



www.repowerregions.eu

D2.2

LANDSKAPSANALYSE-

RAPPORT

Dato:
27.oktober 2025

Redigert av:
Dr. Professor T. Tambovceva, Riga Technical University



Co-funded by
the European Union

INNHOLD

	Sammendrag	3
	Introduksjon	4
01	Regional Kontekst og Behov	7
02	Teknologisk Utvikling og Bransjeinnsikt	9
03	Pedagogisk og Læreplanmessig Innsikt	24
04	Funn fra Feltarbeidet	31
	Konklusjon	38
	Anbefalinger	39
	Referanser	43
	Tilbygg	46



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial-No Derivatives 4.0 International License (CC BY-NC-4.0) International License.

REPOWER REGIONS: Akselererer innføringen av avkarboniserte varme- og kjøleløsninger

Konsortiumpartnere

- Kildare County Council (KCC), Ireland
- FUNDACIÓN LABORAL de la CONSTRUCCIÓN (FLC) Spain
- Riga Technical University (RTU), Latvia
- Czech Technical University (CVUTvP), Czech Republic
- European E-learning Institute (EUEI) Denmark
- Steinbeis School of Sustainable Innovation and Transformation (SIT), Germany
- Momentum Marketing Services Ltd. (MMS), Ireland
- Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités” (PNEC), Poland
- Jaske & Wolf Verfahrenstechnik (JWV) Germany
- Fagskolen Rogaland (FR) Norway
- University of Belgrade (UoB), Serbia
- REHVA - Federation of European Heating, Ventilation & Air Conditioning Associations (REHVA) Belgium

Rapportkoordinering

- Riga Technical University (RTU), Latvia

Forfattere

- Tatjana Tambovceva
- Raimonds Bogdanovics
- Rita Greitane

Redigert av

- Tatjana Tambovceva

Dokument version:
November 2025

Prosjektnummer:
101187351 – Partnership
for Innovation: Alliances.

Designert av:
MOMENTUM MARKETING
SERVICES LTD., Ireland



This project has been funded with support from the European Commission. The author is solely responsible for this publication (communication) and the Commission accepts no responsibility for any use may be made of the information contained therein.

Sammendrag

Denne landskapsanalysrapporten presenterer en helhetlig analyse av oppvarmings- og kjølesektoren (H&C) i ni europeiske regioner, med fokus på teknologisk utvikling, politiske rammeverk, regionale behov og utdanningsmessig beredskap for å støtte EUs mål om klimanøytralitet.

Rapporten fremhever hvordan EUs klima- og energidirektiver, som Green Deal, EPBD, EED og RED III, former et nytt rammeverk for bærekraftige termiske energisystemer. Disse politiske tiltakene driver frem innføringen av lavkarbonteknologier, inkludert varmepumper, geotermiske systemer, solvarme og gjenvinning av spillvarme, samtidig som de også fremmer integrering av smarte styringssystemer og digitale plattformer.

På tvers av 68 casestudier dokumenterer rapporten et tydelig skifte mot elektrifisering, energigjenvinning og digital optimalisering i bygninger. Kommersielle og industrielle bygg ligger i front når det gjelder bruk av AI-forsterkede styringssystemer og hybride varmeløsninger. Offentlige og institusjonelle bygninger tar i økende grad i bruk lavtemperatur distribusjonssystemer og smarte ventilasjonsstrategier. Boligbygg viser økende interesse for varmepumper og solcelleanlegg på tak, selv om utfordringer knyttet til eldre infrastruktur og risiko for overoppheting fortsatt består. Systemer på distriktsnivå er også i endring, med vellykkede eksempler på desentraliserte, fornybarbaserte nettverk i Danmark, Latvia og Tyskland.

Til tross for denne utviklingen hemmes omstillingen av høye investeringskostnader, fragmentert regelverk, mangel på arbeidskraft og begrenset digital interoperabilitet. Rapporten understreker at teknologisk modenhet må samsvare med kompetansen i arbeidsstyrken. Intervjuer og spørreundersøkelser med over 100 fagpersoner avdekker betydelige mangler i praktiske ferdigheter, regelverksforståelse og digital kompetanse. Mange nye spesialister mangler praktisk erfaring, mens erfarne fagfolk strever med å tilpasse seg fremvoksende teknologier. Utdanningslandskapet, som omfatter 110 programmer innen høyere utdanning, fag- og yrkesopplæring og etter- og videreutdanning, viser et sterkt teoretisk grunnlag, men ujevn dekning av digitale verktøy, idriftsettingspraksis (commissioning) og bærekraftsindikatorer. Spesielt fag- og

videreutdanningsprogrammene trenger målrettede forbedringer for å møte kravene i overgangen til ren energi.

Avslutningsvis etterlyser rapporten samordnet innsats på tvers av politikk, industri, kommuner, utdanning og forskning. Beslutningstakere bør håndheve lokal varmeplanlegging, forenkle konsesjons- og tillatelsesprosesser og åpne fleksibilitetsmarkeder for å støtte rene teknologier. Kommunene oppfordres til å ta i bruk integrert energikartlegging og sammenslåtte prosjektmodeller for å drive lokal gjennomføring. Næringslivet må investere i kompetanseutvikling og samarbeide med utdanningsinstitusjoner for å tilpasse opplæringen til reelle behov i arbeidslivet. Utdanningstilbydere bør modernisere læreplanene ved å integrere digitale verktøy, idriftsettingspraksis og regelverksforståelse i kjerneprogrammene, samtidig som de utvider praksisnær læring og mikrosertifiseringer. Til slutt bør forskningsmiljøer fokusere på systemnivåoptimalisering, sikker datautveksling og inkluderende innovasjon for å sikre at teknologisk fremgang omsettes i praktiske og skalerbare løsninger.

Suksess vil avhenge av at læreplaner tilpasses faktiske behov i arbeidslivet, at det investeres i kompetanseutvikling, og at digitale og lavkarbonsystemer implementeres effektivt og inkluderende. Dersom disse forutsetningene realiseres, kan Europa gå i front mot en klimanøytral, robust og smart energifremtid.

Introduksjon

Den europeiske union har forpliktet seg til ambisiøse klima- og bærekraftsmål, slik de er fastsatt i EUs grønne giv (European Green Deal), klimamålplanen for 2030 og EUs klimalov. Et sentralt mål er å redusere utslippene av klimagasser med minst 55 % innen 2030 sammenlignet med 1990-nivå, med det overordnede målet om å oppnå klimanøytralitet innen 2050 (European Commission, 2020).

Disse målene er ikke abstrakte; de er forankret i de konkrete realitetene knyttet til bygningsmassen, som står for om lag 40 % av det totale energiforbruket og 36 % av de energirelaterte utslippene i hele unionen, samtidig som rundt 75 % av drivstoffet som brukes til oppvarming & kjøling (H&C) fortsatt er fossilbasert (European Commission, 2020).

Å nå disse målene krever omfattende tiltak på tvers av sektorer, særlig i det bygde miljøet. For å støtte avkarbonisering av oppvarming og kjøling og bedre bygningers energiytelse, er det nødvendig med strategier på distrikts- og nabolagsnivå i tråd med EED, RED og EPBD.

Det reviderte EPBD og oppdaterte EED krever nullutslippsbygg fra 2030 og strengere krav ved rehabilitering, i samsvar med Renovation Wave. Samtidig knytter REPowerEU ren varme til økt energisikkerhet og redusert importavhengighet.

I henhold til direktiv (EU) 2023/1791 skal kommuner med over 45 000 innbyggere utarbeide lokale planer for oppvarming og kjøling som del av EUs strategi for å avkarbonisere bygningssektoren og styrke lokal energiplanlegging.

Avkarbonisering har blitt en av de mest presserende utfordringene for bygge- og anleggsnæringen. For å håndtere bygningers miljøpåvirkning endrer ledende virksomheter sine praksiser gjennom tre hovedstrategier: innovasjon innen bærekraftige materialer, effektivisering av byggeprosesser og forbedring av driftsyttelse. Disse tiltakene suppleres i økende grad av elektrifisering av energietterspørselen, integrering av lokale fornybare energikilder og innføring av fleksibilitet på etterspørselssiden.

Samlet bidrar disse tilnærmingene til overgangen mot klimanøytrale bygninger ved å redusere utslipp, forbedre energieffektiviteten og muliggjøre smartere og mer robuste energisystemer. Ved å ta i bruk vitenskapsbaserte klimamål og integrere prinsipper for sirkulær økonomi har sektoren potensial til å redusere utslippene med opptil 50 % innen 2030.

Politiske ambisjoner alene er ikke tilstrekkelige. Det grønne og digitale skiftet innen oppvarming og kjøling (H&C) skaper nye yrkesroller, endrer eksisterende og avdekker betydelige kompetansegap i hele bygg- og anleggssektoren. Moderne H&C-løsninger forutsetter systemtenkning, digital kompetanse, god dataforvaltning og trygg bruk av teknologier som IoT-baserte styringssystemer, AI-assistert optimalisering og avanserte metoder for måling og verifikasjon (M&V). Uten en arbeidsstyrke som kan designe, integrere, drifte og videreutvikle slike systemer, vil investeringer gi lavere effekt og bygningenes faktiske ytelse svekkes over tid. Europas energiomstilling må derfor ledsages av en bred kompetanseomstilling, der høyere utdanning (HE), fag- og yrkesopplæring (VET) og etter- og videreutdanning (CVET) spiller en sentral rolle.

Ved å samordne utdanningsinnhold med regionale behov og EUs grønne taksonomi kan utdanningsinstitusjoner bidra til innovasjon i læreplaner og opplæringsformer. Dette innebærer å forberede studenter og fagpersoner på arbeid med

fleksible energisystemer, fjernvarme- og fjernkjølingsnett, energisamfunn og et kraftmarked i rask endring.

Tradisjonelle nasjonale strategier, som opplæring gjennom arbeid, har i begrenset grad gitt arbeidstakere den kompetansen som kreves, særlig innen bærekraftig bygging. I en stadig mer digital sektor er det derfor også avgjørende å vurdere kompetanse ut fra faktisk anvendelse og effekt, ikke bare formell kunnskap.

Denne rapporten inngår i arbeidspakke 2 (WP2), ledet av Riga Technical University, og har som mål å gi universiteter samt VET- og CVET-tilbydere oppdatert kunnskap om teknologiske, industrielle og politiske drivere for avkarbonisering av oppvarming og kjøling. Arbeidet bygger på innspill fra utdanningsinstitusjoner, bransjeeksperter og lokale virksomheter, og legger særlig vekt på hvordan disse utviklingstrekkene kan omsettes i relevant læreplanutvikling og målrettede opplæringstilbud.

Denne rapporten sammenfatter internasjonal dokumentstudie, ekspertkonsultasjoner og regionale casestudier for å gi oppdatert kunnskap som kan brukes direkte til å fornye og videreutvikle læreplaner og opplæring innen høyere utdanning (HE), yrkesfaglig utdanning og opplæring (VET) og etter- og videreutdanning (CVET) i ni prosjektpartnerregioner (Tsjekia, Danmark, Tyskland, Irland, Latvia, Norge, Polen, Serbia og Spania).



Målene med analysen var å:

01

Kartlegge aktørøkosystemet

det vil si å identifisere og profilere sentrale nasjonale aktører innen næringsliv, offentlig sektor, faglige organisasjoner og utdanning (HE/VET/CVET) som påvirker eller gjennomfører avkarbonisering av oppvarming og kjøling samt utvikling av relevant kompetanse.

02

Gjennomføre strukturert dokumentstudie

det vil si å samle inn og kritisk analysere eksisterende rapporter, forskningsartikler, politiske og regulatoriske dokumenter, markedsstudier og tekniske standarder knyttet til avkarbonisering av oppvarming og kjøling, med sikte på å etablere et samlet kunnskapsgrunnlag for senere validering.

03

Samle in aktuelle, virkelighetsnære casestudier om bærekraftig praksis innen oppvarming og kjøling

det vil si å etablere et datasett som dokumenterer minst 60 fremvoksende praksiser og anvendelser av teknologi i partnerregionene.

04

Gjennomføre feltarbeid (primærdata) for å validere og utdype funnene

det vil si å gjennomføre intervjuer, spørreundersøkelser og fokusgrupper med mer enn 48 eksperter for å verifisere og videreutvikle innsikten fra dokumentstudier, samle inn kvalitative og kvantitative data om eksisterende og fremvoksende kompetanse- og kunnskapsgap relevante for overgangen til ren energi, kartlegge forventninger hos nåværende og fremtidige arbeidstakere når det gjelder nødvendige kompetanser.

05

Utarbeide en samlet sluttsyntese med konkrete og handlingsrettede anbefalinger

det vil si å utarbeide sluttrapporten som oppsummerer hovedfunn og gode praksiser, samt gi praktiske anbefalinger for å styrke kunnskapsutveksling og samarbeid mellom næringsliv og utdanningsinstitusjoner (HE/VET/CVET), herunder forslag til læreplaner, opplæringsløp og videre involvering av relevante interessenter.



1.1

Europas klima og sesongbaserte energietterspørsel for oppvarming og kjøling 8

1.2

Politiske og lovgivningsmessige drivkrefter 9

1.3

Energifattigdom og sosiale dimensjoner 9

1.4

Nåværende status for digitale teknologier som støtter avkarbonisering i Europa 10

Europas Klima og Sesongbaserte Energibehov for Oppvarming og Kjøling

Europa omfatter maritime, kontinentale og middelhavsklima, noe som gir tydelige nord-sør- og kyst-innlandsforskjeller i sesongbasert energietterspørsel. En enkel indikator er oppvarmings- og kjølegraddager (HDD/CDD): nordlige og sentrale land har høye HDD-verdier (lange, kalde sesonger), mens sørlige innlandsområder og middelhavskysten nå opplever betydelige CDD-verdier som følge av varmere somre.

På tvers av EU bruker husholdninger fortsatt mesteparten av energien sin på å holde boligene varme. I 2023 sto romoppvarming og vannbåren oppvarming til sammen for 77,6 % av husholdningenes endelige energibruk (62,5 % til romoppvarming; 15,1 % til oppvarming av vann). Romkjøling utgjorde fortsatt en liten andel på EU-nivå. Disse tallene samsvarer med Europakommisjonens side for varme og kjøling og Eurostats årlige oppdateringer (Eurostat, 2025).

Fyringsgradager (HDD) og kjølegradager (CDD) er kumulative indikatorer for sesongbasert energibehov, snarere enn direkte temperaturmålinger. De gjenspeiler hvor mye og hvor lenge utendørstemperaturene avviker fra en standard komfortterskel på 18 °C, som er referanseverdien Eurostat benytter. Når den daglige gjennomsnittstemperaturen faller under 18 °C, legges differansen til HDD, noe som indikerer et behov for oppvarming. Omvendt, når det daglige gjennomsnittet overstiger 18 °C, legges differansen til CDD, noe som indikerer et behov for kjøling.

Det europeiske miljøbyrået påpeker at HDD er en robust indikator for oppvarmingsbehov og CDD for kjøling. Etter hvert som somrene blir varmere, viser CDD en økende trend, noe som forskyver deler av Europa mot høyere topper i strømforbruket om sommeren. I løpet av den

varme sommeren 2025 førte for eksempel gjentatte hetebølger til et hopp på 7,5 % i EUs strømbehov sammenlignet med året før. I Spania var økningen på 16 %, noe som belastet både kraftproduksjon og strømmettet – et bevis på kjølingens økende innvirkning på systemet (EnergyWorld, 2025; Ember, 2025).

Etterspørselen etter kjøling er det raskest voksende bruksområdet i bygninger globalt, og Europa er intet unntak. IEA fremhever at energibruk til romkjøling ligger an til å stige med ca. 4 % årlig frem mot 2035 med dagens politikk, der klimaanlegg er en viktig driver for maksimal etterspørsel etter strøm. Europeiske kommentarer i 2025 understreket samme problemstilling etter hvert som hetebølgene intensivertes (Voswinkel et al., 2025).

Oppvarming og kjøling representerer til sammen rundt halvparten av EUs brutto endelige energiforbruk, så det å flytte denne belastningen over til lavkarbonkilder er avgjørende. Andelen fornybar energi i EUs oppvarming og kjøling nådde 26 % i 2023 (opp fra 24,8 % i 2022), hovedsakelig drevet av biomasse og varmepumper, selv om utbredelsen varierer fra land til land (Eurostat, 2025; International Institute of Refrigeration, 2025).

Hva dette betyr for planlegging:



- I regioner styrt av oppvarmingsbehov: Fokuser på oppgradering av bygningsmassen (isolering), lavtemperatur-oppvarming (fjernvarme og varmepumper) og smart styring for å redusere de lange, sesongbaserte belastningene.
- I regioner med stort kjølebehov: Prioriter høyeffektiv kjøling (reversible varmepumper, passive tiltak) og forbruksstyring (demand-side management) for å håndtere toppbelastninger på strømmettet.
- Overallt: Digitalisering (smarte målere, analyseverktøy) hjelper til med å spore HDD/CDD-drevne belastninger og optimalisere driften etter hvert som Europas årstider blir varmere og sommerens forbrukstopper blir mer fremtredende.

1.2 Politiske og Lovgivningsmessige Drivere

EUs politiske rammeverk for dekarbonisering av oppvarming og kjøling har utvidet seg raskt. Drevet av den europeiske grønne avtalen og målet om klimanøytralitet, etablerer det klare direktiver for bærekraftige termiske energisystemer.

Viktig lovgivning inkluderer:

- Fornybardirektivet III (RED III) pålegger medlemsstatene å øke den fornybare andelen i oppvarming og kjøling med 0,8 prosentpoeng per år frem til 2025, og 1,1 poeng deretter, etter at en fornybarandel på 26,2 % ble nådd i 2023 (Eurostat, 2025).
- *Energieffektiviseringsdirektivet (EED) innfører bindende mål for energisparing og krever at kommuner med mer enn 45 000 innbyggere utarbeider lokale planer for oppvarming og kjøling.*
- *Bygningsenergidirektivet (EPBD) krever utslippsfrie nybygg innen 2030 og strengere minimumskrav til ytelse ved renovering. Det fremmer også smarte, automatiserte bygninger og fastsetter minimumskrav til tekniske bygningssystemer.*
- *REPowerEU: Kobler ren varme med energisikkerhet, og driver frem en rask innføring av lavkarbonteknologier innen bygg og VVS (HVAC).*

Sammen danner disse instrumentene grunnlaget for EUs mål om klimanøytralitet innen 2050.

1.3 Energifattigdom og Sosiale Dimensjoner

Energifattigdom rammer fortsatt mellom 8% og 16% av EU-borgerne, anslagsvis 35 til 72 millioner mennesker, som sliter med å varme opp eller kjøle ned hjemmene sine tilstrekkelig (IPCC, 2022).

Dekarbonisering er tett knyttet til sosial rettferdighet, ettersom energifattigdom vedvarer over hele EU og rammer sårbare befolkningsgrupper uforholdsmessig hardt. Energifattigdom, det vil si manglende evne til å betale for tilstrekkelig oppvarming eller kjøling, rammer anslagsvis 35 til 72 millioner mennesker.

Å håndtere disse ulikhetene krever akselerert renoveringsinnsats, målrettede subsidier og rimelige fornybare oppvarmingsteknologier, spesielt siden lavinntektshusholdninger ofte bor i de minst effektive bygningene.

Utfordringen er mest akutt i Sør- og Øst-Europa, der over 20 % av husholdningene i Portugal, Bulgaria,

Hellas, Latvia og Litauen ikke kan opprettholde komfortable innendørsforhold (European Commission Joint Research Centre, 2024).

Stigende sommertemperaturer forverrer dette problemet og utsetter befolkningen for varmestress uten tilstrekkelig kjøling.

Energifattigdom krysser dermed sosioøkonomisk ulikhet og folkehelseutfordringer. Forskning viser at lavinntektshusholdninger vanligvis bor i de minst effektive bygningene og bruker en uforholdsmessig stor andel av inntekten på energi (Taušová et al., 2024). Å håndtere disse ulikhetene krever rimelige fornybare oppvarmingsteknologier og tilgjengelige finansieringsmekanismer.

Nåværende Status for Digitale Teknologier som Støtter Dekarbonisering Rundt om i Europa

Europas skifte til ren energi avhenger i økende grad av digital teknologi: smartere strømmnett, smartklare bygninger og programvaredrevne varmenett. På kundesiden er en andre bølge av smarte målere godt i gang. Innen utgangen av 2024 hadde omtrent 63% av strømkundene i EU27+3 en slik måler, og andelen øker fortsatt ettersom foregangsland bytter ut gamle enheter og andre land tar innpå. Smarte målere muliggjør detaljert prising, automatisk fakturering og storskala forbruksstyring (etterspørselsrespons) – slik at hjem og bedrifter kan justere forbruket når strømmen er billigst eller nettet er tungt belastet. Europakommisjonen peker på disse verktøyene som essensielle for å integrere mer vind- og solenergi, og for å håndtere nye elektriske oppvarmingsbelastninger (Berg Insight, 2025).

Smarte målere muliggjør detaljert prising, automatisk fakturering og storskala forbruksstyring (etterspørselsrespons) – slik at hjem og bedrifter (og deres elektriske systemer) kan justere forbruket når strømmen er billigst eller nettet er tungt belastet. Europakommisjonen peker på disse verktøyene som essensielle for å integrere mer vind- og solenergi og for å håndtere nye elektriske oppvarmingsbelastninger (Berg Insight, 2025).

I 2024 oppdaterte EU reglene for elektrisitetmarkedet for å legge mer vekt på fleksibilitet – evnen til å øke eller senke etterspørselen når nettet har behov for det. Reglene pålegger ENTSO-E (sentralnettoperatorene) og EU DSO Entity (distribusjonsnettoperatorene) å utvikle en felles metode for å beregne hvert lands fleksibilitetsbehov. Med denne delte metoden og rapportformatet kan regulatorer se hvor mye ikke-fossil fleksibilitet som er tilgjengelig, og utforme markedsprodukter som faktiske deltakere, som bygninger, aggregatorer og fjernvarmeoperatører, kan benytte.

I sammenheng med Tysklands energiomstilling trådte seksjon 14a i den tyske energiloven (Energiewirtschaftsgesetz) i kraft i januar 2024. Den fastslår at nye enheter med høy belastning i hjemmene, spesielt varmepumper og elbilladere, må være teknisk styrbare. Dette lar lokale nettoperatører midlertidig redusere strømforbruket deres under overbelastning for å holde nettet stabilt. Det er et av Europas tydeligste eksempler på å gjøre digital styring på enhetsnivå om til et praktisk verktøy for oppvarmingsomstillingen (ENTSO-E & DSO Entity, 2025).

I april 2024 oppdaterte EU bygningsenergidirektivet (EPBD) for å dytte bygninger mot å bli smartklare, automatiserte og utslippsfrie. Minimumskravene til tekniske bygningssystemer pålegger visse funksjoner for bygningautomatisering og kontroll, samtidig som det pushes for infrastruktur for e-mobilitet i bygninger.

Smart Readiness Indicator (SRI), en ordning for å rangere hvor «smart» en bygning er, forblir valgfri foreløpig. Det er imidlertid forventet at den blir obligatorisk for yrkesbygg med en nominell HVAC-kapasitet på over 290 kW innen juni 2027. Videre må Europakommisjonen innen 30. juni 2026 rapportere om hvordan landene tester og bruker SRI. Mer enn 15 land har allerede startet uforpliktende testfaser (for eksempel startet Portugal i november 2024).

Disse testfasene skaper et felles språk for digitale funksjoner som overvåking, styring, systeminteroperabilitet og forbruksstyring. Sammen bidrar de oppdaterte EPBD-reglene og SRI-pilotene til at bygningseiere, spesielt i store kontorer, sykehus og på campus-områder, installerer systemer for bygnings- og energistyring (BMS/EMS), legger til undermåling og bruker feilsøkningsanalyser for å drifte utstyr mer effektivt. Dette gjør bygninger renere, smartere og enklere å integrere med strømmettet (EU DSO Entity & ENTSO-E, 2025).

Fjernvarme og fjernkjøling (DHC) går gjennom en omfattende digital oppgradering – og det er viktig fordi DHC er en av de beste måtene å kutte utslipp fra rom- og vannbehov i byer. IEAs DHC Annex TS4 Guidebook (Schmidt, 2023) viser hva operatører gjør i praksis: oppgraderer SCADA-systemer (programvaren som overvåker og styrer nettverkene), legger til mer detaljert måling, bruker maskinlæring for å finjustere driften, og bygger digitale tvillinger (virtuelle modeller) for å teste endringer før de iverksettes. Disse verktøyene bidrar til å senke turtemperaturer, redusere varmetap og koble til store varmpumper og overskuddsvarme på en smidigere måte. Euroheat & Powers notat fra 2024 støtter dette med reelle eksempler som viser at smart styring forbedrer både eldre nettverk og nye lavtemperatursystemer. Konklusjonen er klar: digitalisering er ikke lenger bare små pilotprosjekter, det er nå en etablert og kostnadseffektiv måte å dekarbonisere varme på bynivå.

I tillegg til alt annet bygger EU et delt «datalag» for energi. Ideen, kalt Common European Energy Data Space (CEEDS), går ut på å gjøre det enkelt og trygt for ulike aktører som nettoperatører,

bygningssystemer, varmenett og aggregatorer å finne, dele og bruke energidata på tvers av landegrenser. CEEDS har en blåkopi som forklarer hvordan systemet skal settes opp og hvordan ulike IT-systemer kan kommunisere med hverandre. Europas gruppe for sentralnettoperatører (ENTSO-E) og andre har også vist hvordan dette vil koble seg til eksisterende EU-prosjekter og faktisk, daglig bruk. Etter hvert som dette går fra planer til utrulling under DIGITAL-programmet, kan man forvente standardiserte API-er (enkle, felles metoder for programvaretilkobling) og klare samtykkeregler (slik at folk har kontroll over egne data). Det vil gjøre det mulig for smarte målere, byggningsstyring og fjernvarme å utveksle data sikkert og i stor skala, noe som er nøkkelen til å drive et renere og smartere energisystem (Europakommisjonen, u.å.).

Sett under ett er Europas nåværende status tydelig: over hele Europa er smarte målere utbredt, og reglene som støtter fleksibel strømbruk er i ferd med å modnes. Disse endringene samsvarer med smartere bygninger (styrt av tekniske krav til bygningssystemer, SRI og dataanalyse) og mer digitale fjernvarmenett.

Det som gjenstår nå er stort sett det harde praktiske arbeidet: å få ulike systemer til å kommunisere med hverandre (interoperabilitet), holde dem sikre (cybersikkerhet), lære opp folk til å drifte dem og åpne lokale markeder slik at bygninger, varmelagring og etterspørselsrespons på en pålitelig måte kan erstatte fossile toppkraftverk. Med reglene for fleksibilitet i markedsdesign, tidslinjene for EPBD/SRI og det Common European Energy Data Space (CEEDS) som går fremover, er det politiske og teknologiske grunnlaget i stor grad på plass. Den store jobben de neste 2–3 årene er å skalere disse løsningene konsekvent på tvers av land.



2.1	Oversikt over viktige teknologier	<u>12</u>
2.2	Barrierer og utfordringer	<u>16</u>
2.3	Muligheter og anbefalinger	<u>17</u>
2.4	Analyse av regionale behov og mangler	<u>18</u>
2.4.1	Analyse av kommersielle og industrielle bygninger	<u>19</u>
2.4.2	Analysen av offentlige og institusjonelle bygninger	<u>20</u>
2.4.3	Analyse av boligbygg	<u>22</u>
2.4.4	Analysen av eksterne nettverk	<u>23</u>
2.5	Sammendrag av analysen av casestudier	<u>23</u>

2.1

Oversikt Over Viktige Teknologier

Typene teknologier som er egnet for bærekraftig oppvarming og kjøling presenteres i Figur 1.



Figur 1. Teknologier for bærekraftig oppvarming og kjøling



Varmepumper

Varmepumper er en fremtredende elektrifiseringsvei for dekarbonisering av oppvarming og produksjon av varmtvann til sanitæranlegg.

De overfører omgivelsesvarme eller geotermisk varme til bygninger med nominelle effektfaktorer (COP-er) vanligvis mellom 3 og 5, og leverer tre til fem varmeeenheter per enhet forbrukt elektrisitet

(Eurostat, 2023). Luftkilde-, bakke- og vannkildekonfigurasjoner tillater tilpasning til lokale klimatiske og romlige forhold.

Tre hovedtyper varmepumper brukes ofte:

01

Luft-til-luft varmepumper (ASHP-er)

Luft-til-luft-varmepumper (ASHP-er) henter varme fra uteluften. De er relativt enkle å installere, men viser redusert ytelse ved svært lave omgivelsestemperaturer. Det er imidlertid behov for å sikre god ytelse for ASHP-er i kaldt klima, kanskje gjennom hybridsystemer eller backup-oppvarming.

02

Jordvarmepumper (geotermiske)

Jordvarmepumper (geotermiske) utvinner varme fra bakken via lukkede eller åpne sløyfesystemer. De gir stabil ytelse og høyere COP-verdier, men krever høyere startkostnader for borehull eller jordsløyfer.

03

Vannkildevarmepumper (WSHP-er)

Vannkildevarmepumper (WSHP-er) bruker vannforekomster eller akviferer som varmekilder og kan oppnå høy effektivitet, spesielt når de integreres med termiske energilagringssystemer i akviferer (ATES) (Verheyen et al., 2025).



Fjernvarme- og Kjølenettverk

Fjernvarme og -kjøling har utviklet seg fra 1.–2. generasjons høytemperatur, kullbaserte damp-/varmtvannsnettverk med høye tap, til 3. generasjons lavtemperatur, preisolerte systemer som integrerer kraftvarme/biomasse, til 4. generasjons 50–60 °C, fleksible, lagringsaktiverte nettverk som integrerer fornybar energi/varmepumper (modellering antyder at ~40 % av Italias varme kan dekkes (Connolly et al., 2015), og til slutt til 5. generasjons omgivelsessløyfesystemer ($\approx 5\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$) som forsyner med oppvarming og kjøling via bygningsvarmepumper og gjenvunnet spillvarme.



Solvarme og Sesongbasert Termisk Lagring

Soltermiske teknologier omdanner solstråling til varme for bruk i boliger eller på kommunale områder. Effektiviteten øker dramatisk når de kombineres med termiske energilagringsystemer (TES) som akviferlagring (ATES), groplagring (PTES) eller borehulllagring (BTES).



Geotermisk Energi

Geotermiske ressurser – alt fra grunne geoutvekslingsystemer til dype hydrotermiske reservoarer – tilbyr konstant, regulerbar fornybar varme. Teknologiske fremskritt innen boring og reservoarforvaltning har utvidet gjennomførbarheten over hele Europa (Fry et al., 2024).



Biomasse og Bioenergi

Fast biomasse er fortsatt den største bidragsyteren til fornybar energi, og står for omtrent tre fjerdedeler av fornybar varme i EU. Overdreven avhengighet av vedbrensel skaper imidlertid bekymringer for bærekraft og luftkvalitet: vedforbrenning i boliger er en viktig kilde til utslipp av finpartikler.



Hydrogen og Lavkarbongasser

Hydrogen presenteres ofte som en fleksibel dekarboniseringsvektor. Dekarboniseringspakken for hydrogen og gass (direktiv 2024/1788–1789) setter et rammeverk for dedikert hydrogeninfrastruktur og lavkarbonsertifisering (Europakommisjonen, u.å.-b).



Gjenvinning av spillvarme

Industrielle prosesser, avløpssystemer og datasentre frigjør store mengder lavverdig varme som kan gjenvinnes gjennom varmevekslere og integreres i distriktsnettverk.



Teknologier for termisk energilagring

Digital kontroll, automatisering og kunstig intelligens (KI) forvandler oppvarmings- og kjøledrift.

2.2 Barrierer og utfordringer

Viktige begrensninger for avkarbonisering av oppvarming inkluderer:



01

Høye kapitalkostnader

Varmepumper, geotermisk boring, fjernnettverk og TES krever betydelige forhåndsinvesteringer til tross for lavere levetidskostnader. Nylig inflasjon og volatile energipriser dempet forbrukertilliten, noe som førte til en nedgang på 21 % i europeisk salg av varmpumper i 2024 (IEA Global Energy Review, 2025).

02

Begrensninger i nett og infrastruktur

Storskala elektrifisering øker etterspørselen etter elektrisitet og nødvendiggjør nettforsterkning, etterspørselsrespons og integrering av distribuert generering. Eksisterende høytemperatur distriktsnett hindrer integrering av fornybar energi og trenger strategier for temperaturreduksjon.

03

Reguleringshull

Fragmenterte tillatelser og mangel på juridiske rammeverk hindrer spillvarmeprosjekter og geotermisk utbygging (Zirne & Pakere, 2024).

04

Mangel på arbeidskraft og forsyningskjeder

Teknikerunderskudd og begrenset produksjonskapasitet begrenser utrulling (Kaspar, 2025).

05

Offentlig aksept og bevissthet

Ukjenthet med ny teknologi og bekymringer rundt personvern knyttet til smarte systemer kan bremse adopsjonen.

2.3 Muligheter og Anbefalinger

En effektiv overgang til oppvarming og kjøling krever en integrert strategi på flere nivåer:



01

Prioriter energieffektivitet

Grunnrenovering, inkludert termisk isolasjon og ventilasjon med varmegjenvinning, må gå forut for elektrifisering av systemet for å redusere grunnbehovet (Pastore et al., 2024).

02

Få fart på utplasseringen av varmepumper og lavtemperatur fjernvarme

Stabile incentiver, tilgjengelig finansiering og opplæring av arbeidsstyrken vil være avgjørende for å nå REPowerEU-målene (Europakommisjonen, u.å.).

03

Integrer ulike fornybare og gjenvunne varmekilder

Lokal ressurskartlegging bør veilede optimale blandinger av geotermisk energi, solenergi, spillvarme og biomasserester, supplert med TES for sesongbalansering (Verheyen et al., 2025).

04

Muliggjør digital innovasjon og etterspørselsrespons

Smarte kontroller med åpne protokoller og standarder for datastyring kan gi effektivitetsgevinster samtidig som personvernet ivaretas (Burns, 2024; Kaspar, 2025).

05

Sørg for en rettferdig overgang

Målrattede ombygginger, sosiale tariffer og fellesskapsbaserte energimodeller kan lindre energifattigdom (Bouzarovski et al., 2021; Cornelis, 2024).

06

Utvikle sammenhengende juridiske og planleggingsmessige rammeverk

Strømlinjeformede tillatelser for geotermiske og spillvarmeprosjekter, obligatoriske kommunale varmeplaner og koordinering mellom energibærere vil akselerere investeringer.

07

Stimulere R&D og produksjon

Innovasjon innen kjølemidler, boring og termisk lagring samt innenlandsk produksjonskapasitet vil styrke motstandskraften (Europakommisjonen, 2024).

08

Tilpass finans til EU-taksonomi

Grønne obligasjoner og bærekraftige finansieringsinstrumenter bør prioritere prosjekter som gir verifiserbare utslippsreduksjoner og sosiale fordeler (Europakommisjonen, 2020).

Avkarbonisering av oppvarming er uunnværlig for å oppnå klimanøytralitet. En sammenhengende portefølje som omfatter effektivitetstiltak, elektrifisering via varmepumper, utvidelse av fornybare og avløpsvarmenettverk, utplassering av geotermiske og solvarmesystemer, storskala energilagring og digital optimalisering kan samlet sett transformere Europas termiske energilandskap. Likevel avhenger suksess av å lukke gapet mellom politisk ambisjon og implementeringskapasitet. Koordinert styring, tilstrekkelig finansiering,

kvalifisert arbeidskraft og offentlig engasjement er alle forutsetninger.

Hvis disse strukturelle tilretteleggerne realiseres, kan EU kutte utslipp fra bygninger og industri, samtidig som energisikkerhet, overkommelighet og komfort forbedres. Ved å gjøre dette vil oppvarming og kjøling gå fra å være den største kilden til husholdningsutslipp til en hjørnestein i et bærekraftig, inkluderende og robust energisystem.

Analyse av Regionale Behov og Mangler

For å få en dyp forståelse av regionale behov og mangler innen HVAC-systemer, utførte vi en omfattende analyse basert på **68 casestudier** samlet fra ulike bygningstyper og geografiske steder (se Vedlegg 1).

Denne porteføljen på 68 casestudier ble satt sammen for å samle og analysere nye praksiser og teknologibruk som gjør det mulig for bedrifter å levere bærekraftige produkter og tjenester for *oppvarming og kjøling* (H&C) produkter. Casene spenner over ni land, flere klimaer og bygningsårganger fra 1930-tallet til 2024, og ble kodet mot felles evidensfelt (kontekst, intervensjoner, teknologistabel, idriftsettelsestrinn, KPI-er og ferdigheter).

Denne samlingen gir en omfattende oversikt over VVS-systemer (HVAC) på tvers av ulike bygningstyper, inkludert nærings- og industribygg, offentlige bygg og institusjoner, boligeiendommer, samt eksterne nettverk eller systemer på distriktsnivå. Hvert tilfelle inneholder detaljert informasjon om bygningstype, plassering og bakgrunn, sammen med tekniske beskrivelser av interne systemer for oppvarming, ventilasjon og kjøling. Disse beskrivelsene dekker utstyrsspesifikasjoner, driftsprinsipper og eksempler på både god og dårlig praksis. Mange av eksemplene belyser utfordringer som oppstod før renovering, eller pågående problemer som fortsatt er uavklarte.

Blant nærings- og industribyggene varierer eksemplene fra kontorkomplekser og butikklokaler til produksjonsanlegg og hoteller, med eksempler fra land som Latvia, Tsjekkia, Danmark, Italia, Japan, Saudi-Arabia, Norge, Irland, Polen, Serbia og Spania. Offentlige bygg og institusjoner inkluderer universiteter, skoler, biblioteker, kultursentre og sykehus, med bemerkelsesverdige eksempler fra Tyskland, Danmark, Latvia, Norge, Irland og Polen. Boligbyggene består av en blanding av eneboliger, flerleilighetsbygg og energieffektive boliger, med eksempler fra Tyskland, Danmark, Latvia, Polen, Serbia og Spania. Til slutt er eksterne nettverk og systemer på distriktsnivå representert ved varmesentraler, bioenergilandbyer og varmesentraler med solfangere i Tyskland, Danmark og Latvia.

Dette mangfoldige settet med casestudier gir verdifull innsikt i de tekniske og driftsmessige realitetene til HVAC-systemer i ulike kontekster, med vekt på både vellykkede implementeringer og områder som trenger forbedring.

2.4.1 Analyse av Kommersielle og Industrielle Bygninger

På tvers av **19 tilfeller** av blandet bruk av kontorer, logistikk, hotell- og restaurantbransjen og produksjon, kommer de mest konsistente resultatene fra kontroll-først-ombygginger og trinnvis elektrifisering.

Generell oversikt over god praksis og HVAC-trender:

01 **Trender med elektrifisering og dekarbonisering**

Varmepumper er bredt tatt i bruk som sentral kilde for både oppvarming og kjøling. Noen anlegg implementerer hybride oppvarmingsløsninger, for eksempel høyeffektive gasskjeler supplert med solfangere på taket, eller mikro-kraftvarmeverk kombinert med kondenserende kjeler.

02 **Høyeffektive varmegjenvinningsenheter**

Ventilasjonssystemer med roterende varmevekslere eller platevarmevekslere er ofte standard i både nybygg og ettermonteringer. Spillvarme generert av kjølere eller teknologiske prosesser utnyttes til å forvarme varmtvann eller ventilasjonsluft.

03 **God praksis**

God praksis inkluderer også installasjon av laveffekts hjelpeteknologier, valg av effektivitetsoptimale spoler i luftbehandlingsenheter (AHU), bruk av passiv dagslysstrålende kjølefilm, bruk av utendørs skyggelegging eller implementering av vertikal vegetasjon, og bruk av termisk aktiverte bygningskonstruksjoner (TABS).

04 **Overgangen**

Overgangen fra utdaterte pneumatiske eller marginale kontroller til sofistikerte, automatiserte systemer, BMS, med behovsstyrt ventilasjon, er en kritisk trend for å oppnå energibesparelser. I noen anlegg brukes AI-algoritmer oppå det eksisterende BMS for å automatisk optimalisere HVAC-driften.

05 **Betydelige besparelser kan oppnås ved å finjustere eksisterende systemer**

For eksempel, i produksjonsanlegg, reduserte en utvidelse av det akseptable fuktighetskontrollområdet (f.eks. fra ± 1 % til ± 10 % RF) avhengigheten av kaldt vann og damp, noe som førte til betydelige kostnadsbesparelser.

Hovedutfordringer innen HVAC-feltet, som ble løst/bør løses gjennom en renoveringsprosess:

- En betydelig utfordring, spesielt i eldre industri- og næringsbygg, er avhengigheten av termiske energikilder med høyt karboninnhold, noe som fører til høye driftskostnader og utslipp.
- Mange anlegg sliter med å opprettholde stabile og komfortable innetemperaturer, spesielt i varme perioder, ofte på grunn av utilstrekkelig bygningskonsoll, mangel på kjøleinfrastruktur eller termisk lagdeling i rom med høyt under taket i vinterperioden.
- Mange energiproblemer ble ikke sporet tilbake til hovedutstyret, men til primitive kontrollsystemer, mangel på måling eller altfor restriktive driftsparametere.
- Anlegg manglet ofte integrerte systemer for å gjenvinne og gjenbruke energi generert internt eller eksternt, noe som bidro til kjølebelastning og varmebehov samtidig.

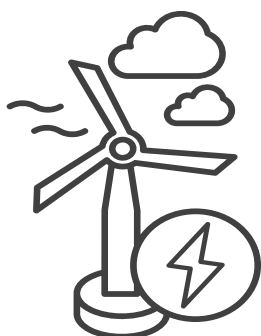
2.4.2 Analyse av Offentlige og Institusjonelle Bygninger

25 tilfeller av offentlige og institusjonelle bygninger ble samlet inn og analysert.

Universiteter, skoler, biblioteker, kultursentre, sykehus og pleieinstitusjoner rapporterer konsekvent om fordeler fra modernisering av ventilasjon (varmegjenvinning, behovsstyring), lavtemperatur-distribusjon og trinnvis elektrifisering. Eksempler fra studiesteder og kommuner i Danmark og Tyskland vektlegger oppgradering av ventilasjonsaggregater (AHU), funksjonskontroll (commissioning) og analyser på bygningsnivå for å forbedre komfort og redusere

forbrukstopper. Latvias universitet og nasjonalbibliotek demonstrerer hvordan smart måling og tidsstyring kan samkjøre belastningen med bruksmønstre, mens norske skoler (1955–1985; oppgradert/utvidet frem til 2022) og polske samfunns- og helsebygg (1849–2024) viser at settpunkter for lavtemperatur og sonestyring kan forenes med vernehensyn og kliniske begrensninger når funksjonskontrollen er grundig.

Generell oversikt over god praksis og HVAC-trender:



- Overgang til lavkarbonoppvarming og hybridsystemer, for eksempel kombinasjon av varmepumper med tradisjonelle kilder som kondenserende gasskjeler eller fjernvarme for toppbehov.
- Nye og oppgraderte systemer er designet for lavtemperatur varmedistribusjon.
- Høyeffektive mekaniske ventilasjonssystemer med varmegjenvinning er standard i nesten alle renoverings- og nybyggprosjekter.
- Installasjon av systemer med variabelt luftvolum (VAV) regulert av CO₂- og tilstedeværelsessensorer sikrer at ventilasjonen kun kjører når det er nødvendig, noe som reduserer energiforbruket betydelig og forbedrer inneluftkvaliteten (IAQ).
- Smart integrering av mekanisk ventilasjon med automatisert naturlig ventilasjon (f.eks. motoriserte takvinduer styrt av CO₂-sensorer) støtter kjøling om sommeren uten å være avhengig av aktive mekaniske systemer.
- Aktiv kjøling leveres hovedsakelig av reverssyklusvarmepumper eller integrerte kjølevannssystemer. I kaldere klima er bygninger ofte helt avhengige av passive strategier som nattspyling eller utvendig skyggelegging. Der det er mulig, maksimerer systemene frikjølingsmetoder, bruker elvevann til kjølere eller jordvarmevekslerkretsen.
- Implementering av et sentralt Building Management System (BMS) eller Energy Management System (EMS) som gir sanntidsovervåking og -analyse muliggjør datadrevne beslutninger og proaktiv anleggsstyring. Avanserte systemer integrerer kontroll av oppvarming, ventilasjon, kjøling og belysning ved hjelp av åpne kommunikasjonsprotokoller (f.eks. KNX) og hendelsesbaserte automatiseringsplaner for overlegen effektivitet.

Hovedutfordringer innen HVAC-feltet, som ble løst/bør løses gjennom renoveringsprosessen:

- Dårlig idriftsettelse, utilstrekkelig kontrolljustering eller feil logikk hindrer avanserte systemer (som varmepumper og VAV) i å oppnå optimal effektivitet. Avhengighet av av/på-kontroll og standard tidsplaner i stedet for dynamisk respons i sanntid.
- Fravær av individuelle sonevarme- og strømmålere, samt fragmenterte og manuelt innsamlede energidata, forsinker identifiseringen av og responsen på energisvinn.
- Systemkomponenter er betydelig overdimensjonerte, noe som gjør effektiv drift nesten umulig, noe som fører til temperatursvingninger og dårlig regulering. Bruk av for høye tilførseltemperaturer (f.eks. 75 °C) for ventilasjonssystemer hindrer dekarbonisering via varmepumper.
- Dårlig inneluftkvalitet (f.eks. CO₂-nivåer over 1000 PPM) på grunn av mangel på mekanisk ventilasjon eller utilstrekkelig luftstrøm.
- Budsjettbegrensninger tvinger frem valg av suboptimale, kostnadseffektive løsninger. Finansiering kun avsatt til renovering, uten budsjettmidler til løpende driftskostnader, noe som fører til ubrukte systemer.



2.4.3 Analyse av Boligbygg

I **20 tilfeller** med flerfamilieboliger (Latvia/Polen/Spania/Serbia) forbedrer «stofffokuserte» tiltak kombinert med varmepumper i riktig størrelse og hydronisk balansering konsekvent sesongmessig ytelse og inneklima.

Generell oversikt over god praksis og HVAC-trender:

- Den viktigste trenden er overgangen fra fossilbasert oppvarming til elektriske varmepumper og fornybare energikilder.
- Nye eller dypt renoverte bygninger bruker lavtemperatursystemer som vannbåren gulvvarme eller strålede takmatter, som maksimerer effektiviteten til varmepumper.
- Mekanisk ventilasjon med varmegjenvinning anses som god praksis og er standard i moderne, nesten nullenergi boliger.
- En forutsetning for vellykket HVAC-modernisering er fullstendig renovering av bygningskallet, inkludert isolasjon og lufttetthetstiltak.
- Fotovoltaiske (PV) systemer installeres ofte på tak for å kompensere for det ekstra strømforbruket til varmepumper og ventilasjonssystemer.
- Energistyringstanker og termiske lagringssystemer implementeres for å buffere varmebehovet, optimalisere egetforbruket av solcellepaneler og muliggjøre fleksibilitet på etterspørselssiden ved å koble energiforbruket fra strømforsyningen i sanntid, spesielt i smarte varmepumpeinstallasjoner.
- Installasjon av termostatventiler for radiatorer og individuelle varmemålere er viktig god praksis, da det muliggjør forbruksbasert fakturering og lar leietakere kontrollere temperaturen sin. Systemer beveger seg mot WiFi-kontroll via apper og fjerntilgang for diagnose og optimalisering.
- Avanserte kontrollsystemer bruker dynamisk strømprising (spotmarked), værmeldinger og prognoser for PV-generering for å planlegge drift av varmepumper og maksimere energibesparelser uten at det går på bekostning av komforten.

Hovedutfordringer innen HVAC-feltet, som ble løst/bør løses gjennom renoveringsprosessen:

- Aktiv kjøling er stort sett fraværende i mange nordeuropeiske boligbygg, men er en økende bekymring i alle regioner. Etter hvert som klimaendringene utvikler seg, er bygninger som er konstruert for å holde på varmen (spesielt nyere, godt isolerte lavenergi bygninger) utsatt for overoppheting.
- Størstedelen av eksisterende boligmasse er helt avhengig av naturlig ventilasjon gjennom åpne vinduer og lekkasjer. Denne avhengigheten fører til energisløsing (når vinduer åpnes for å lede bort overflødig varme), termisk ubehag (kald luftstrøm fra lekkasjer/veggåpninger) og potensiell helsefare (kondens og muggdannelse).
- Høye varmetap i eksisterende, urenoverte bygninger. Fraværet av termostater og individuell varmemåling førte til at leietakere manglet muligheten til å spare energi og penger.
- Eldre boliger er ofte avhengige av konvensjonelle gulvlist radiatorer som krever høye turtemperaturer (ca. 80 °C). Denne infrastrukturen gjør installasjon av høyeffektive varmepumper utfordrende eller kostbar uten omfattende arbeid som å bytte ut emitterne (f.eks. installere gulvvarme) og/eller fordelingen for å justere strømningshastigheten til lavere temperaturer.

2.4.4 Analyse av Eksterne Nettverk

På tvers av **4 tilfeller** kompletterer dekarbonisering på forsyningsiden ombygging av bygninger: Tysklands fjernvarmeanlegg og bioenergilandsby, Danmarks *heritage-to-DHC hub* (2023) og Latvias solvarmeanlegg (2019) viser levedyktige lavkarbon-ryggrad.

Viktige resultater inkluderer lavere primærenergifaktorer, redusert fossilavhengighet og forbedret robusthet når bygninger er koblet til lavtemperaturnettverk.

- Casestudiene fremhever en sterk overgang mot bærekraftige, integrerte og desentraliserte fjernenergisystemer. Den sentrale konklusjonen på tvers av alle prosjektene er forpliktelsen til å fase ut fossilt brensel og modernisere infrastruktur for å utnytte fornybare energikilder, ofte innenfor eksisterende urbane eller eldre områder.
- En betydelig utfordring er de høye kapitalkostnadene og investeringene som kreves for klimanøytrale teknologier sammenlignet med konvensjonelle løsninger. Dette oppveies imidlertid konsekvent av de økonomiske fordelene ved lavere driftskostnader og redusert sårbarhet for globale økonomiske svingninger på lang sikt.
- Vellykkede prosjekter, som CO₂-varmepumpesystemet i Danmark eller solfangeranlegget i Latvia, fungerer som demonstrasjonssteder og modeller for lignende urbane og regionale overganger.

2.5 Sammendrag av Analysen av Casestudier

Analysen av **68 casestudier** gir en omfattende oversikt over HVAC-systemer i et bredt spekter av bygningstyper.

I **19 kommersielle og industrielle bygninger** dominerer elektrifisering og dekarbonisering, der varmepumper erstatter fossile brenselssystemer. Hybridoppsett som kombinerer gasskjeler med solfangere eller mikro-kraftvarmeverk er fortsatt vanlige. Ventilasjon inkluderer ofte varmegjenvinning, og passiv kjøling med termisk aktiverte systemer er i vekst. Kontrollsystemer skifter fra pneumatiske til avansert bygningsstyring, noen AI-aktiverte for optimalisering. Renoveringer retter seg mot høyt karbonforbruk, dårlig temperaturkontroll og manglende energigjenvinning.

I **25 offentlige og institusjonelle bygninger** ser man lignende trender: lavkarbonoppvarming, hybridsystemer og lavtemperaturdistribusjon. Varmegjennvinningsventilasjon er standard, med innovasjoner som CO₂-regulert variabelt luftvolum og smart integrering av naturlig og mekanisk ventilasjon. Kjøling er avhengig av reverssyklusvarmepumper eller kaldt vann, supplert med passive strategier. Sentralisert energistyring kobler sammen HVAC og belysning via åpne protokoller. Utfordringene inkluderer dårlig idriftsettelse, overdimensjonerte

komponenter og budsjettbegrensninger.

I **20 boligbygg** dominerer elektriske varmepumper og fornybar energi. Lavtemperatursystemer som gulvvarme forbedrer effektiviteten, mens nesten nullenergiboliger bruker varmegjennvinningsventilasjon og fullstendige oppgraderinger av konvoluttene. PV på taket kompenserer for strømforbruket, og termisk lagring øker fleksibiliteten. Smarte kontroller er vanlige, men eldre boliger mangler aktiv kjøling og har høye varmetap, noe som gjør integrering av varmepumper vanskelig.

Fire casestudier av eksterne nettverk viser et skifte til desentralisert, fornybarbasert fjernenergi. Prosjekter tar sikte på å fase ut fossilt brensel til tross for høye startkostnader, motvirket av langsiktige besparelser og robusthet. Eksempler som Danmarks CO₂-varmepumpe og Latvias solfangeranlegg beviser levedyktigheten til bærekraftige fjernsystemer, og fremhever behovet for strategiske investeringer, smart design og politisk støtte.



3.1	Oversikt over høyere utdanningsprogrammer	<u>25</u>
	3.1.1 Oversikt over masterprogrammer	<u>26</u>
	3.1.2 Oversikt over bachelorprogrammer	<u>27</u>
3.2	Oversikt over <i>Vocational Education and Training</i> (VET) programmer	<u>28</u>
3.3	Videreføring av oversikt over yrkesfaglig utdanning og opplæring (VET) programmer	<u>29</u>
3.4	Tverrgående prioriteringer (alle nivåer)	<u>30</u>

This chapter explores the current landscape of educational programs in the fields of HVAC, sustainable construction, and energy systems. It presents a thorough mapping of existing training initiatives across all educational levels including høyere utdanning (HE), yrkesfaglig utdanning og opplæring (VET), and etter- og videreutdanning (CVET) providers. The aim was to map existing training initiatives to identify the knowledge, skills, and competencies students acquire through these curricula within the framework of the study program/ course.

Disse kriteriene er:

01

Evne til å bruke moderne HVAC-teknologier og digitale verktøy;

02

Digitalisering (f.eks. BMS, smart HVAC-automatisering, IoT, AI-drevet energistyring);

03

Reguleringskompetanse (utslippsstandarder, økodesign, energimerking);

04

Avkarbonisert oppvarming;

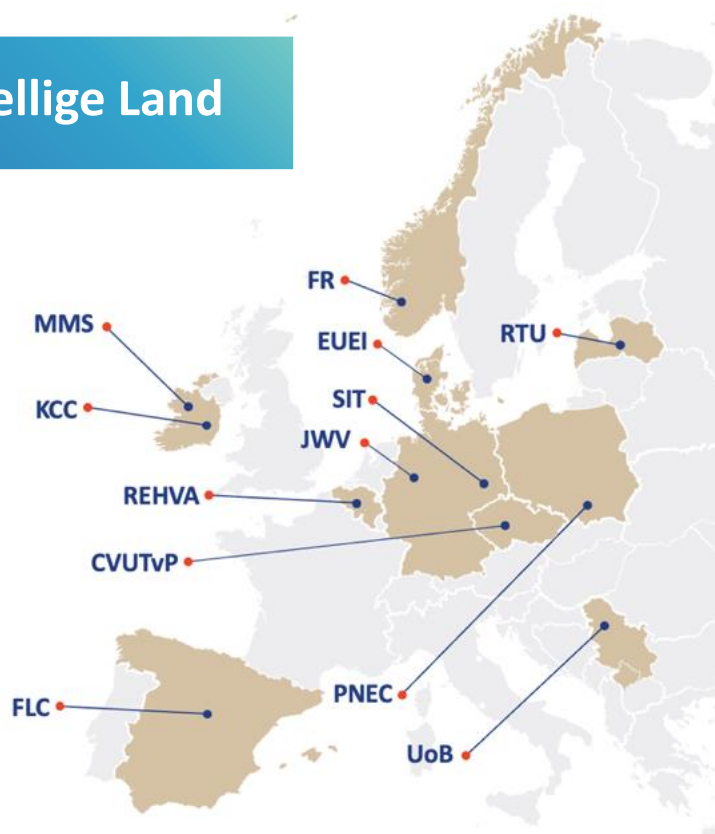
05

Bærekraft innen oppvarming/kjøling.

Utdanningsprogrammer i Forskjellige Land

Alle disse fungerer som essensielle referansepunkter for å vurdere i hvilken grad læreplanene samsvarer med bransjens krav. Disse kriteriene gjenspeiler kjernekompetansen som kreves for at fagfolk skal kunne bidra effektivt til digitaliseringen og dekarboniseringen av sektoren.

Ved å evaluere programmene opp mot disse dimensjonene blir det mulig å identifisere styrker, mangler og muligheter for å styrke kunnskapen og ferdighetene som trengs for å støtte det grønne skiftet. Totalt ble data sendt inn av prosjektpartnere analysert for 110 studieprogrammer og kurs på ulike utdanningsnivåer, inkludert 23 masterprogrammer, 33 bachelorprogrammer, 19 VET-programmer (yrkesfag) og 35 CVET-programmer (etter- og videreutdanning).



3.1

3.1.1 Oversikt Over Masterprogrammer

De gir en omfattende eksponering for moderne HVAC-teknologier og digitale verktøy, inkludert BMS, IoT og datadrevne metoder. De fleste programmene inkluderer relevante standarder og prinsipper for eco-design, og integrerer mål for dekarbonisering og bærekraft i både kursarbeid og prosjekter.

► **Anbefalinger for Master-programmer** – For å styrke samsvaret på tvers av alle de fem evalueringskriteriene, anbefales følgende tiltak:

01

Gjør kriteriene 1 og 2 operative

Det anbefales å innføre BMS-laber og laber for commissioning, bærbare verktøy for datalogging, KNX/IoT-praksis, og små AI-assisterte miniprojekter for energistyring knyttet til reelle anlegg. Disse tilføyelsene vil styrke praktisk bruk av verktøy og sikre full dekning av digitalisering.

02

Sikre kriterier 3: Reguleringskompetanse

Programmer bør inkludere eksplisitte moduler om EU eco-design, F-gases og lav-GWP kuldemedier, energimerking og utslipp. Bruk av beregningsark og casestudier om etterlevelse ville bidra til å sikre at regulatorisk kunnskap blir både undervist og dokumentert.

03

Vurder kriteriene 4 og 5 gjennom målbare resultater

Capstone-prosjekter bør utformes for å rapportere KPI-er for energi og karbon, resultater fra hydronisk innregulering, strategier for håndtering av kuldemedier og livsløpsvurderinger. Dette ville gi tydelig bevis på integrering av dekarbonisering og bærekraft.



3.1.2 Oversikt Over Bachelorprogrammer

Disse programmene integrerer konsekvent dekarboniserte H&C-løsninger og bærekraft, ofte med en praktisk orientering som støtter praktisk læring.

Anbefalinger for bachelorprogrammer

01 **Oppløftingskriterier 1: Praktisk opplæring**

Strukturerte laboratorier bør utvides til å omfatte idriftsettelsesprogramvare, digitale tvillinger og bærbare dataloggere. Dette vil sikre at nyutdannede demonstrerer praktisk kompetanse i tillegg til teoretisk kunnskap.

02 **Utdyp kriterium 2: Digitalisering**

BMS/IoT-verktøykjeder, som trendlogger, øvelser innen FDD (fault detection diagnostics) og enkel analyse, bør integreres i alle programforløp, inkludert tradisjonelle retninger innen termisk energi. Å legge til KNX-moduler vil ytterligere styrke den digitale kompetansen.

03 **Standardiser kriteriene 3: Reguleringskompetanse**

Det foreslås å innføre en obligatorisk kjerne for regelverk som inkluderer eco-design, F-gases, energimerking og utslipp. Disse modulene bør vurderes gjennom karaktergitte oppgaver for å sikre konsekvent dekning på tvers av institusjoner.



Oversikt over yrkesfaglig utdanning og opplæring (VET)

VET-programmer gir praktisk, karriereorientert utdanning som utrunder elevene med de tekniske ferdighetene og den anvendte kunnskapen som trengs for å støtte den grønne og digitale omstillingen på tvers av bransjer. Disse programmene er avgjørende for å nå målene om bærekraftig utvikling, dekarbonisering og digitalisering.

I motsetning til akademiske utdanningsløp som ofte fokuserer på teori og forskning, legger VET vekt på praktisk erfaring, noe som gjør det til et kraftfullt verktøy for arbeidsstyrkens beredskap og sektorspesifikk innovasjon.

Anbefalinger for VET opplæringsprogrammer

01

Integreringskriterier 2: Digitalisering i praksis

Det anbefales å gjøre digitalisering til en obligatorisk del av yrkesrettet utdanning ved å innføre:

- BMS/IoT/KNX labs
- Praksis i datalogging
- Fault detection and diagnostics (FDD) øvelser

Disse elementene ville oppgradere kriterium 1 og 2 fra delvis til full tilpasning.

02

Gjør kriterium 3: Regulering konkret

Programmene bør inneholde mikromoduler om:

- F-gasser
- Økodesign
- Energimerking

Disse bør støttes av gjennomgang av samsvar ved bruk av reell dokumentasjon og vurderes gjennom praktiske oppgaver.

03

Operasjonalisering av kriterier 4 og 5: Dekarbonisering og bærekraft

Det foreslås å inkludere praktiske moduler om:

- Varmepumper
- Kuldemedier med lav GWP
- Hydronisk balansering
- Samspill mellom bygningskropp og tekniske systemer (Envelope–system coupling)

Hver modul bør knyttes til målte KPI-er for energi og karbon for å gi tydelig bevis på resultater innen bærekraft og dekarbonisering.

Oversikt over Programmer for etter- og videreutdanning (CVET)

Ettersom bransjer utvikler seg raskt som følge av miljømessige og teknologiske utfordringer, tilbyr CVET fleksible og målrettede læringsmuligheter. Dette hjelper fagfolk med å oppdatere ferdighetene sine, forbli konkurransedyktige og bidra til systemisk transformasjon innenfor rammen av livslang læring og tilpasning av arbeidsstyrken.

Anbefalinger for videreutdanning og opplæringsprogrammer

01

Modulariser for å dekke alle fem kriteriene

Det anbefales å kombinere korte OEM- eller teknologifokuserte kurs med tilleggskurs i mikrolabber, som for eksempel:

- BMS-dashboard
- Optimaliseringsøvelser for varmepumper
- KPI-rapporteringsmoduler

Disse tilleggene vil bidra til å løfte kriteriene 2 (digitalisering), 4 (dekarbonisering) og 5 (bærekraft) fra delvis til full tilpasning.

02

Dokumenter kriterium 3 tydelig

For å sikre at CVET-programmer kan revideres, bør de standardisere pensum og læringsutbytte for regelverksinnhold. Dette inkluderer:

- Tydelige beskrivelser (titler, timer, vurderte oppgaver)
- Eksplisitt kartlegging til regelrelaterte emner som økodesign, F-gasser og energimerking

Dette vil bidra til å fylle ut umerkede celler og bekrefte justering under fremtidige gjennomganger.

03

Skalerbare kompetansesentermodeller

Flerårige CVET-løp, slik som de i Norge, Rīgas Siltums (Latvia) og utvalgte programmer i Irland (f.eks. ECAC, SOLAS, ASHRAE), bør brukes som maler for bredere implementering. Disse modellene oppfyller allerede alle de fem kriteriene og tilbyr omfattende veier mot smart, lavkarbon og regelverkskonform drift.



Samsvar Mellom Utdanningsprogrammer og 5 Kriterier

	(1) Moderne verktøy	(2) Digitalisering	(3) Regulering	(4) Decarb H&C	(5) Bærekraft
Mastergrad	Ja / Delvis (LV delvis)	Ja / Delvis	Ja / Delvis	Ja	Ja
Bachelorgrad	Ja / Delvis	Ja / Delvis	Blandet / Delvis	Ja / Delvis	Ja / Delvis
VET	Delvis → Ja	Delvis / No → Ja (landsavhengig)	Delvis	Blandet (inkl. Ja)	Delvis / Ja
CVET	Delvis → Ja (kompetansesentre)	Delvis	Ja / Delvis	Delvis → Ja	Delvis → Ja

Tabell 2. Sammendrag av utdanningsprogrammernes samsvar med 5 kriterier

3.4

Tverrgående prioriteringer (alle nivåer)

01

Forbedre praktisk læring (kriterium 1)

Sett opp standardlaboratorier med verktøy som idriftsettelsesprogramvare, BMS/IoT-sett, digitale tvillinger og dataloggere. Dette vil hjelpe studentene med å få reell erfaring med teknologiene de lærer om.

02

Gjør digitale ferdigheter til en del av hverdagslæringen (kriterium 2)

Ikke bare undervis i digitalisering i forelesninger, inkluder analyse- og feilsøkingsoppgaver i lekser og eksamener for bachelorgrad, VET og CVET.

03

Lær regulering tydelig og konsekvent (kriterium 3)

Hold innhold om økodesign, F-gasser, energimerking og utslipp oppdatert. Bruk graderte oppgaver som sjekklister, beregninger og små casestudier for å vise at elevene forstår reglene.

04

Mål bærekraft og dekarbonisering (kriterium 4 og 5)

Koble laboratorier og prosjekter til reelle resultater – som energi- og karbondata, valg av kjølemiddel og livssyklusenkning. Dette sørger for at elevene kan anvende det de lærer i reelle situasjoner.

05

Bruk universitetene som læringscentre

Sterke master- og bachelorprogrammer bør veilede og støtte VET- og CVET-programmer. Dette bidrar til å heve kvaliteten på opplæringen på alle nivåer.

Implementering av anbefalingene ovenfor vil gjøre dekningen på tvers av alle fem kriteriene konsistent, reviderbar og bransjeklar.





4.1

Analyse av dybdeintervjuer

32

4.1.1 Arbeidsrutine og problemløsning (daglige utfordringer og manglende kunnskap) 32

4.1.2 Bransjetransformasjoner og nye teknologier 33

4.1.3 Arbeidskraftberedskap og kompetansehull 33

4.1.4 Utdanningsprogrammer og forbedringer av opplæring 34

4.1.5 Sammendrag av analyse av dybdeintervjuer 35

Analyse av undersøkelsesresultatene

36

4.2

4.2.1 Metodikk for undersøkelsen 36

4.2.2 Sammendrag av analysen av undersøkelsesresultatene 38

Dette kapittelet presenterer funnene fra den primære datainnsamlingen som ble utført med mål om å validere og foredle innsikten samlet under den innledende skrivebordsforskningen og ekspertkonsultasjonene. Gjennom en strukturert trefaset tilnærming, inkludert uformelle diskusjoner, målrettede undersøkelser og dybdeintervjuer, ble det samlet inn kvalitative og kvantitative data fra sentrale interessenter i varme- og kjølesektoren. Disse interessentene inkluderte prosjekterende, byggherrer/installatører, operatører/veiledere og produsenter, segmentert etter erfaringsnivå.

4.1

Analyse av Dybdeintervjuer

Dybdeintervjuene ble gjennomført ved hjelp av en semistrukturert guide som dekket fire emner. Intervjuerne hadde fleksibiliteten til å hoppe over eller tilpasse spørsmål, og til å stille tilleggsspørsmål avhengig av den spesifikke konteksten, med tanke på respondentens ekspertise, erfaring og tilgjengelig tid. Hvert intervju varte i omtrent én time.

Ekspertene som ikke var tilgjengelige for dybdeintervjuer, ble invitert til å fylle ut en egen undersøkelse. For å unngå duplisering ble det sørget for at ingen enkeltpersoner deltok i både intervjuet og undersøkelsen.

Totalt **52 deltakere** deltok i dybdeintervjuene, og representerte følgende land: Tyskland, Latvia, Polen, Serbia, Norge, Belgia, Tsjekkia, Irland, Spania og Danmark.

4.1.1 Arbeidsrutine og Problemløsning

HVAC-bransjens største tekniske utfordringer stammer fra systemiske mangler i prosjektering, installasjonskvalitet og systemstyring. Fagfolk på tvers av alle roller har en tendens til å fokusere snevert på sine individuelle oppgaver eller komponenter, fremfor systemets helhetlige funksjonalitet og livsløp. Dette resulterer i dårlige designbeslutninger, begrenset tilgang for vedlikehold og suboptimal ytelse. Svikt i kommunikasjonen mellom prosjekterende,

installatører og operatører forverrer disse problemene ytterligere, ettersom manglende tilbakemeldingssløyfer forårsaker kostbare konflikter og omarbeid. Det er et tydelig mønster der nytutdannede spesialister besitter teoretisk kunnskap, men mangler praktisk erfaring, mens erfarne fagfolk mangler den digitale kompetansen og systemforståelsen som kreves for moderne, integrerte teknologier (BMS, IoT, AI).



4.1.2 Bransjetransformasjoner og Nye Teknologier

Ekspertene identifiserer konsekvent tre store områder med forstyrrelser som vil omdefinere HVAC-fagfolks rolle:

01

Dekarbonisering og Nye Energikilder

Neste generasjons varmpumper (høytemperatur, dual-funksjon, modulære) erstatter nå gasskjeler. Det store skiftet innebærer bruk av naturlige/lav-GWP kuldemedier (R290, CO₂, ammoniakk, HFO-er) som følge av utfasingen av f-gasser. Hybridsystemer (varmepumpe + fossilt brensel/solenergi) er kritiske, spesielt ved renovering. Elektrifisering er en viktig drivkraft som krever elektroteknisk kompetanse.

02

Digitalisering og automatisering

AI-drevet styring, IoT/sky-plattformer, BMS/EMS-integrasjon og smarte målere med dynamiske tariffer. Disse systemene muliggjør sanntidsoptimalisering og prediktivt vedlikehold. Fremtidens HVAC-fagfolk må tilegne seg ekspertise innen dataanalyse, cybersikkerhet og logikk for kontrollalgoritmer for å kunne administrere smarte systemer på en effektiv måte.

03

Digital Modellering og Systemintegrasjon

BIM (Building Information Modelling), digitale tvillinger og energisimulering (CFD) transformerer prosjekteringen. Dette skiftet muliggjør modulære «Plug & Play»-systemer og prefabrikkerte løsninger, noe som reduserer installasjonstid og feil betydelig.

4.1.3 Arbeidskraftberedskap og Kompetansehull

Den største utfordringen HVAC-bransjen står overfor er en gjennomgripende kompetansemangel på tvers av alle karrierestadier. Mens nyutdannede spesialister ofte mangler praktisk erfaring, sliter erfarne fagfolk med den raske adopsjonen av digitale verktøy og grønne teknologier.

Utdanningsprogrammer og Forbedringer av Opplæring

Analysen av utdanningsprogrammer og forbedringer i opplæringen avslører en enighet om at dagens HVAC-utdanning ofte er utilstrekkelig, utdatert og mangler det nødvendige fokuset på praktisk, tverrfaglig og digital kompetanse som kreves av en bransje i

rask endring. Kjerneutfordringen er å bygge bro mellom teoretisk kunnskap og praktisk anvendelse, noe som forsterkes av manglende regulatorisk forståelse.

Viktige opplæringsemner som skal inkluderes

01

Reguleringskompetanse og standarder:

Obligatorisk, oppdatert opplæring i juridiske forskrifter, utslippsstandarder, økodesign, energimerking og sikkerhetsnormer.

02

Grunnleggende ingeniørfag (praktisk):

Dypere og mer konsistent kunnskap om hydraulikk, elektriske systemer, lesing av diagrammer og beregning av varmebehov. Mange akademiske fag føltes irrelevante hvis de ikke var knyttet til praksis.

03

Digitalisering og automatisering:

BIM/3D-designverktøy, EMS/BMS-konfigurasjon og -logikk, IoT-plattformer, AI-støttet beregning, dataanalyse og cybersikkerhet.

04

Igangkjøring og optimalisering:

Systemoppsett, finjustering for bruk i den virkelige verden, sensorkalibrering, hydraulisk balansering og feildiagnose.

05

Sikkerhet og bærekraft:

Sikker håndtering av nye kjølemedier, noe som krever obligatorisk sertifisering. I tillegg opplæring i karbon- og vannavtrykk og LCA/TCO-analyse.

06

Adopsjon av ren energi:

Kompleksiteten og den dårlige implementeringen som følge av kompetansehull undergraver tilliten til rene teknologier, noe som forsterker oppfatningen om at «urene» løsninger fortsatt er mer økonomisk attraktive. Prosjekter klarer ofte ikke å levere de forventede energibesparelsene, til tross for betydelige initiale investeringer.

Funnene avslører utbredte systemiske problemer på tvers av alle roller i HVAC-verdikjeden. Designere mangler ofte praktisk erfaring og sliter med hydraulisk dynamikk, automatiseringslogikk og bruk av moderne designverktøy som BIM og 3D CAD.

Arbeidet deres er ofte basert på ufullstendig informasjon, noe som fører til designfeil som kompliserer installasjon og vedlikehold. Installatører står overfor mangel på kvalifisert arbeidskraft og er avhengige av utdaterte praksiser. Mange mangler viktig kunnskap innen hydraulikk og elektrisitet, og under press hopper de ofte over kritiske trinn som igangkjøring og dokumentasjon.

Driftspersonell, inkludert eiendomsforvaltere og sluttbrukere, er ofte mangelfullt opplært og uvitende om hvordan de kan optimalisere systemytelsen. Dette resulterer i langsiktig ineffektivitet og feilbruk av utstyr. Produsenter opplever teknologisk fremgang, men står overfor utfordringer med å sikre at produktene deres blir riktig installert og brukt. Mangelfull dokumentasjon, mangel på opplæring og begrenset interoperabilitet med bygningsautomasjon (BMS) bidrar til disse problemene.

Sektoren gjennomgår en rask transformasjon drevet av dekarbonisering, digitalisering og systemintegrasjon. Nye teknologier som høyeffektive varmepumper, kuldemedier med lav GWP og hybridsystemer erstatter tradisjonelle løsninger. Elektrifiseringen øker, noe som krever at fagfolk tilegner seg elektroteknisk kompetanse og sikkerhetsferdigheter. Digitale verktøy som AI-drevet styring, IoT-plattformer og smarte målere blir standard, noe som krever ekspertise innen dataanalyse, cybersikkerhet og automatiseringslogikk. Prosjekterende utvikler seg til digitale integratorer med behov for ferdigheter innen simuleringverktøy, livsløpsanalyse og kontrollprotokoller. Installatører må bli digitale teknikere som er i stand til å håndtere avanserte kuldemedier og bruke smarte verktøy for diagnostikk og commissioning. Driftspersonell går over til å bli energiledere med ansvar for å tolke data og styre systemer eksternt. Produsenter skifter mot tjenesteorienterte modeller og integrerer IoT-funksjonalitet og modulær produksjon for å møte regulatoriske krav og markedets forventninger.

Intervjuene belyser et kritisk kompetanseunderskudd i alle stadier av karrieren. Nye fagfolk mangler ofte praktisk erfaring, mens erfarne arbeidere kjemper med å tilpasse seg digitale og bærekraftige teknologier. Prosjekterende trenger bedre opplæring i regulatoriske standarder, praktisk kunnskap fra anlegg og prosjektledelse. Installatører har behov for grunnleggende håndverksferdigheter, sikkerhetssertifisering og digital kapasitet for *commissioning*. Driftspersonell må lære å tolke energidata og styre systemer effektivt. Produsenter må forbedre produktdokumentasjon, opplæring og systemkompatibilitet.

Utdanningsprogrammene anses som utdaterte og overdrevent teoretiske. Ekspert etterlyser en tospors-tilnærming som kombinerer dyp rollespesifikk opplæring med tverrfaglig kunnskap for å forbedre samarbeidet.

Opplæringen bør dekke regelverk, praktisk ingeniørkunst, digitale verktøy, commissioning og bærekraft. Foretrukne læringsformater inkluderer praktisk trening, mentorskap, nettkurs, praksisplasser og case-studier. Interessenter som myndigheter, utdanningsinstitusjoner og bedrifter må samarbeide for å oppdatere læreplaner, gi insentiver og sikre kvalitet i opplæringen. Obligatoriske sertifiseringer bør fokusere på praktisk anvendelse, sikkerhet og digital integrasjon, og enkelte eksperter foreslår å koble sertifisering til lønnsnivå for å sikre høye standarder og deltakelse.

4.2 Analyse av Undersøkelseresultatene



4.2.1 Metodikk for Undersøkelsen

Undersøkelsen ble gjennomført anonymt ved hjelp av Google Forms og var utformet for å samle inn både kvalitative og kvantitative data. Det tok omtrent 10–15 minutter å fullføre.

Respondentene ble stilt en rekke spørsmålstyper, inkludert flervalgsspørsmål, åpne svar og rangeringsoppgaver der de sorterte gitte alternativer etter viktighet.

Undersøkelsen samlet svar fra 55 HVAC-fagfolk på tvers av ni europeiske land (Latvia, Irland, Storbritannia, Spania, Sverige, Polen, Østerrike, Finland og Belgia), noe som gjenspeiler et bredt geografisk perspektiv på sektorens arbeidsstyrke og kompetanselandskap. Respondentene har en variert faglig bakgrunn og ulike erfaringsnivåer innen HVAC-sektoren. Flertallet av respondentene var prosjektledere (31%), installatører (33%) og prosjekterende/designere (29%), mens en mindre

andel (7%) representerte andre roller. Deltakerne var nokså jevnt fordelt på tvers av aldersgrupper, med 18% i alderen 26–35 år, 30% i alderen 36–45 år, 25% i alderen 46–55 år og 27% som var 55 år eller eldre. Når det gjelder yrkeserfaring, hadde nær halvparten (49%) over 20 år i bransjen, mens 22% hadde mellom 6 og 10 år, ytterligere 22 % mellom 10 og 20 år, og mindre grupper hadde 4–6 år (5%) eller mindre enn 2 år (2%) erfaring.



4.2.2

Sammendrag av Analysen av Undersøkelserresultatene

Undersøkelsen utforsket oppfatninger av arbeidsstyrkens beredskap, opplæringsbehov og fremtidige utfordringer i HVAC-sektoren.

Respondentene rangerte forberedelsen av nye spesialister for arbeidsoppgaver til 4,9 av 10, deres beredskap for å jobbe med digitale teknologier til 5,9, og bransjens generelle modenhet for digitalisering til 5,0, noe som indikerer moderat bekymring på alle områder. De fleste deltakerne mente at HVAC-fagfolk bør oppdatere kunnskapen sin enten én eller to ganger i året; det var ingen støtte for månedlige oppdateringer. Når det gjelder fremtidig utdanning, foretrakk 55 % rollespesifikk opplæring, mens 29 % støttet tverrfaglige tilnærminger. Åpne svar avslørte felles tekniske utfordringer som regulatoriske uklarheter, prosjekteringsfeil, manglende spesialistkompetanse, dårlig kommunikasjon og utilstrekkelige data. Ferdigheter det var et presserende behov for inkluderte automatisering, BIM, design av lavkarbonsystemer og regulatorisk kunnskap. Mange respondenter ønsket at de hadde lært om digitale verktøy, automatiseringssystemer og fått praktisk erfaring tidligere i karrieren.

Teknologier som forventes å påvirke sektoren mest de neste 5–10 årene inkluderer AI, digitalisering, nye kuldemedier, varmepumper og grønn teknologi. Ved komplekse problemer stoler fagfolk mest på analytisk tenkning, idémyldring i team og ekspertrådgivning. Praktisk trening og prosjektbasert læring ble ansett som de mest effektive metodene for ferdighetsutvikling. Forbedringer i nåværende opplæringsprogrammer bør prioritere praktisk erfaring, integrering av regelverk og kontinuerlig læring. Digitale verktøy som BIM, digitale tvillinger og smarte bygningssystemer ble identifisert som nøkkelen for fremtiden. Opplæringstemaer som bør prioriteres inkluderer design og installasjon av ren energi, overholdelse av regelverk, integrering av smarte systemer og AI-basert diagnostikk. De største barrierene for å ta i bruk HVAC-teknologi for ren energi var høye oppstartskostnader, mangel på kvalifiserte installatører, utilstrekkelig teknisk kunnskap og begrenset bevissthet hos kundene. Problemer med kompatibilitet, komplekse reguleringer og usikkerhet rundt langsiktig ytelse bidro også til motstand, sammen med bekymringer knyttet til raske teknologiske endringer.

Konklusjon

Dekarbonisering av oppvarming er avgjørende for å oppnå klimanøytralitet i Europa og globalt. Landskapsanalysen viser at Europas dekarbonisering skrider frem gjennom en sterk samkjøring av politikk, teknologi og utdanning, men suksessen til denne transformasjonen avhenger av effektiv implementering og at arbeidsstyrken er rede.

Fra et teknologisk perspektiv har EUs regulatoriske rammeverk, forankret i Green Deal, revidert EPBD, EED og RED III, skapt et sammenhengende fundament for dekarbonisering. Varmepumper, lavtemperatur fjernvarme, geotermisk energi, solvarme og teknologier for gjenvinning av overskuddsvarme er nå modne nok for utrulling i stor skala. Samtidig blir digitaliseringen av energisystemer, gjennom smarte målere, bygningsautomasjon (BMS) og datadrevet styring, en kritisk muliggjører for effektivitet, fleksibilitet og integrering av fornybar energi. Utrulling av Common European Energy Data Space (CEEDS) og Smart Readiness Indicator (SRI) markerer et avgjørende skritt mot interoperable, smart-klare bygninger og nett. De fulle fordelene vil imidlertid først materialisere seg når disse digitale systemene integreres på tvers av sektorer og regioner.

På bygningsnivå viste analysen av 68 case-studier jevn fremgang innen elektrifisering, digital overvåking og energigjenvinning. Nærings- og industribygg leder an i bruken av AI-forbedrede kontrollsystemer, mens offentlige bygg og institusjonsbygg viser sterke trender mot lavtemperatursystemer og hybrid oppvarming. Boligbygg viser økende bruk av varmepumper og solceller (PV), selv om eldre infrastruktur, risiko for overoppheting og begrenset aktiv kjøling fortsatt er utfordringer. Fjernvarmenett utvikler seg til desentraliserte, fornybarbaserte systemer, der demonstrasjonsprosjekter i Danmark, Latvia og Tyskland beviser både gjennomførbarhet og langsiktige kostnadsfordeler.

Til tross for dette momentumet gjenstår barrierer: høye oppstartskostnader, mangel på arbeidskraft, fragmentert regelverk, begrenset bevissthet og gap innen interoperabilitet og cybersikkerhet. Å

akselerere fremgangen krever koordinerte investeringer, lokale fleksibilitetsmarkeder og tverrsektorielt samarbeid for å sikre at elektrifisert oppvarming og smart styring pålitelig kan erstatte fossile spisslastanlegg.

Kompetansedimensjonen er like kritisk. Analysen av læreplaner på tvers av 110 utdanningsprogram (Bachelor, Master, VET og CVET) viste at mens den teoretiske forståelsen av bærekraft er sterk, er den digitale og regulatoriske kompetansen ujevn. Høyere utdanning gir et solid fundament i systemtenkning og klimapolitikk, men yrkesfaglige programmer og etterutdanningsløp mangler ofte strukturert eksponering for digitale verktøy som BMS, IoT og dataanalyse. Utvidelse av praktiske laboratorier, praksis i commissioning og regulatoriske moduler er avgjørende for å tette gapet mellom politiske ambisjoner og operasjonell kapasitet.

Avslutningsvis besitter Europa nå det politiske og teknologiske rammeverket for digitalt drevet dekarbonisering. Utfordringen fremover ligger i gjennomføringen: å sikre interoperabilitet, datastyring, cybersikkerhet og oppgradering av en arbeidsstyrke som er i stand til å designe, integrere og drifte smarte lavkarbon-systemer. Hvis disse muliggjørerne realiseres i løpet av de neste to til tre årene, kan Europa befeste sitt lederskap innen ren varme og oppnå et robust, inkluderende og klimanøytralt energisystem innen midten av århundret.

Anbefalinger

*Overgangen til dekarbonisert og digitalisert oppvarming og kjøling krever koordinert handling på tvers av flere styringsnivåer, industri og utdanning. Følgende anbefalinger syntetiserer funn fra **Landskapsanalyse-rapport** og komplementære regionale vurderinger, og skisserer praktiske prioriteringer for hver interessentgruppe.*

1. For Beslutningstakere og Regulatorer

Europeiske og nasjonale myndigheter bør prioritere konsekvent implementering og lokal myndiggjøring. Kjernerreglene er allerede på plass: EPBD (2024), EED, RED III og det reformerte strømmarkedsdesignet (Electricity Market Design), men de vil bare gi resultater dersom håndhevingen er ensartet, finansieringsstrømmene er pålitelige og fremdriften spores åpent. Det betyr å forvandle overordnede mål til klare lokale handlinger og støtte dem med stabil finansiering og overvåking.

For det første må lokal varmeplanlegging gjøres obligatorisk i alle medlemsstater, etter modell fra Danmark. Kommuner trenger myndighet og verktøy for å kartlegge behov for oppvarming og kjøling, eksisterende nett, samt fornybare kilder og overskuddsvarme, for deretter å velge de mest kostnadseffektive veiene (fjernvarme, store varmpumper, geotermisk energi, solvarme, elektrifisering på bygningsnivå).

For det andre må godkjenningprosesser strømlinjeformes og finansieringen av fornybare løsninger og hybridløsninger skaleres opp. Kombiner tilskudd og rimelig finansiering med ytelsesbaserte insentiver, som hvite eller

grønne sertifikater, slik at prosjekter belønnes for verifiserte besparelser og utslippskutt, ikke bare for installert kapasitet.

For det tredje må digitale krav til bygninger og fjernvarmeprosjekter standardiseres. Spesifiser åpne standarder for interoperabilitet, praksis for minimum datasikkerhet og praktisk rapportering av SRI (Smart Readiness Indicator), slik at installasjoner kan kobles trygt til nett og markeder. Dette reduserer leverandørlåsing, forbedrer motstandskraften mot cyberangrep og muliggjør analyse og optimalisering i stor skala.

Til slutt må fleksibilitetsmarkedene åpnes og styrkes. Etabler klare, harmoniserte regler slik at aggregatorer, bygninger, EV-er og varmpumper kan levere netjtjenester: kapasitet, balansering og avlastning av flaskehals, på lik linje med tradisjonelle ressurser. Dette lar etterspørselsfleksibilitet erstatte fossile spisslastanlegg, kutter systemkostnader og akselererer overgangen til ren varme samtidig som strømmettet holdes stabilt.

2. For Industri og Forsyningsselskaper

Varme- og kjølebransjen spiller en avgjørende rolle på Europas vei mot dekarbonisering og digitalisering. For å møte den økende etterspørselen etter lavkarbon- og smarte energisystemer, må selskaper ikke bare innovere teknologisk, men også investere i mennesker.

Det er nødvendig å investere i utvikling av arbeidsstyrken og kontinuerlig læring. Bransjeaktører bør forplikte seg til å bygge kompetansen og kapasiteten som kreves for neste generasjon varme- og kjøleteknologi. Dette innebærer å etablere strukturerte opplærings- og videreutdanningsprogrammer for ingeniører, installatører og operatører, med fokus på nye ferdigheter som digital systemintegrasjon, dataanalyse, smarte styringssystemer og cybersikkerhet. Kontinuerlig profesjonell utvikling må bli en del av bedriftskulturen for å sikre at arbeidsstyrken holder tritt med teknologisk utvikling og regulatoriske krav.

Et tett samarbeid mellom industri og utdanningsinstitusjoner er avgjørende. Selskaper bør samarbeide med universiteter, fagskoler og opplæringscentre for å samutvikle læreplaner som gjenspeiler reelle markedsbehov og teknologier i bruk – som varmepumper, bygningsautomasjon, fjernvarmesystemer og digitale overvåkningsverktøy. Felles initiativer som lærlingordninger, «living labs» eller demonstrasjoner på anlegg kan gi studenter og lærlinger praktisk erfaring og bygge bro mellom teori og praksis.

Ved å samkjøre utdanning og utvikling av arbeidsstyrken kan bransjen sikre en jevn tilgang på kvalifiserte fagfolk som er klare til å designe, installere og drifte avanserte varme- og kjølesystemer. Dette styrker ikke bare konkurranseevnen og innovasjonstakten, men bidrar også til å akselerere Europas samlede energiomstilling mot en lavkarbon og datadrevet fremtid.

3. For Kommuner og Lokale Myndigheter

Byer og regioner er der dekarbonisering blir virkelighet, så lokale myndigheter bør lede an med tydelige data, finansierbare prosjekter og åpen kommunikasjon. Start med å bygge integrerte energi- og varmekart som legger lag på lag med behovsprofiler, bygningsmasse, nettressurser og lokale kilder som geotermisk energi, avløpsvann, overskuddsvarme fra datasentre og potensial for PV på tak. Bruk disse kartene til å fastsette soner for fjernvarme og fjernkjøling, identifisere hvor store varmepumper eller sirkulasjonsnett gir mening, og peke ut nabolag som vil ha størst nytte av omfattende rehabilitering.

Gjør denne innsikten om til samlede, investeringsklare programmer. Ved å aggregere lignende prosjekter, som grupper av skoler, sosiale boligblokker eller kommunale bygg, senkes transaksjonskostnadene, noe som tiltrekker långivere og ESCO-er. Struktur disse pakkene med standardiserte design, kontrakter og KPI-er, slik at varmepumper i nabolag, lavtemperatur fjernvarmesystemer og «fabric-first»-rehabilitering kan finansieres i stor skala gjennom grønne obligasjoner, ELENA/InvestEU eller offentlig-private samarbeid. Inkluder livsløpsbasert O&M og ytelsesgarantier for å sikre besparelsene.

Hold innbyggere og interessenter involvert gjennom gjennomsiktig, digitalt engasjement. Publiser enkle dashbord som viser lokalt energibruk, prosjektstatus, tariffer og karbonbesparelser per nabolag. Tilby selvbetjeningsverktøy slik at husholdninger og SME-er kan se fordelene ved å koble seg til et nett, bytte til varmepumpe eller bli med i et rehabiliteringsprogram. Kombiner dette med tydelig forbrukerbeskyttelse, rettfærdige tilkoblingsavtaler og målrettet støtte til lavinntektshusholdninger for å sikre en rettfærdig omstilling.

Til slutt må den interne kapasiteten samsvare med ambisjonene. Utpøk en avdelingsovergripende enhet for leveranse av ren varme (planlegging, bolig, innkjøp, IT, finans) for å hurtigbehandle tillatelser, standardisere datadeling med forsyningsselskaper og gjennomføre åpne, interoperabilitetsvennlige anbud. Legg til rette for opplæring av kommunalt ansatte innen varmeplanlegging, anskaffelse av digitale systemer, grunnleggende cybersikkerhet og ytelseskontrakter. Med solide kart, finansierbare pakker og ærlig offentlig rapportering kan kommunene forvandle nasjonale mål til synlig komfort, arbeidsplasser og lavere regninger lokalt.

4. For Utdannings- og Opplæringsinstitusjoner

Å lukke kompetansegapet innen ren varme starter i klasserom, laboratorier og på reelle anlegg. Universiteter, VET-fagskoler og CVET-tilbydere bør modernisere læreplanene slik at kandidater kan designe, integrere, utføre commissioning og drifte digitale lavkarbon-systemer for oppvarming og kjøling fra dag én. Det betyr å flette digital kompetanse – bygningsautomasjon (BMS), IoT-sensorer og protokoller, dataanalyse og visualisering, reguleringsteknikk og grunnleggende cybersikkerhet – inn i utdanningsløp for ingeniører, arkitekter, driftspersonell og håndverkere, ikke som valgfag, men som kjernekompetanse. Koble teori med praktisk læring: etabler «living labs», instrumenterte undervisningsbygg og kurs i commissioning på anlegg knyttet til reelle installasjoner (varmepumper, lavtemperatur-hydronikk, undermåling og grensesnitt mot fjernvarme). Studenter bør uteksamineres med kunnskap om hvordan man trender, diagnostiserer, innregulerer og optimaliserer systemer ved bruk av faktiske data og åpne verktøy.

Læreplanene må også bygge forståelse for politikk og finans. Fremtidige utøvere må kunne navigere i EPBD, RED III, EED, produktstandarder, F-gases og EU-taksonomien, og omsette denne kunnskapen til prosjektgjennomføring: velge teknologi som samsvarer med krav, strukturere anbud, kvantifisere besparelser og utnytte insentivordninger. Case-baserte moduler bør lede elevene gjennom tillatelser, anskaffelser, M&V og ytelseskontrakter, slik at de kan forvandle planer til finansierte prosjekter.

Fordi arbeidsstyrken allerede er i sving, må yrkesfaglig utdanning og opplæring (CVET) utvides for installatører, driftspersonell, kommunale planleggere og ESCO-team. Tilby korte, stablbare micro-credentials om temaer som commissioning av varmepumper, drift av lavtemperaturnett, digitale tvillinger, FDD (fault detection and diagnostics) og klarhet for demand-response. Der det er mulig, bør vurderingene samkjøres med EU-omfattende gjensidig godkjenning, slik at kompetansebevisene følger arbeiderne på tvers av grenser.

Til slutt må samskapingen mellom industri og utdanning fordypes. Inviter produsenter, energiselskaper og kommuner til å samutvikle moduler, levere utstyr og datasett, tilby lærlingplasser og åpne anlegg for capstones. Bruk standardiserte, leverandørnøytrale verktøykjeder og åpne protokoller for å unngå innlåsing og for å bygge kandidatenes tankegang rundt interoperabilitet. Spor resultater: ansettelsesrater, oppnådde sertifiseringer, målte energi- og karbonbesparelser fra studentprosjekter, og før resultatene tilbake til programforbedring. Med denne miksen av digital kjernekompetanse, praksis på reelle anlegg, politisk og finansiell forståelse og bærbare micro-credentials, kan utdanningsleverandører forvandle dagens kompetansegap til morgendagens gjennomføringskapasitet for Europas overgang til ren varme.

4. For Utdannings- og Opplæringsinstitusjoner

Til slutt bør samarbeidet mellom industri og utdanning fordypes. Produsenter, forsyningselskaper og kommuner bør inviteres til å være med på å utforme moduler, levere utstyr og datasett, tilby lærlingplasser og åpne anlegg for capstone-prosjekter. Programmer bør benytte standardiserte, leverandørnøytrale verktøykjeder og åpne protokoller for å unngå teknologisk innlåsing og for å fremme en tankegang preget av interoperabilitet blant kandidatene.

Resultater bør spores nøye – herunder ansettelsesrater, oppnådde sertifiseringer og målte energi- og karbonbesparelser fra studentprosjekter – og funnene bør føres tilbake til kontinuerlig programforbedring. Med denne integrerte miksen av digital kjernekompetanse, praksis på reelle anlegg, forståelse for politikk og finans, samt bærbare micro-credentials, kan utdanningstilbydere konvertere dagens kompetansegap til morgendagens gjennomføringskapasitet for Europas overgang til ren varme.

5. For Forsknings- og Innovasjonsaktører

Europas overgang til ren varme avhenger nå av systemintegrasjon og digital styring, områder der forskningsorganisasjoner, innovasjonsklynger og EU-prosjekter kan skape stor effekt. Prioriteringene bør skifte fra komponentytelse til optimalisering av hele systemet: hvordan bygninger, fjernvarmenett, lagring og nett samhandler under reelle begrensninger, markeder og værforhold.

For det første må AI-drevet energistyring gjøres til en etablert ingeniørdisiplin. Utvikle og sammenlign algoritmer for prognoser (belastning, PV/HP-produksjon, priser), optimal styring (model-predictive control for multi-energisystemer) og fault detection & diagnostics som fungerer med ufullstendige og spredte data. Koble disse med optimalisering av termisk lagring – fra bygningsmasse og varmtvannstanker til PTES/BTES/ATES – slik at lagring disponeres med eksplisitte KPI-er for karbon, komfort og nettfleksibilitet.

For det andre må fundamentet for sikker og interoperabel datautveksling mellom nett, bygninger og fjernvarmesystemer bygges. Bidra til åpne referanseimplementeringer for standard API-er, metadata-skjemaer og identitets-/samtykkehåndtering som er

kompatible med fremvoksende europeiske energidatarom. Integrer «privacy by design» og cybersikkerhet (trusselmodellering, zero-trust-arkitekturer, sikker enhetsregistrering) i alle piloter, og publiser gjenbrukbare veiledninger slik at by- og energiteam kan kopiere dem.

For det tredje må det investeres i sosioteknisk forskning for å sikre at omstillingen er inkluderende og varig. Evaluer menneskelige faktorer (brukervennlighet av kontroller, tillit til automatisering), rettferdighetseffekter (hvem som drar nytte av insentiver og fleksibilitetsinntekter) og atferdsmessige responser (komfort, settpunkter, deltakelse i DR). Kombiner dette med tekno-økonomisk analyse og livsløpsvurdering (operasjonelt + innebygd karbon, kuldemedier) slik at løsningene er både kostnadseffektive og klimatilpassede.

Til slutt, fungerer som samlingspunkter: samkjør produsenter, DSO-er/TSO-er, ESCO-er og utdanningsleverandører rundt kompetanse, standarder og dokumentasjon. Når forskningsresultater leveres som dokumentert kode, datasett, modellkontrakter og opplæringsmoduler, blir de umiddelbart anvendelige og gjør innovasjon om til faktiske resultater på bynivå.

Oppsummert er koordinert handling avgjørende: beslutningstakere må forenkle og standardisere, industrien må digitalisere og dekarbonisere, kommunene må planlegge lokalt, utdanningssektoren må sørge for kompetanse i arbeidsstyrken, og forskere må innovere på en sikker måte. Ved å handle sammen kan disse interessentene forvandle Europas politiske rammeverk til et fullt operativt, datadrevet system for ren oppvarming innen tidlig 2030-tall.

- ADEME. (2024, November 26). *Key messages – The French Agency for Ecological Transition*. <https://www.ademe.fr/en/futures-in-transition/key-messages/>
- Ameli, H., Strbac, G., Pudjianto, D., & Ameli, M. T. (2024). A review of the role of hydrogen in the heat decarbonization of future energy systems. *Energies*, 17(7), 1688. <https://doi.org/10.3390/en17071688>
- Belderbos, H. (2024, May 10). *UK Government is shifting its focus to electricity for low-carbon heating*. Open Access Government. <https://www.openaccessgovernment.org/uk-government-is-shifting-its-focus-to-electricity-for-low-carbon-heating/177068/>
- **Berg Insight**. (2025, March 20). *Smart electricity meter penetration rate in Europe reached 63 percent at the end of 2024*. Retrieved from <https://www.berginsight.com/smart-electricity-meter-penetration-rate-in-europe-reached-63-percent-at-the-end-of-2024/>
- Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). (2021). *European Green Deal*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/33415>
- Belderbos, H. (2024, May 10). UK Government is shifting its focus to electricity for low-carbon heating. *Open Access Government*. <https://www.openaccessgovernment.org/uk-government-is-shifting-its-focus-to-electricity-for-low-carbon-heating/177068/>
- Bouzarovski, S., Thomson, H., & Cornelis, M. (2021). Confronting energy poverty in Europe: A research and policy agenda. *Energies*, 14(4), 858. <https://doi.org/10.3390/en14040858>
- Burns, J. (2024, October 30). Air quality and energy efficiency can coexist. *Facilities Dive*. <https://www.facilitiesdive.com/news/indoor-air-quality-with-energy-efficiency-possible/731495/>
- CEIC Data. (n.d.). *Countries*. <https://www.ceicdata.com/en/countries>
- Connolly, D., Hansen, K., Drysdale, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., Werner, S., Persson, U., Möller, B., Wilke, O. G., Bettgenhäuser, K., Pouwels, W., Boermans, T., Novosel, T., Krajačić, G., Duić, N., Trier, D., Møller, D., Odgaard, A. M., & Jensen, L. L. (2015). *STRATEGO WP2 Country Report: Italy*. Heat Roadmap Europe. Retrieved from <https://heatroadmap.eu/wp-content/uploads/2018/11/STRATEGO-WP2-Country-Report-Italy.pdf>
- Cornelis, M. (2024, November 20). What is the status of energy poverty in the EU? *EnergyTransition.org*. <https://energytransition.org/2024/11/what-is-the-status-of-energy-poverty-in-the-european-union/>
- Defreville, H. (2025, January 20). *Waste heat: The first resource to exploit for renewable and sustainable heat*. Newheat. <https://newheat.com/en/waste-heat-the-first-resource-to-exploit-for-renewable-and-sustainable-heat/>
- Ecoltd Group. (2023, September 12). *Mitigation in practice: Energy efficiency in residential buildings - E Co. E Co*. <https://ecoltdgroup.com/mitigation-in-practice-energy-efficiency-in-residential-buildings/>
- ENERGY STAR. (n.d.). *Energy Efficiency Program Sponsor Frequently Asked Questions About ENERGY STAR Smart Thermostats*. [Www.energystar.gov. https://www.energystar.gov/products/heating_cooling/smart_thermostats/smart_thermostat_faq](https://www.energystar.gov/products/heating_cooling/smart_thermostats/smart_thermostat_faq)
- **EnergyWorld**. (2025, August 4). *Europe's energy system put to the test by record-breaking temperatures: Some power plants shut down, there were major power outages*. Retrieved from <https://energyworld.ro/2025/08/04/europes-energy-system-put-to-the-test-by-record-breaking-temperatures-some-power-plants-shut-down-there-were-major-power-outages>
- **Ember**. (2025, April 8). *Global Electricity Review 2025: Europe's energy system put to the test by record-breaking temperatures*. Retrieved from <https://ember-energy.org/latest-insights/global-electricity-review-2025/>
- Energy Poverty Advisory Hub. (n.d.). *EPAH indicators dashboard*. European Commission. Retrieved October 26, 2025, from <https://energy-poverty.ec.europa.eu/epah-indicators>
- **ENTSO-E & DSO Entity**. (2025). *European methodology for the analysis of national flexibility needs*. Retrieved from <https://www.entsoe.eu/tso-dso-flexibility-methodology/>
- **EU DSO Entity & ENTSO-E**. (2025, April 16). *DSO Entity and ENTSO-E submit joint methodology on flexibility needs assessment*. Retrieved from <https://eudsoentity.eu/news/dso-entity-and-entso-e-submit-joint-methodology-on-flexibility-needs-assessment/>
- European Commission. (2020a). *2030 climate target plan: Stepping up Europe's 2030 climate ambition*. Publications Office of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0562>
- European Commission. (2020b). *EU taxonomy for sustainable activities*. European Commission. https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

- European Commission. (2021). *Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law)*. Official Journal of the European Union, L 243, 1–17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119>
- European Parliament and Council of the European Union. (2021). *Regulation (EU) 2021/1119 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (European Climate Law)*. Official Journal of the European Union, L 243, 1–17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021R1119>
- European Commission. (2020, October 14). *Commission welcomes political agreement on the Recovery and Resilience Facility* [Press release]. European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1835
- European Commission. (n.d.). *REPowerEU: Affordable, secure and sustainable energy for Europe*. European Commission. https://commission.europa.eu/topics/energy/repowereu_en
- Covenant of Mayors for Climate and Energy. (2024, April). *Heating and cooling structured summary*. <https://eu-mayors.ec.europa.eu/sites/default/files/2024-04/Heating%20and%20Cooling%20Structured%20Summary%20Final.pdf>
- European Commission. (n.d.). *Energy Efficiency Directive*. Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en
- European Commission. (2024). *The Net-Zero Industry Act*. Single-Market-Economy.ec.europa.eu. https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en
- European Commission. (n.d.). *Renewable Energy Directive*. Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en
- European Commission. (n.d.). *Energy Performance of Buildings Directive*. Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- European Commission. (n.d.-a). *Heat pumps*. Energy.ec.europa.eu. Retrieved August 10, 2025, from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heat-pumps_en
- European Commission. (n.d.-b). *Hydrogen and decarbonised gas market*. Energy. https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/hydrogen-and-decarbonised-gas-market_en
- **European Commission.** (n.d.). *Digitalisation of the energy system*. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/eus-energy-system/digitalisation-energy-system_en
- **European Commission Joint Research Centre.** (2024). *Who's energy poor in the EU? It's more complex than it seems*. Retrieved from https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/whos-energy-poor-eu-its-more-complex-it-seems-2024-09-25_en
- European Parliament. (2024). *European Parliament resolution of 18 January 2024 on geothermal energy*. Europa.eu. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0049_EN.html
- European Union. (2020). *Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment*. Official Journal of the European Union, L 198, 13–43. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>
- Eurostat. (2023, February 3). *Heating and cooling from renewables gradually increasing - Products Eurostat News - Eurostat*. Ec.europa.eu. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/DDN-20230203-1>
- **Eurostat.** (2025, March 5). *EU renewable energy for heating and cooling reaches 26%*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250305-1>
- **Eurostat.** (2025, June 25). *District heating in the EU: A closer look at energy consumption trends*. Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250625-2>
- **Eurostat.** (n.d.). *Share of district heating in final energy consumption*. Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/viaw/nrg_chdd_a/default/map?lang=en
- Fernandes, J., Remédios, S., Gérard, F., Andro Bačan, Stroleny, M., Vassiliki Drosou, & Christodoulaki, R. (2025). *The Decarbonisation of Heating and Cooling Following EU Directives*. *Energies*, 18(13), 3432–3432. <https://doi.org/10.3390/en18133432>
- Fry, N., Adebayo, P., Tian, R., Shor, R., & Mwesigye, A. (2024). *A review of district energy technology with subsurface thermal storage integration*. *Geothermal Energy*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40517-024-00308-3>

- IEA. (2023). *District Heating - Energy System*. IEA. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/district-heating>
- IEA. (2024, March 26). *The Future of Heat Pumps in China*. IEA. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps-in-china>
- **International Institute of Refrigeration**. (2025, July 30). *Renewables power 26.2% of EU heating and cooling – Sweden leads the way*. Retrieved from <https://iifir.org/en/news/renewables-power-26-2-of-eu-heating-and-cooling-sweden-leads-the-way>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- IEA Global Energy Review. (2025, March 31). *IEA Global Energy Review 2025: Main Takeaways for Heat Pumps - HPT - Heat Pumping Technologies*. HPT - Heat Pumping Technologies. <https://heatpumpingtechnologies.org/iea-global-energy-review-2025-main-takeaways-for-heat-pumps/>
- IRS. (2025, January 28). *Energy Efficient Home Improvement Credit | Internal Revenue Service*. [www.irs.gov](https://www.irs.gov/credits-deductions/energy-efficient-home-improvement-credit). <https://www.irs.gov/credits-deductions/energy-efficient-home-improvement-credit>
- Kaspar, F. (2025, May 12). *Smart Home and HVAC: How Energy Management Is Shaping Future Spending*. The Chill Brothers. <https://thechillbrothers.com/smart-home-and-hvac-how-energy-management-is-shaping-future-spending/>
- Mišík, M., Oravcová, V., & Vicenová, R. (2024). Energy efficiency of buildings in Central and Eastern Europe: room for improvement. *Energy Efficiency*, 17(4). <https://doi.org/10.1007/s12053-024-10215-y>
- Newton, E. (2025, April 8). *Why 2025 Is the Tipping Point for Smart HVAC Integration in Every Building*. Buildings.com; Buildings. <https://www.buildings.com/building-systems-om/hvac/article/55280698/why-2025-is-the-tipping-point-for-smart-hvac-integration-in-every-building>
- Pastore, L. M., Groppi, D., & Feijoo, F. (2024). District Heating Deployment and Energy-Saving Measures to Decarbonise the Building Stock in 100% Renewable Energy Systems. *Buildings*, 14(8), 2267–2267. <https://doi.org/10.3390/buildings14082267>
- REHVA. (2024). *Guidebook No. 34: Instantaneous Wastewater Heat Recovery in Buildings*. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations. Retrieved from https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/2024/GB34_WWHR-1-24_protected.pdf
- Rosenow, J., Gibb, D., & Thomas, S. (2025). From Inefficient to Efficient Renewable Heating: A Critical Assessment of the EU Renewable Energy Directive. *Sustainability*, 17(9), 4164. <https://doi.org/10.3390/su17094164>
- Rosenqvist, F. (2023, December 13). *Heat pumps and urban heating as a cornerstone of sustainable cities*. Open Access Government. <https://www.openaccessgovernment.org/heat-pumps-and-urban-heating-as-a-cornerstone-of-sustainable-cities/171234/>
- St. John, J. (2024, December 18). *How heat pumps can maintain their momentum in 2025 and beyond*. Canary Media; canarymedia. <https://www.canarymedia.com/articles/heat-pumps/how-heat-pumps-can-maintain-their-momentum-in-2025-and-beyond>
- **Schmidt, D.** (Ed.). (2023). *Guidebook for the digitalisation of district heating: Transforming heat networks for a sustainable future* (Final Report of DHC Annex TS4). AGFW Project Company. Retrieved from https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS4/IEA_DHC_Annex_TS4_Guidebook_2023.pdf
- Taušová, M., Domaracká, L., Čulková, K., Tauš, P., & Kaňuch, P. (2024). Development of Energy Poverty and Its Solutions through the Use of Renewables: The EU Case with a Focus on Slovakia. *Energies*, 17(15), 3762–3762. <https://doi.org/10.3390/en17153762>
- Taylor, C. (2025). *Up in Smoke: The Biomass Energy Paradox*. Green European Journal. <https://www.greeneuropeanjournal.eu/up-in-smoke-the-biomass-energy-paradox/>
- Verheyen, J., Thommessen, C., Roes, J., & Hoster, H. (2025). Effects on the Unit Commitment of a District Heating System Due to Seasonal Aquifer Thermal Energy Storage and Solar Thermal Integration. *Energies*, 18(3), 645–645. <https://doi.org/10.3390/en18030645>
- **Voswinkel, F., Senat, D., Della Valle, N., D'Angiolini, G., & Callioni, F.** (2025, July 28). *Staying cool without overheating the energy system*. International Energy Agency. Retrieved from <https://www.iea.org/commentaries/staying-cool-without-overheating-the-energy-system>
- Zirne, M. A., & Pakere, I. (2024). Integrating Low-temperature Waste Heat in District Heating Systems. Legal Framework and Pricing. *Environmental and Climate Technologies*, 28(1). <https://doi.org/10.2478/rtuect-2024-0067>

Antall casestudier:

68

Eksemplene inkluderer informasjon om bygningstype, beliggenhet, generell beskrivelse og situasjonsbakgrunn. Den generelle informasjonen om interne systemer for oppvarming, ventilasjon og kjøling inkluderer teknisk informasjon om utstyr og driftsprinsipper. Tekniske detaljer omfatter beskrivelser av god praksis, i tillegg til at mange tilfeller inkluderer informasjon om utfordringer og dårlig praksis (før renovering eller om problemer som fremdeles er uavklarte).

Kommersielle / industrielle bygninger (19)

- **Latvia Case 8** – Mixed-use business complex (offices, retail spaces, warehouses), 2025
- **Czechia Case 1** – Typical 1-2 story department store, 2003
- **Czechia Case 2** – Office building, 2008
- **Denmark Case 6** – Modern office building, 2010
- **Italy Case 1** – Campus of office buildings, bars and restaurant, renovated in 2013
- **Japan, Saudi Arabia Case 1** – Daylight radiation film application
- **London, Gothenburg, Frankfurt Case 1** – Correct selection of the heating and cooling coils
- **Norway Case 2** – Multi-functional office building, 2019
- **Norway Case 4** – Workshop, laboratories, offices, 1956, renovations of HVAC in 2013
- **Norway Case 5** – Office and workshop, 1992, extended in 2024
- **Norway Case 8** – Office building, 1978, renovated in 2022
- **Norway Case 9** – Hotel, 1966, renovated in 2016
- **Ireland Case 1** – Milk processing plant, 1972, renovated in 2019
- **Ireland Case 2** – Medical device manufacturing facility, 1974, renovated in 2023
- **Ireland Case 3** – Medical device company, 1999, renovated in 2023
- **Ireland Case 4** – Corporate Building, 1970, extended in 2015, renovated in 2022
- **Ireland Case 6** – Office / Port administration facility, 1981, upgraded in 2013–2014
- **Poland Case 3** – Office building, 2019
- **Spain Case 8** – Warehouses with offices, 2022



Offentlige / institusjonelle bygninger (25)

- **Germany Case 1** – Thermal spa, public swimming pool, 1989, partly renovated in 2003 and 2017
- **Germany Case 5** – University, 1970, renovations of HVAC in 2018
- **Denmark Case 1** – Various public buildings (typical examples)
- **Denmark Case 2** – University campus building, 2009
- **Denmark Case 3** – University campus building, early 2000s
- **Denmark Case 5** – Culture and Community Centre, 1953, renovated in 2009
- **Denmark Case 9** – Public school, 1960s, renovated in 2016–2018
- **Latvia Case 1** – University, 1975, renovated in 2022
- **Latvia Case 2** – National library of Latvia, 2014
- **Latvia Case 7** – Public school, 1937, renovated in 2008
- **Norway Case 1** – School, combined offices and classrooms, 1955, renovations of HVAC in 2012
- **Norway Case 3** – Course centre, 2005
- **Norway Case 6** – School, combined offices and classrooms, 1985, extended in 2022
- **Norway Case 7** – Nursing home, 2018
- **Ireland Case 5** – Higher education library, 1984, renovated in 2022
- **Poland Case 1** – Primary school, 1963, renovated in 2023
- **Poland Case 2** – Science and Culture Center, 1849, renovated in 2021
- **Poland Case 4** – Science and conference centre, cultural and educational institution, 2024
- **Poland Case 5** – Center for Environmental Education, 2020
- **Poland Case 6** – Social care home, mid-17th century, rebuilt in 1922, renovated in 1994
- **Poland Case 7** – Regional Hospital, 1996, renovated and expanded between 2014 and 2020
- **Poland Case 8** – Preschool, 2022
- **Serbia Case 2** – Technical School, 1979, renovated in 2018
- **Serbia Case 3** – Cultural Center, 1950, renovated in 2018
- **Serbia Case 5** – Home of Arts, 1987, renovated in 2019



Boligbygg (20)

- **Germany Case 3** – Typical single-family house, 1980, renovated in 1999
- **Denmark Case 4** – Common single-family houses and multi-storey apartment buildings
- **Denmark Case 7** – Nearly zero-energy single-family house, 2015
- **Denmark Case 10** – Multi-family residential, early 2000s
- **Latvia Case 3** – Typical multi-apartment building, 1973
- **Latvia Case 4** – Multi-apartment building, 2008
- **Latvia Case 5** – Multi-apartment building, 2024
- **Germany Case 4** – Food production company, 2001, enlargement 2010, new HVAC 2025
- **Poland Case 9** – Multi-apartment building, 2023
- **Spain Case 1** – Residential Community, several multi-apartment buildings, 1970, renovated
- **Spain Case 2** – Multi-apartment building, 1960, renovated
- **Spain Case 3** – Multi-apartment building, 1976, renovated
- **Spain Case 4** – Residential Community, several multi-apartment buildings, 2009, renovated
- **Spain Case 5** – Residence for dependent elderly people, renovated in 2024
- **Spain Case 6** – Family House, renovated in 2023
- **Spain Case 7** – Family House, 2021
- **Spain Case 9** – Single-family chalet, 2019
- **Spain Case 10** – Family House, 2024
- **Serbia Case 1** – Family House, 1980, renovated in 2022
- **Serbia Case 4** – Residential and Commercial building, 1984, renovated in 2017



Eksterne nettverk / distrikter (4)

- **Germany Case 2** – Heat plant for district heating network, 2010
- **Germany Case 6** – Bio-energy Village, renovations in 2013
- **Denmark Case 8** – Heritage building converted into a district heating and cooling hub, 2023
- **Latvia Case 6** – Solar collector heating plant, connected to district heating, 2019





KLIKK
FOR Å SE



www.repowerregions.eu

