8
Kontor	MEK1	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	5
Kontor	MEK1	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	256
Kontor	MEK1	374	AB-QM 15 HF	30	unit	14
Kontor	MEK1	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK1	374	AT3600-15	30	unit	6
Kontor	MEK1	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK1	374	Proxy AT360010	30	unit	8
Kontor	MEK1	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m ³ , Glavaflex (Glava)	30	m ³	0
Kontor	MEK2	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	247
Kontor	MEK2	324	AB-QM 15 HF	30	unit	19
Kontor	MEK2	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK2	324	AT3600-15	30	unit	9
Kontor	MEK2	324	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK2	324	Proxy AT360010	30	unit	10
Kontor	MEK2	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	MEK2	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	MEK2	325	MCI21-309_15	35	unit	1
Kontor	MEK2	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	2
Kontor	MEK2	362	LKK-1127D-1200-600-640	30	unit	2
Kontor	MEK2	362	LKK-2125C-1200-600-1240	30	unit	2
Kontor	MEK2	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	MEK2	362	LKR-160-1200	30	unit	1
Kontor	MEK2	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	MEK2	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	MEK2	362	LKR-250-1200	30	unit	5
Kontor	MEK2	362	LKR-315-1200	30	unit	5
Kontor	MEK2	362	LKR-400-1200	30	unit	2
Kontor	MEK2	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1011
Kontor	MEK2	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1381
Kontor	MEK2	364	Air volume regulator for ventilation, Ø160, 2.07 kg/unit, VAV LEO (TROX Auranor Norge AS)	20	unit	1
Kontor	MEK2	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	MEK2	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	MEK2	364	IRIS-125	20	unit	9



Kontor	MEK2	364	IRIS-160	20	unit	12
Kontor	MEK2	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	MEK2	364	LEO-0-125	15	unit	1
Kontor	MEK2	364	LEO-0-250	15	unit	5
Kontor	MEK2	364	LEO-0-315	15	unit	5
Kontor	MEK2	364	LEO-0-400	15	unit	2
Kontor	MEK2	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	10
Kontor	MEK2	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	MEK2	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-160-250	20	unit	14
Kontor	MEK2	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	MEK2	364	Orion-LOV-TA-315+Luna-200-315	20	unit	2
Kontor	MEK2	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	MEK2	365	Chilled beam comfort module, 1192 x 592 x 220 mm, 22.6 kg/unit, Comfort module Parasol 1200 (Swegon Group AB)	20	unit	10
Kontor	MEK2	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	MEK2	365	WISE Parasol Z c 592-B2-160-1	20	unit	8
Kontor	MEK2	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	5
Kontor	MEK2	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	362
Kontor	MEK2	374	AB-QM 15 HF	30	unit	16
Kontor	MEK2	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK2	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK2	374	Proxy AT360010	30	unit	16
Kontor	MEK2	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m ³ , Glavaflex (Glava)	30	kg	0
Kontor	MEK2	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m ³ , Glavaflex (Glava)	30	m ³	1
Kontor	MEK2	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	0
Kontor	MEK3	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	43
Kontor	MEK3	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK3	324	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK3	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	MEK3	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	MEK3	325	HP3N proxy	30	unit	45
Kontor	MEK3	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	0
Kontor	MEK3	362	LKK-1127D-1200-600-640	30	unit	2
Kontor	MEK3	362	LKK-2125C-1200-600-1240	30	unit	2
Kontor	MEK3	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	MEK3	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	MEK3	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	MEK3	362	LKR-250-1200	30	unit	3
Kontor	MEK3	362	LKR-400-1200	30	unit	5



Kontor	MEK3	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1059
Kontor	MEK3	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1515
Kontor	MEK3	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	MEK3	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	MEK3	364	IRIS-125	20	unit	1
Kontor	MEK3	364	IRIS-160	20	unit	2
Kontor	MEK3	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	MEK3	364	LEO-0-125	15	unit	1
Kontor	MEK3	364	LEO-0-250	15	unit	3
Kontor	MEK3	364	LEO-0-400	15	unit	5
Kontor	MEK3	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	2
Kontor	MEK3	364	Orion-ATV-K-TA-S-315	20	unit	8
Kontor	MEK3	364	Orion-Lov-Sirius-TA-0-125-200	20	unit	2
Kontor	MEK3	364	Orion-Lov-Sirius-TA-0-160-250	20	unit	26
Kontor	MEK3	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	MEK3	364	Orion-LOV-TA-160+Luna-125-160	20	unit	6
Kontor	MEK3	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	MEK3	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	MEK3	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	MEK3	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	4
Kontor	MEK3	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	45
Kontor	MEK3	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK3	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK3	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	kg	0
Kontor	MEK3	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	m3	0
Kontor	MEK4	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	131
Kontor	MEK4	322	Dynacon Eclipse	30	unit	2
Kontor	MEK4	322	Cross-linked polyethylene (PEX) pipe for water distribution networks, DN 40 mm (1 1/2 in), 0.52 kg/m, wall thickness: 4.59 mm (One Click LCA)	50	kg	194
Kontor	MEK4	322	Fordelingsskap SKAP800	30	unit	2
Kontor	MEK4	324	AB-QM 20 HF	30	unit	3
Kontor	MEK4	324	AT3600-32	30	unit	4
Kontor	MEK4	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	MEK4	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	MEK4	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	1
Kontor	MEK4	362	LKK-1127D-1200-600-640	30	unit	2
Kontor	MEK4	362	LKK-2125C-1200-600-1240	30	unit	2
Kontor	MEK4	362	LKR-125-600	30	unit	13



Kontor	MEK4	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	MEK4	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	MEK4	362	LKR-250-1200	30	unit	3
Kontor	MEK4	362	LKR-315-1200	30	unit	4
Kontor	MEK4	362	LKR-400-1200	30	unit	1
Kontor	MEK4	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1059
Kontor	MEK4	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1384
Kontor	MEK4	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	MEK4	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	MEK4	364	IRIS-125	20	unit	1
Kontor	MEK4	364	IRIS-160	20	unit	2
Kontor	MEK4	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	MEK4	364	LEO-0-125	15	unit	1
Kontor	MEK4	364	LEO-0-250	15	unit	3
Kontor	MEK4	364	LEO-0-315	15	unit	4
Kontor	MEK4	364	LEO-0-400	15	unit	1
Kontor	MEK4	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	10
Kontor	MEK4	364	Orion-Lov-Sirius-TA-0-125-200	20	unit	2
Kontor	MEK4	364	Orion-Lov-Sirius-TA-0-160-250	20	unit	24
Kontor	MEK4	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	10
Kontor	MEK4	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-200-250	20	unit	2
Kontor	MEK4	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	MEK4	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	MEK4	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	MEK4	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	4
Kontor	MEK4	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	42
Kontor	MEK4	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	MEK4	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	MEK4	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	kg	0
Kontor	MEK4	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	m3	0
Kontor	H1	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	396
Kontor	H1	324	AB-QM 15 HF	30	unit	13
Kontor	H1	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	H1	324	AT3600-15	30	unit	13
Kontor	H1	324	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	H1	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	H1	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	H1	325	MCI21-309_15	35	unit	9
Kontor	H1	325	MCI22-312_15	35	unit	4



Kontor	H1	325	MCI22-315_15-1	35	unit	12
Kontor	H1	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	20	m3	3
Kontor	H1	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	H1	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	H1	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	H1	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	771
Kontor	H1	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	810
Kontor	H1	362	LKK-4085D-800-600-1880	30	unit	2
Kontor	H1	362	LKK-1085D-800-600-640	30	unit	2
Kontor	H1	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	H1	364	DSO-160	20	unit	7
Kontor	H1	364	IRIS-125	20	unit	1
Kontor	H1	364	IRIS-160	20	unit	1
Kontor	H1	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	H1	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	H1	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	H1	364	SI-1-1/4R-160+LSM	30	unit	4
Kontor	H1	364	SI-1-1/4R-125+LSM	30	unit	8
Kontor	H1	364	SI-1-1/2R-200+LSM	20	unit	8
Kontor	H1	364	Orion-ATV-K-TA-S-400	20	unit	2
Kontor	H1	364	Orion-ATV-K-TA-S-200	20	unit	2
Kontor	H1	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	H1	365	Air handling unit (AHU), 2080x1400x1651 mm, 679 kg/unit, 2.1m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 014/ 020 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	H1	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	20	m3	2
Kontor	H1	366	WMX-826	15	unit	34
Kontor	H1	366	Windowmaster Keypad	15	unit	34
Kontor	H1	366	Windowmaster Control Panel	15	unit	1
Kontor	H1	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1
Kontor	H1	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	45
Kontor	H1	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	H1	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	H1	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	kg	0
Kontor	H1	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	m3	0
Kontor	H2	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	132
Kontor	H2	322	Dynacon Eclipse	30	unit	2
Kontor	H2	322	Cross-linked polyethylene (PEX) pipe for water distribution networks, DN 40 mm (1 1/2 in), 0.52 kg/m, wall thickness: 4.59 mm (One Click LCA)	50	kg	195



Kontor	H2	324	AB-QM 20 HF	30	kg	3
Kontor	H2	324	AT3600-32	30	unit	4
Kontor	H2	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	H2	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	H2	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	1
Kontor	H2	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	H2	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	H2	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	H2	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	771
Kontor	H2	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	786
Kontor	H2	362	LKK-4085D-800-600-1880	30	unit	2
Kontor	H2	362	LKK-1085D-800-600-640	30	unit	2
Kontor	H2	364	DSO-125	20	unit	26
Kontor	H2	364	DSO-160	20	unit	7
Kontor	H2	364	IRIS-125	20	unit	1
Kontor	H2	364	IRIS-160	20	unit	1
Kontor	H2	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	H2	364	Orion-ATV-K-TA-S-315	20	unit	2
Kontor	H2	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	H2	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	H2	364	SI-1-1/4R-160+LSM	20	unit	4
Kontor	H2	364	SI-1-1/4R-125+LSM	20	unit	8
Kontor	H2	364	SI-1-1/2R-200+LSM	20	unit	8
Kontor	H2	364	Orion-ATV-K-TA-S-200	20	unit	2
Kontor	H2	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	H2	365	Air handling unit (AHU), 2080x1400x1651 mm, 679 kg/unit, 2.1m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 014/ 020 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	H2	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	2
Kontor	H2	366	WMX-826	15	unit	34
Kontor	H2	366	Windowmaster Keypad	15	unit	34
Kontor	H2	366	Windowmaster Control Panel	15	unit	1
Kontor	H2	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1
Kontor	H2	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	43
Kontor	H2	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	H2	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	H2	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m ³ , Glavaflex (Glava)	30	kg	0
Kontor	H2	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m ³ , Glavaflex (Glava)	30	m ³	0
Kontor	N	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	478



Kontor	N	324	AB-QM 15 HF	30	unit	11
Kontor	N	324	AB-QM 20 HF	30	unit	3
Kontor	N	324	AT3600-15	30	unit	11
Kontor	N	324	AT3600-32	30	unit	4
Kontor	N	324	STAD/F-15/14	30	unit	1
Kontor	N	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	N	325	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	N	325	MCI21-309_15	35	unit	1
Kontor	N	325	MCI33-620_15-1	35	unit	6
Kontor	N	325	MCI22-614_15-1	35	unit	4
Kontor	N	325	MCI33-612_15-1	35	unit	4
Kontor	N	325	MCI33-613_15	35	unit	22
Kontor	N	326	Stone wool/mineral wool insulation, 0.035-0.039 W/mK, 106-160 kg/m3 (Knauf)	30	m3	3
Kontor	N	362	LKR-125-600	30	unit	4
Kontor	N	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	N	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	N	362	LKR-315-1200	30	unit	4
Kontor	N	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	348
Kontor	N	364	DSO-125	20	unit	1
Kontor	N	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	N	364	IRIS-160	20	unit	1
Kontor	N	364	IRIS-250	20	unit	1
Kontor	N	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	N	364	Orion-LOV-TA-250+Luna-250-250	20	unit	2
Kontor	N	364	Orion-ATV-K-TA-S-200	20	unit	1
Kontor	N	364	NETTING-125	30	unit	8
Kontor	N	365	Air handling unit (AHU), 1799x825x1185 mm, 266 kg/unit, 0.65 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 004/ 005 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	N	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	1
Kontor	N	366	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Kontor	N	366	WMX-826	15	unit	34
Kontor	N	366	Windowmaster Keypad	15	unit	35
Kontor	N	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1
Kontor	TF	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	106
Kontor	TF	322	Dynacon Eclipse	30	unit	2
Kontor	TF	322	Cross-linked polyethylene (PEX) pipe for water distribution networks, DN 40 mm (1 1/2 in), 0.52 kg/m, wall thickness: 4.59 mm (One Click LCA)	50	kg	194
Kontor	TF	324	AB-QM 20 HF	30	unit	3
Kontor	TF	324	AT3600-32	30	unit	4
Kontor	TF	324	STAD/F-15/14	30	unit	1



Kontor	TF	324	STAD/F-32	30	unit	1
Kontor	TF	325	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Kontor	TF	326	Stone wool/mineral wool insulation, 0.035-0.039 W/mK, 106-160 kg/m3 (Knauf)	30	m3	0
Kontor	TF	362	LKR-125-600	30	unit	13
Kontor	TF	362	LKR-160-300	30	unit	2
Kontor	TF	362	LKR-200-300	30	unit	3
Kontor	TF	362	LKR-400-1200	30	unit	2
Kontor	TF	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	771
Kontor	TF	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	843
Kontor	TF	362	LKK-4085D-800-600-1880	30	unit	2
Kontor	TF	362	LKK-1085D-800-600-640	30	unit	2
Kontor	TF	362	LKR-250-900	30	unit	1
Kontor	TF	362	LKR-200-600	30	unit	6
Kontor	TF	364	DSO-125	20	unit	2
Kontor	TF	364	DSO-160	20	unit	5
Kontor	TF	364	IRIS-125	20	unit	1
Kontor	TF	364	IRIS-160	20	unit	1
Kontor	TF	364	LEO-0-400	15	unit	2
Kontor	TF	364	Orion-LOV-TA-125+Luna-125-125	20	unit	4
Kontor	TF	364	SI-1-1/4R-160+LSM	20	unit	4
Kontor	TF	364	SI-1-1/4R-125+LSM	20	unit	8
Kontor	TF	364	Orion-ATV-K-TA-S-400	20	unit	4
Kontor	TF	364	NETTING-125	30	unit	24
Kontor	TF	364	DRS-250	25	unit	8
Kontor	TF	364	DRS-200	25	unit	2
Kontor	TF	364	SI-1-1/2R-250+LSM	20	unit	8
Kontor	TF	364	NETTING-200	30	unit	12
Kontor	TF	365	Air handling unit (AHU), 2080x1400x1651 mm, 679 kg/unit, 2.1m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 014/ 020 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Kontor	TF	365	Circular duct fan R-250, galvanized steel (RUUKKI)	25	unit	1
Kontor	TF	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	2
Kontor	TF	366	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Kontor	TF	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	44
Kontor	TF	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Kontor	TF	374	AT3600-32	30	unit	2
Kontor	TF	376	Pipe insulation, elastomeric rubber foam, 6 - 50 mm, 48.35 kg/m3, Glavaflex (Glava)	30	m3	0
Skole	MEK1	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	338
Skole	MEK1	324	AB-QM 15 HF	30	unit	14



Skole	MEK1	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK1	324	AT3600-15	30	unit	11
Skole	MEK1	324	AT3600-32	30	unit	3
Skole	MEK1	324	STAD/F-32	30	unit	2
Skole	MEK1	324	STAD/F-20	30	unit	1
Skole	MEK1	324	Brass quarter-turn valve (MDEGD)	30	unit	50
Skole	MEK1	325	I40H 30-620_15-1	35	unit	1
Skole	MEK1	325	I40H 30-520_15-1	35	unit	3
Skole	MEK1	325	I40H 30-518_15-1	35	unit	1
Skole	MEK1	325	I40H 30-411_15	35	unit	1
Skole	MEK1	325	I40H 30-317_15-1	35	unit	14
Skole	MEK1	325	I40H 20-409_15-1	35	unit	1
Skole	MEK1	325	I40H 20-407_15-1	35	unit	2
Skole	MEK1	325	I40H 20-320_15-1	35	unit	2
Skole	MEK1	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	2
Skole	MEK1	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	MEK1	362	LKR-315-1200	30	unit	12
Skole	MEK1	362	LKR-400-1200	30	unit	1
Skole	MEK1	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	999
Skole	MEK1	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	2234
Skole	MEK1	362	LKR-250-900	30	unit	1
Skole	MEK1	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	MEK1	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5
Skole	MEK1	362	LKR-200-1200	30	unit	4
Skole	MEK1	362	LKR-125-900	30	unit	1
Skole	MEK1	362	LKK-4145C-1400-600-1880	30	unit	2
Skole	MEK1	362	LKK 2145D-1400-600-1240	30	unit	2
Skole	MEK1	364	IRIS-125	20	unit	2
Skole	MEK1	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	MEK1	364	LEO-0-125	15	unit	1
Skole	MEK1	364	LEO-0-250	15	unit	1
Skole	MEK1	364	LEO-0-315	15	unit	2
Skole	MEK1	364	LEO-0-400	15	unit	1
Skole	MEK1	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	15
Skole	MEK1	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	MEK1	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	MEK1	364	RIA-1 1600x 2000 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	MEK1	364	Luna-250-315	25	unit	10
Skole	MEK1	364	Luna-200-250	25	unit	34
Skole	MEK1	364	LEO-D-315	15	unit	10
Skole	MEK1	364	LEO-D-200	15	unit	4



Skole	MEK1	364	IRIS-200	20	unit	2
Skole	MEK1	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	9
Skole	MEK1	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	MEK1	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	12
Skole	MEK1	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK1	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	6
Skole	MEK1	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK1	364	FKRS-EU/125/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK1	364	FKR-EU/DE/630/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK1	364	FKR-EU/DE/500/ZXX	15	unit	2
Skole	MEK1	364	FKR-EU/DE/400/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK1	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	MEK1	365	Air handling unit (AHU), 2642x1990x2259 mm, 1254 kg/unit, 5 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 035/ 040 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	MEK1	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	5
Skole	MEK1	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	35
Skole	MEK1	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK1	374	AT3600-32	30	unit	2
Skole	MEK1	376	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Skole	MEK2	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	23
Skole	MEK2	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK2	324	AT3600-32	30	unit	2
Skole	MEK2	324	STAD/F-32	30	unit	1
Skole	MEK2	324	STAD/F-20	30	unit	1
Skole	MEK2	325	HP3N proxy	30	unit	50
Skole	MEK2	325	Radiant heating panel, 5.36 kg/unit, EMOTION 4 - 423886 (Groupe Atlantic)	30	unit	3
Skole	MEK2	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	kg	0
Skole	MEK2	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Skole	MEK2	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	MEK2	362	LKR-315-1200	30	unit	6
Skole	MEK2	362	LKR-400-1200	30	unit	1
Skole	MEK2	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1002
Skole	MEK2	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	2278
Skole	MEK2	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	MEK2	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5
Skole	MEK2	362	LKR-200-1200	30	unit	2



Skole	MEK2	362	LKR-125-900	30	unit	1
Skole	MEK2	362	LKK-4145C-1400-600-1880	30	unit	2
Skole	MEK2	362	LKK 2145D-1400-600-1240	30	unit	2
Skole	MEK2	364	IRIS-125	20	unit	2
Skole	MEK2	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	MEK2	364	LEO-0-125	15	unit	1
Skole	MEK2	364	LEO-0-315	15	unit	1
Skole	MEK2	364	LEO-0-400	15	unit	1
Skole	MEK2	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	15
Skole	MEK2	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	MEK2	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	MEK2	364	RIA-1 1600x 2000 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	MEK2	364	Luna-250-315	25	unit	4
Skole	MEK2	364	Luna-200-250	25	unit	40
Skole	MEK2	364	LEO-D-315	15	unit	5
Skole	MEK2	364	LEO-D-200	15	unit	2
Skole	MEK2	364	IRIS-200	20	unit	2
Skole	MEK2	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	9
Skole	MEK2	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	MEK2	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	11
Skole	MEK2	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	6
Skole	MEK2	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	364	FKRS-EU/125/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	364	FKR-EU/DE/630/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	364	FKR-EU/DE/500/ZXX	15	unit	2
Skole	MEK2	364	FKR-EU/DE/400/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	364	FKR-EU/DE/315/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK2	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	MEK2	365	Air handling unit (AHU), 2642x1990x2259 mm, 1254 kg/unit, 5 m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 035/ 040 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	MEK2	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	5
Skole	MEK2	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	35
Skole	MEK2	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK2	374	AT3600-32	30	unit	2
Skole	MEK2	376	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	0
Skole	MEK3	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	295
Skole	MEK3	322	Cross-linked polyethylene (PEX) pipe for water distribution networks, DN 40 mm (1 1/2 in), 0.52 kg/m, wall thickness: 4.59 mm (One Click LCA)	50	kg	174
Skole	MEK3	322	Fordelingsskap SKAP800	30	unit	1



Skole	MEK3	322	Fordelingsskap SKAP500	30	unit	1
Skole	MEK3	324	AB-QM 15 HF	30	unit	3
Skole	MEK3	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK3	324	AT3600-15	30	unit	2
Skole	MEK3	324	AT3600-32	30	unit	4
Skole	MEK3	324	STAD/F-32	30	unit	2
Skole	MEK3	324	STAD/F-20	30	unit	2
Skole	MEK3	324	Brass quarter-turn valve (MDEGD)	30	unit	6
Skole	MEK3	325	I40H 30-620_15-1	35	unit	1
Skole	MEK3	325	I40H 30-518_15-1	35	unit	1
Skole	MEK3	325	I40H 20-409_15-1	35	unit	1
Skole	MEK3	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	2
Skole	MEK3	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	MEK3	362	LKR-315-1200	30	unit	6
Skole	MEK3	362	LKR-400-1200	30	unit	1
Skole	MEK3	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	993
Skole	MEK3	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	2276
Skole	MEK3	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	MEK3	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5
Skole	MEK3	362	LKR-200-1200	30	unit	2
Skole	MEK3	362	LKR-125-900	30	unit	1
Skole	MEK3	362	LKK-4145C-1400-600-1880	30	unit	2
Skole	MEK3	362	LKK 2145D-1400-600-1240	30	unit	2
Skole	MEK3	364	IRIS-125	20	unit	2
Skole	MEK3	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	MEK3	364	LEO-0-125	15	unit	1
Skole	MEK3	364	LEO-0-315	15	unit	1
Skole	MEK3	364	LEO-0-400	15	unit	1
Skole	MEK3	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	15
Skole	MEK3	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	MEK3	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	MEK3	364	Luna-250-315	25	unit	4
Skole	MEK3	364	Luna-200-250	25	unit	40
Skole	MEK3	364	LEO-D-315	15	unit	5
Skole	MEK3	364	LEO-D-200	15	unit	2
Skole	MEK3	364	IRIS-200	20	unit	2
Skole	MEK3	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	9
Skole	MEK3	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	MEK3	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	11
Skole	MEK3	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	6



Skole	MEK3	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	FKRS-EU/125/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	FKR-EU/DE/630/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	FKR-EU/DE/500/ZXX	15	unit	2
Skole	MEK3	364	FKR-EU/DE/400/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	FKR-EU/DE/315/ZXX	15	unit	1
Skole	MEK3	364	RIA-1 1600x 1850 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	MEK3	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	MEK3	365	Air handling unit (AHU), 2642x1990x2259 mm, 1254 kg/unit, 5 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 035/ 040 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	MEK3	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	5
Skole	MEK3	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	28
Skole	MEK3	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	MEK3	374	AT3600-32	30	unit	2
Skole	MEK3	376	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Skole	MEK3	322	Dynacon Eclipse	30	unit	2
Skole	H1	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	338
Skole	H1	324	AB-QM 15 HF	30	unit	14
Skole	H1	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	H1	324	AT3600-15	30	unit	11
Skole	H1	324	AT3600-32	30	unit	3
Skole	H1	324	STAD/F-32	30	unit	2
Skole	H1	324	STAD/F-20	30	unit	1
Skole	H1	324	Brass quarter-turn valve (MDEGD)	30	unit	50
Skole	H1	325	I40H 30-620_15-1	50	unit	1
Skole	H1	325	I40H 30-520_15-1	50	unit	3
Skole	H1	325	I40H 30-518_15-1	50	unit	1
Skole	H1	325	I40H 30-411_15	50	unit	1
Skole	H1	325	I40H 30-317_15-1	50	unit	14
Skole	H1	325	I40H 20-409_15-1	50	unit	1
Skole	H1	325	I40H 20-407_15-1	50	unit	2
Skole	H1	325	I40H 20-320_15-1	35	unit	2
Skole	H1	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	2
Skole	H1	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	H1	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1011
Skole	H1	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1434
Skole	H1	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	H1	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5



Skole	H1	362	LKK-4125C-1200-600-1880	30	unit	2
Skole	H1	362	LKK-1125C-1200-600-640	30	unit	2
Skole	H1	364	IRIS-125	20	unit	1
Skole	H1	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	H1	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	7
Skole	H1	364	SI-1-1/4R-160+LSM	20	unit	2
Skole	H1	364	SI-1-1/2R-200+LSM	20	unit	14
Skole	H1	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	H1	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	H1	364	Luna-250-315	25	unit	4
Skole	H1	364	IRIS-200	20	unit	1
Skole	H1	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	13
Skole	H1	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	H1	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	1
Skole	H1	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	11
Skole	H1	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	2
Skole	H1	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	5
Skole	H1	364	FKRS-EU/125/ZXX	15	unit	1
Skole	H1	364	FKR-EU/DE/630/ZXX	15	unit	2
Skole	H1	364	RIA-1 1300x 1500 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	H1	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m3/s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	H1	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m3/h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	H1	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m2K/W, 37 mm, 1.22 kg/m2, 33 kg/m3, VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m3	3
Skole	H1	366	WMX-826	15	unit	36
Skole	H1	366	Windowmaster Keypad	15	unit	36
Skole	H1	366	Windowmaster Control Panel	15	unit	1
Skole	H1	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1
Skole	H1	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	35
Skole	H1	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	H1	374	AT3600-32	30	unit	2
Skole	H1	376	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m2, 34 kg/m3, Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m3	0
Skole	H2	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	295
Skole	H2	322	Dynacon Eclipse	30	unit	2
Skole	H2	322	Cross-linked polyethylene (PEX) pipe for water distribution networks, DN 40 mm (1 1/2 in), 0.52 kg/m, wall thickness: 4.59 mm (One Click LCA)	50	kg	174
Skole	H2	322	Fordelingsskap SKAP800	30	unit	1
Skole	H2	322	Fordelingsskap SKAP500	30	unit	1
Skole	H2	324	AB-QM 15 HF	30	unit	3
Skole	H2	324	AB-QM 20 HF	30	unit	1



Skole	H2	324	AT3600-15	30	unit	2
Skole	H2	324	AT3600-32	30	unit	4
Skole	H2	324	STAD/F-32	30	unit	2
Skole	H2	324	STAD/F-20	30	unit	2
Skole	H2	324	Brass quarter-turn valve (MDEGD)	30	unit	6
Skole	H2	325	I40H 30-620_15-1	50	unit	1
Skole	H2	325	I40H 30-518_15-1	50	unit	1
Skole	H2	325	I40H 20-409_15-1	50	unit	1
Skole	H2	326	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	2
Skole	H2	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	H2	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1011
Skole	H2	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	1495
Skole	H2	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	H2	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5
Skole	H2	362	LKK-4125C-1200-600-1880	30	unit	2
Skole	H2	362	LKK-1125C-1200-600-640	30	unit	2
Skole	H2	364	IRIS-125	20	unit	1
Skole	H2	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	H2	364	Orion-ATV-K-TA-S-250	20	unit	2
Skole	H2	364	Orion-ATV-K-TA-S-315	20	unit	5
Skole	H2	364	SI-1-1/2R-200+LSM	20	unit	6
Skole	H2	364	SI-1-1/2R-250+LSM	20	unit	6
Skole	H2	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	H2	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	H2	364	Luna-250-315	25	unit	4
Skole	H2	364	IRIS-200	20	unit	1
Skole	H2	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	13
Skole	H2	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	H2	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	1
Skole	H2	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	11
Skole	H2	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	6
Skole	H2	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	1
Skole	H2	364	FKRS-EU/125/ZXX	15	unit	1
Skole	H2	364	FKR-EU/DE/630/ZXX	15	unit	2
Skole	H2	364	RIA-1 1300x 1500 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	H2	364	SI-1-1/4R-250+LSM	20	unit	4
Skole	H2	365	Air handling unit (AHU), 2261x1600x1911 mm, 861 kg/unit, 3.2 m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 025/ 030 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	H2	365	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	H2	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	3



Skole	H2	366	WMX-826	15	unit	36
Skole	H2	366	Windowmaster Keypad	15	unit	36
Skole	H2	366	Windowmaster Control Panel	15	unit	1
Skole	H2	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1
Skole	H2	372	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	28
Skole	H2	374	AB-QM 20 HF	30	unit	1
Skole	H2	374	AT3600-32	30	unit	2
Skole	H2	376	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	0
Skole	N	322	Steel pipes, STD, DN 20 mm, (3/4 in), 1.69 kg/m, wall thickness: 2.87 mm (One Click LCA)	30	kg	599
Skole	N	324	AB-QM 15 HF	30	unit	12
Skole	N	324	AB-QM 20 HF	30	unit	4
Skole	N	324	AT3600-15	30	unit	12
Skole	N	324	AT3600-32	30	unit	4
Skole	N	324	STAD/F-32	30	unit	1
Skole	N	324	STAD/F-20	30	unit	1
Skole	N	324	Brass quarter-turn valve (MDEGD)	30	unit	12
Skole	N	324	AT3600-25	30	unit	1
Skole	N	325	Circulator pump, for liquids in HVAC systems, Group 1: flow rate 6.1 m ³ /h, head max. 4 m, power input avg. 0.0238 kW, Magna3 (Grundfos)	15	unit	1
Skole	N	325	I40H 30-620_15-1	35	unit	1
Skole	N	325	I40H 30-518_15-1	35	unit	1
Skole	N	325	I40H 30-411_15	35	unit	1
Skole	N	325	I40H 20-409_15-1	35	unit	1
Skole	N	325	I40H 20-407_15-1	35	unit	2
Skole	N	325	I40H 30-623_15-1	35	unit	2
Skole	N	325	I40H 30-630_15-1	35	unit	8
Skole	N	325	I40H 30-626_15-1	35	unit	31
Skole	N	326	Stone wool/mineral wool insulation, 0.035-0.039 W/mK, 106-160 kg/m ³ (Knauf)	30	m ³	2
Skole	N	362	LKR-200-300	30	unit	3
Skole	N	362	LKR-315-1200	30	unit	4
Skole	N	362	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	191
Skole	N	362	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7 mm thickness (Ventistål)	30	kg	429
Skole	N	362	LKR-200-600	30	unit	1
Skole	N	362	Lydfelle LKR-250-300	30	unit	5
Skole	N	364	IRIS-125	20	unit	2
Skole	N	364	IRIS-160	20	unit	1
Skole	N	364	NETTING-200	30	unit	1
Skole	N	364	Tellus-Lov-L-125	20	unit	1
Skole	N	364	Luna-250-315	25	unit	3
Skole	N	364	IRIS-200	20	unit	1



Skole	N	364	Inlet/Outlet valve R-160, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	9
Skole	N	364	Inlet/Outlet valve R-125, galvanized steel (RUUKKI)	20	unit	1
Skole	N	364	FKRS-EU/315/ZXX	15	unit	1
Skole	N	364	FKRS-EU/250/ZXX	15	unit	1
Skole	N	364	FKRS-EU/200/ZXX	15	unit	1
Skole	N	364	FKRS-EU/160/ZXX	15	unit	1
Skole	N	364	FKR-EU/DE/315/ZXX	15	unit	2
Skole	N	364	RIA-1 1300x 1500 Inntaksrist	20	unit	1
Skole	N	365	Air handling unit (AHU), 1799x825x1185 mm, 266 kg/unit, 0.65 m ³ /s, Swegon GOLD/ SILVER C RX 004/ 005 (Swegon Group AB)	25	unit	1
Skole	N	366	Stone wool insulation for technical pipe insulation, unfaced, R= 1 m ² K/W, 37 mm, 1.22 kg/m ² , 33 kg/m ³ , VENTIMATT ALU (ROCKWOOL Nordics)	30	m ³	1
Skole	N	366	Stone wool insulation, aluminium-foil faced, for pipes and ventilation tubing, L = 0.037 W/mK, 25 mm, 0.943 kg/m ² , 34 kg/m ³ , Fire resistance class = A1, Lambda=0.037 W/(m.K), Thermo-teK LM Eco ALU (KNAUF)	30	m ³	0
Skole	N	366	WMX-826	15	unit	40
Skole	N	366	Windowmaster Keypad	15	unit	40
Skole	N	366	Windowmaster Control Panel	15	unit	1
Skole	N	366	Windowmaster wind and rain sensor	15	unit	1



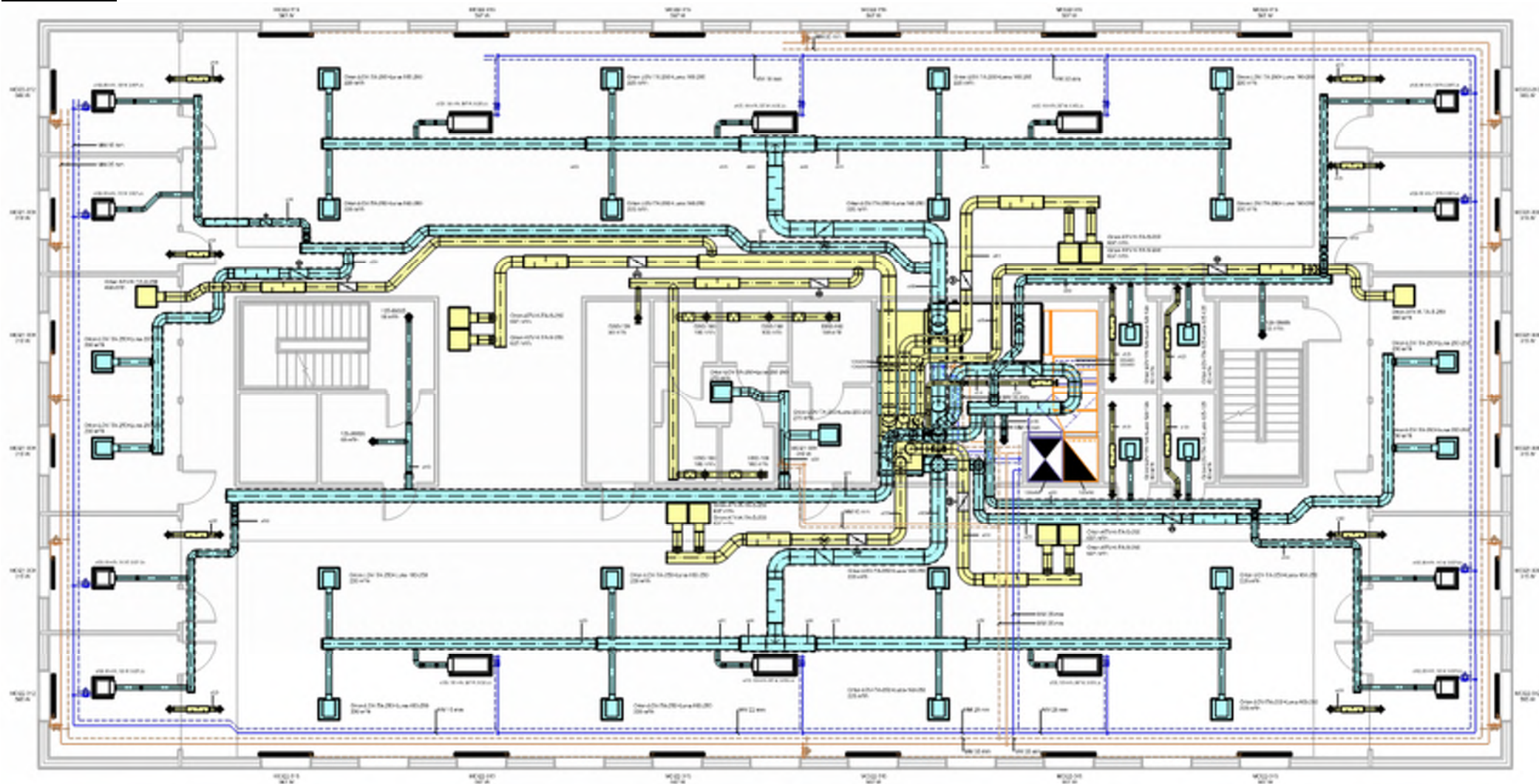
B. Levert energi (kWh/m²)

Bygg	Energialt	Typologi	Elektrisitet	Fjernvarme	Sum
Kontor	Alt 1	MEK1	12,4	13,6	26,0
Kontor	Alt 1	MEK2	12,4	13,6	26,0
Kontor	Alt 1	MEK3	24,3	2,8	27,1
Kontor	Alt 1	MEK4	13,0	12,3	25,4
Kontor	Alt 1	H1	8,6	10,3	18,9
Kontor	Alt 1	H2	5,9	9,5	15,4
Kontor	Alt 1	TF	10,3	11,8	22,1
Kontor	Alt 1	N	2,0	18,9	20,9
Kontor	Alt 2	MEK1	15,0		15,0
Kontor	Alt 2	MEK2	15,0		15,0
Kontor	Alt 2	MEK3	23,5		23,5
Kontor	Alt 2	MEK4	14,7		14,7
Kontor	Alt 2	H1	11,4		11,4
Kontor	Alt 2	H2	8,5		8,5
Kontor	Alt 2	TF	13,2		13,2
Kontor	Alt 2	N	8,7		8,7
Skole	Alt 1	MEK1	11,0	25,5	36,5
Skole	Alt 1	MEK2	32,2	3,5	35,7
Skole	Alt 1	MEK3	11,1	24,0	35,1
Skole	Alt 1	H1	9,9	21,0	30,8
Skole	Alt 1	H2	10,9	20,1	31,0
Skole	Alt 1	N	2,1	37,8	39,9
Skole	Alt 2	MEK1	19,3		19,3
Skole	Alt 2	MEK2	32,3		32,3
Skole	Alt 2	MEK3	18,8		18,8
Skole	Alt 2	H1	16,6		16,6
Skole	Alt 2	H2	17,2		17,2
Skole	Alt 2	N	15,8		15,8



C. Modellerte klimatiseringsløsninger

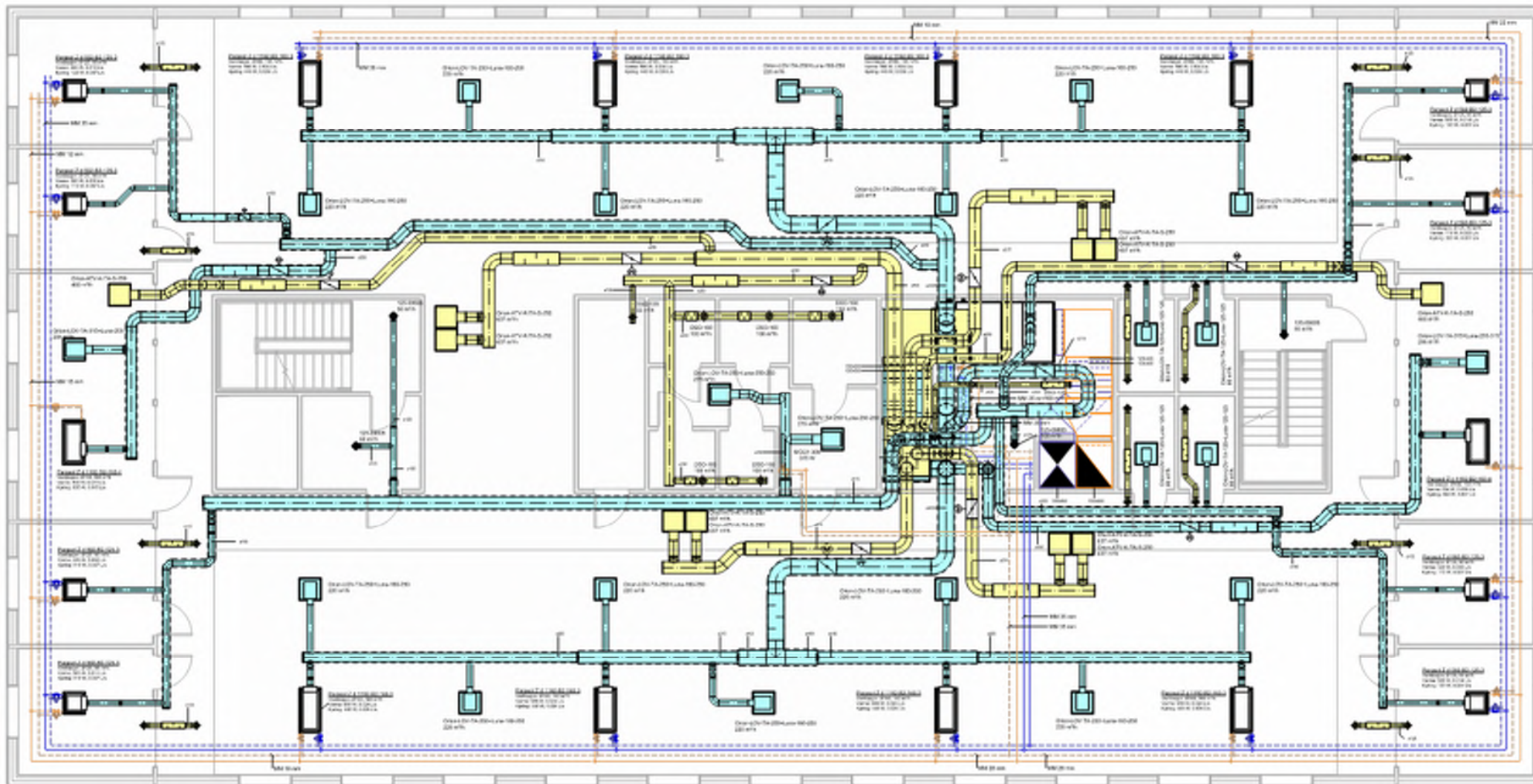
MEK1 kontor





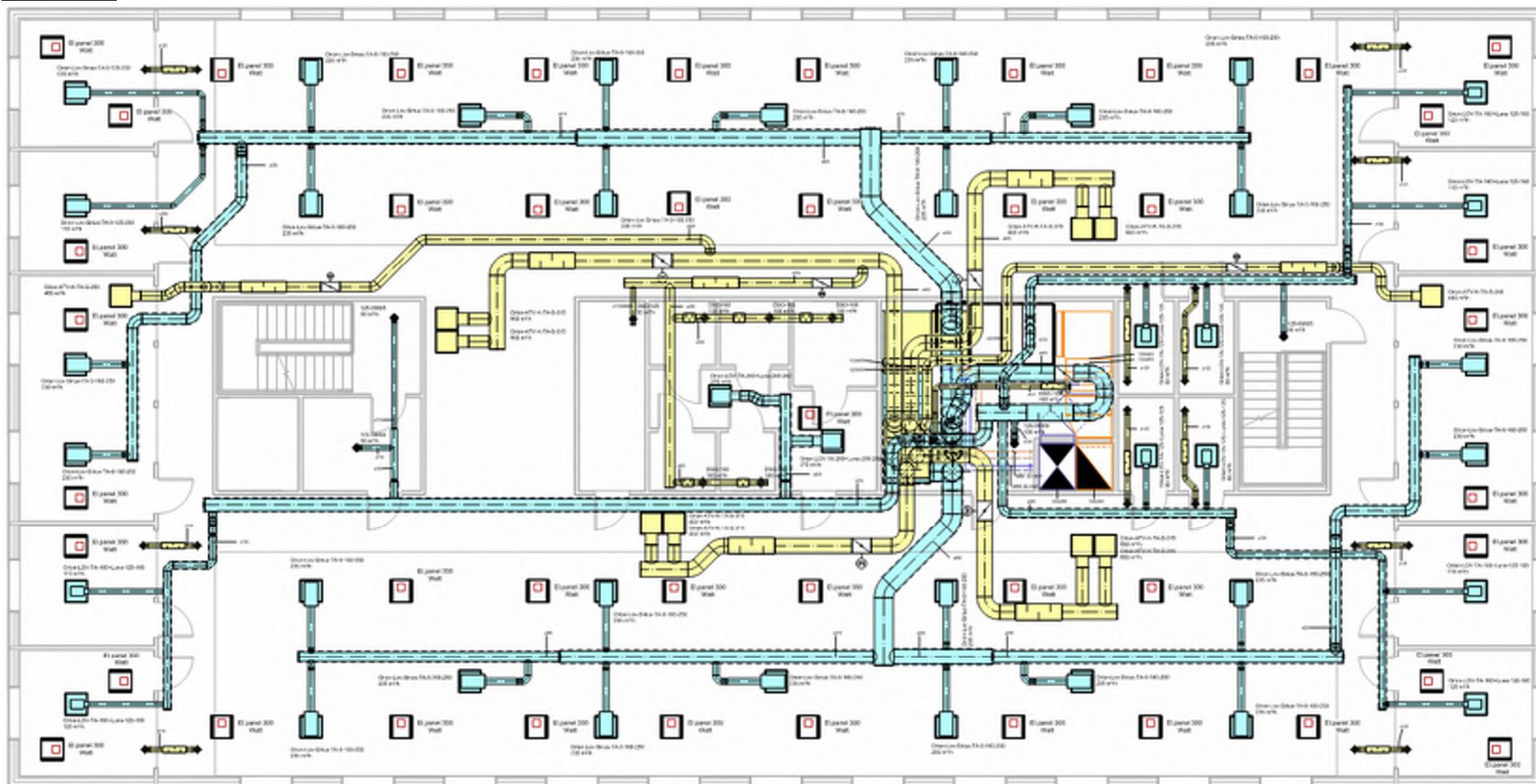


MEK2 kontor



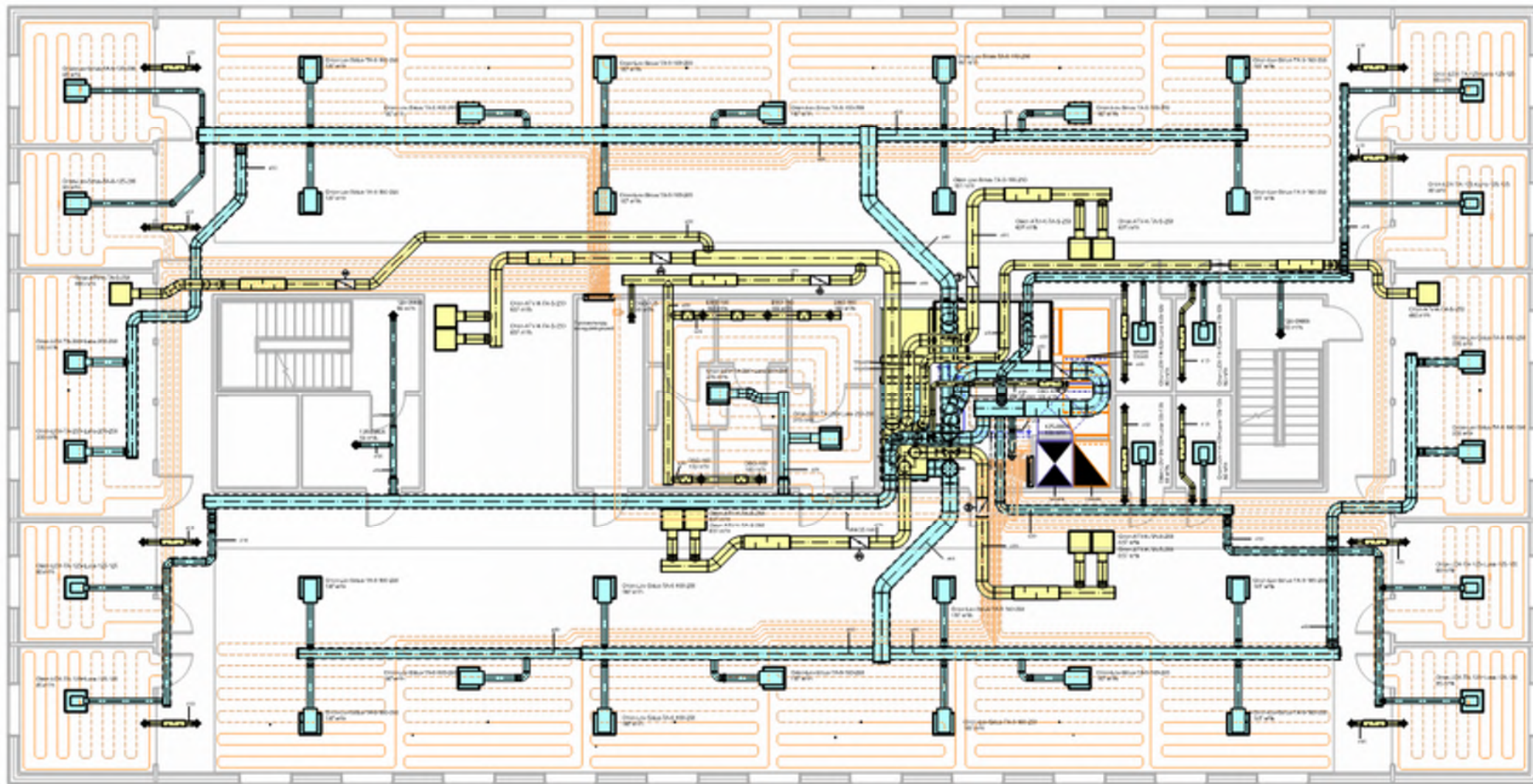


MEK3 kontor

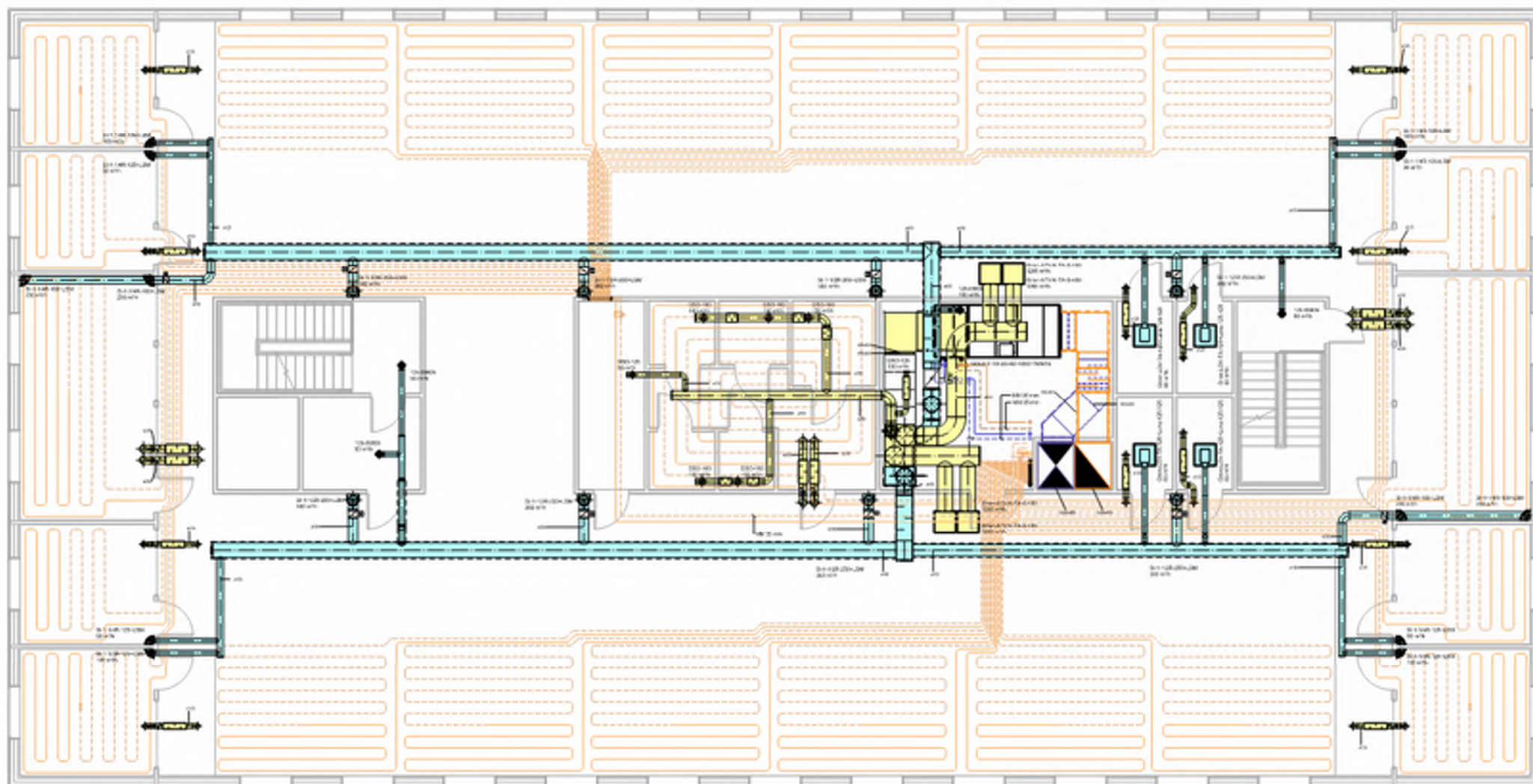




MEK4 kontor

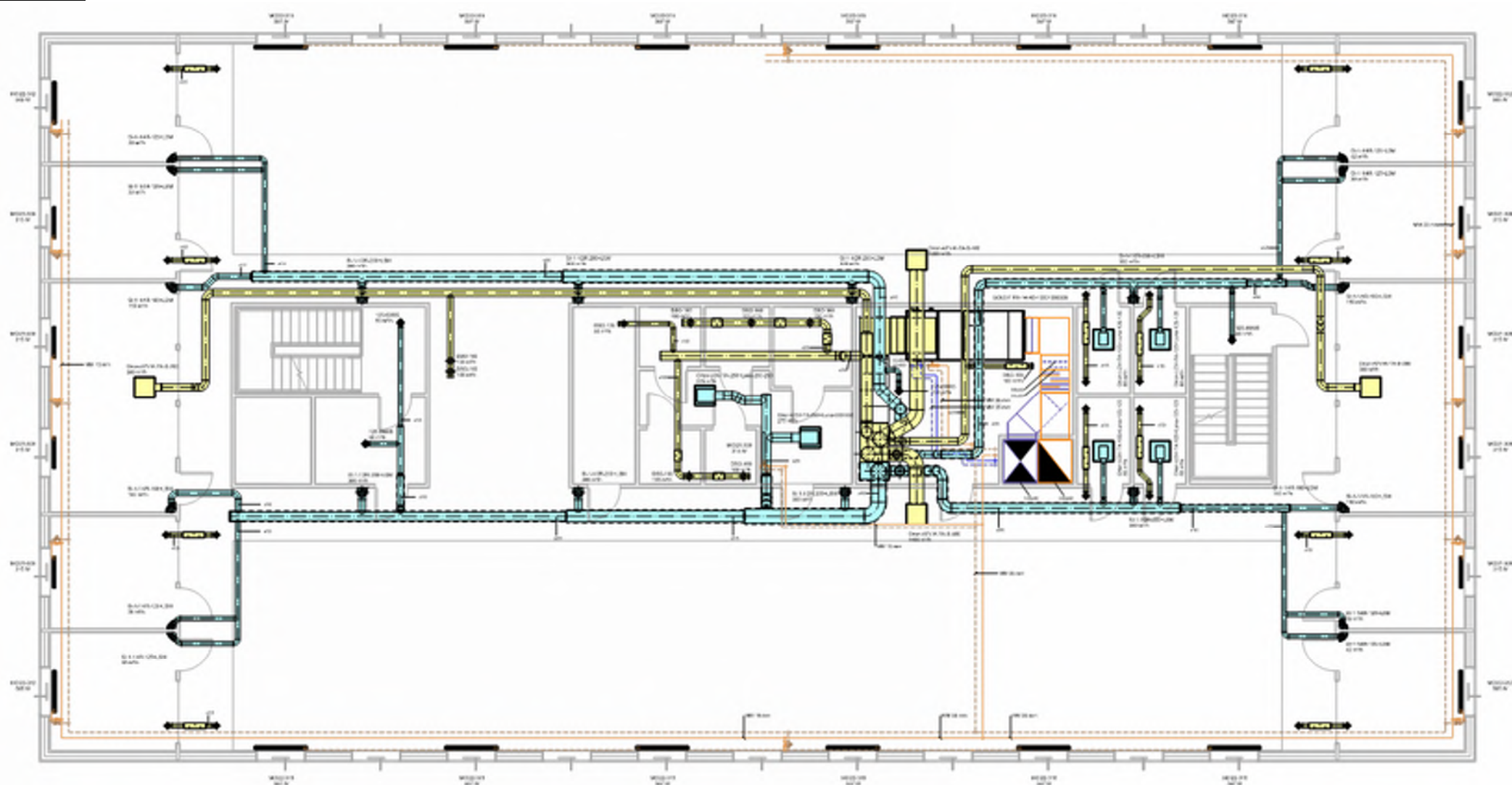


TF kontor



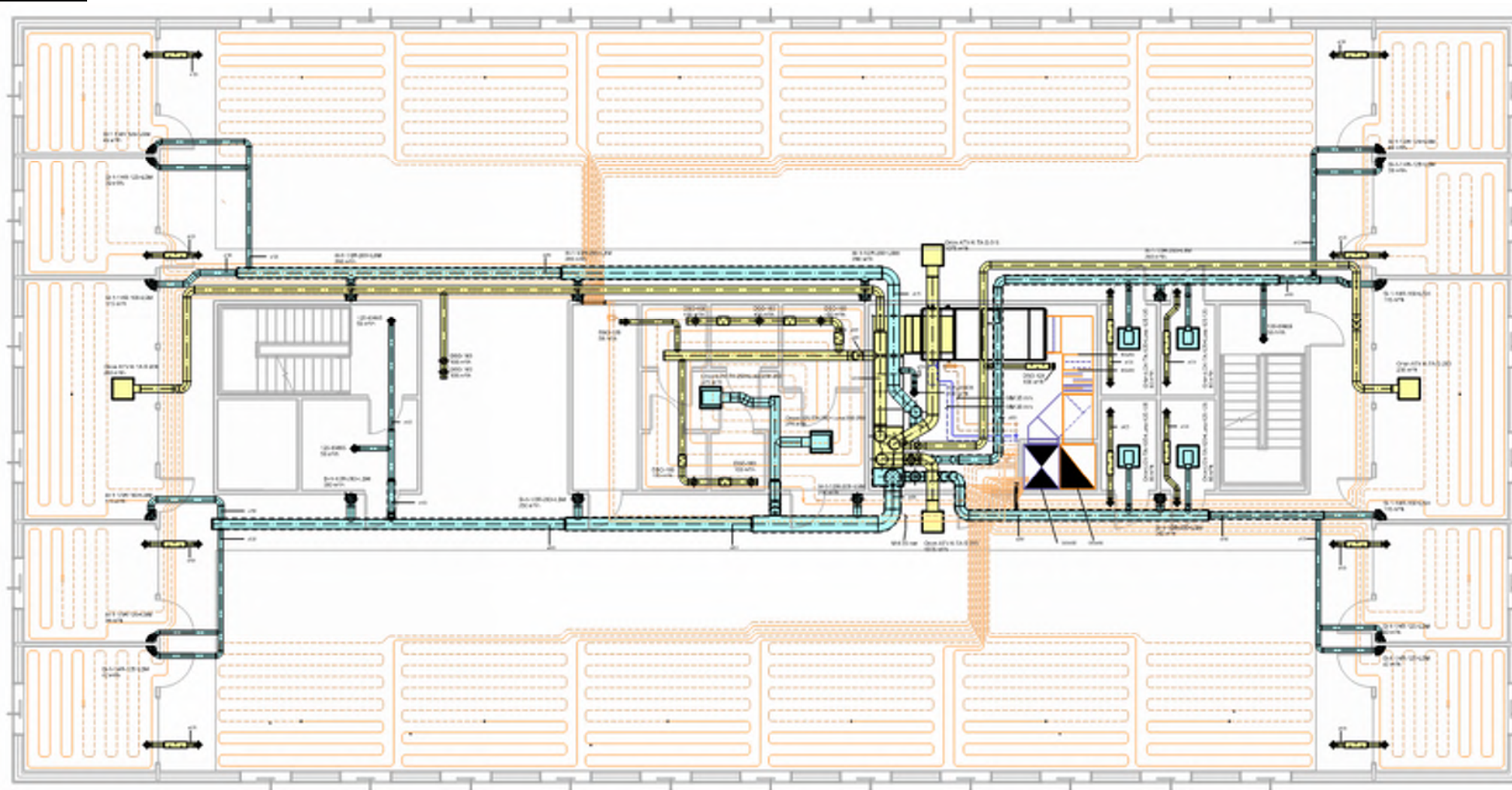


H1 kontor



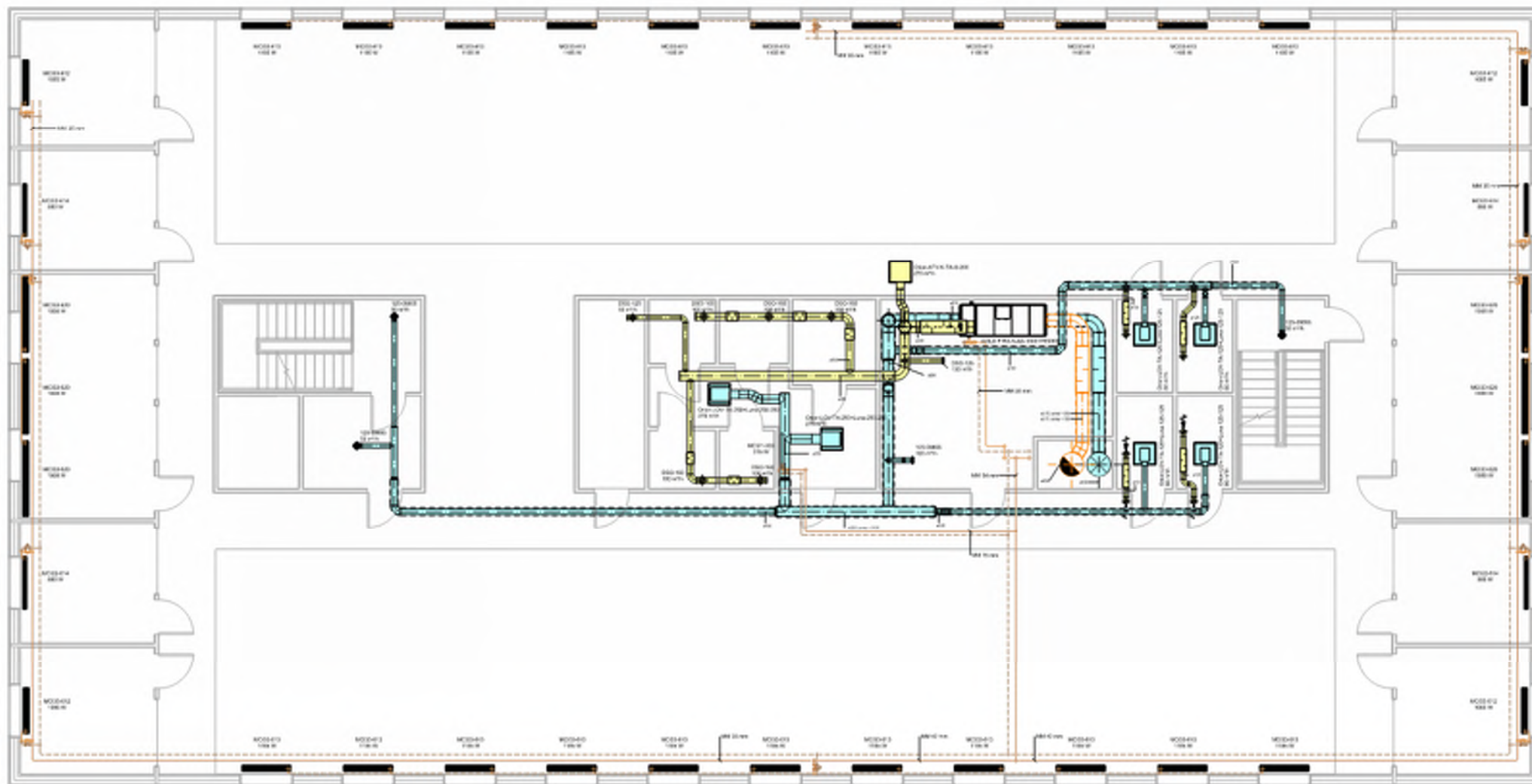


H2 kontor



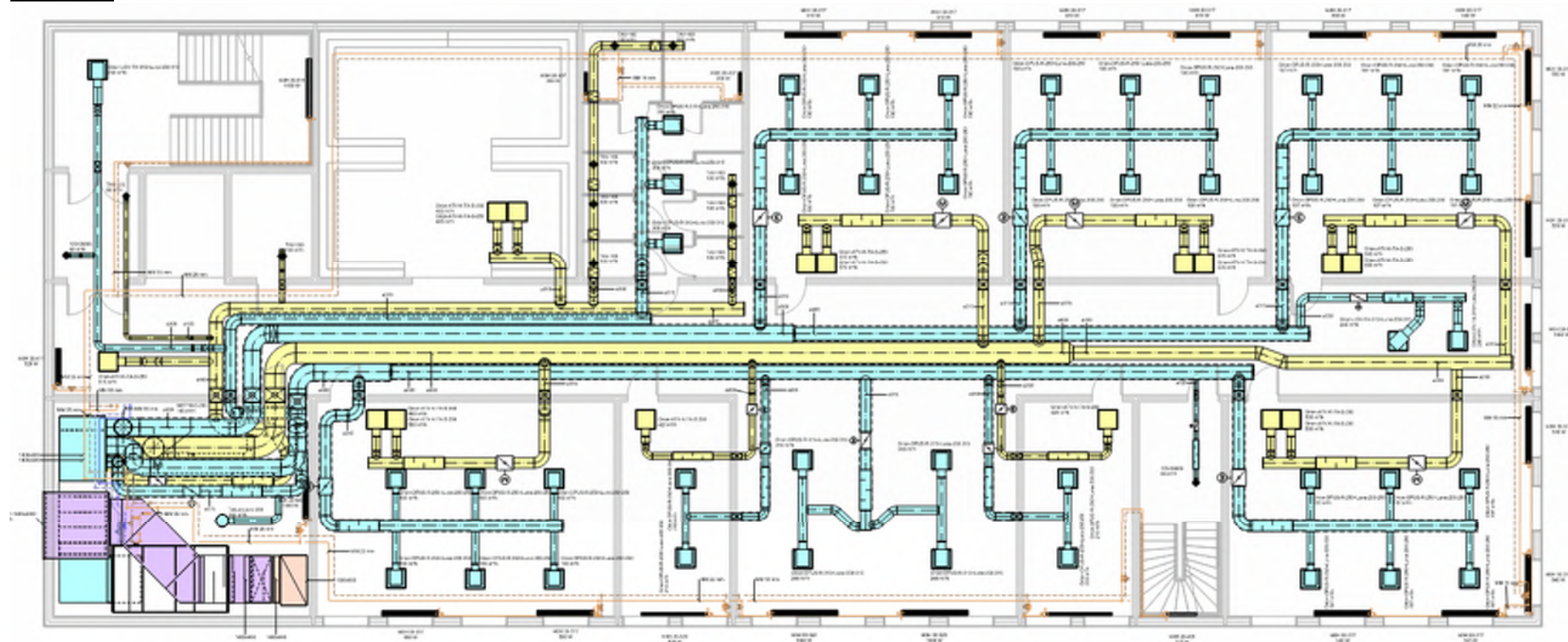


NV Kontor



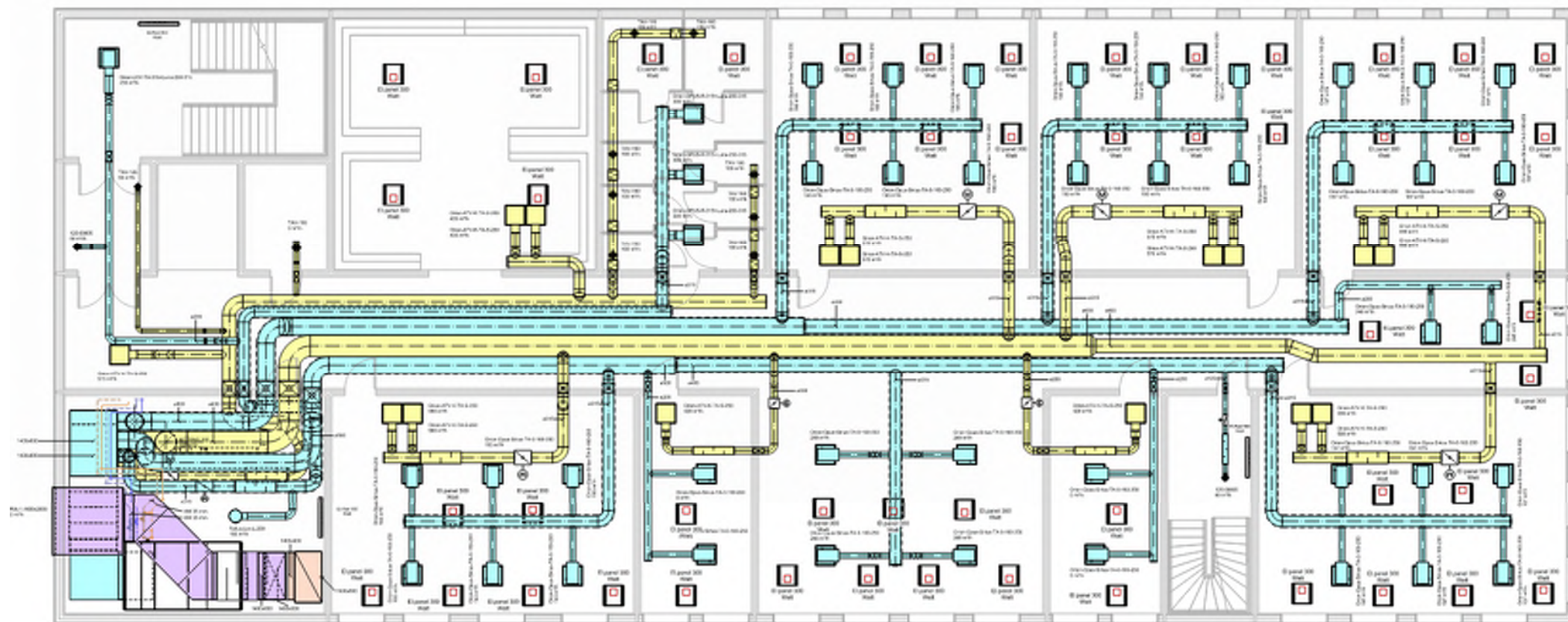


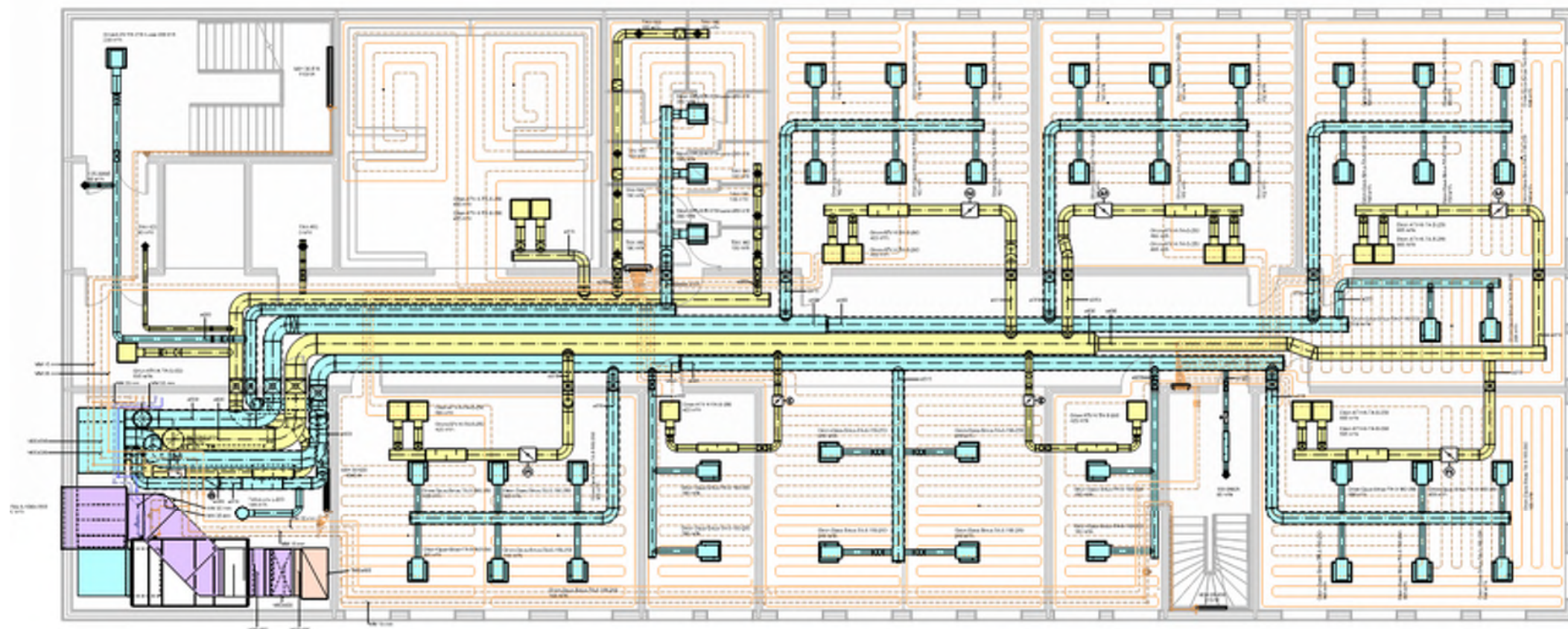
MEK1 Skole

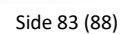




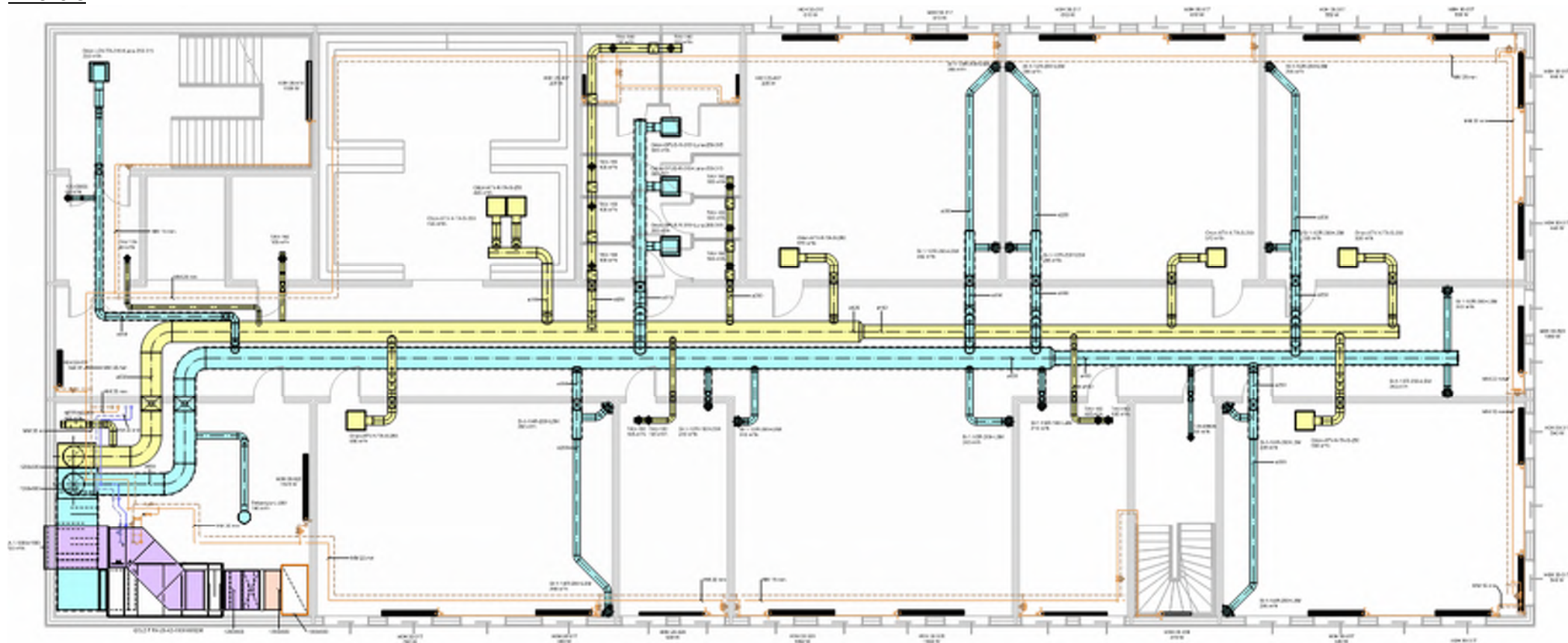
MEK2 Skole





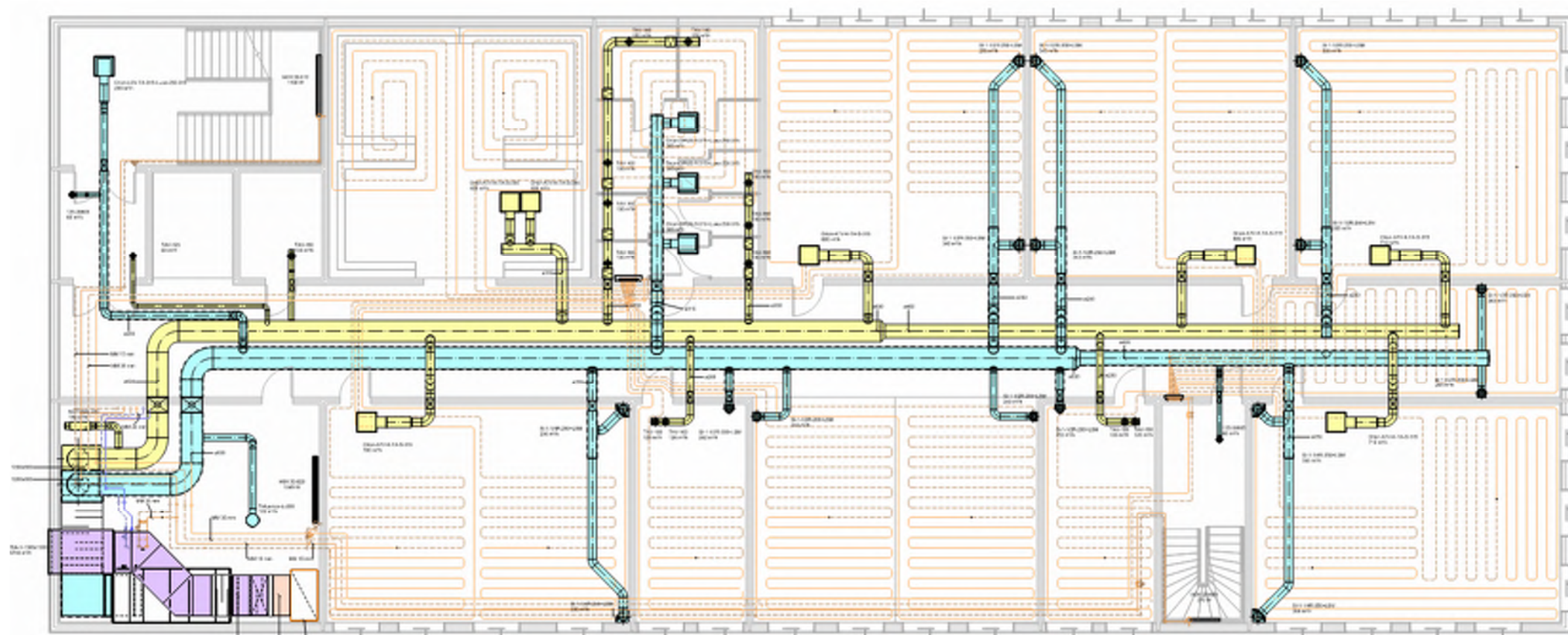


H1 Skole





H2 Skole





NV Skole





D. Dimensjonerende størrelser for kontor

Kontor	Mekanisk 1			Mekanisk 2			Mekanisk 3			Mekanisk 4		
	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling
Møterom	20 m3/hm2 (VAV)	27 W/m ²	0 W/m ²	20 m3/hm2 (VAV)	27 W/m ²	0 W/m ²	20 m3/hm2 (VAV)	27 W/m ²	NA	20 m3/hm2 (VAV)	27 W/m ²	0 W/m ²
Landskap	10 m3/hm2 (VAV)	16 W/m ²	5 W/m ²	10 m3/hm2 (VAV)	16 W/m ²	5 W/m ²	13 m3/hm2 (VAV)	16 W/m ²	NA	10 m3/hm2 (VAV)	16 W/m ²	4 W/m ²
Cellekontor	7 m3/hm2 (CAV)	37 W/m ²	5 W/m ²	7 m3/hm2 (CAV)	37 W/m ²	5 W/m ²	10 m3/hm2 (CAV)	37 W/m ²	NA	7 m3/hm2 (CAV)	37 W/m ²	2 W/m ²
Fellesareal	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	0 W/m ²
Stillerom	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
Forrom.	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
Trapp	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	NA	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
Ventilasjon	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
BK	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
HCWC	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²
Toaletter	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²



Kontor forts.	Trimmet fortrenging			Hybrid 1			Hybrid 2			Naturlig		
	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling
Møterom	18 m3/hm2 (VAV)	27 W/m ²	5 W/m ²	13 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	27 W/m ²	NA	10 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	27 W/m ²	5 W/m ²	Vindusluftung/Luker	250 W/m ²	NA
Landskap	6 m3/hm2 (VAV)	16 W/m ²	20 W/m ²	5 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	16 W/m ²	NA	4 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	16 W/m ²	0 W/m ²	Vindusluftung/Luker	74 W/m ²	NA
Cellekontor	5 m3/hm2 (CAV)	37 W/m ²	5 W/m ²	3,5 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	37 W/m ²	NA	3,5 m3/hm2 (CAV) + vindusluftung	37 W/m ²	0 W/m ²	Vindusluftung/Luker	90 W/m ²	NA
Fellesareal	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV)	6 W/m ²	0 W/m ²	Vindusluftung/Luker	6 W/m ²	NA
Stillerom	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	80 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA
Forrom.	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA
Trapp	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	NA	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h per etasje (CAV)	3 W/m ²	NA
Ventilasjon	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA
BK	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-50 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA
HCWC	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA
Toaletter	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA



E. Dimensjonerende størrelser for skole

Skole	MEK1			MEK2			MEK3			H1			H2			N		
	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling	Luftmengde	Dim. varme	Dim. lokal kjøling
Klasserom	20 m3/hm2 (VAV)	22 W/m ²	NA	20 m3/hm2 (VAV)	22 W/m ²	NA	17 m3/hm2 (VAV)	22 W/m ²	0 W/m ²	10 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	22 W/m ²	NA	12 m3/hm2 + vinduslufting	22 W/m ²	0 W/m ²	Vinduslufting /Luker	195 W/m ²	NA
Garderobe	15 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	NA	15 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	NA	15 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	11 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	11 W/m ²	0 W/m ²	Vinduslufting /Luker	150 W/m ²	NA
Grupperom	20 m3/hm2 (VAV)	21 W/m ²	NA	20 m3/hm2 (VAV)	21 W/m ²	NA	20 m3/hm2 (VAV)	21 W/m ²	0 W/m ²	10 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	21 W/m ²	NA	10 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	21 W/m ²	0 W/m ²	Vinduslufting /Luker	90 W/m ²	NA
Sosial sone	7,2 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	NA	7,2 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	NA	7,2 m3/hm2 (CAV)	11 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	11 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV) + vinduslufting	11 W/m ²	0 W/m ²	Vinduslufting /Luker	40 W/m ²	NA
Forrom	50 m3/h (CAV)	NA	NA	50 m3/h (CAV)	NA	NA	50 m3/h (CAV)	NA	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	NA	NA	50 m3/h (CAV)	NA	0 W/m ²	50 m3/h (CAV)	NA	NA
Trapp	50 m3/h per etasje (CAV)	25 W/m ²	NA	50 m3/h per etasje (CAV)	25 W/m ²	NA	50 m3/h per etasje (CAV)	25 W/m ²	0 W/m ²	50 m3/h per etasje (CAV)	25 W/m ²	NA	50 m3/h per etasje (CAV)	25 W/m ²	0 W/m ²	Vinduslufting /Luker	72 W/m ²	NA
Ventilasjon	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	NA	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	0 W/m ²	3,6 m3/hm2 (CAV)	27 W/m ²	NA
Toaletter	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h pr toalett (CAV)	3 W/m ²	NA
HCWC	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	NA	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	NA	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	NA	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	0 W/m ²	-150 m3/h pr toalett (CAV)	30 W/m ²	NA
BK	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	0 W/m ²	-100 m3/h (CAV)	3 W/m ²	NA