



4 modulis

Šilumos siurblių montavimas ir priežiūra

Parengė: UMA (Malagos universitetas)



Co-funded by
the European Union



Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



4 modulis apžvalga

Šis modulis - tai išsamus techninis vadovas/gidas, apimantis visus klausimus apie šilumos siurblio įrengimą ir priežiūros procesą. Modulis pristato įvairių sistemų klasifikavimą, jame išsamiai aprašyta būtinybė prieš montavimą atlikti vietos apžiūrą, įvertinant kritinius veiksnius, t.y. triukšmas / akustinė atitiktis, kondensato kontrolė, paslaugų pateiktis. Jame pateikiama išsami informacija apie šaltnešio, hidraulines ir elektros jungtis, pabrėžiant energijos vartojimo efektyvumo ir reguliavimo standartų taikymo svarbą. Be to, modulyje aprašomas specializuotų matavimo įrenginių, tokių kaip skaitmeniniai kolektoriai ir mikrometrų, naudojimas, aptariami griežti sistemos paleidimo protokolai, siekiant patikrinti ar įranga veikia/veiks pagal numatytus projektinius parametrus. Galiausiai modulyje daug dėmesio skiriama darbuotojų saugai, įgyvendinant prevencines priemones, pvz., blokavimą/žymėjimą (LOTO), asmeninių apsaugos priemonių naudojimą (PPE), pateiktos rekomendacijos/procedūros kaip reaguoti į avarijas (elektros smūgis, šaltnešio nuotėkis, kt.)

4 modulio turinys

22 užsiėmimas	Šilumos siurblių tipai pagal montavimo aspektus	27 užsiėmimas	Elektros jungtys ir valdikliai
23 užsiėmimas	Preliminari analizė ir montavimo planavimas	28 užsiėmimas	Įrankiai ir matavimo įranga
24 užsiėmimas	Vidaus ir lauko įrenginių montavimas	29 užsiėmimas	Šilumos siurblių paleidimas
25 užsiėmimas	Šaltnešio vamzdinių jungtys	30 užsiėmimas	Šilumos siurblių profilaktinė ir korekcinė priežiūra
26 užsiėmimas	Hidraulinės jungtys	31 užsiėmimas	Įrenginio ir priežiūros sauga

22 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių tipai pagal montavimo
aspektus



Co-funded by
the European Union



22.1 Pagrindai ir nomenklatūra (nuo šaltinio iki kaupiklio)

Šilumos siurblio apibrėžimas: grįžtamasis šaldymo aparatas, jungiantis du šiluminius rezervuarus; Efektyvumą lemia temperatūros skirtumas tarp jų.

Klasifikacija (EN 14511): Nomenklatūra atitinka "Source-to-Sink,, (Nuo šaltinio iki kaupiklio) formatą (pvz., A2W, B2W), kur pirmasis terminas nusako šilumos šaltinį, o antrasis - paskirstymo terpę.

- Bendri pavadinimai:
 - Oras-oras (A2A): 1 kW - 250 kW; apima sieniniai kondicionieriai ir VRF (Variable Refrigerant Flow) sistemas.
 - Oras-vanduo (A2W): 4 kW - 1 MW; dažnai vadinami "aeroterminiais" monoblokais arba aušintuvais.
 - Druskos tirpalas - vanduo (B2W): 4 kW - 2 MW; Išgauna šilumą iš uždarytų glikolio kontūrų (gręžinių/transėjų).

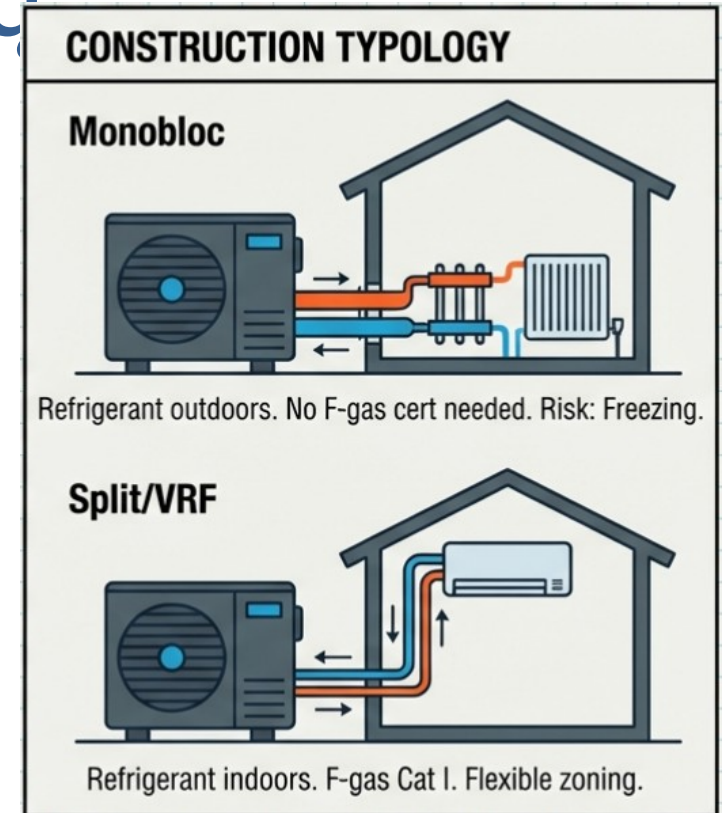
SOURCE-TO-SINK MATRIX			
	Air-to-Air (A2A)	-20°C to +40°C range	Quick install Defrost required < 7°C
	Air-to-Water (A2W)	Standard for hydronic	Monobloc vs. Split
	Water-to-Water (W2W)	5-25°C source	High COP Permits required
	Brine-to-Water (B2W)	0-15°C (Stable)	Lifespan >50 years High CAPEX

22.2 Aplinkos terpės charakteristikos

- **Lauko oras:** Plačiai prieinamas, įrengimas lengvai montuojamas, tačiau jo darbas labai įtakojamas šaldymo / atšildymo ciklų žemiau $\sim 7^{\circ}\text{C}$ ir dėl triukšmo leidžiamo lygio normos.
- **Gruntinis / paviršinis vanduo:** užtikrina stabilias temperatūras ($+5^{\circ}\text{C}$ iki $+25^{\circ}\text{C}$) ir aukštą COP, tačiau reikalingi vandens paėmimo/naudojimo leidimai bei apsauga dėl galimos biologinės taršos.
- **Glikolio tirpalas / žemė:** Maži metiniai temperatūros svyravimai ir pasyvaus vėsinimo galimybė; reikalingos didelės pradinės investicijos gręžiniams, tačiau tarnavimo laikas gali viršyti 50 metų.
- **Išmetamas oras:** Leidžia išnaudoti/atgauti iš vėdinimo sistemos atliekinę žemos T šilumą; ribota galia ($\approx 330\text{ W}$ vienam $100\text{ m}^3/\text{h}$ oro srautui).

22.3 Montavimo tipai: monoblokas prieš įprastą kondicionierių

- Kompaktiškas / vienas įrenginys:
- Šaltnešio kontūras pilnai uždaras; Paprastai jame yra 1-5 kg šaltnešio.
 - Montavimo vietoje sujungiamos tik hidraulinės jungtys (vanduo / druskos tirpalas), tam reikalinga tik standartinės santechnikos darbams licencijos.
- Sieniniai kondicionieriai / VRF sistemos:
- Kompresorius lauke, garintuvas viduje; reikalingas montavimas lauke ir F-dujų sertifikatas darbui.
 - Leidžia įrengti ilgas vamzdžių linijas (iki 50 m vertikaliai) ir patogiai paskirstyti komforto zonas, tačiau tai reikalauja išsiurbimo ir užpildymo procedūrų.



Co-funded by
the European Union



22.4 Pritaikymo ir apkrovos diapazonai

Vienbučiai namai (3–15 kW): Prioritetas yra lengva priežiūra ir kompaktiškumas; pirmenybę teikia A2A kondicionieriams arba A2W monoblokams.

Daugiabučiai/mažos komercinės patalpos (15–100 kW): naudojami A2W įrenginiai patikimui užtikrinti arba E2W individualiam karšto vandens paruošimui.

Institucinės / pramoninės patalpos (100 kW – 10 MW): Dėmesys skiriamas W2W įrenginiams didelės temperatūros šilumos atgavimo sistemoms ir N+1 įrenginiai rezervo užtikrinimui ligoninėms bei duomenų centrams.

- Dujotiekis / miesto tinklai (2–30 MW): Didelės upės / jūros šaltinio W2W įrenginiai miesto dekarbonizacijai.

23 UŽSIĖMIMAS

Preliminari peržiūra ir montavimo planavimas

23.1 Strateginiai peržiūros prieš montavimą tikslai

Rizikos mažinimo: prieš pradedant darbą reikia nustatyti konkrečias vietos sąlygas ir logistinius iššūkius, kad būtų išvengta vėlavimų ir papildomų išlaidų montavimo metu.

Sistemos suderinamumo: modernizuodami technikai turi patikrinti, ar esami radiatoriai gali užtikrinti komfortą esant žemesnei šilumos siurblio temperatūrai (45–55 °C).

- Taikymo sritis: montuotojų (technikai, elektrikai, santechnikai) ir klientų vaidmenų ir atsakomybės išaiškinimas.

23.2 Vietos patikra ir poveikio aplinkai vertinimas

Matmenų kontrolė: patikrinama lokacija įrenginio išdėstymui ir parenkami gamintojo nurodyti tarpai tarp įrangos mazgų techninei priežiūrai.

Prieigos keliai: įvertinami durų angų pločiai, lifto dydis ir galimas kranų naudojimas prie stogo.

Triukšmo norma: įvertinami atstumai iki triukšmui jautrių vietų (miegamųjų, biurų), kad būtų užtikrinta, jog išlaikoma vietinių triukšmo normų.

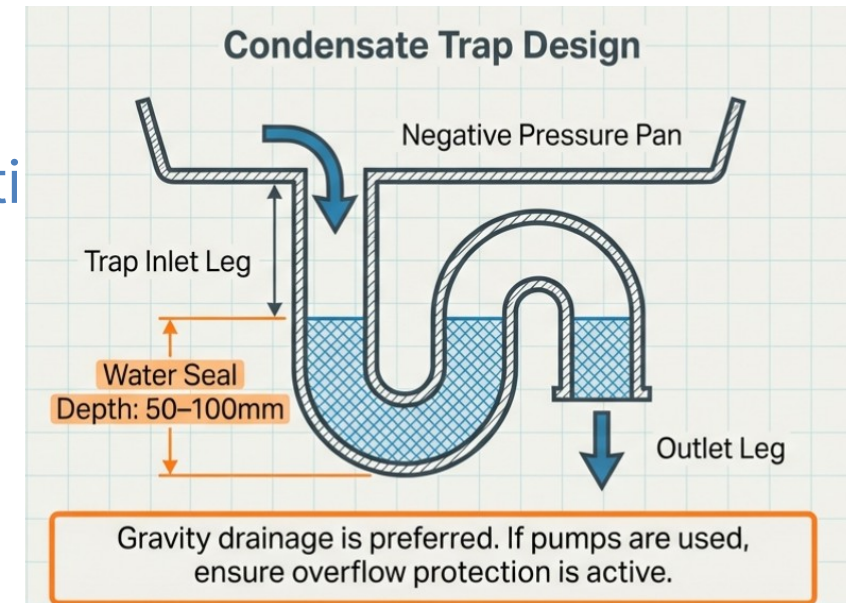
- Inžinerinių tinklų žemėlapis: dokumentuojami elektros skirstomieji tinklai bei valdymo blokai ir esamos drenažo sistemos (lokacijos).

23.3 Kondensato ir vandens sistemų projektavimas

Drenažo tikslai: užtikrinkite nuolatinį, netrukdomą vandens pašalinimą iš atitirpimo (lauko) arba sausavimo (vidaus) kontūrų.

Lauko įrenginiai: šaltame klimate turi būti apsaugoti nuo užšalimo (jų izoliacija, pašildymo kabeliai arba drenažo kanalai).

- Kondensato gaudyklės (sifonai): būtinos vidiniams įrenginiams, kad būtų užkirstas kelias oro įsiskverbimui ir kanalizacijos kvapams.
 - Gaudyklės konstrukcija: rekomenduojamas minimalus vandens užtvaro gylis yra 50–100 mm, priklausomai nuo įrenginio statinio slėgio.



23.4 Išteklių ir įrankių planavimas

Užduočių seka: prieš montuojant pagrindinį įrengimą, reikia įsitikinti, kad konstrukciniai ir elektriniai paruošiamieji darbai yra baigti.

Bendrieji rankiniai įrankiai: įrankiai vamzdžių pjauštamui, atsuktuvai ir veržliarakčiai mechaniniam surinkimui.

Specializuoti ŠVOK įrankiai: vakuminiai siurbliai, kolektorių matuokliai, elektroniniai nuotėkio detektoriai ir įkrovos matuokliai/svarstyklės.

- Kėlimo įranga: gali prireikti kranų arba krautuvo su šakėmis, kurių masė dažnai viršija 100 kg.

24 UŽSIĖMIMAS

Vidaus ir lauko įrenginių montavimas



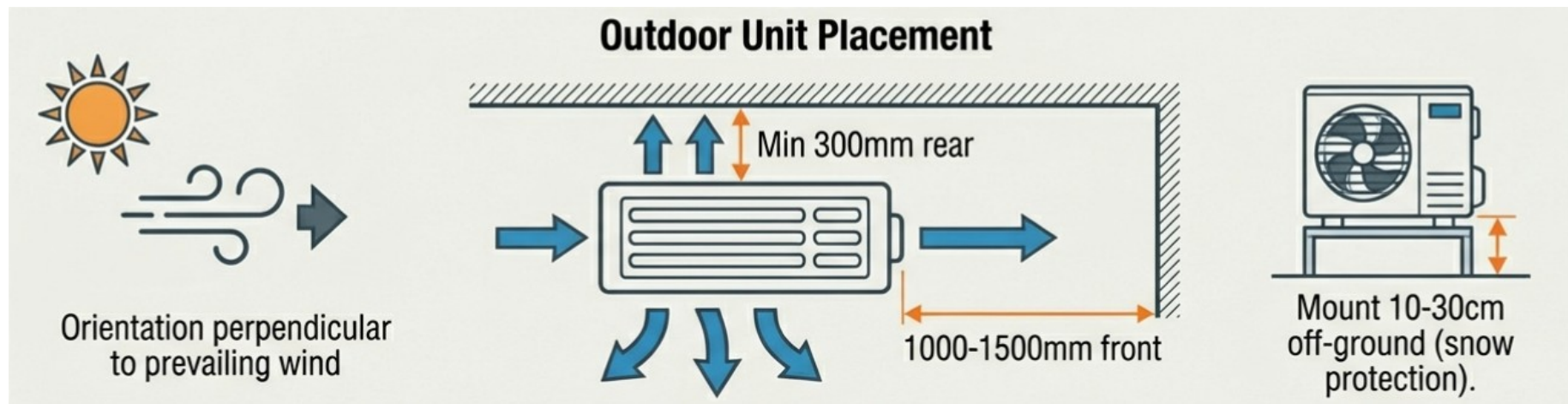
Co-funded by
the European Union



24.1 Reikalavimai lokacijai ir oro srautui

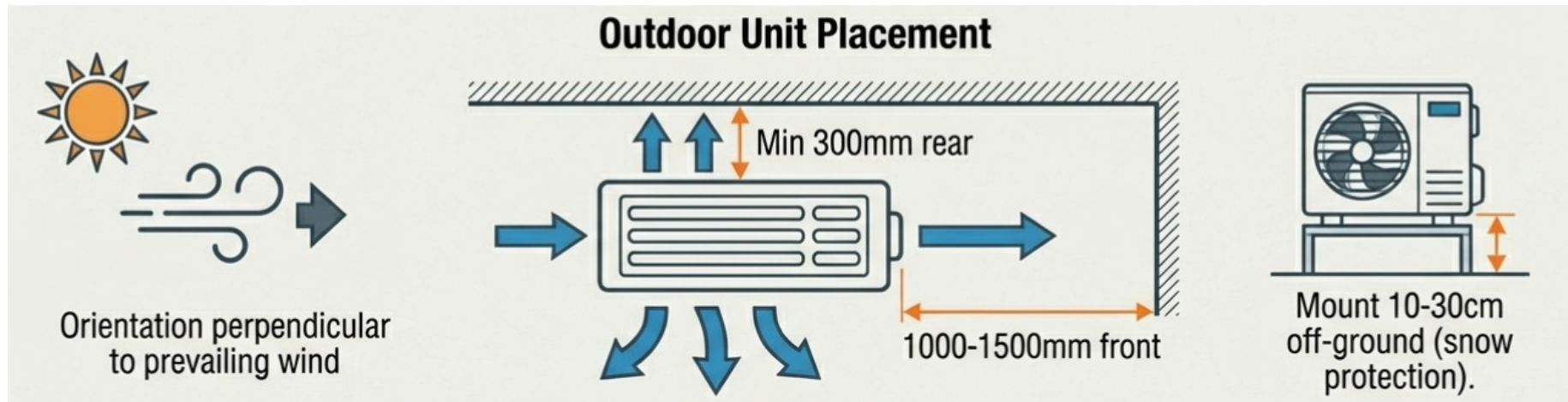
Eksplotavimo prioritetas: Vidaus įrenginiai turi užtikrinti vienodą oro paskirstymą patalpose be sukkeliamo gyventojams skersvėjo.

- Oro re-cirkuliacijos rizika: Dėl nepakankamo atstumo (pvz., <1000 mm nuo lauko ventiliatorius) išmetamas oras gali vėl patekti į įsiurbimo angą, todėl sumažėja COP.



24.1 Reikalavimai lokacijai ir oro srautui

- Apsauga: reiktų venkti uždarų erdvių, kuriose atsiranda oro cirkuliacijos sąstingis; apsaugoti įrenginius nuo tiesioginės saulės spinduliuotės ar vyraujančių vėjų.



Co-funded by
the European Union

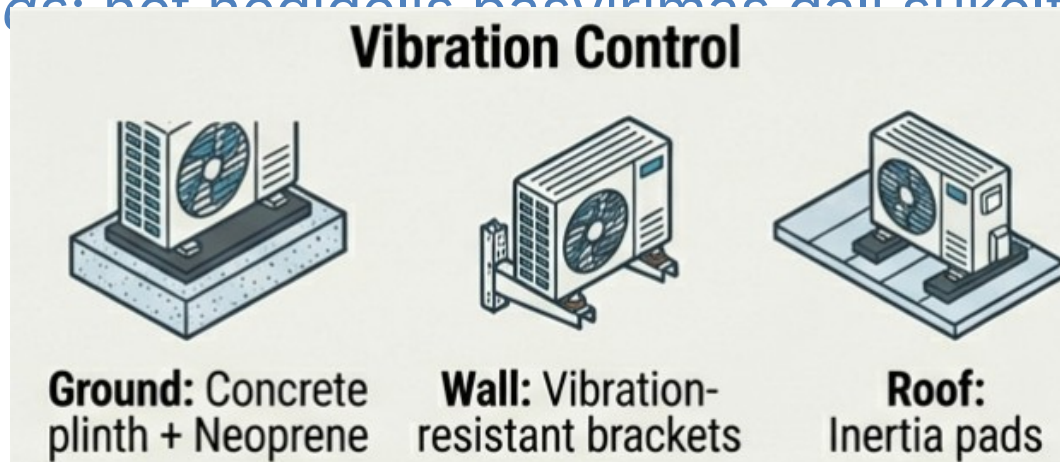


24.2 Konstrukcijos tvirtinimas ir auksčiai

Antžeminė montavimo sistema: Įrenginiai turi būti pastatyti ant betono pamatų arba plieninių grindų įrengiant vibracijos izoliaciją, įrenginiai turi atlaikyti vėjo ir seismines apkrovas.

Montavimas ant sienos / stogo: Laikikliai turi būti pritvirtinti prie patikimų konstrukcinių elementų; ant stogo būtini antivibraciniai ir nuo pasvirimo apsaugantys įrenginiai.

- Tikslus niveliavimas: Naudokite kalibruotus gulsčiukus ir reguliuojamas įrenginio kojas; net nedidelis pasvirimas gali sukelti triukšmą, mechaninę įtampą arba



24.3 Vibracijos ir triukšmo izoliacija

- Izoliavimo metodai: Naudokite antivibracines pagalvėles, spyruoklines atramas arba neopreno izoliatorius, kad būtų išvengta triukšmo perdavimo per konstrukcijas.
- Vidaus įrenginio specifika: Įrenginiams, esantiems šalia ramių patalpų (pvz., miegamųjų), reikalingi paminkštinti laikikliai arba garso slopinimo įdėklai.
- Kasetės tipo įrenginiai: Naudokite spyruoklinius arba guminius izoliacinius montavimus, kurie sumažina vibraciją perduodamą

Indoor Unit Nuances



- **Cassette:** 250-350mm ceiling void required.



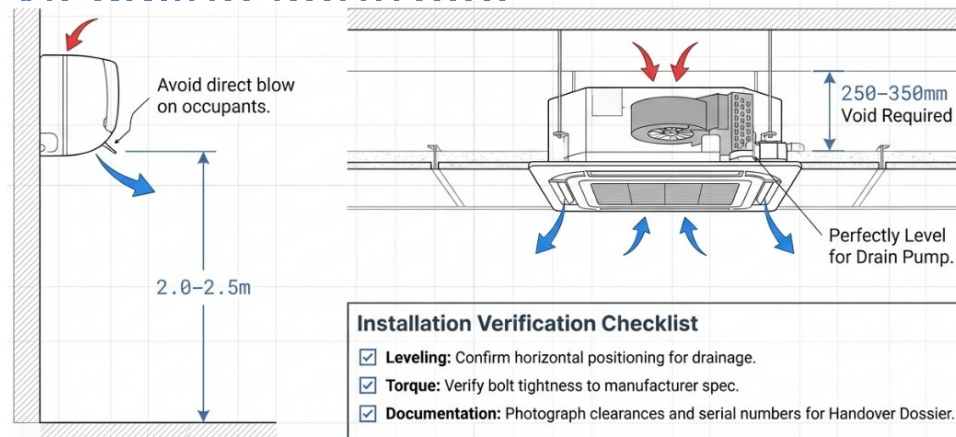
- **Wall Mount:** 2.0-2.5m height for air throw.

24.4 Priežiūra prieinamumas ir tikrinimas

Prieiga prie filtro: Užtikrinkite bent 100-150 mm tarpą, kad būtų lengva ištraukti filtrą neišmontuojant konstrukcijos.

Komponentų pasiekiamumas: ventiliatoriai, elektriniai gnybtų blokai ir šaltnešio jungtys turi būti aiškiai pasiekiami, kad būtų galima juos patikrinti.

- Patikrinimas: užtikrinkite konstrukcijos stabilumą (varžtų sukimo momento patikrinimai) ir dokumentuokite pagrindinius etapus (tarpų, tvirtinimo) atlikus vizualinę kontrolę.



25 UŽSIĖMIMAS

Šaltnešio vamzdynų jungtys



Co-funded by
the European Union



25.1 Vamzdžių parinkimo ir parengimo standartai

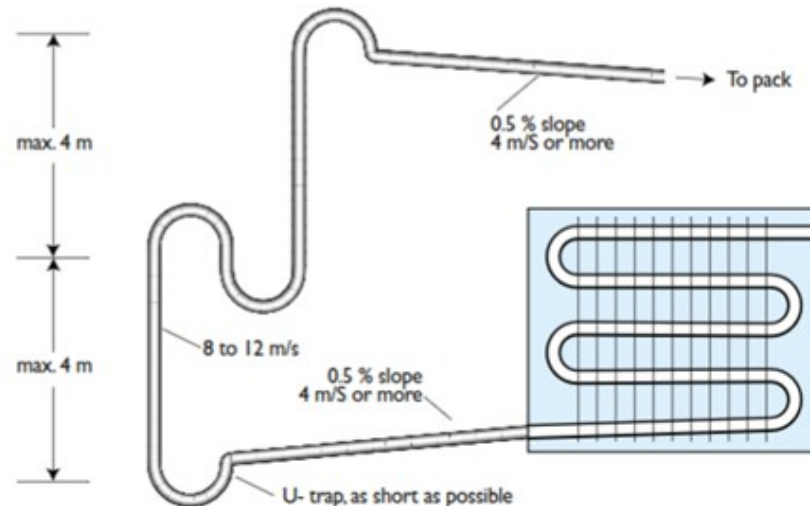
- Medžiaga: Šaltnešio vamzdžiai iš vario pagal EN 12735-1 standartą, užtikrinant paviršių švarumą, tvirtumą ir atsparumą korozijai.
- Paruošimas: Vamzdžiai turi būti pjaustomi specialiu pjaustytuvu (niekada – pjūklų) ir kruopščiai apšlifuoti, kad išvengti srauto turbulencijos.
- Švarumas: Sandėliuoti su galų dangteliais; vidinis užteršimas drėgme ar kietomis dalelėmis gali sukelti ankstyvą gedimą.

25.2 Izoliacijos ir dydžio skaičiavimai

- Vamzdžių matmenų parinkimas (EN 378): Minimalus sienelės storis turi atlaikyti didžiausią leistiną eksploatacinį slėgį (apskaičiuojamas pagal formulę).
- Izoliacijos tipas: Elastomerinė putų medžiaga (nitrilo guma) – storis nuo 13 mm iki 32 mm, priklausomai nuo vamzdžio diametro.
- Aplinkos veiksniai: Izoliacija sumažina energijos nuostolius ir riboja kondensaciją; vamzdžio storis turi užtikrinti, kad paviršiaus temperatūra būtų aukštesnė nei rasos taškas.

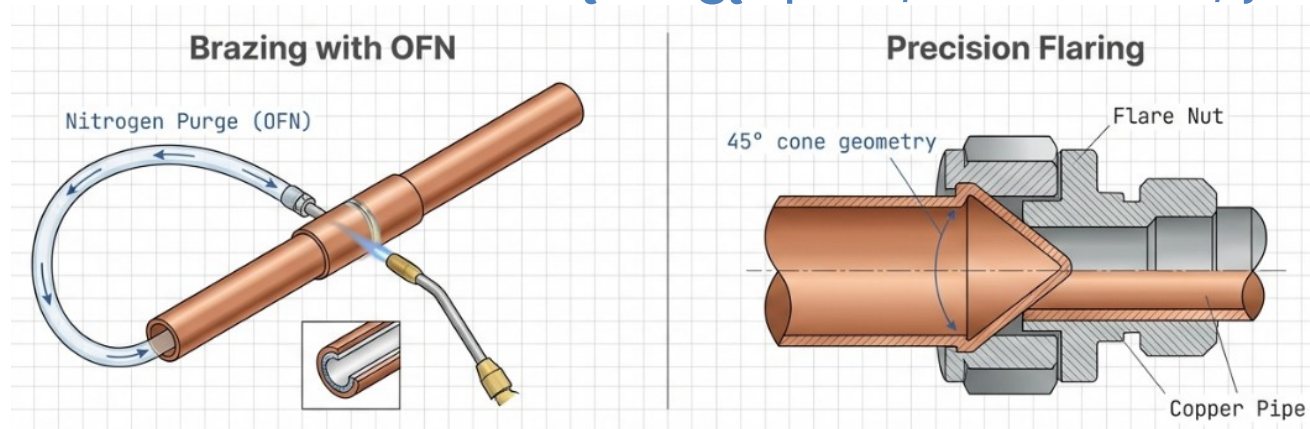
25.3 Montavimas ir alyvos kontrolė

- Vamzdžių išdėstymas: Siurbimo linijos nuolydis turi būti apie 1–2 % link kompresoriaus, kad būtų palengvintas alyvos grįžimas atgal.
- Alyvos gaudyklės: Privalomos siurbimo kontūre kiekvienam 4–6 m vertikaliam pakėlimui.
- Išsiplėtimas: Atramos turi turėti guminius įdėklus, leidžiančius vamzdžiams išsiplėsti ir susitraukti dėl temperatūros pokyčių ilguose ruožuose.



25.4 Litavimas, deginimas ir nuotėkio bandymas

- Litavimas (Brazing): Kaitinti virš 450 °C naudojant sidabrinis lydmetalo strypus; privalomas sausas valymas azotu, kad būtų išvengta vidinės oksidacijos.
- Plėtimas: Naudoti aukštos kokybės ekscentrinius įrankius, kad susidarytų 45° kūginė forma mechaniniam vamzdžių sandarinimui.
- Azoto slėgio bandymas: 24 valandas palaikykite slėgį, kuris turi būti 1,1–1,3 karto didesnis už max darbinį slėgį (pvz., 46–55 bar, jei naudojamas R410A).



26 UŽSIĖMIMAS

Hidraulinės jungtys



Co-funded by
the European Union



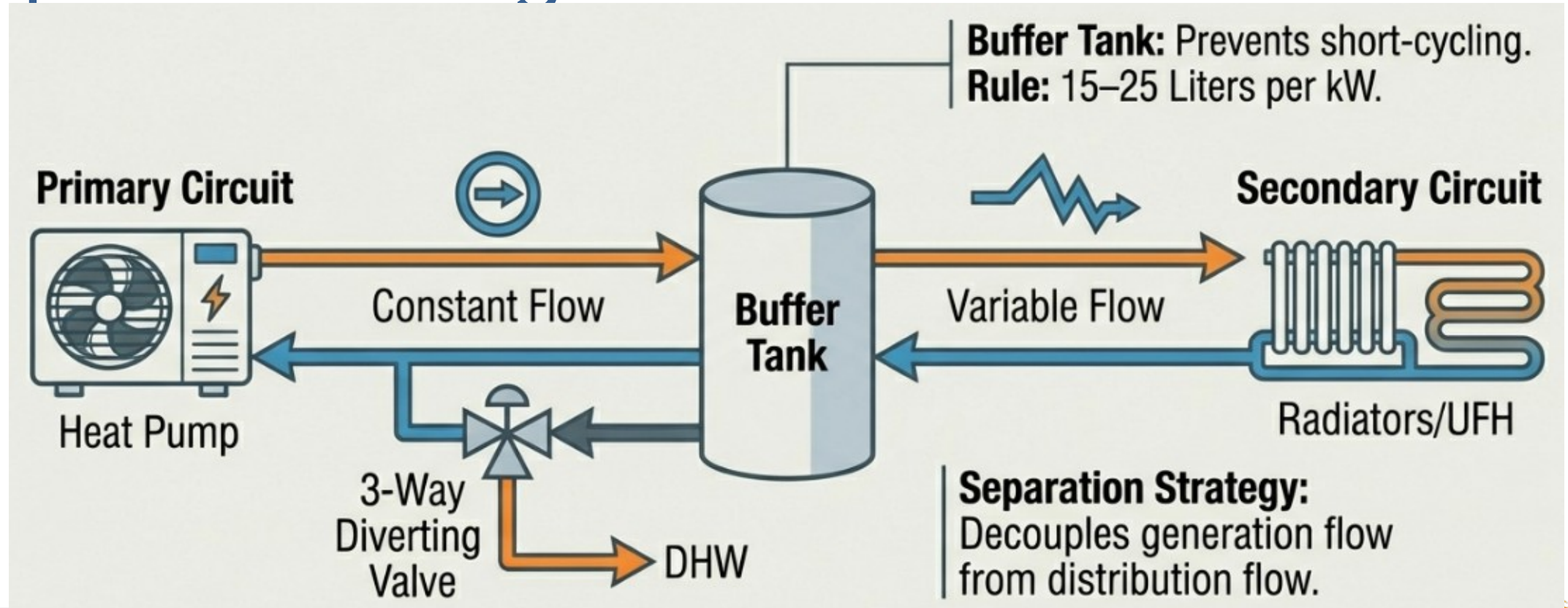
26.1 Šildymo ir karšto vandens kontūrų tarpusavio integravimas

Skleidėjo (emitter) tipai: Radiatorius (paprastai 45–55 °C) reikia kruopščiai subalansuoti tarpusavyje; dėl žemos temperatūros (30–45 °C) grindinis šildymas (UFH) yra geriausias variantas

Hidraulinis atskyrimas: naudokite akumuliacinį rezervuarą arba mažų nuostolių kolektorių, kad atjungtumėte pirminį (šaltinio) ir antrinį (paskirstymo) kontūrus

- Akumuliacinio rezervuaro dydis: rekomenduojama 15–25 litrai / kW, kad išvengti kompresoriaus darbo trumpais ciklais

26.1 Šildymo ir karšto vandens kontūrų tarpusavio integravimas



Co-funded by
the European Union



26.2 Medžiagos ir sujungimo būdai

- Vario vamzdžiai: Geriausi esant aukštam šilumos laidumui ir mechaniniam patvarumui aukštose temperatūrose.
- Daugiasluoksniai vamzdžiai (PEX-AL-PEX): Lankstūs ir atsparūs korozijai; idealiai tinka patalpose viduje ir grindiniam šildymui (UFH).
- PPR vamzdžiai: Lengvi, higieniški ir sujungiami paprastai kaitinant – nėra š/n nuotėkio rizikos, tačiau didelis šiluminis plėtimasis !.



26.3 SiurbLIAi, vožtuvai ir plėtimosi indai

Kintamo greičio siurbLIAi (ECM): Rinkoje pageidaujami, nes leidžia prisitaikyti prie atskirų zonų sistemoje pokyčių, leidžia sumažinti elektros suvartojimą.

- Svarbūs vožtuvai:

- Paskirstymo vožtuvai: 3 kryptių motorizuoti vožtuvai, leidžiantys karštą vandenį tiekti arba patalpų šildymui arba karšto vandens (DHW) tiekimui pagal poreikį.
- Atbuliniai vožtuvai: apsaugo nuo atbulinės cirkuliacijos ir termosifono neigiamų efektų.

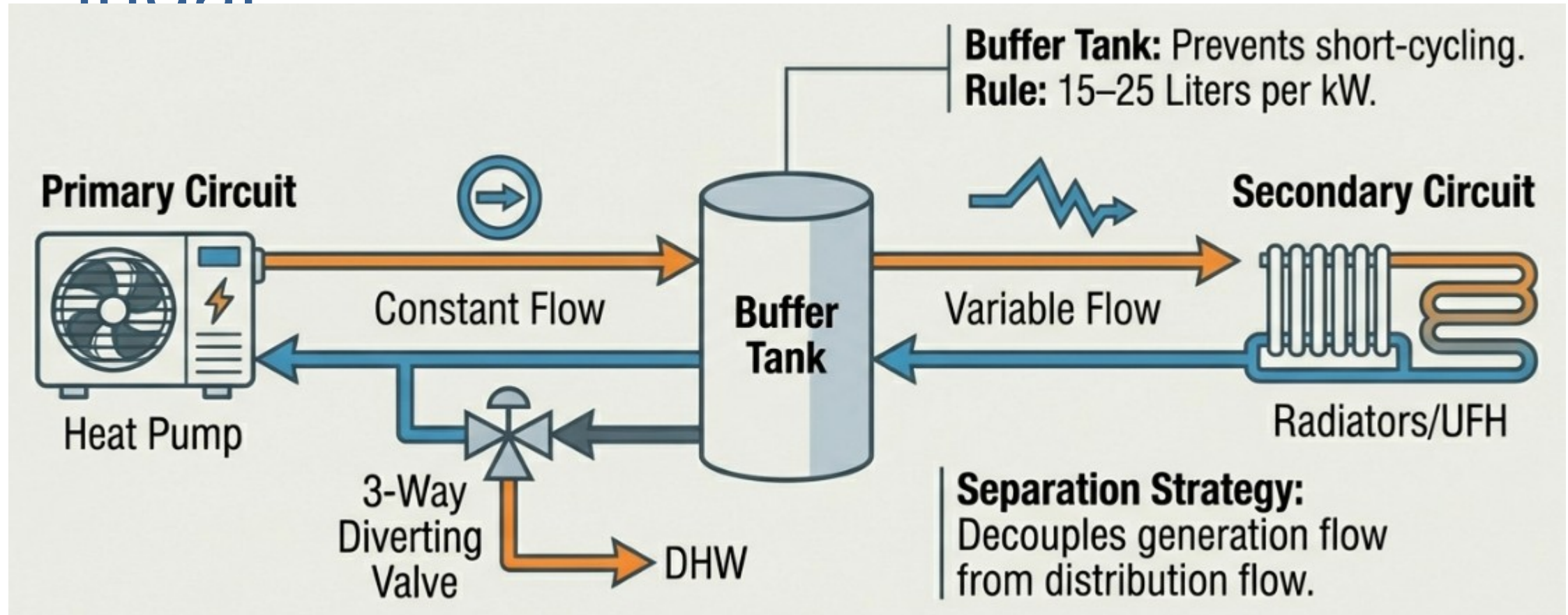
- Plėtimosi indai: jų dydis parenkamas pagal visą sistemos tūrį ir vandens plėtimosi koeficientą (pvz., 1,8 % esant 10→60 °C).



Co-funded by
the European Union



26.3 SiurbLIAi, voŖtuvai ir plėtimo indai

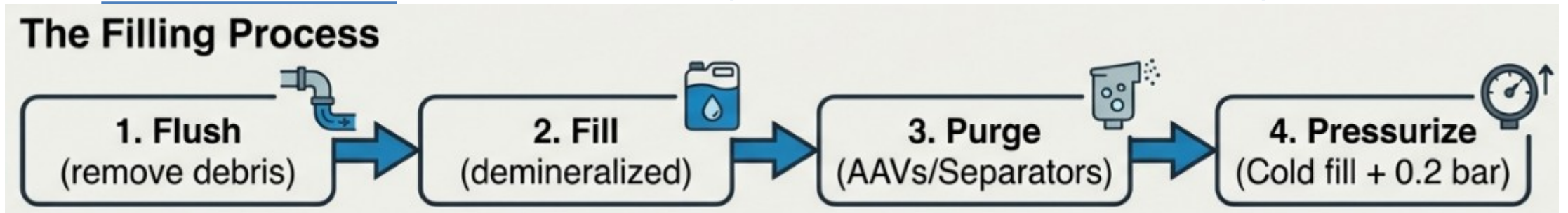


26.4 Užpildymas, valymas ir tikrinimas

Darbo seka: lėtai užpildykite sistemą nuo žemiausio taško; po vieną atidarykite šakos/zonos vožtuvus.

Oro pašalinimas: aukštose vietose naudokite automatizuotas oro išleidimo angas (AAV) ir mikroburbuliukų oro separatorius karščiausiose srauto tėkmės dalyse.

- Srauto kontrolė: išmatuokite ΔT (bazinė 5–8 °C radiatoriams) arba



27 UŽSIĖMIMAS

Elektros jungtys ir kontrolė

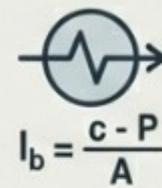


Co-funded by
the European Union



27.1 Maitinimo šaltinis ir laidininko dydis

- Projektinė srovė (I_b): apskaičiuojama pagal max srovę eksploatacijos metu; būtina taikyti korekcinis koeficientus dėl aplinkos temperatūros (C_a) svyravimų ir laidų tipų (C_g).
- Įtampos kritimas: neturi viršyti 5 % įtampos tarp šaltinio iki prietaiso gnybtų, taip siekiant apsaugoti jautrią elektroniką.
- Standartai: privaloma atitikti vietiniams elektros kodams (pvz., BS 7671).



Design Current (I_b):
Based on input power
& COP.



Cable Sizing:
Ambient Temp (C_a) &
Grouping (C_g) factors.



Verify Voltage Drop < 5%.

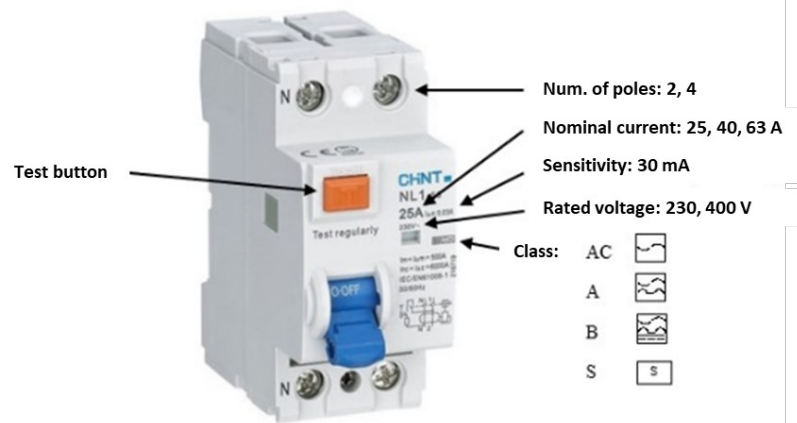


Co-funded by
the European Union



27.2 Apsauginė įranga ir izoliacija

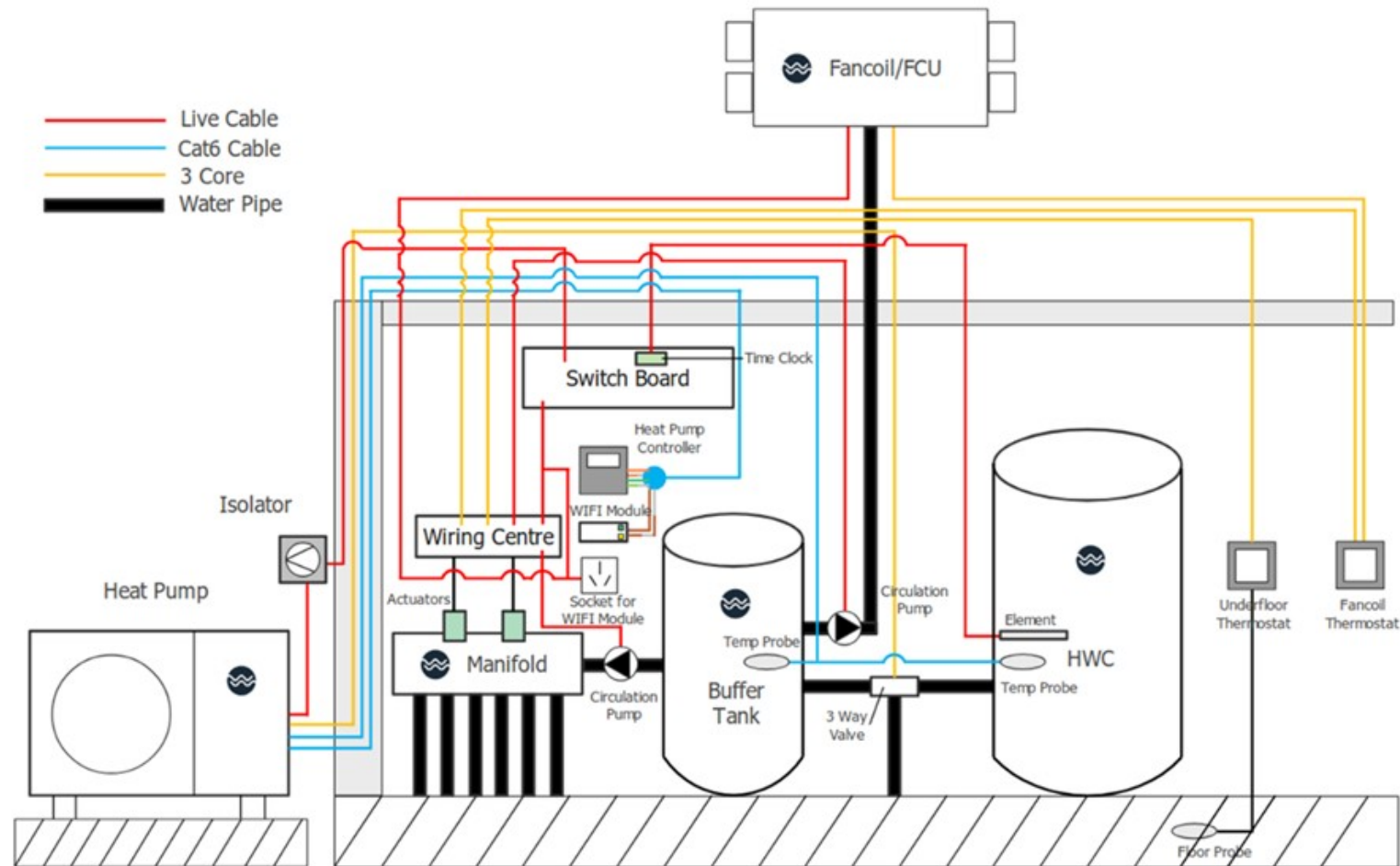
- Per didelė srovė (MCB): Motoriniams apkrovoms standartas yra C tipo jungikliai, kurie gali atlaikyti kritines / pikines sroves.
- Žemos srovės nuotekio relės (RCD) tipai: Inverteriais valdomiems įrenginiams reikalingos F arba B tipo RCD, kad būtų aptikta sudėtinė nuolatinės srovės / aukšto dažnio nuotėkio srovė.
- Izoliacija (atskyrimas): Išorinio įrenginio matomumo zonoje reikalingas oro sąlygoms atsparus, vietinis užrakinamas izoliatorius (LOTO).



27.3 Valdymo laidai ir signalai

- Signalų tipai: 230 V perjungimas paprastiems termostatams; 0–10 V arba PWM moduliuojamiems siurbliams; Modbus / BACnet skaitmeninėms ryšio magistralėms.
- Infrastruktūra: Jautrūs kontroliniai signalai turi būti perduodami ekranuotu, susuktu poriniu kabeliu – kad būtų išvengta elektromagnetinių trukdžių (EMI).
- Atskyrimas: Maitinimo kabeliai (230/400 V) turi būti atskirti nuo SELV (žemos įtampos signalinių) kabelių – kad būtų išvengta indukuojamo triukšmo.

27.3 Valdymo laidai ir signalai



27.4 Išankstinis įjungimas ir testavimas eksploatacijos metu

- Bandymas be įtampos (Dead tests): Apsauginio įžeminimo (PE) patikra ($<0,05 \Omega$) ir izoliacijos varžos (IR) matavimas prie 500 V nuolatinės įtampos.
- Svarbi sauga: Prieš atliekant izoliacijos varžos matavimą, būtina atjungti visus elektroninius komponentus (plokštes), kad būtų išvengta negrįžtamų pažeidimų.
- Bandymas su įtampa (Live tests): Matuoti įtampą esant apkrovai; patikrinti jutiklių veikimo teisingą darbą ir 3 krypčių vožtuvo veikimą.

28 UŽSIĖMIMAS

Matavimo įranga



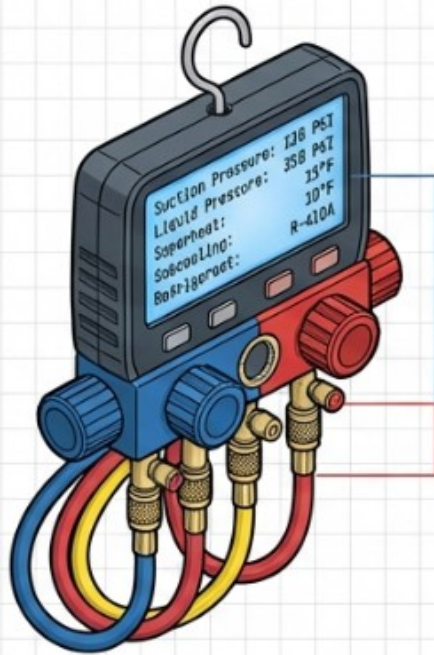
Co-funded by
the European Union



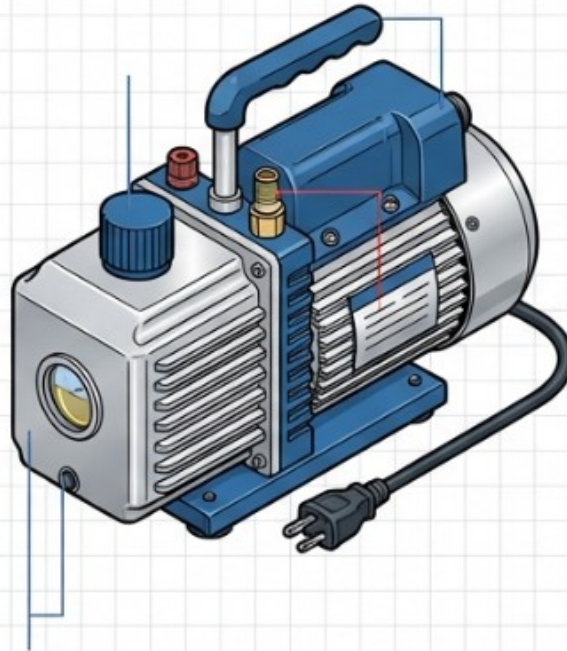
28.1 Šaldymo ciklo kontrolės įrankiai

- Skaitmeniniai manometrai: leidžia iš karto fiksuoti temperatūros ir slėgio priklausomybę šaltnešiams R410A / R32 / R290.
- Žarnos: naudoti mažo pralaidumo žarnas su rutuliniais uždarymo vožtuvais – kad į sistemą nepatektų drėgmė.
- Ventilio šerdies išėmimas: labai svarbu, nes padidina pralaidumą sistemos iškrovimo/užpildymo metu.

28.1 Šaldymo ciklo kontrolės įrankiai



Digital Manifold: Instant Superheat/Subcooling calculation.



2-Stage Vacuum Pump.



Micron Gauge: Verify deep vacuum (<500 microns) for moisture removal.



Charging Scale: Mandatory for F-Gas compliance (Weigh-in Charge).



Co-funded by
the European Union

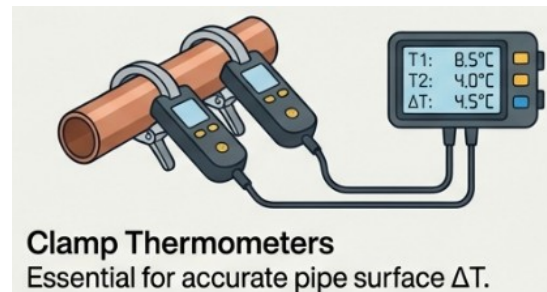
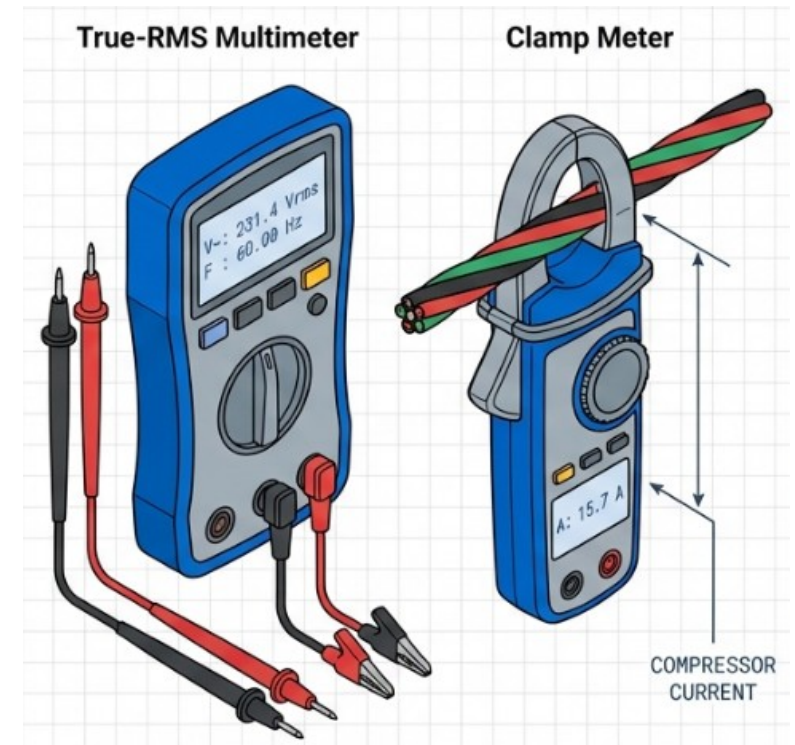


28.2 Vakuminis siurblys ir dehidratacija

- Dviejų pakopų siurblys: Reikalingas, kad giliame vakume išgarintų sistemoje likusią drėgmę.
- Elektroninis mikronų matuoklis: Vienintelis prietaisas, galintis patvirtinti pasiektą vakumą ≤ 500 .
- Kilimo testas: Išjungiamas siurblys – kad nustatyti dujų išsiskyrimą (drėgmę) nuo atmosferos nuotėkio.

28.3 Elektrinis ir šiluminis matavimas

- True-RMS multimetrai: Reikalingi tiksliems matavimams esant iškraipytoms/klaidingoms inverterių bangos formoms.
- Repliniai matuokliai: Naudojami srovei matuoti neišardant el. grandinės, pvz., kompresoriams ir ventiliatoriams.
- Kontaktiniai termometrai: Vamzdžių apspaustukai-geriausiai tinka ΔT , perkaitimo ir peršaldymo matavimui (būtina naudoti terminę pastą ir izoliaciją).



28.4 Kalibravimas ir priežiūra

- Formali kalibracija: Kasmetinė, registruojama kalibracija reikalinga manometrams, svarstyklėms ir nuotėkio detektoriams.
- Patikrinimai vietoje: Kritinio taško (0 °C) patikrinimas termometrams naudojant etaloninius svorius.
- Įrangos priežiūra: Vakuminio siurblio alyvos keitimas po kiekvieno sistemos gilaus išvakumavimo – kad būtų išlaikytas/užtikrintas numatytas sistemos našumas.

29 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių paleidimas



Co-funded by
the European Union

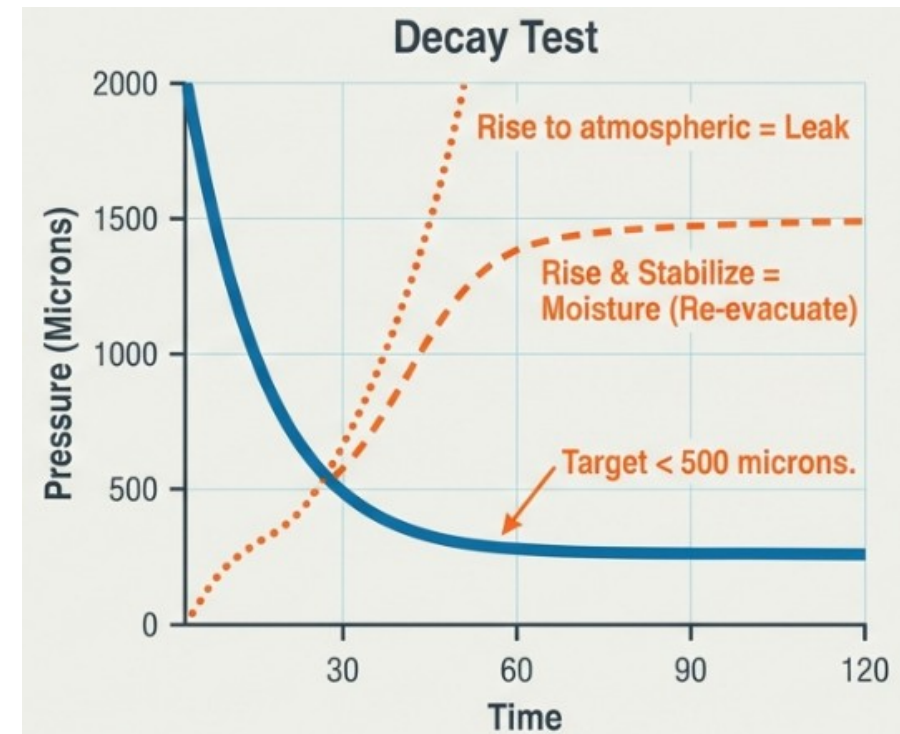


29.1 Galutinis patikrinimo prieš įjungiant įtampą darbų sąrašas

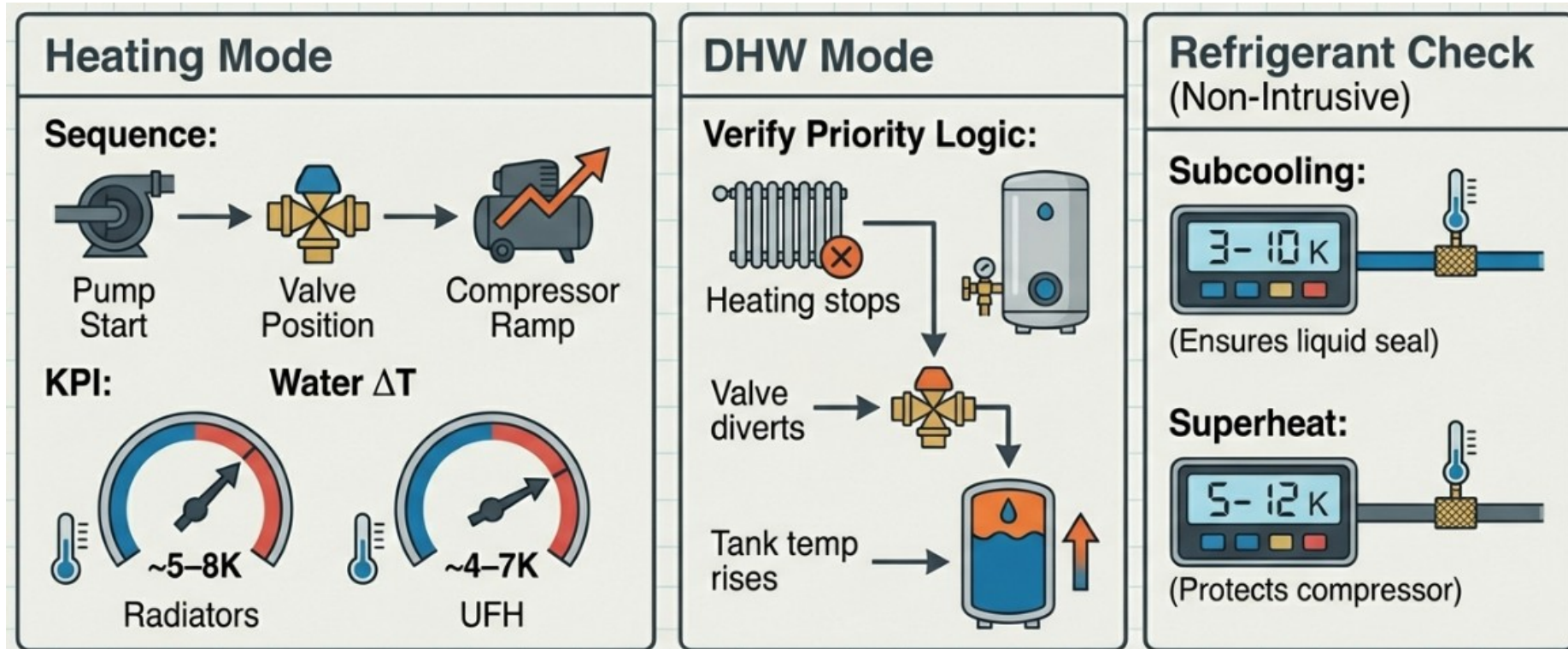
- Sistemos vientisumas: Apžiūrėkite sistemą (vizualiai) ir patikrinkite, ar visos fizinės tvirtinimo atramos stabiliai pritvirtintos ir fizinė izoliacija yra vientisa.
- Hidraulinis paruošimas: Patikrinkite sistemos užpildymo slėgį (~ 1,5 bar) ir įsitikinkite, kad oras iš sistemos visiškai pašalintas.
- Elektros sauga: Patikrinkite, ar visi elektriniai sujungimai yra patikimi, ar visa išorinė fizinė apsauginė izoliacija tvarkinga.

29.2 Šaltnešio kontūro paleidimas

- Vakumo procedūros tikslas: Stabilus vakumas ≤ 500 mikronų, atliekant slėgio kilimo testą; stabilizuojasi $< 1\,000$ mikronų.
- Užpildymas pagal š/n svorį kontūre: Naudokite kalibruotas svarstyklės - kad įpiltumėte pradinį šaltnešio kiekį + korekcijas pagal vamzdyno ilgį.
- Priimtini KPI: Stebėkite peratšadymą $\sim 3\text{--}10\text{ K}$ ir perkaitimą $\sim 5\text{--}12\text{ K}$ esant pastoviai apkrovai sistemoje.



29.2 Šaltnešio kontūro paleidimas



29.3 Valdiklio valdymas

Pagrindinė sąranka: teisinga kalba, data, laikas ir hidraulinis komponentų išdėstymas (tik šildymas ar šildymas + karštas vanduo).

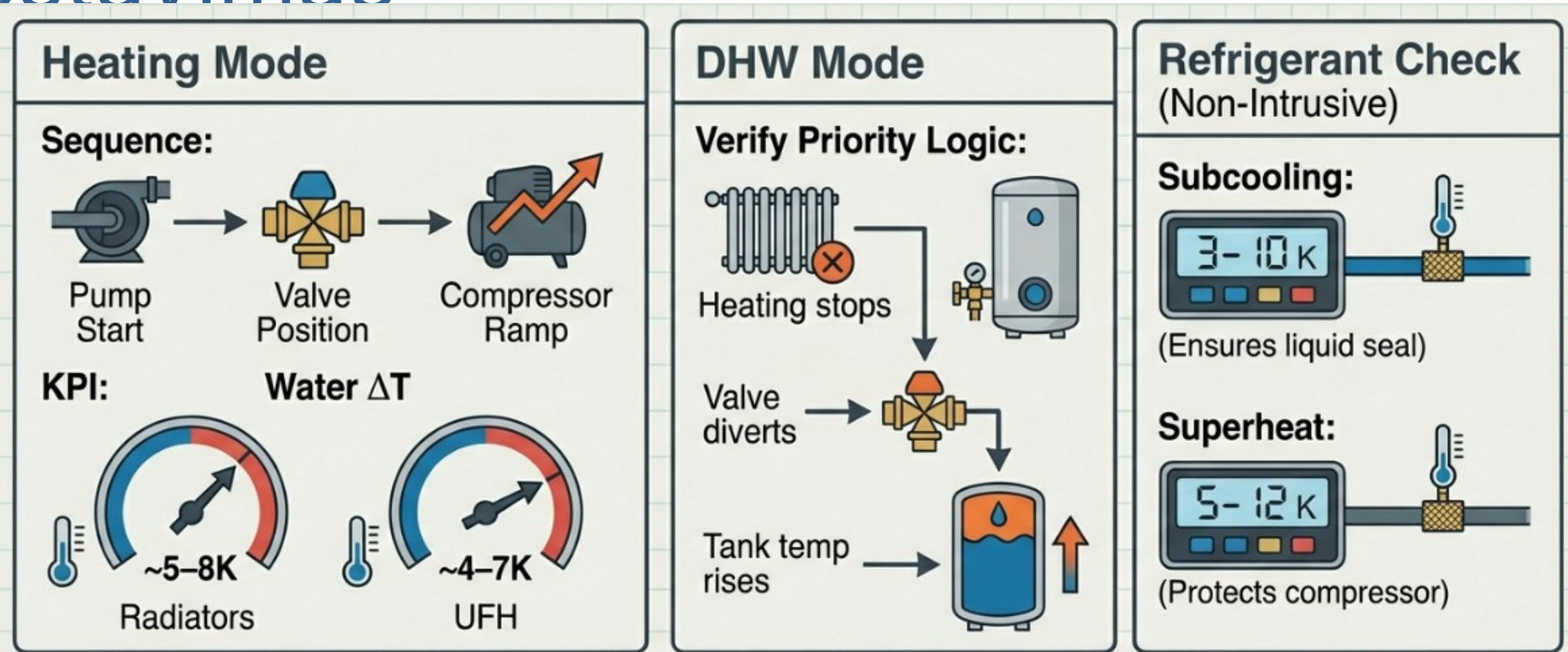
Proceso kreivė: pritaikykite aplinkos oro sąlygų vertinimo/kompensavimo kreivę (tokia yra) pagal pastato šilumos nuotekį/akumuliaciją.

- Karšto vandens nustatymai: apibrėškite numatytas projektines sistemos vertes (50–55 °C) ir periodinį anti-legionelių prevencijos ciklą.

29.4 Formalus / eksploatacinis testavimas

- Režimai: Testuokite šildymo režimą (patikrinkite ΔT 5–8 °C), karšto vandens tiekimą (patvirtinkite vožtuvo judėjimą) ir atitirpinimą (patikrinkite ritės pralaidumą).
- Saugos patikra: Simuliuokite mažo srauto avarinius režimus – kad patikrintumėte, jog valdiklis išjungia sistemą ir dokumentuoja gedimą.
- Info klientui: Pateikite praktinę instrukciją apie sistemos darbo nustatymus ir naudotojo atsakomybę.

29.4 Formalus / eksploatacinis testavimas



Co-funded by
the European Union



30 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių profilaktinė ir techninė
priežiūra



Co-funded by
the European Union



30.1 KPI rodiklių kaita ir bazinis palyginimas

Darbo režimo strategija: palyginkite dabartinį našumą su pradiniu paleidimo baziniu lygiu, kad nustatytumėte skirtumą.

KPIs (Key Performance Indicators) sekimas: stebėkite ΔT visuose šilumos atidavimo įrenginiuose, hidraulinio slėgio kritimą (ΔP) sistemoje ir el. srovę tam tikrais dažniais.

- Intervalai: kas ketvirtį turi būti tikrinama eksploatacinė įrenginių būklė; būtina ir kasmetinė jutiklių veikimo kontrolė ir apsaugos nustatymų patikra.

30.2 Valymo procedūros

- Lauko šilumokaičiai: Švarinkite sistemą žemu slėgiu naudojant vandenį ir pumpuojant jį iš vidaus į išorę (niekada nenaudokite aukštam slėgiui naudojamų tech ploviklių); naudokite pH neutralius cheminius valiklius.
- Hidraulinė priežiūra: Atskirkite ir išvalykite Y formos filtrus ir magnetinius separatorius – kad pašalinti dumblą ir surinktą magnetitą.
- Oro filtrai: Pakeiskite vienkartinius G4 filtrus arba išplaukite jų tinklelio filtrus; išvalykite ventiliatorių menteles.

30.3 Mechaninis ir akustinis vientisumas

Fizinė apžiūra: patikrinkite, ar išorinė izoliacija nepažeista UV spindulių, ir ar antivibraciniai laikikliai nėra užspausti.

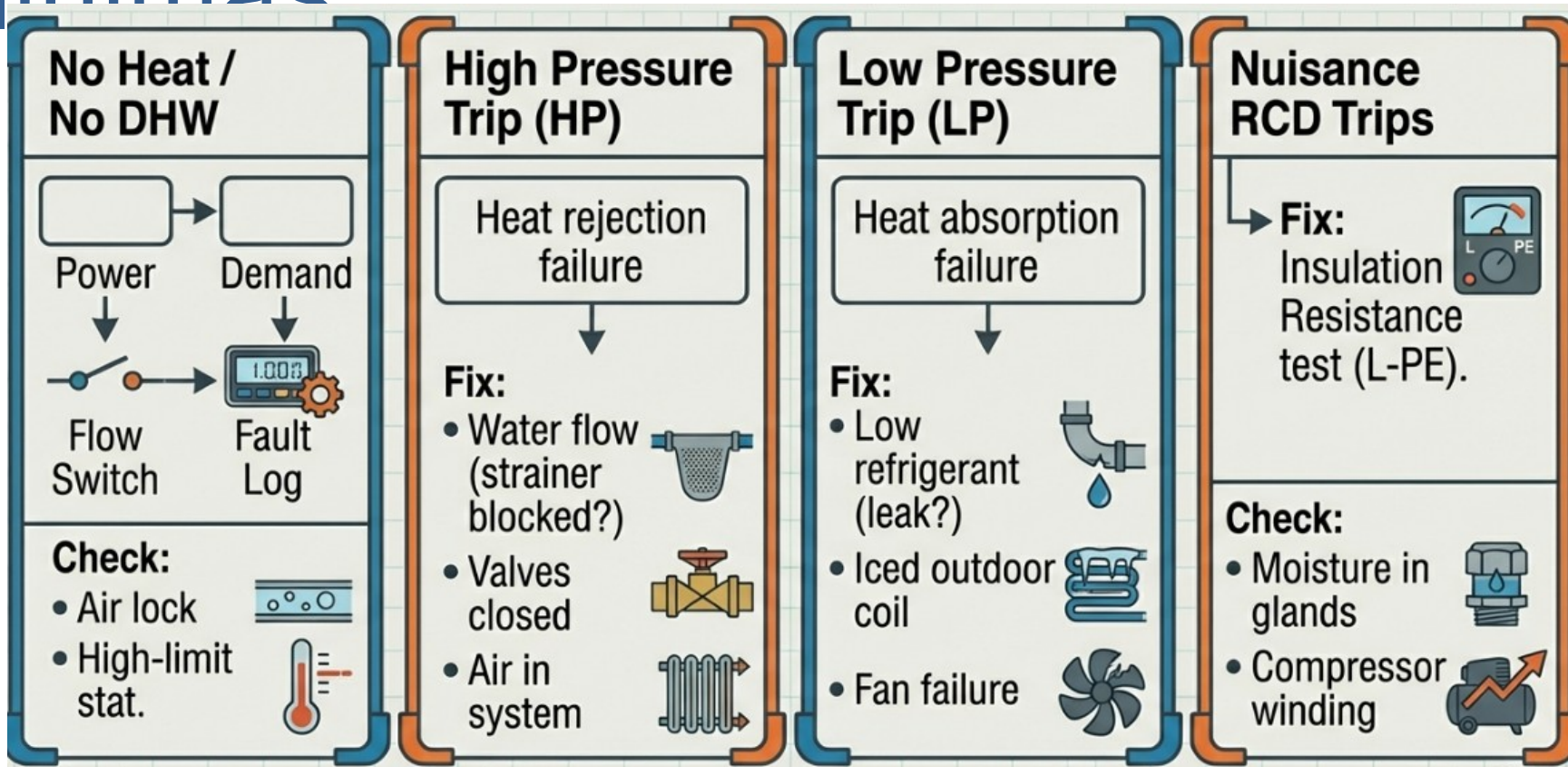
Triukšmo diagnostika: Atskirkite/jvertinkite oru sklindantį generuojamą ir neišvengiamą įrangos triukšmą (ventiliatorius ar kt.) ir konstrukcijos vibraciją (standus vamzdžių tvirtinimas, pridėtinis triukšmas).

- Saugos priemonės: iš naujo niveliuokite įrenginius, atnaujinkite elastomerines trinkeles arba sureguliuokite pompą pagal Δp , kad išvengtumėte mechaninio ar/ir triukšmo rezonanso.

30.4 Gedimų diagnostika ir jų šalinimas

Traffic Light System		
 Pass	 Action	 Critical
ΔT within range. Strainer $\Delta P < 5\text{kPa}$. COP stable. 	ΔT widening (fouling?). Defrosts every <45 min. Action: Clean coils/filters. 	Compressor current $>15\%$ baseline. HP/LP trips. Action: Immediate diagnostics. 
Cleaning Regimen		
• Air Side: Chemical clean coils, balance fans.  • Water Side: Flush sludge from Strainers & Magnetic Filters. 		

30.4 Gedimų diagnostika ir jų šalinimas



31 UŽSIĖMIMAS

Įrenginio sauga ir remontas



Co-funded by
the European Union



31.1 Elektriniai ir pavojai dėl viršslėgio

Likutinis krūvis: Invertoriniai kondensatoriai gali kaupti kritiškai mirtinus nuolatinės srovės krūvius ($> 600\text{ V}$) net ir išjungus maitinimą.

Slėgio rizika: statinis slėgis sistemoje gali viršyti 15 barų; darbinis slėgis siekia 40+ barų; ištekėjęs š/n skystis gali sukelti nušalimą.

- Šaltnešio toksiškumas / degumas: uždusimo uždaroje patalpose pavojus; A2L (R32) ir A3 (R290) degumas.

31.2 Saugus atjungimas ir rankinis valdymas

LOTO procedūra: *Lockout, Tagout, Tryout* naudojant dviejų polių įtampos įrangą.

Rankinis valdymas: lauko įrenginiai sunkūs - dažnai viršija 100 kg; reikia naudoti kinetinius metodus arba mechanines priemones (vežimėlius).

- Sauga dėl azoto: bandymams visada naudokite dviejų pakopų slėgio reguliatorių



1. Lockout



2. Tagout



3. Tryout (Proof of Dead)

31.3 Asmeninės apsaugos priemonės (PPE) ir karšto darbo protokolai

Asmeninės apsaugos priemonės: kriogeninės pirštinės dėl šaltnešių pažaidos rizikos; 1000 V klasės pirštinės tiesioginiams patikrinimams; nitrilo pirštinės POE alyvai.

- Karštas darbas (litavimas): išvalykite visus uždegimo šaltinius toje terpėje; naudoti priešgaisrines antklodes; privalomas gaisro atsinaujinimo stebėjimo laikotarpis (30-60 min.) po darbo.

31.4 Reagavimo į avarijas protokolai

Elektros smūgis: saugiai nutraukite kontaktą (nelaidus objektas); sekite DRSABC (esminis pirmosios pagalbos veiksmų planas); skambinkite pagalbos tarnyboms.

Šaltnešio nuotėkis: nedelsdami evakuokite ir vėdinkite darbo vietą; pašalinkite visus galimus užsidegimo šaltinius.

- Cheminiai pūslai: mažiausiai 15 minučių praplaukite akis ar odą švariu vandeniu ir peržiūrėkite SDS (Saugos duomenų lapas).

Emergency Protocol	
	Electric Shock: Break contact (do not touch casualty). CPR.
	Leak: Evacuate and Ventilate.
	Fire: Use CO2/Dry Powder (Class E/C). Never use water.



Co-funded by
the European Union

