

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:**Forbedringer av HVAC-systemer****Erasmus+ prosjekt-ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652**

Dette Erasmus+-prosjektet er finansiert med støtte fra Europakommisjonen. Denne publikasjonen gjenspeiler kun forfatterens synspunkter, og Europakommisjonen og Erasmus+-nasjonale byråer kan ikke holdes ansvarlig for bruk av informasjonen i publikasjonen.

BIM4Energy-prosjekt**Katalog over beste alternativer for å forbedre energieffektiviteten i bygninger: Forbedringer av HVAC-systemer**

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Innhold

Katalog over beste alternativer for å forbedre bygningers energieffektivitet:	
Forbedringer av HVAC-systemer	1
1 – Mål.....	3
2 – Læringsmetodikk	3
3 – Varighet av opplæringen	3
4 – Nødvendige undervisningsressurser.....	4
5 – Innhold og opplæring	4
5.1 – Energieffektivitet i bygninger (BEE)	4
5.2 – Vitenskapelige måleparametere for HVAC-systemer.....	5
5.3 – Strategier for å optimalisere HVAC-systemer for å forbedre energieffektiviteten.....	7
5.4 – Integrering av fornybar energi i HVAC-systemer.....	11
5.5 – Historiske data og prognoser for forbruk av fornybar varme.....	12
5.6 – Energieffektive HVAC-systemer i praksis	14
Referanser	28
6 - Leveranser	28
7- Hva vi har lært.....	28

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

1 – Mål

En katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet: Veiledning i forbedring av HVAC-systemer har som mål å gi deltakerne en omfattende forståelse av de nyeste og mest populære energieffektive systemene for oppvarming, ventilasjon og luftkondisjonering (HVAC). Målene med denne katalogen over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet: Veiledning i forbedring av HVAC-systemer er som følger:

- Forstå energieffektivitet i bygninger (BEE).
- Forstå de vitenskapelige klassifiseringene av de beste HVAC-systemene og -utstyret.
- Strategier for å optimalisere HVAC-systemer for å forbedre energieffektiviteten.
- Byggautomasjonssystemer.
- HVAC-systemer med integrering av fornybar energi.
- Eksempler fra virkeligheten på effektive HVAC-systemer.

2 - Læringsmetodikk

Læreren vil gi en forklaring om de beste alternativene for å forbedre energieffektiviteten i bygninger: Forbedringer av HVAC-systemer, ca. 30 minutter.

Studentene leser denne veiledningen og følger trinnene som er vist i veiledningen, nemlig:

- Energieffektivitet i bygninger
- Vitenskapelige måleparametere for HVAC-systemer;
- Strategier for å optimalisere HVAC-systemer for å forbedre energieffektiviteten;
- Integrering av fornybar energi i HVAC-systemer
- Historiske data og prognoser for forbruk av fornybar varme;
- Energieffektive HVAC-systemer i praksis.

For å evaluere suksessen av applikasjonen, foreslår vi at det gjennomføres en spørreundersøkelse blant studentene.

3 - Varighet av veiledningen

Implementeringen beskrevet i denne veiledningen vil gjennomføres via BIM4ENERGY-prosjektets nettside gjennom selvstudier.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

3 undervisningstimer er passende for denne opplæringen.

4 – Nødvendige undervisningsressurser

Datarom med PC-er med internettilgang.

Nødvendig programvare: Microsoft Office.

5 – Innhold og veiledning

5.1 – Bygningsenergi (BEE)

Før du går i dybden på spesifikke forbedringer av HVAC-systemer, er det viktig å forstå hva energieffektivitet i bygninger er og hvordan den måles. BEE er et standardisert mål på en bygningens energiprestasjon, vanligvis uttrykt på en skala fra A til G, hvor A er mest energieffektivt. Flere faktorer påvirker en bygningens BEE-klassifisering, blant annet HVAC-systemet.

BEE er et verdifullt verktøy for å vurdere og forbedre bygningers energiytelse. Ved å forstå faktorene som påvirker en bygning BEE, kan eiendomsiere og -forvaltere ta informerte beslutninger om oppgraderinger og renoveringer for å forbedre energieffektiviteten, redusere kostnadene og bidra til en mer bærekraftig fremtid.

BEE er et standardisert mål på en bygningens energiprestasjon. Det graderer i hovedsak en bygningens energiforbruk, på samme måte som vi graderer elever på skolen. Bygningens energieffektivitet blir ofte vurdert på en skala, vanligvis fra A til G, hvor A representerer de mest energieffektive bygningene og G representerer de minst energieffektive. Dette systemet hjelper forbrukere og beslutningstakere med å forstå en bygningens energiprestasjon umiddelbart.

Vanlige skalaer for bygningers energieffektivitet:

- **Energisertifikat (EPC):** EPC er mye brukt i Europa og gir en standardisert vurdering av en bygningens energiprestasjon. Skalaen A-G er vanlig, hvor A er mest effektiv og G er minst effektiv.
- **Home Energy Rating System (HERS):** HERS-indeksen brukes i USA og gir en score fra 0 til 100, hvor 0 er mest energieffektivt. En score på 100 representerer et hus som oppfyller minimumsstandardene i byggforskriftene.
- **National Fenestration Rating Council (NFRC):** Dette systemet vurderer energiprestasjonen til vinduer og dører ved hjelp av en U-faktor (varmeoverføringskoeffisient) og solvarmefaktor (SHGC). Lavere U-faktorer og SHGC-verdier indikerer generelt bedre energieffektivitet.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design): LEED er ikke en enkel skala fra A til G, men et sertifiseringssystem for miljøvennlige bygninger med ulike sertifiseringsnivåer (: sertifisert, sølv, gull, platina) basert på et omfattende sett med kriterier, blant annet energieffektivitet.
- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) bruker et eget klassifiseringssystem for å vurdere bygningers bærekraft. BREEAM vurderer ulike aspekter ved en bygning, blant annet energi, vann, materialer, avfall, økologi, transport, helse og trivsel, forvaltning, forurensning og innovasjon. BREEAM-sertifisering tildeles av uavhengige vurderere, som gir en pålitelig og upartisk vurdering av en bygning bærekraft.

De spesifikke beregningsmetodene for å bestemme en bygning BEE kan variere avhengig av region eller land. Imidlertid er følgende faktorer generelt sett viktige:

- **Bygningsskall:** Isolasjon, vinduer og lufttetthet.
- **HVAC-systemer:** Effektivitet av oppvarming, ventilasjon og klimaanlegg.
- **Belysningsystemer:** Effektivitet av belysningsarmaturer og styringer.
- **Fornybare energikilder:** Integrering av sol-, vind- eller geotermisk energi.

Hvorfor er BEE viktig?

1. **Reduserte energikostnader:** Mer energieffektive bygninger betyr lavere strømkostnader for eiere og beboere.
2. **Miljømessig bærekraft:** Lavere energiforbruk betyr reduserte karbonutslipp og mindre bidrag til klimaendringene.
3. **Økt eiendomsverdi:** Energieffektive bygninger er ofte mer attraktive for leietakere og kjøpere, noe som potensielt øker eiendomsverdien.
4. **Bedre komfort:** Effektive HVAC-systemer kan gi et mer behagelig innneklima.
5. **Overholdelse av regelverk:** I mange områder finnes det byggeforskrifter og regelverk som stiller krav til minimumseffektivitet.

5.2 – Vitenskapelige målinger av HVAC-systemer

HVAC-systemer er avgjørende for å opprettholde behagelige innneklima ved å regulere temperatur og luftkvalitet. Imidlertid kan energiforbruket være betydelig. Optimalisering av disse systemene er avgjørende for å redusere driftskostnadene og minimere miljøpåvirkningen. Faktisk har studier vist at HVAC-optimalisering kan føre til energibesparelser på over 50 %. For eiere eller brukere av bygningen er dette direkte

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

korrelert med forbedret luftkvalitet, lavere strømgninger og økt komfort. Likevel er det nødvendig med en strategisk tilnærming for å oppnå denne optimaliseringen.

HVAC-systemer omfatter et bredt spekter av teknologier som er utviklet for å regulere innetemperatur, fuktighet og luftkvalitet. En spesifikk type HVAC-system som har fått stor oppmerksomhet i det siste, og som både kan varme opp og kjøle ned et rom, er varmepumper. I motsetning til tradisjonelle systemer som bruker forbrenning av drivstoff til oppvarming, bruker varmepumper en kjølekrets for å overføre varme. I kjølemodus trekker de varme fra inneluften og slipper den ut i det fri. I oppvarmingsmodus trekker de derimot varme fra utemiljøet, selv ved lave temperaturer, og overfører den innendørs. Denne unike evnen til å flytte varme i begge retninger gjør varmepumper svært energieffektive og miljøvennlige. Mens HVAC-systemer kan omfatte ulike oppvarmings- og kjølemetoder, gir varmepumper en allsidig og bærekraftig løsning for å opprettholde et behagelig inneklima.

Det er avgjørende å evaluere ytelsesklassifiseringen til HVAC-systemer når du skal velge det mest egnede utstyret. Disse klassifiseringene gir verdifull innsikt i systemets driftseffektivitet. Vanlige måleenheter som brukes til å vurdere ytelsen til varme- og kjølesystemer inkluderer sesongenergiutnyttelsesgrad (SEER), energieffektivitetsgrad (EER), sesongmessig ytelsesfaktor for oppvarming (HSPF), ytelseskoeffisient (COP) eller sesongmessig ytelseskoeffisient (SCOP) [1].

- **SEER** måler kjøleeffekten (i britiske termiske enheter) produsert av klimaanlegg og varmepumper over en typisk kjølesesong, delt på energitilførselen. En høyere SEER-klassifisering indikerer større energieffektivitet og lavere driftskostnader [2]. For å finne SEER-verdien til en enhet, se etter en gul og svart Energy Guide-klistremerke på utendørsenheten, eller se etter et papir med verdien på innendørsenheten, eller se modellnummeret (f.eks. «XV20i» indikerer en maksimal SEER-verdi på 20). Hvis disse metodene ikke fungerer, kontakt produsenten med enhetens modellnummer og serienummer.
- **EER** kvantifiserer også kjøleeffekten (i BTU) per enhet energi (i kilowattimer). EER vurderer imidlertid effektiviteten under kontrollerte laboratorieforhold, mens SEER gjenspeiler den faktiske sesongmessige ytelsen. For eksempel betyr en EER på 14 at systemet produserer 14 BTU kjøling for hver watt strøm som forbrukes.
- **HSPF** evaluerer den totale varmeeffektiviteten til en varmepumpe. Den representerer forholdet mellom varmeeffekt (i BTU) og elektrisk energi forbruk (i kilowatt-timer) i løpet av en typisk fyringssesong. En høyere HSPF indikerer større energieffektivitet.
- **COP** måler effektiviteten til en varmepumpe, nærmere bestemt hvor mye varmeenergi den kan overføre for en gitt mengde energi. En høyere COP indikerer en mer effektiv varmepumpe, noe som betyr at den kan gi mer varme eller kjøling for samme mengde energi som forbrukes. COP beregnes ved å dele

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

varme- eller kjøleeffekten (i energienheter) med energitilførselen (også i energienheter).

- **SCOP** måler energieffektiviteten til en varmepumpe over en hel oppvarmings- eller kjølesesong. I motsetning til ytelseskoeffisienten (COP), som måler effektiviteten på et enkelt tidspunkt, tar SCOP hensyn til varierende utetemperaturer og driftsforhold gjennom hele oppvarmings- eller kjølesesongen. SCOP beregnes ved å dele den totale mengden varme som leveres (for oppvarming) eller fjernes (for kjøling) med den totale mengden energi som forbrukes gjennom hele sesongen.

I hovedsak har måleparametrene som mål å bestemme hvor effektivt et HVAC-system eller en varmepumpe omdanner energi til kjøling, hvor høyere verdier indikerer større effektivitet. Det er avgjørende å forstå disse effektivitetsvurderingene for å kunne ta informerte beslutninger når man sammenligner forskjellige HVAC-systemer. Ved å prioritere systemer og komponenter med høyere verdier kan man maksimere energieffektiviteten og oppnå betydelige energibesparelser.

5.3– Strategier for å optimalisere HVAC-systemer for å forbedre energieffektiviteten

Optimalisering av HVAC-systemer er avgjørende for både energibesparelser og kostnadsbesparelser. Her er flere strategier for å forbedre effektiviteten:

1. Regelmessig vedlikehold

- Rengjør eller skift ut filtre: Tette filtre begrenser luftstrømmen, noe som tvinger systemet til å jobbe hardere og fører til økt energiforbruk. Rengjør eller skift ut filtre regelmessig i henhold til produsentens anbefalinger.
- Kontroller og rengjør spoler: Skitne fordamper- og kondensatorspoler reduserer varmeoverføringseffektiviteten. Regelmessig rengjøring sikrer optimal ytelse.
- Kontroller kjølemiddelnivået: Feil kjølemiddelnivå kan ha betydelig innvirkning på systemets effektivitet og føre til kostbare reparasjoner. Sørg for at kjølemiddelnivået er innenfor det angitte området.

2. Oppgrader til energieffektivt utstyr

- Høyeffektive enheter: Vurder å erstatte eldre, mindre effektive enheter med nyere modeller som oppfyller ENERGY STAR®-standardene. Disse modellene har ofte avanserte funksjoner som motorer med variabel hastighet og forbedret isolasjon, noe som resulterer i lavere energiforbruk.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

- **Smarte termostater:** Smarte termostater gir presis temperaturkontroll og tidsplanlegging, og optimaliserer energiforbruket basert på belegg og tid på døgnet. De kan også lære seg dine preferanser og justere innstillingene deretter.

3. Optimaliser luftfordeling og ventilasjon

- **Tett og isoler kanaler:** Utette kanaler kan føre til betydelig sløsing med klimaanlegg. Tett og isoler kanaler for å forhindre energitap og forbedre systemeffektiviteten.
- **Balansere luftstrømmen:** Sørg for riktig luftfordeling i hele bygningen ved å balansere luftstrømmen i forskjellige rom. Dette forhindrer varme eller kalde områder og sikrer jevn temperaturfordeling.
- **Behovsstyrt ventilasjon:** Bruk behovsstyrte ventilasjonssystemer som justerer ventilasjonshastigheten basert på belegg, og reduserer energisvinn forbundet med overventilering.

4. Implementer bygningautomatiseringssystemer

- **Sentralisert kontroll:** Bygningautomatiseringssystemer (BAS) gir sentralisert kontroll over HVAC-systemer, noe som muliggjør effektiv drift og overvåking.
- **Datadrevet optimalisering:** BAS kan samle inn data om energiforbruk og systemytelse, noe som muliggjør datadrevet optimalisering av HVAC-innstillingene.
- **Integrasjon med andre systemer:** BAS kan integreres med andre bygningssystemer, for eksempel belysnings- og skyggekontroller, for å forbedre energieffektiviteten ytterligere.

Etter å ha grundig undersøkt grunnleggende strategier for å forbedre effektiviteten til HVAC-systemer i vår forrige veiledning, «Effektive HVAC-systemer og energivektorer», som inkluderte den kritiske betydningen av regelmessig vedlikehold, strategisk implementering av smarte termostater og optimalisering av luftfordeling, vil vi nå gå nærmere inn på bygningautomatiseringssystemer (BAS).

Denne delen vil gå i dybden på kompleksiteten i **design**, implementering og drift **av BAS**, og fremheve deres sentrale rolle i å oppnå betydelige energibesparelser og forbedre bygningens samlede ytelse.

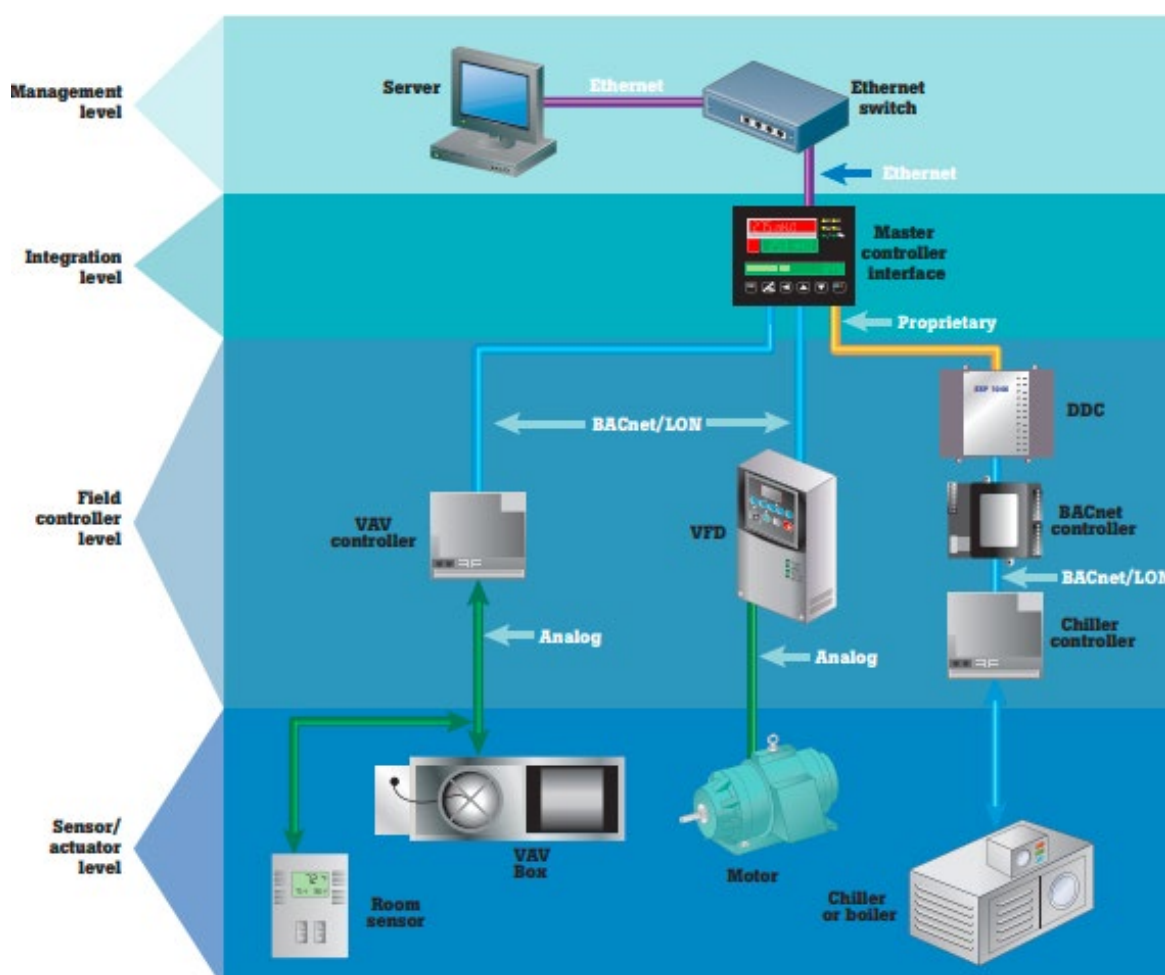
BAS har som mål å sentralisere styringen av miljøforholdene i en bygning via et brukergrensesnitt. For å oppnå dette installeres et nettverk av feltutstyr og mekaniske aktuatorer i hele bygningen, som alle styres av en sentral kontroller. Effektiv kommunikasjon mellom kontrolleren, feltutstyret og aktuatorene er avgjørende.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Vellykket implementering av BAS avhenger av interoperabilitet mellom komponentene. Tradisjonelt har bruk av utstyr fra én produsent forenklet denne prosessen, da alle enheter fulgte samme kommunikasjonsprotokoll. Med standardiseringen av kommunikasjonsprotokoller har imidlertid interoperabilitet mellom produkter fra forskjellige leverandører blitt mer gjennomførbart.

Byggautomasjonssystemer består vanligvis av fire forskjellige funksjonelle lag (se figur 1). Det er avgjørende for systemets interoperabilitet at integriteten til disse lagene opprettholdes. Enhver avvik fra etablerte standarder fra en produsent kan hindre kompatibiliteten mellom komponentene i det bredere økosystemet av globale byggautomasjonssystemer.



Figur 1. De fire lagene i BAS-arkitekturen [3]

Administrasjonsnivået fungerer som et grensesnitt mellom BAS-programvaren og nettverket. Dette laget muliggjør dataoverføring mellom applikasjonen og nettverket. Applikasjonslaget i et BAS definerer et sett med regler som styrer aktivering eller deaktivering av systemobjekter. Disse objektene, som representerer fysiske enheter som luftbehandlingsenheter, har egenskaper som beskriver deres karakteristika og

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

relevante parametere. Når et objekt utfører en handling, aktiverer det tilknyttede parametere, for eksempel en reguleringsventil eller en frekvensomformer (VFD) for en vifte.

Integreringsnivået eller overvåkingslaget spiller en avgjørende rolle for å sikre pålitelig dataoverføring i hele systemet. Det omfatter både programvare- og maskinvarekomponenter.

Programvare i dette laget definerer formatet og innholdet i meldinger som utveksles mellom enheter. Disse meldingene overfører viktig informasjon som enhetsstatus, temperaturmålinger og viftehastigheter.

Maskinvarekomponenter i dette laget muliggjør fysisk overføring av data mellom enheter. Det kan brukes en rekke kommunikasjonsmedier, hver med unike egenskaper. Det er viktig å velge medium med omhu, da variasjoner i dataoverføringen kan føre til avvik i målingene og dermed gi unøyaktig informasjon.

Feltkontrollernivået fungerer som grunnlag for datainnsamling i BAS. Dette laget inneholder feltkomponenter som er strategisk plassert i hele anlegget, og som kontinuerlig overvåker og måler viktige fysiske parametere.

For å lette dataoverføringen gjør feltkontrollernivået det mulig for disse enhetene, for eksempel sensorer og sendere, å overføre innsamlede data til overvåkingsnivået for videre behandling og utførelse av nødvendige kontrolltiltak. Denne datautvekslingen utløses vanligvis av signaler mottatt fra overvåkingsnivået, som starter dataoverføringsprosessen.

Sensornivået eller inngangs-/utgangsnivået (I/O) utgjør grensesnittet mellom den fysiske verden og systemets digitale sfære. Dette kritiske laget omfatter alle fysiske enheter som er ansvarlige for datainnsamling, for eksempel sensorer, aktuatorer og kommunikasjonsgrensesnitt.

I/O-laget har to hovedfunksjoner:

1. **Datainnsamling:** Det samler inn sanntidsdata fra ulike kilder, inkludert temperatursensorer, fuktighetssensorer, trykksensorer og tilstedeværelsesdetektorer. Disse rådataene overføres deretter til den sentrale kontrolleren for behandling og analyse.
2. **Kommandoeksekvering:** Det mottar kommandoer fra den sentrale kontrolleren og oversetter dem til handlinger for fysiske enheter. Det kan for eksempel aktivere en ventil for å kontrollere vannstrømmen, justere hastigheten på en vifte eller slå lysarmaturer av og på.

I/O-laget må kunne håndtere ulike kommunikasjonsprotokoller og dataformater. Mens noen enheter kan overføre data direkte til kontrolleren, kan andre bruke

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

bransjestandardprotokoller som Modbus eller BACnet. Dette laget sikrer sømløs integrering og interoperabilitet mellom ulike enheter og det sentrale kontrollsystemet.

I hovedsak fungerer I/O-laget som en bro som kobler de fysiske komponentene i bygningen til den intelligente kontrollogikken i BAS, og muliggjør effektiv overvåking, kontroll og optimalisering av bygningens drift.

I ulike sektorer er det en tydelig trend mot standardiserte praksiser. Denne standardiseringen gir mange fordeler, blant annet forbedret interoperabilitet og bedre tilgang til teknisk støtte i tilfelle systemfeil. Den lagdelte arkitekturen i bygningssystemer (BAS) støtter denne trenden direkte. Ved å følge denne lagdelte strukturen designer avanserte produsenter enheter som integreres sømløst i det overordnede BAS-rammeverket.

5.4 – Integrering av fornybar energi i HVAC-systemer

Integrering av fornybare energikilder i HVAC-systemer er et viktig skritt mot en bærekraftig og energieffektiv fremtid. Ved å utnytte rene energikilder kan vi redusere vår avhengighet av fossile brensler betydelig, minimere miljøpåvirkningen og senke driftskostnadene.

Viktige fornybare energikilder for HVAC inkluderer:

- **Solenergi**, som kan utnyttes gjennom solcellepaneler (PV) for å drive elektriske varmepumper, vifter og andre komponenter direkte, eller gjennom solfangere for å varme opp vann til absorpsjonskjølere eller strålevarmesystemer.
- **Geotermisk energi** utnytter jordens stabile temperatur til å gi både oppvarming og kjøling gjennom geotermiske varmepumper.
- **Vindenergi** kan brukes til å generere elektrisitet til å drive ulike HVAC-komponenter, særlig i områder med jevne vindressurser.
- **Biomasseenergi** innebærer forbrenning av organiske materialer som tre og landbruksavfall for å produsere varme til romoppvarming eller til å drive absorpsjonskjølere.

Fornybare energikilder kan **integreres direkte** i HVAC-utstyr, for eksempel ved å bruke solcellepaneler til å drive elektriske varmepumper eller vindturbiner til å drive vifter. **Hybride systemer**, som kombinerer fornybare energikilder med tradisjonelle energikilder, gir økt pålitelighet og effektivitet. For eksempel kan en geotermisk varmepumpe fungere sammen med en reserveovn som bruker gass. Videre gjør integrering **av energilagringssystemer**, som batterier eller termisk lagring, det mulig å utnytte fornybar energi selv i perioder med lav eller ingen produksjon, noe som sikrer en jevn og pålitelig energiforsyning til HVAC-drift.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Integrering av fornybare energikilder i HVAC-systemer gir mange **fordeler**. Ved å minimere avhengigheten av fossile brenslar reduserer disse systemene klimagassutslippene betydelig, og bidrar dermed til et redusert karbonavtrykk. Videre fører utnyttelse av gratis eller rimelige fornybare energikilder, som sol- og vindkraft, til lavere driftskostnader og reduserte energiregninger. I tillegg øker integrering av fornybare energikilder energiuavhengigheten ved å redusere avhengigheten av strømmettet og forbedre selvforsyningen av energi. Til syvende og sist fremmer disse systemene bruken av rene og bærekraftige energikilder, noe som bidrar til et sunnere og mer bærekraftig miljø.

Integrering av fornybare energikilder i HVAC-systemer byr på flere **utfordringer**. For det første krever den uregelmessige naturen til sol- og vindenergi, som varierer avhengig av værforholdene, nøye planlegging og kan gjøre det nødvendig å inkludere energilagringssystemer eller reservekraftkilder. For det andre kan de initielle investeringskostnadene forbundet med fornybare energisystemer være høyere sammenlignet med tradisjonelle systemer, selv om disse kostnadene gradvis synker. Til slutt krever integrering av fornybare energikilder i eksisterende HVAC-systemer ofte spesialisert kompetanse og nøye planlegging for å sikre optimal ytelse og kompatibilitet med eksisterende infrastruktur.

Integrering av fornybar energi i HVAC-systemer gir mange **miljømessige og økonomiske fordeler**. Ved å ta i bruk disse teknologiene og overvinne de tilhørende utfordringene, kan vi skape mer bærekraftige og energieffektive bygninger som bidrar til en renere og sunnere fremtid.

5.5 – Historiske data og prognoser for forbruk av fornybar varme

Varmeforbruk er fortsatt en dominerende sektor i det globale energiforbruket, og utgjør nesten halvparten av det totale forbruket og bidrar med omtrent 40 % av energirelaterte CO₂-utslipp i 2023. Mellom 2017 og 2023 økte det globale varmebehovet betydelig med 7 % (14 eksajoule). **Veksten i moderne fornybare varmekilder** hang imidlertid etter og dekket bare halvparten av dette økende behovet. Følgelig økte varmerelaterte CO₂-utslipp med 5 % i denne perioden, med industrien som den viktigste bidragsyteren til denne økningen [4].

Det dynamiske landskapet i markedet for fornybar varme i 2023 ble betydelig påvirket av flere faktorer. Disse inkluderte høye renter, inflasjonspress, nedgang i byggeaktiviteten i mange land, en oppgang i naturgassprisene og endringer i politiske rammeverk. Selv om teknologier som varmepumper, solvarme og geotermiske varmesystemer har fordelen av lave driftskostnader, utgjør de betydelige investeringene en stor hindring for husholdningene. Som følge av dette er salget av disse teknologiene svært følsomt for svingninger i lånekostnader og den rådende forbrukertilliten.

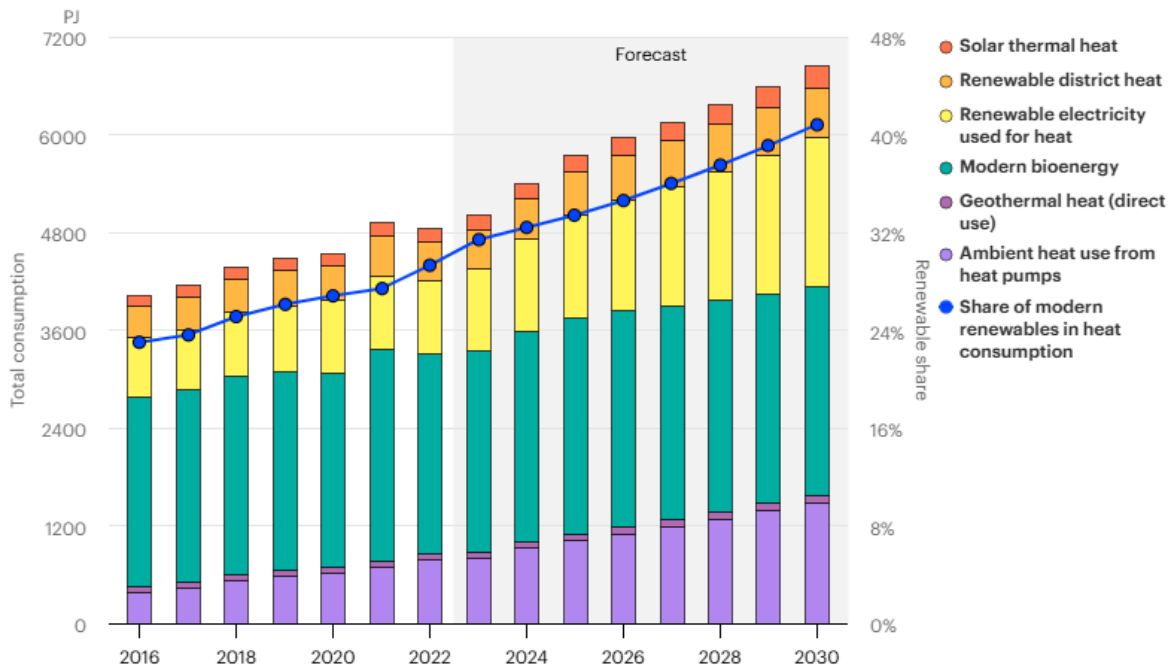
Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Det globale markedet for varmepumper opplevde en nedgang i 2023 etter en periode med sterk vekst. Denne nedgangen, som anslås til 3 % sammenlignet med året før, kan tilskrives flere faktorer.

I Japan, som har et modent marked for varmepumper, falt salget av luft-til-vann-varmepumper med 10 % fra år til år, hovedsakelig på grunn av den kombinerte effekten av høy inflasjon og dempet forbruk. Tilsvarende opplevde USA en nedgang på 15 % i salget av luft-til-luft-varmepumper. Denne nedgangen kan knyttes til økende lånekostnader, økt skepsis blant forbrukerne til store investeringer og forventninger om kommende statlige rabatter i henhold til Inflation Reduction Act, som forventes å bli tilgjengelige i løpet av de kommende årene. Disse rabattene, som er ment å stimulere til bruk av energieffektive teknologier, kan ha fått noen amerikanske forbrukere til å utsette kjøpsbeslutningene sine.

Det europeiske markedet for varmepumper, som fortsatt har en sterk utvikling, opplevde en nedgang på 6,5 % fra år til år i 2023, noe som nødvendiggjorde driftsjusteringer og nedbemanning hos flere produsenter. Nedgangen var imidlertid ikke jevn over hele kontinentet. Mens Tyskland (+59 %), Nederland (+43 %) og Belgia (+72 %) opplevde betydelig vekst i salget av varmepumper, opplevde Italia (-44 %), Finland (-42 %) og Polen (-39 %) betydelige nedganger.



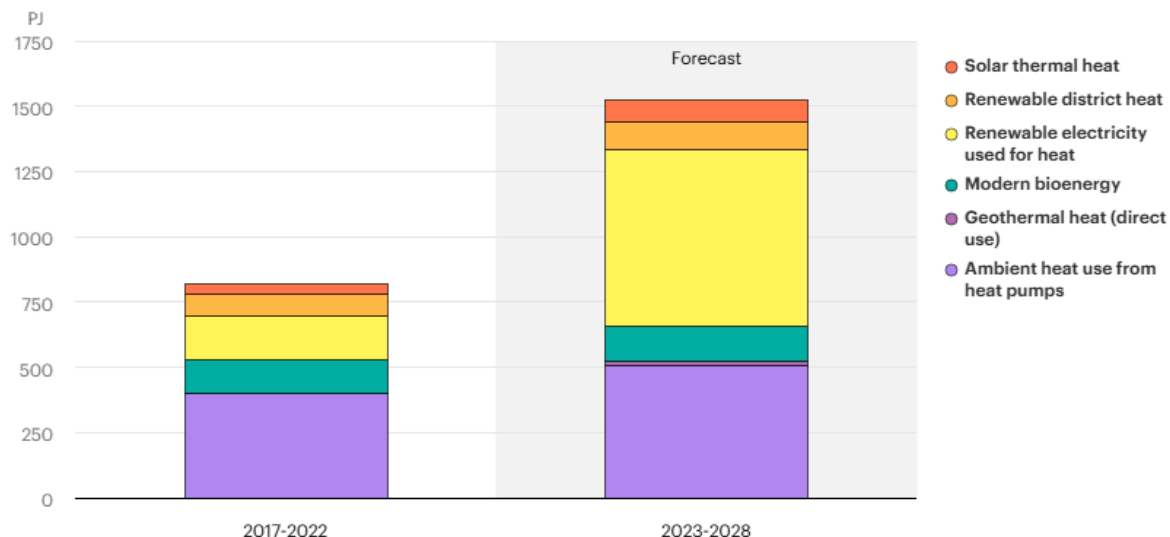
Figur 2 – Forbruk av fornybar varme i bygninger i Europa [5]

Varmepumper fortsatte imidlertid å øke sin markedsandel i Europa i fjor og overtok fossile fyringsanlegg i de fleste land, med unntak av Italia, Polen og Finland. Denne trenden førte til at varmepumper utgjorde nesten en tredjedel av alt salg av varmesystemer i 2023.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Det globale forbruket av fornybar varme forventes å øke betydelig mellom 2024 og 2030, med en økning på over 50 % (15 EJ).



Figur 3 – Forbruksvekst, bygninger etter oppvarmingsteknologi, Europa [5]

Denne vekstraten overgår den forrige seksårsperioden med en faktor på 2,4. Denne betydelige økningen i utnyttelsen av fornybar varme er imidlertid ikke tilstrekkelig til å fullt ut oppveie den forventede økningen i det samlede varmebehovet. Følgelig forventes avhengigheten av fossilt brensel til varmeproduksjon å vedvare, noe som vil føre til en økning på 4 % i de årlige varmerelaterte CO₂-utslippene innen 2030.

Videre forventes de kumulative varmerelaterte utslippene i denne perioden å overstige 100 Gt CO₂, et tall som utgjør nesten 30 % av det gjenværende karbonbudsjettet for en 50 % sannsynlighet for å begrense global oppvarming til 1,5 °C.

5.6 – Energieffektive HVAC-systemer i praksis

I det følgende vil vi presentere en detaljert gjennomgang av flere fremtredende HVAC-systemer, med særlig fokus på deres vitenskapelige ytelsesmålinger. Denne grundige analysen vil gi en omfattende oversikt over hvert systems egenskaper, slik at leserne kan få en dypere forståelse av deres respektive fordeler og ulemper.

5.6.1. Luft-til-vann-kjøleaggregat

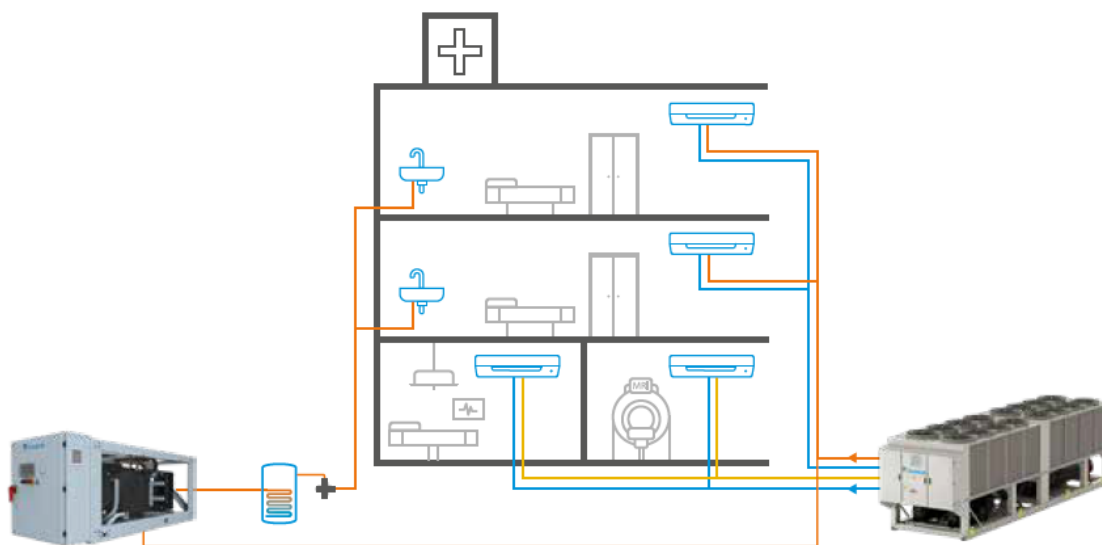
Kjøleaggregatet er utstyrt med høyeffektive kompressorer med variabel frekvensdrift (VFD) for presis kapasitetsmodulering og variabel volumforhold (VVR), noe som gir optimal ytelse over et bredt driftsområde. Det bruker miljøvennlig R-513A-kjølemiddel, som har et betydelig redusert globalt oppvarmingspotensial (GWP) sammenlignet med tradisjonelle kjølemidler. Denne avanserte kjøle en tilbyr samtidig oppvarming og

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

kjøling, og gir fleksibel og responsiv temperaturkontroll for å møte de varierte og skiftende behovene til ulike bruksområder.

Kapasitetsområdet er fra 400 til 800 kW i både kjøle- og oppvarmingsmodus, med en total energieffektivitet (TER) på opptil 7,89. Den fungerer ved omgivelsestemperaturer fra -18 °C til +50 °C, med kjølevannstemperaturer fra -8 °C (med en vann/glykolblanding) til +20 °C, og oppvarmingsstemperaturer fra +30 °C til +60 °C.



Figur 4 – Simultan oppvarming og kjøling med kjøleaggregat fra Daikin [6]

Tabell 1 – Tekniske spesifikasjoner for en luft-til-vann-kjølemaskin

Tekniske spesifikasjoner		Måleenhet	Verdi
Kjølekapasitet		kW	393,1
Varmeeffekt		kW	403,1
Effekt	Kjøling	kW	135,5
	Oppvarming	kW	126,76
SEER			4,5
EER			2,9
COP			3,18
SCOP			3,21
Kjølemiddel		GWP	6

Kjøleaggregatet kan brukes i en rekke forskjellige applikasjoner, fra industrielle til kommersielle bygninger, hoteller og sykehus. Det sikrer pålitelig drift og optimal ytelse i en rekke forskjellige omgivelser og værforhold.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:**Forbedringer av HVAC-systemer****5.6.2. Luftbehandlingsenheter**

Denne omfattende kontrolløsningen tilbyr sømløs integrering for et bredt spekter av HVAC-systemer. Den omfatter luftstrøm- og temperaturkontroll, både for tilluft og avtrekksluft, samt overvåking av omgivelsestemperatur. Kjølesystemer styres på en profesjonell måte, inkludert kjølevann og DX-kjøling, med den ekstra fordelen av integrert frikjøling for energieffektivitet. Videre har systemet automatisk CO₂-regulering for optimal luftkvalitet innendørs. Det støtter både systemer med variabel luftmengde (VAV) og konstant luftmengde (CAV), noe som gir fleksibilitet og tilpasningsevne til ulike HVAC-behov.

Luftbehandlingsenheten (AHU) har en luftstrøm på mellom 750 m³/t og 144 000 m³/t for å imøtekomme alle kundenes behov. Enhetene er tilgjengelige i både innendørs- og utendørsversjoner og er spesialdesignet for enkel transport og montering på stedet. Den glatte innvendige overflaten forbedrer innendørs luftkvaliteten (IAQ). Integrasjonen med DX-kjølesystemer er sømløs, inkludert kompatibilitet med VRV IV og ERQ-kobling.

Det tilbys en rekke varmegjenvinningssystemer, inkludert varmemjul (sensible, entalpi eller sorpsjon), tverrstrøms- og motstrøms platevarmevekslere og rundstrømsspiraler. Det er et bredt utvalg av vifter tilgjengelig, inkludert EC, AC-plugg og remdrevne alternativer med fremoverbøyde, bakoverbøyde og bakovervendte luftvinger.

Varme-/kjøleflensdelen har en kondensatbrett i rustfritt stål med dryppbeskyttelse. Det er tilgjengelig ulike luftfuktere for å imøtekomme spesifikke kundebehov. Premium-effektivitetsfiltre er utstyrt med et fabrikkmontert differensialtrykkmanometer.

Profilen er laget av anodisert aluminium med eller uten termisk brudd. Understellet er tilgjengelig i galvanisert stål, aluminium, rustfritt stål 430 eller 316. Panelisolasjonsalternativer inkluderer polyuretanskum eller mineralull. Det kan velges mellom en rekke materialer for innvendig og utvendig panelbekledning: Forbelagt, Aluzink, aluminium, rustfritt stål 304 eller 316.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer



Figur 5 – D-AHU Professional fra Daikin [7]

Forsyningssiden inkluderer en spjeldseksjon med ventilasjonsgitter og fabrikkmonterte aktuatorer, høyeffektive filtre med fabrikkmontert differensialtrykkmanometer, et varmegjenvinningssystem (tverrstrøms- og motstrømsplatevarmeveksler eller roterende varmeveksler), en blandebox med spjeld og fabrikkmonterte aktuatorer, en varme-/kjøleflate med kondensatbrett i rustfritt stål og dryppbeskyttelse, og en tilluftsvifte med EC-teknologi (med hengslet dør, åpningskontroll, montert og kablet belysning og ON/OFF-bryter).

Retursiden inkluderer premium effektivitetsfiltre med fabrikkmontert differansetrykkmanometer. Den har også en avtrekksvifte med EC-teknologi, utstyrt med hengslet dør, åpningskontroll, montert og kablet belysning og en ON/OFF-bryter. Systemet har en blandebox med spjeld og fabrikkmonterte aktuatorer. Et varmegjenvinningssystem (enten kryssstrøm- og motstrøm-platevarmeveksler eller roterende varmeveksler) er inkludert. Til slutt består retursiden av en spjeldseksjon med ventilasjonsgitter og fabrikkmonterte aktuatorer.

Gitt D-AHU Professional sin høye grad av tilpasning til ulike bruksområder, gir tabell 2 en oversikt over de viktigste tekniske spesifikasjonene for å gi en omfattende forståelse av funksjonene.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

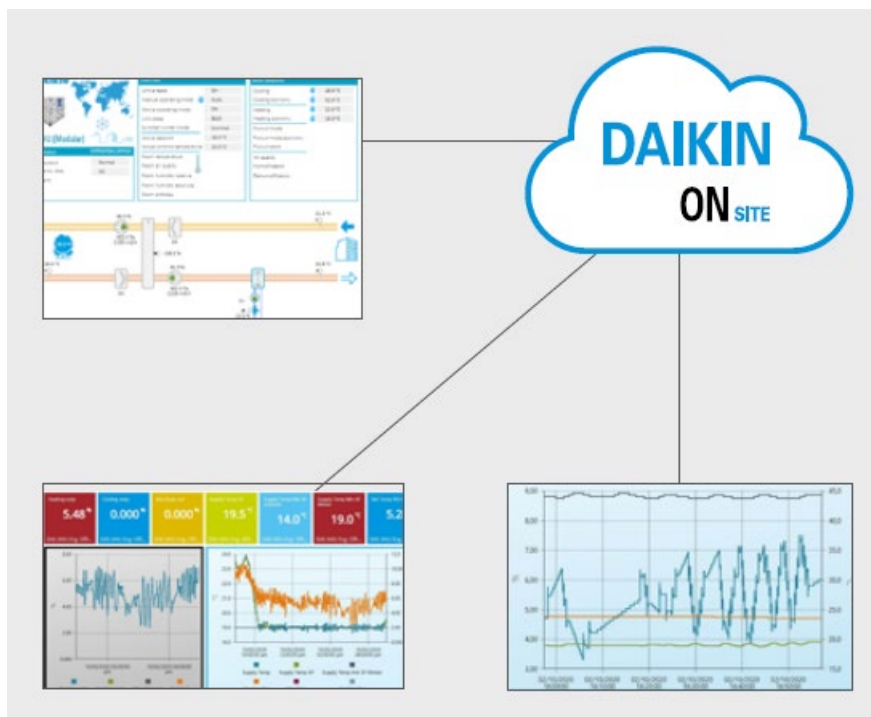
Tabell 2 – Tekniske spesifikasjoner for AHU

Tekniske spesifikasjoner	Måleenhet	Verdi
Luftstrøm	m ³ /t	15
Temperatureffektivitet vinter		7
Effekt	kW	7,61
SFPv ⁽¹⁾	kW/m ³ /s	1,55

⁽¹⁾SFPv er en parameter som kvantifiserer vifteeffektiviteten (jo lavere, jo bedre). Denne reduseres hvis luftstrømmen avtar.

HVAC-systemet har en termisk isolert konstruksjon som eliminerer kuldebroer i hele AHU for økt energieffektivitet. Den glatte innvendige overflaten bidrar til bedre innklima (IAQ) ved å minimere støvansamling og gjøre rengjøring enklere. Dette fokuset på IAQ forsterkes ytterligere ved at systemet oppfyller de strenge hygienekravene i VDI 6022.

AHU leveres med Daikin on Site-plattformen (se figur 6), som tilbyr ulike funksjoner for overvåking og styring av enheten. Overvåkingssystemet gir tilgang til dashboard, fjernadgang, planlegging, online grafikk, diagnostikk og programvareoppgraderinger.



Figur 6 – Kontrollplattform for AHU [7]

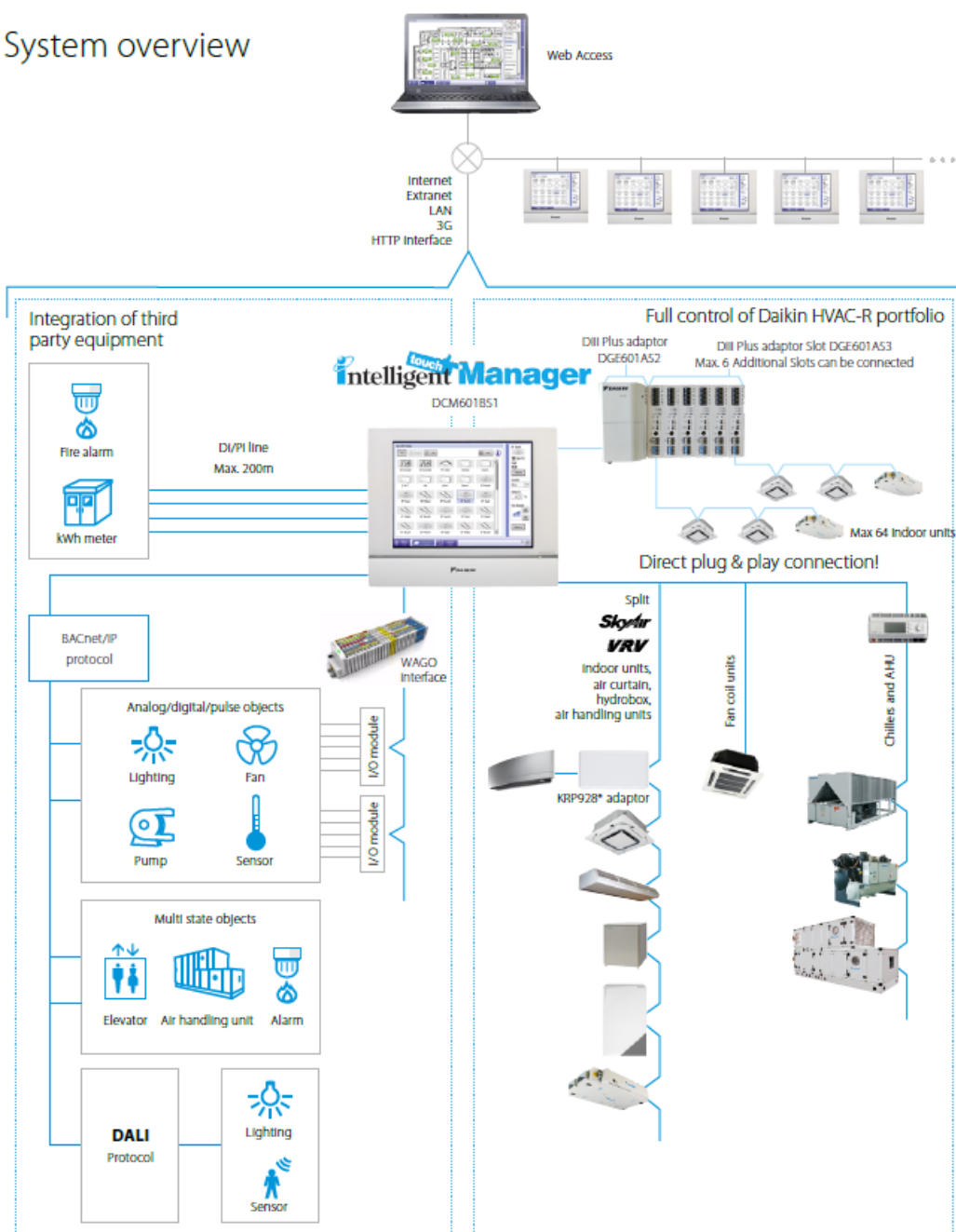
Produsenten kan også levere et bygningss automatiseringssystem (se figur 7). Smart energistyring overvåker om energiforbruket er i henhold til planen og hjelper til med å oppdage årsaker til energisvinn. Kraftige tidsplaner garanterer korrekt drift gjennom hele året. Energi kan spares ved å koble sammen klimaanlegget med annet utstyr, for

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

eksempel oppvarming. Peak Power Cut off Control, som aktiveres i tidsplanfunksjonen, lar brukerne betjene utendørsenheten i fire innstillinger: 100 %, 70 %, 40 % og 0 %.

System overview



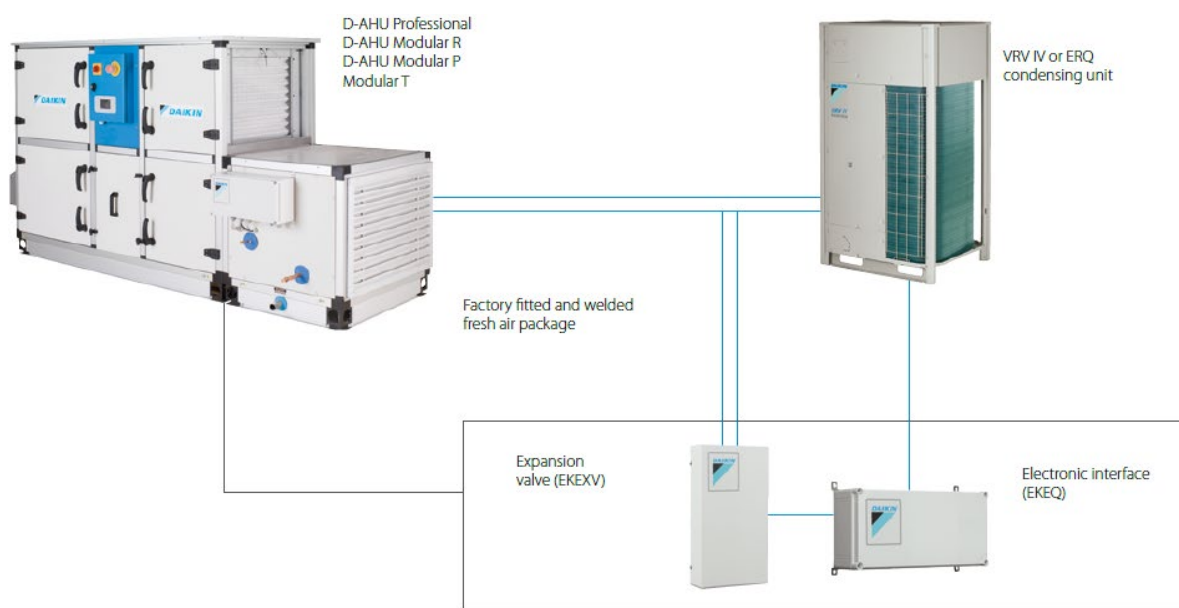
Figur 7 – Bygningsstyringssystem [7]

Daikin friskluftpakke er en komplett løsning som inkluderer alle enhetskontroller (ekspansjonsventil, kontrollboks og AHU-kontroller) og sensorer som er fabrikkmontert og konfigurert. For å oppnå høyere effektivitet er det enda mer effektivt å integrere AHU med et varmegjenvinningssystem (se figur 8), siden et kontorsystem ofte kan være i

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

kjølemodus mens uteluften er for kald til å føres inn i ubehandlet tilstand. I dette tilfellet overføres varmen fra kontorene bare til oppvarming av den kalde innkommende friske luften. Daikin ERQ- og VRV-enheter reagerer raskt på svingninger i tilluftstemperaturen, noe som gir en jevn innetemperatur og høy komfort for sluttbrukeren. Det ultimate er VRV-serien, som forbedrer komforten enda mer ved å tilby kontinuerlig oppvarming, også under avriming.



Figur 8 – Integrering av en AHU med et varmegjenvinningssystem [7]

5.6.3. HVAC-system med variabel kjølemiddelvolum (VRV) med varmegjenvinning

I VRV-systemet med varmegjenvinning forbedres energieffektiviteten gjennom flere viktige funksjoner. Varmegjenvinning overfører varme fra områder hvor det er behov for kjøling til steder hvor det er behov for varmt vann eller oppvarming, og maksimerer dermed energiutnyttelsen. Variabel kjølemediumteknologi optimaliserer komforten og øker sesongeffektiviteten med opptil 28 % sammenlignet med alternative løsninger ved å dynamisk justere kjølemediumtemperaturen basert på kjølebehovet. Inkluderingen av original 3-rørsteknologi øker energieffektiviteten betydelig i varmegjenvinningsmodus.

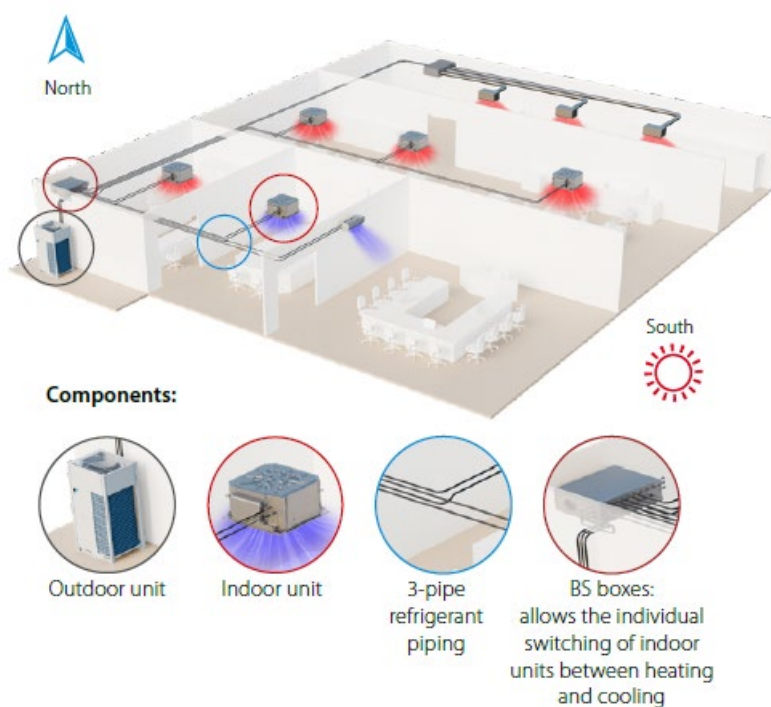
VRV 5 Heat Recovery (se figur 9) tilbyr en førsteklasses løsning for både effektivitet og komfort. Den reduserer CO₂-ekvivalente utslipp ved å bruke kjølemiddelet R-32 med lavere GWP og redusert kjølemiddelmengde. Dette systemet bruker et kjølemiddel med én komponent, noe som gjør det enkelt å gjenbruke og resirkulere. Bærekraften er maksimert gjennom hele livssyklusen takket være markedsledende sesongeffektivitet i

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

virkeligheten. «Gratis» oppvarming oppnås gjennom effektiv 3-rørs varmegjenvinning, som overfører varme fra kjølesoner til oppvarmingssoner.

Teknologien gjør at systemet effektivt kan brukes i små rom. Spesialdesignede innendørsenheter for R-32 sikrer lave lydnivåer og maksimal effektivitet. Samtidig kjøling og oppvarming gir optimal personlig komfort for gjester og leietakere. Installasjonsfleksibiliteten er maksimert med rørlengder på opptil 165 meter og en total lengde på 1000 meter. Lydtrykknivået kan være så lavt som 40 dB(A) takket være 5 lavlydtrinn. Systemet tilbyr en ESP på opptil 78 Pa, noe som gir fleksible kanalmuligheter. Et bredt driftsområde på opptil +46 °C ved kjøling og ned til -20 °C ved oppvarming sikrer pålitelig ytelse i ulike klimaer. VRV 5 Heat Recovery inneholder avanserte teknologier arvet fra VRV IV+, som variabel kjølemedietemperatur, kontinuerlig oppvarming, et 7-segment display, kompressorer med full inverter, en 4-sidig varmeveksler, et kjølemediekjølt kretskort og en ny DC-viftemotor.



Figur 9 – VRV-varmeutvinningsystem [7]

For bedre forståelse og sammenligning er det i tabell 3 gitt tekniske spesifikasjoner for et VRV-varmeutvinningsystem for utendørsenheten.

Tabell 3 – Tekniske spesifikasjoner for VRV-varmeutvinningsmodellen REYA8A fra Daikin

Tekniske data	Måleenhet	Verdi
Kapasitetsområde	HP	2
Kjølekapasitet	kW	5
Varmeeffekt	kW	62,5

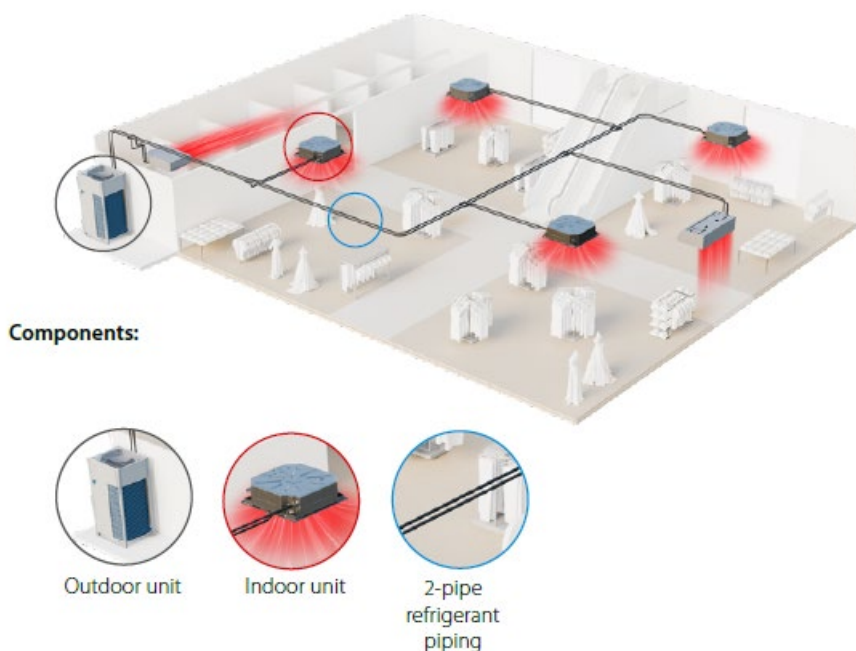
Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

SEER	-	7,2
SCOP	-	4,38
Lydtrykknivå	dBA	56,3
Kjølemiddel	GWP	675

5.6.4. HVAC-system med varmepumpe med variabel kjølemiddelvolum (VRV)

VRV-varmepumpen (se figur 10) tilbyr en løsning som gir både komfort og lavt energiforbruk. Redusert CO₂-ekvivalent oppnås ved bruk av kjølemiddelet R-32 med lavere GWP og lavere kjølemiddelmengde. Bruk av et kjølemiddel med én komponent forenkler gjenbruk og gjenvinning. Systemet har markedets beste sesongeffektivitet i praksis, noe som sikrer maksimal bærekraft gjennom hele livssyklusen. Teknologien muliggjør effektiv drift i små rom uten behov for tilleggstiltak. Spesialdesignede innendørsenheter for R-32 gir lave lydnivåer og maksimal effektivitet. Installasjonsfleksibiliteten speiler R-410A-systemene, med rørlengder på opptil 165 meter og en total lengde på 1000 meter. Lydtrykket kan være så lavt som 40 dB(A) takket være 5 lavlydtrinn, mens ESP når opp til 78 Pa for å lette kanalisering. Driftsområdet strekker seg fra +46 °C i kjøling til -20 °C i oppvarming. VRV 5 inneholder viktige VRV-standarder og -teknologier, inkludert variabel kjølemedietemperatur, kontinuerlig oppvarming, et 7-segment display, full inverterkompressor, en 4-sidig varmeveksler og kjølemedietkjølte kretskort.



Figur 10 – VRV-varmepumpesystem [7]

For bedre forståelse og sammenligning med VRV-varmeutvinningssystemet i tabell 4, er det gitt tekniske spesifikasjoner for et VRV-varmepumpesystem for utendørsenheten.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Tabell 4 – Tekniske spesifikasjoner for VRV-varmepumpemodell RXYA8A fra Daikin

Tekniske data	Måleenhet	Verdi
Kapasitetsområde	HP	2
Kjølekapasitet	kW	5
Varmeeffekt	kW	62,5
SEER	-	7,1
SCOP	-	4,38
Lydtrykknivå	dBA	56,3
Kjølemiddel	GWP	675

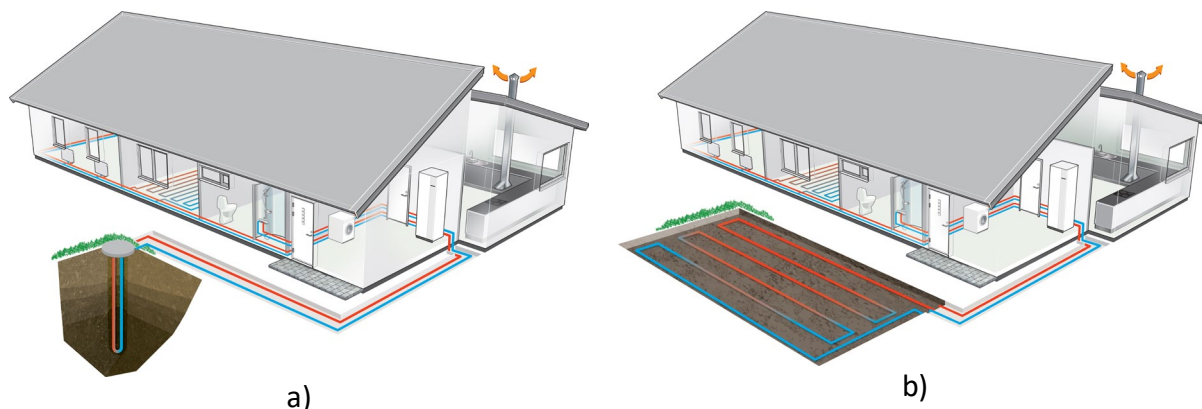
En sammenligning av VRV-varmeutvinningsdataene fra tabell 3 med VRV-varmepumpedataene fra tabell 4 viser stor likhet i de fleste ytelsesmålene. Den viktigste forskjellen er en 1,5 % lavere SEER-verdi for varmepumpesystemet.

Denne analysen viser at selv om VRV-varmepumpesystemet har litt lavere sesongenergiutnyttelse sammenlignet med varmeutvinningssystemet, er de generelle ytelsesegenskapene til begge systemene bemerkelsesverdig like. Valget mellom disse to VRV-teknologiene vil sannsynligvis avhenge av spesifikke prosjektkrav og hensyn som behov for samtidig oppvarming og kjøling, tilgjengelig plass og ønsket energieffektivitet.

5.6.5. Jord-til-vann-varmepumpe

Varmepumper er et allsidig og stadig mer populært delsystem i HVAC-systemer. De fungerer etter prinsippet om å overføre varme i stedet for å generere den, noe som gjør dem svært energieffektive.

Varmen fra bakken (figur 11) tas opp via et lukket brinesystem der en blanding av vann og frostvæske sirkulerer. I varmepumpens fordampers avgir saltvannet (vann blandet med frostvæske, glykol eller etanol) sin energi til kjølemediet, som fordampes for å komprimeres i kompressoren. Kjølemediet, som nå har fått økt temperatur, føres til kondensatoren, hvor det avgir sin energi til varmemediet og, om nødvendig, til en eventuell tilkoblet varmtvannsbereder.



Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

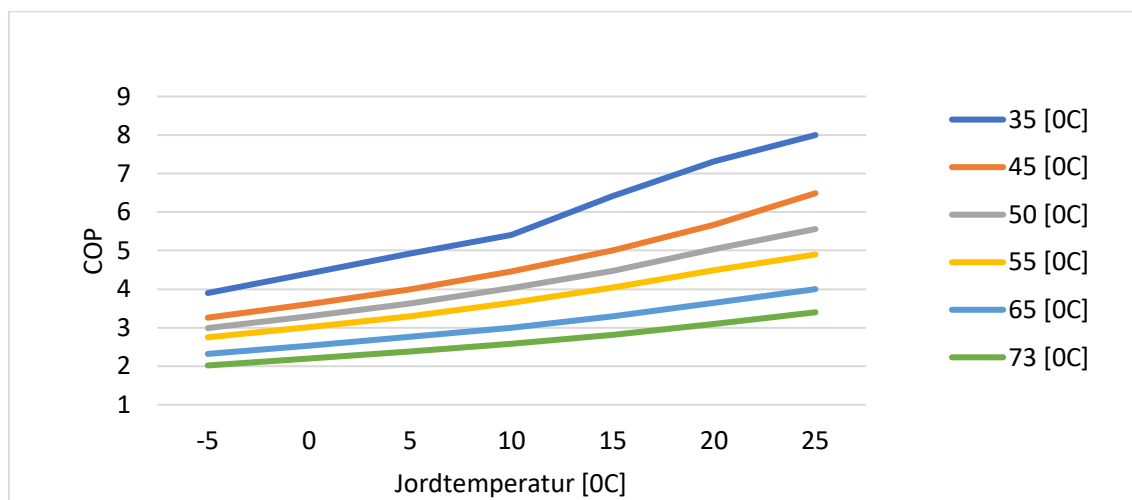
Figur 11 – Jordvarmepumper: a) borehullsoppsamlere; b) horisontale jordoppsamlere

Tabell 5 viser ytelseskoeffisienten (COP) for en Viessmann Vitocal 350-G Pro 352.A114 (B0/W35 114,2 kW) [8] jordvarmepumpe som bruker R134a som kjølemiddel. COP-verdiene vises som en funksjon av varierende jordtemperaturer, noe som gir verdifull innsikt i varmepumpens effektivitet under forskjellige driftsforhold.

Tabell 5 – COP for jord-til-vann-varmepumpe som funksjon av jordtemperaturer

Jordtemperaturer	Vann temperaturer					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
-	3,9	3,26	2,99	2,75	2,32	2,02
0	4,41	3,61	3,29	3,01	2,53	2,2
5	4,92	3,99	3,63	3,3	2,76	2,39
10	5,41	4,46	4,02	3,64	3	2,59
15	6,42	5,01	4,48	4,04	3,29	2,82
20	7,32	5,67	5,04	4,5	3,65	3,1
25	8	6,49	5,56	4,9	4	3,4

For å få en bedre forståelse av COP-verdiene i tabellen ovenfor, viser figur 12 variasjonen i COP som en funksjon av kildetemperaturen. Denne grafiske fremstillingen gir verdifull innsikt i systemets ytelsestrender under en rekke driftsforhold.



Figur 12 – COP-variasjon med bakketemperatur

En analyse av figur 12 viser en klar trend: COP for jordvarmepumpesystemet har høyest verdi under forhold hvor jordtemperaturen er høy og temperaturen på det oppvarmede (saltvannet) er betydelig lavere. Denne observasjonen er i samsvar med de grunnleggende prinsippene for varmepumpedrift, hvor en mindre temperaturforskjell mellom varmekilden (jorden) og varmtvannet (saltvannet) generelt gir mer effektiv varmeoverføring.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

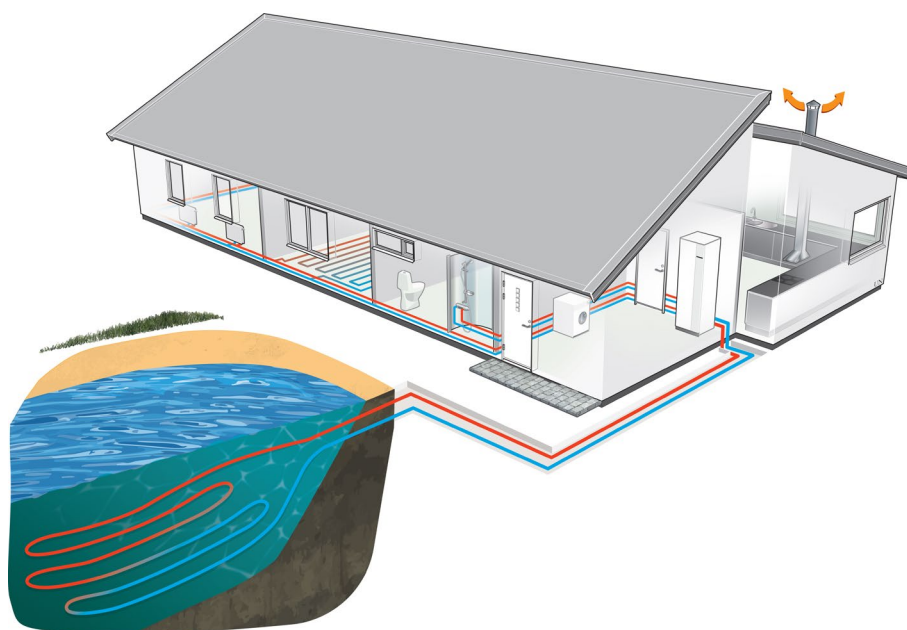
Det samme fenomenet oppstår når vi ser på varmepumpens varmeeffekt (se tabell 6).

Tabell 6 – Oppvarmingskapasitet til jord-til-vann-varmepumpe som funksjon av jordtemperaturer

Jordtemperaturer	Vanntemperaturer					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	Varmekapasitet					
-	90	81	76,5	71,5	61	52,6
0	114,2	101,6	96	90,2	78,1	68,3
5	136,1	124,6	118,3	111,7	98	86,6
10	158	151,2	144,1	136,5	120,8	107,6
15	196,1	181,3	173,3	164,8	146,7	131,5
20	228,2	215,7	206,8	197,2	177,3	160,1
25	254,5	241	239	221	201	191,9

5.6.6. Vann-til-vann-varmepumpe

Arbeidsprinsippet til en vann-til-vann-varmepumpe ligner sterkt på det til en jordvarmepumpe. Begge fungerer ved å overføre varmeenergi ved hjelp av et kjølemiddel. En viktig forskjell ligger imidlertid i varmekilden. Mens en jordvarmepumpe, trekker varme fra bakken gjennom en nedgravd rørslyfe, henter en vann-til-vann-varmepumpe (figur 13) varmeenergi direkte fra en vannkilde, for eksempel en innsjø, elv eller brønn. Denne direkte interaksjonen med vannet muliggjør effektiv varmeutveksling, noe som gjør vann-til-vann-varmepumper til et godt alternativ for oppvarming og kjøling i ulike miljøer.



Figur 13 – Vannkildevarmepumpe

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

For å gjøre det enklere å sammenligne de to forskjellige varmepumpetyperne, viser tabell 7 ytelseskoeffisientverdiene (COP) for modellen Vitocal 350-G Pro 352.A076 (W10/W35 106 kW) [8] sammen med et alternativ med tilsvarende ytelse. Denne sammenlignende analysen fremhever den overlegne energieffektiviteten til Vitocal 350-G Pro, og viser en betydelig økning i COP sammenlignet med jord-til-vann-modellen.

Tabell 7 – COP for vann-til-vann-varmepumpe som funksjon av vanntemperaturer

Vanntemperaturer	Vanntemperatur (innendørs)					
	35 [°C]	45 [°C]	50 [°C]	55 [°C]	65 [°C]	73 [°C]
	COP					
1	5,44	4,52	4,07	3,689	3,03	2,61
15	6,5	5,09	4,56	4,09	3,34	2,85
20	7,53	5,78	5,13	4,58	3,71	3,15
25	8,2	6,1	5,4	4,9	4,11	3,47

5.6.7. Luft-til-vann-varmepumpe

Luft-til-vann-varmepumper fungerer ved å trekke varme fra luften rundt seg, som andre varmepumpetyper, og overføre den til et vannbasert varmesystem gjennom en kjølekrets. Dette gjør dem til en lett tilgjengelig og kostnadseffektiv løsning for mange bruksområder.

Viktige egenskaper ved luft-til-vann-varmepumper er deres evne til å trekke varme fra omgivelsesluften, slik at de kan brukes både til oppvarming og kjøling, og at de generelt er billigere å installere enn geotermiske systemer. De er lett tilgjengelige fordi de finnes i mange varianter og egner seg for en lang rekke bruksområder.

For å muliggjøre en omfattende sammenlignende analyse av ulike varmepumpeteknologier, viser tabell 8 og 9 de tekniske spesifikasjonene for en luft-til-vann-varmepumpe fra samme produsent, Viessman: Vitocal 300-A 302.B60 [8], utstyrt med to kompressorer.

Inkluderingen av en luft-til-vann-varmepumpe sammen med jordvarme- og vannvarmepumper gjør det mulig å direkte evaluere viktige ytelsesegenskaper, inkludert COP og varmekapasitet. Ved å undersøke disse spesifikasjonene kan man enkelt identifisere de forskjellige fordelene og ulempene ved hver teknologi, noe som gjør det mulig å ta informerte beslutninger når man skal velge det mest passende varmepumpesystemet for spesifikke prosjektkrav.

Tabell 8 – COP for luft-til-vann-varmepumpen som funksjon av utetemperaturer

Utetemperatur	Vanntemperatur		
	35 [°C]	45 [°C]	55 [°C]
	COP		
-22	1,8	1,6	-

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

-15	2,3	2,1	1,7
-7	2,9	2,6	2,3
2	3,6	3	2,6
7	4	3	3
10	4,4	3,7	3,2
12	4,5	3,8	3,3
20	4,9	4,2	3,5
25	5,2	4,3	3,7
30	5,4	4,5	3,8
35	5,7	4,7	3,9

Tabell 9 – Varmeeffekt for luft-til-vann-varmepumpe som funksjon av utetemperatur

Utetemperatur	Vann		
	35 [° C]	45 [° C]	55 [° C]
	Varmeeffekt		
-22	44	39,6	-
-15	59	55,4	51
-7	76,2	73,4	70,4
2	94,4	90,2	86
7	111,6	112,2	112,8
10	122,8	121,2	120,6
12	128,8	127,2	125,8
20	145,2	139,8	134,6
25	154,4	147,8	140,8
30	164,6	155,8	147,2
35	174	163,8	153,4

Det er viktig å merke seg at effektiviteten til luft-til-vann-varmepumper kan variere på grunn av store svingninger i utetemperaturen, spesielt i kaldere klima. I tillegg kan utendørsenheter generere støy, noe som kan være et problem for enkelte installasjoner.

Valget av varmepumpeteknologi – jordvarme, vannvarme eller luftvarme – har stor innvirkning på systemets ytelse, installasjonskompleksitet og totale kostnader. Vannvarmepumper og jordvarmepumper har generelt den høyeste effektiviteten på grunn av den stabile temperaturen gjennom året, men de krever tilgjengelige vannkilder og omfattende installasjon av jordsløyfer, mens luftvarmepumper er en mer tilgjengelig og kostnadseffektiv løsning med et bredere spekter av bruksområder.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:

Forbedringer av HVAC-systemer

Til syvende og sist avhenger det optimale valget av ulike faktorer, blant annet klimaforhold, stedsspesifikke hensyn, tilgjengelige ressurser og individuelle prosjektkrav. En grundig vurdering av disse faktorene, kombinert med en omfattende analyse av tekniske spesifikasjoner og ytelsesdata for hvert system, er avgjørende for å sikre valg av den mest egnede og kostnadseffektive varmepumpeløsningen for en gitt anvendelse.

Referanser

- [1] ANSI/AHRI 210/240-2008: 2008 Standard for ytelsesvurdering av enkeltstående klimaanlegg og luftvarmepumpeutstyr. Air Conditioning, Heating and Refrigeration Institute. 2008.
- [2] <https://www.americanstandardair.com/resources/blog/what-is-seer/> (tilgjengelig 17. desember 2024).
- [3] <https://control.com/technical-articles/the-layers-of-modern-building-automation-system-architecture/> (åpnet 17. desember 2024).
- [4] <https://www.iea.org/reports/renewables-2024/global-overview> (åpnet 9. januar 2025).
- [5] <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewable-energy-progress-tracker> (åpnet 14. januar 2025).
- [6] https://www.daikinmea.com/en_us/product-group/chillers.html (åpnet 14. januar 2025).
- [7] https://www.daikinmea.com/en_us/product-group/air-handling-units.html (åpnet 14. januar 2025).
- [8] <https://www.viessmann.ro/ro/cunostinte/tehnologie-sistem/pompe-caldura.html> (åpnet 15. januar 2025).

6 - Leveranser

For å evaluere suksessen til veiledningen, foreslår vi at studentene svarer på et spørreskjema på nettet.

7- Hva vi har lært

Ulike skalaer for evaluering av bygningers energieffektivitet.

Vitenskapelige måleparametere for HVAC-systemer.

Strategier for å optimalisere HVAC-systemer.

Katalog over de beste alternativene for å forbedre bygningers energieffektivitet:**Forbedringer av HVAC-systemer**

Byggautomasjonssystemer.

Hvilke fornybare energikilder kan integreres i HVAC-systemer.

Statistiske data og prognoser for forbruk av fornybar varme.

Forskjeller i vitenskapelige måleparametere mellom ulike typer HVAC-systemer.