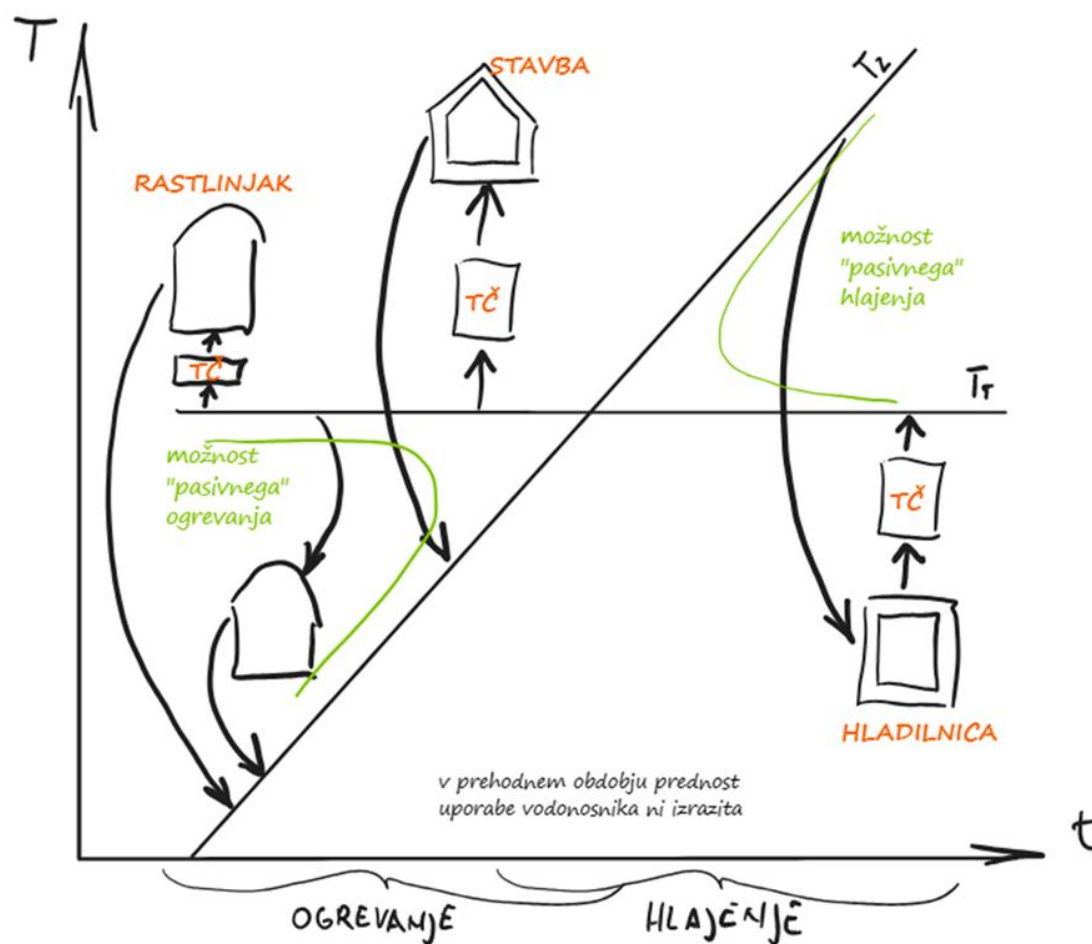




METODOLOGIJA IZRAČUNA ENERGETSKIH POTREB HLADILNIC

Končno poročilo, Ver. 1.0

Ljubljana, marec 2025



Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija
Center za energetska učinkovitost

PROJEKT: CRP projekt V1-2213, GeoCOOL FOOD – Hladno
skladiščenje hrane z rabo plitve geotermalne energije

NAROČNIK: **Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano - MKGP,**
Dunajska cesta 22, 1000 Ljubljana in
Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko
dejavnost Republike Slovenije - ARIS, Bleiweisova cesta 30,
1000 Ljubljana

DELOVNI PAKET: DP 2: Opredelitev energetskih potreb

NASLOV POROČILA: M2.1 Metodologija izračuna energetskih potreb hladilnic

DATUM: marec 2025

AVTORJI: Marko Pečkaj
dr. Marko Matkovič
dr. Gašper Stegnar

VERZIJA POROČILA: 1.0

NASLOV POROČILA:

METODOLOGIJA IZRAČUNA ENERGETSKIH POTREB HLADILNIC



javna agencija za znanstvenoraziskovalno
in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

Vsebina

1	Uvod	4
2	Metodologija dela	5
3	Pregled obstoječih metodologij:	5
3.1	Metodologije izračuna rabe energije	5
3.1.1	Računske metode v PURES	5
3.2	Prednosti in slabosti posameznih metod glede na specifične potrebe projekta	7
3.3	Izbran pristop izračuna	11
3.3.1	Opredelitev vhoda in osnovnih parametrov	11
3.3.2	Glavne komponente toplotnega bremena	11
3.3.3	Izbira ustreznega hladilnega sistema	12
3.3.4	Dinamika delovanja in vremenske spremembe	13
3.3.5	Analiza rabe energije	15
3.3.6	Simulacijski modeli in programska orodja	15
3.3.7	Optimizacija	16
3.4	Načrtovanje	19
4	Razvoj specifične metodologije za hladilnice	20
4.1	Definiranje tipologije hladilnic	20
4.2	Upoštevanje specifičnih parametrov v malih hladilnicah za shranjevanje zelenjave	21
4.2.1	Temperaturna nihanja	22
4.2.2	Vlažnost	23
4.2.3	Kroženje zraka	23
4.2.4	Osvetlitev	23
4.2.5	Etilen	23
4.2.6	Dodatni dejavniki, ki vplivajo na shranjevanje zelenjave:	23

1 Uvod

Delovni paket **DP 2** obravnava eno ključnih področij energetske prenove stavb: **opredelitev in oceno energetskih potreb**, s posebnim poudarkom na **hladilnicah**. Namen poglavja je predstaviti metodološki okvir, s katerim zagotovimo zanesljivo, ponovljivo in primerljivo ocenjevanje potreb po energiji ter podlago za tehnično in ekonomsko optimizacijo sistemov.

V središču izročila **2.1** je priprava metodologije za izračun energetskih potreb hladilnic. Metodologija je zasnovana tako, da sistematično upošteva:

- **tip stavbe in namen rabe,**
- **starost in izvedene ukrepe učinkovite rabe energije,**
- **lokalne klimatske pogoje,**
- **ter značilnosti skladiščene zelenjave** (temperatura, vlažnost, etilen ipd.), ki neposredno vplivajo na notranje obremenitve in delovanje hladilnih sistemov.

Zastavljeni pristop združuje **kvazi-stacionarne mesečne izračune** za osnovne in manj kompleksne primere z **dinamičnim simulacijskim pristopom** za kompleksne stavbe in sisteme. Takšna kombinacija omogoča ravnotežje med zahtevano **natančnostjo** in **stroškovno/časovno učinkovitostjo**. Pri tem se metodologija sklicuje na aktualno regulativno prakso (npr. okvir PURES 2022) glede primerov, ko so dinamične simulacije smiselne oziroma nujne, ter določa **merila izbire pristopa** (kompleksnost objekta, razpoložljivost podatkov, cilji analize).

Poglavje je strukturirano tako, da najprej poda **pregled obstoječih metodologij** in njihovo primerjavo, nato opredeli **vhodne podatke** in **osnovne parametre** za izračun toplotnih bremen hladilnic (ovojnina, infiltracija, notranji viri, vnos blaga, latentne toplote). Sledi opis **modelskih enačb** in **simulacijskih orodij**, protokol **validacije** ter pristopi **občutljivostne analize** in **obvladovanja negotovosti**. Zaključni del izpostavi **optimizacijske smernice** (izolacija, upravljanje obratovanja, rekuperacija, OVE, pametni nadzor) in oblikuje **izhodne kazalnike** (energija, moč, udobje, stroški, ogljični odtis), ki služijo za primerjave po tipologijah hladilnic.

Predlagana metodologija tako vzpostavlja jasen, transparenten in v praksi izvedljiv postopek, ki omogoča:

1. **zanesljive izračune** energetskih potreb,
2. **primerljivost rezultatov** med različnimi tipi in velikostmi hladilnic,
3. **ter podporo odločanju** pri načrtovanju prenov, dimenzioniranju sistemov in izbiri stroškovno ter okoljsko optimalnih rešitev.

2 Metodologija dela

Delovni paket DP 2 se osredotoča na izjemno pomembno področje energetske učinkovitosti, in sicer na opredelitev energetskih potreb stavb s poudarkom na hladilnicah. Cilj je razviti metodologijo, ki bo omogočila čim bolj natančno oceno teh potreb in s tem pripomogla k učinkovitejšemu načrtovanju in upravljanju energetskih sistemov.

Izroček 2.1 zajema pripravo metodologije za izračun energetskih potreb hladilnic. Ta metodologija mora upoštevati:

- **Tip stavbe:** Različne tipe stavb (stanovanjske, storitvene) imajo različne profile porabe energije.
- **Namen rabe:** Namen stavbe vpliva na način uporabe in s tem na potrebe po ogrevanju in hlajenju.
- **Starost stavbe:** Starejše stavbe imajo običajno slabšo energetsko učinkovitost.
- **Ukrepi učinkovite rabe energije:** Izvedeni ukrepi vplivajo na zmanjšanje porabe energije.
- **Klimatski pogoji:** Klimatski pogoji vplivajo na potrebe po ogrevanju in hlajenju.
- **Značilnosti skladiščene zelenjave:** Za hladilnice je pomembna vrsta skladiščene zelenjave, saj ima vsaka vrsta svoje specifične zahteve glede temperature in vlažnosti.

3 Pregled obstoječih metodologij:

3.1 Metodologije izračuna rabe energije

Pri izračunu energetske učinkovitosti stavb se uporabljata dve glavni metodi: kvazi-stacionarna mesečna metoda in dinamična simulacijska metoda. Obe imata svoje prednosti in slabosti, odvisno od kompleksnosti stavbe in zahtev glede natančnosti.

3.1.1 Računske metode v PURES

Kvazi-stacionarna mesečna metoda

Kvazi-stacionarna metoda temelji na **poenostavljenem statičnem pristopu**, kjer se toplotni tokovi, dobitki in izgube obravnavajo na mesečnem nivoju.

Lastnosti:

- **Časovna resolucija:** Mesečni intervali.
- **Vhodni podatki:** Povprečne vrednosti temperature, sončnega obsevanja in toplotnih dobitkov.
- **Uporaba:** Uporablja se za preproste stavbe, kot so stanovanjske hiše in manjše nestanovanjske stavbe.
- **Prednosti:**
 - Enostavna in hitra metoda za osnovne izračune.
 - Nizka zahtevnost glede vhodnih podatkov in računske zmogljivosti.
 - Primerna za začetno oceno energijskih potreb.
- **Slabosti:**

- Ne upošteva natančno vpliva dinamičnih dejavnikov, kot so dnevna nihanja temperature in sončnih dobitkov.
- Manj natančna za kompleksne stavbe in sisteme, kjer so notranje obremenitve in interakcije bolj zapletene.

Dinamična simulacijska metoda

Dinamična metoda uporablja podrobne časovne simulacije, ki omogočajo analizo delovanja stavbe **ura za uro**. Ta pristop upošteva vse dinamične vplive, kot so notranji dobitki, nihanja zunanjih temperatur in spreminjajoči se vpliv senčenja.

Lastnosti:

- **Časovna resolucija:** Ura za uro (ali manjše časovne intervale).
- **Vhodni podatki:** Podrobni podatki o podnebnih razmerah, lastnostih ovoja stavbe, notranjih obremenitvah in obratovanju sistemov.
- **Uporaba:** Prilagojena za kompleksne stavbe, kjer je potrebna natančna analiza (pisarniške stavbe, šole, bolnišnice, industrijski objekti).
- **Prednosti:**
 - Upošteva dinamične učinke (npr. toplotno akumulacijo, senčenje, dnevne nihaje).
 - Omogoča natančno optimizacijo energetske učinkovitosti in notranjega udobja.
 - Primerno za analizo inovativnih sistemov, kot so rekuperacija toplote in obnovljivi viri energije.
- **Slabosti:**
 - Zahteva veliko računsko zmogljivost in podrobne vhodne podatke.
 - Kompleksna metoda, ki zahteva več časa in strokovnega znanja za izvedbo.

Tabela 1: Glavne metodološke razlike med kvazi-stacionarno in dinamično simulacijsko metodo.

Vidik	Kvazi-stacionarna metoda	Dinamična simulacijska metoda
Časovna obravnava	Mesečne povprečne vrednosti	Ura za uro (ali manjši časovni koraki)
Kompleksnost	Preprosta za izvedbo	Zahteva podrobne podatke in zmogljivo orodje
Natančnost	Manj natančna, zlasti pri kompleksnih stavbah	Zelo natančna in prilagojena realnim razmeram

Podnebni vplivi	Povprečno upoštevani	Natančno upoštevani (vključno s spremembami v dnevu)
Uporaba	Enodružinske hiše, manj kompleksne stavbe	Kompleksne stavbe z zahtevnimi sistemi

Kvazi-stacionarna metoda je primerna za osnovne ocene in preproste stavbe, kjer dinamični vplivi niso bistveni. Dinamična simulacijska metoda pa omogoča podrobno analizo in optimizacijo energetske učinkovitosti ter notranjega udobja, kar je ključno za kompleksne in inovativne stavbe. Izbira metode je odvisna od kompleksnosti stavbe, razpoložljivosti podatkov in ciljev analize.

3.2 Prednosti in slabosti posameznih metod glede na specifične potrebe projekta

Dinamične simulacije v okviru PURES 2022 predstavljajo pomembno orodje za podrobnejšo analizo energijskih lastnosti stavb in oceno učinkov različnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti. V nasprotju s statičnimi metodami, ki temeljijo na poenostavljenih predpostavkah, omogočajo dinamične simulacije bolj realistično modeliranje obnašanja stavb in njihovih sistemov v realnem času, pri čemer upoštevajo spremenljive vplive, kot so vremenski pogoji, uporabniške navade in interakcije med gradbenimi elementi.

Kdaj so potrebne simulacije v PURES 2022:

1. Kompleksne nestanovanjske stavbe:

- Dinamične simulacije so **obvezne** za **nestanovanjske stavbe** z uporabno površino nad **500 m²**, kjer je treba analizirati:
 - Vpliv toplotnih dobitkov iz sonca,
 - Natančen nadzor temperature (hlajenje, ogrevanje),
 - Prezračevanje in notranje obremenitve (npr. šole, bolnišnice, pisarniške stavbe).

2. Integracija obnovljivih virov energije (OVE):

- Kadar se uporabljajo kompleksni sistemi OVE, kot so fotovoltaični sistemi ali toplotne črpalke, je potrebna simulacija, da se oceni njihov **učinek na energijsko bilanco** stavbe.

3. Natančna ocena toplotnega udobja:

- Za stavbe, kjer je pomembno zagotavljanje **udobnih notranjih pogojev** (npr. bolnišnice, stanovanjski kompleksi), simulacije omogočajo analizo dinamičnih vplivov, kot so dnevna nihanja temperature in vlage.

4. Optimizacija stavbne zasnove:

- Pri projektiranju stavb, kjer je cilj doseči nizkoenergijsko ali skoraj ničenergijsko stavbo, se simulacije uporabljajo za:
 - Analizo sončnih dobitkov,

- Učinkovitost naravnega prezračevanja,
- Vpliv senčenja in orientacije.

5. Ocenjevanje ogljičnega odtisa:

- Simulacije se uporabljajo za analizo ogljičnega odtisa stavbe skozi celoten življenjski cikel (LCA), kar vključuje gradbene materiale, delovanje stavbe in njeno razgradnjo.

Kdaj simulacije niso potrebne v PURES 2022:

1. Preproste stanovanjske stavbe:

- Za **manj zahtevne stanovanjske stavbe** (enodružinske hiše, manjše večstanovanjske stavbe) se še vedno lahko uporabi **poenostavljena statična metoda** za:
 - Izračun energijskih potreb za ogrevanje in hlajenje,
 - Oceno potreb po energiji za toplo vodo.

2. Standardni gradbeni sistemi:

- Kadar so uporabljeni preverjeni gradbeni materiali in sistemi (npr. izolacije, okna s standardnimi certifikati), ki ustrezajo minimalnim zahtevam pravilnika.

3. Stavbe z nizko kompleksnostjo:

- Za manj kompleksne objekte, kjer so glavni sistemi ogrevanje in naravno prezračevanje, statični izračuni zagotavljajo dovolj natančne rezultate.

4. Lokalne podnebne razmere brez velikih sprememb:

- Za stavbe, ki se nahajajo v območjih z enakomernimi podnebnimi pogoji (npr. brez močnih temperaturnih nihanj), kjer dinamični vplivi niso bistveni.

Tabela 2: Primerjava: Statični izračuni vs. Dinamične simulacije.

Vidik	Statični izračuni (mesečni)	Dinamične simulacije
Tip stavb	Enostavne stanovanjske stavbe	Kompleksne nestanovanjske stavbe
Podnebni podatki	Povprečni mesečni podatki	Ura za uro (lokalni podnebni podatki)
Sistemi	Preprosti sistemi (ogrevanje, naravno prezračevanje)	Kompleksni sistemi (OVE, rekuperacija toplote)

Natančnost	Manj natančna, poenostavljena analiza	Visoka natančnost, prilagojena realnim pogojem
Uporaba	Ocena skladnosti za osnovne zahteve	Optimizacija, analiza udobja, integracija OVE

Simulacije so v PURES 2022 zahtevane za kompleksne stavbe in sisteme, kjer je natančnost ključna za izpolnjevanje zahtev, zagotavljanje udobja in doseganje trajnostnih ciljev. Statični izračuni ostajajo primerni za preprostejše stavbe in manj kompleksne energetske sisteme. Prehod na simulacije omogoča realističnejše načrtovanje in optimizacijo energetske učinkovitosti stavb v skladu z najnovejšimi standardi.

PURES 2022 predstavlja pomemben napredek v metodologiji izračunov, saj uvaja:

- Natančnejše, **dinamične metode**,
- **Lokalno prilagojene podnebne podatke**,
- **Integracijo sistemov**,
- In **obvezno vključitev OVE**.

V primerjavi s PURES 2010 so metode v PURES 2022 bolj realistične, kompleksne in usmerjene v trajnostno gradnjo, kar pomaga doseči ambiciozne nacionalne in evropske cilje glede energetske učinkovitosti in nizkoogljične družbe.

Pomen dinamičnih simulacij v okviru PURES 2022

1. Natančnost izračunov

- Dinamične simulacije omogočajo bolj natančno izračunavanje porabe energije, saj upoštevajo časovno spreminjanje notranjih in zunanjih vplivov (npr. dnevne in sezone spremembe temperature, sončnega sevanja, hitrosti vetra).
- Rezultati simulacij so prilagojeni realnemu obnašanju stavbe, kar omogoča bolj zanesljivo oceno energijskih potreb in izkoristkov.

2. Ocena naprednih sistemov

- Pri uporabi naprednih tehnologij, kot so toplotne črpalke, prezračevalni sistemi z rekuperacijo in sistemi za energetske upravljanje, dinamične simulacije omogočajo natančno analizo njihove učinkovitosti in interakcij s preostalim delom stavbe.
- Omogočajo tudi simulacijo integracije obnovljivih virov energije (OVE), kot so fotovoltaični sistemi ali sezonsko shranjevanje energije.

3. Modeliranje kompleksnih scenarijev

- Dinamične simulacije so še posebej uporabne za kompleksne stavbe z večnamensko rabo (npr. šole, bolnišnice, poslovne stavbe), kjer so poraba energije, režimi delovanja in zahteve zelo raznolike.

- Uporabljajo se za analizo različnih scenarijev prenove in za oceno dolgoročnih učinkov ukrepov na energijsko bilanco stavbe.

4. Upoštevanje uporabniških vzorcev

- Uporabniške navade, kot so urniki zasedenosti prostorov, vzorci razsvetljave in nastavitve temperature, močno vplivajo na energijsko učinkovitost stavbe. Dinamične simulacije omogočajo vključevanje teh spremenljivk v izračune, kar zagotavlja bolj realistične rezultate.

5. Izogibanje zaklepu neučinkovitih rešitev

- Pri načrtovanju prenovitvenih ukrepov (npr. zamenjava ogrevalnih sistemov ali izboljšanje izolacije) lahko simulacije pomagajo prepoznati morebitne zaklepne učinke (angl. lock-in effects), kjer zgodnje rešitve omejujejo prihodnje izboljšave.

Vloga dinamičnih simulacij v PURES 2022

- **Prilagajanje zakonodaji:** PURES 2022 vključuje zahteve za skoraj nič-energijske stavbe (SNES), kjer so simulacije ključno orodje za dokazovanje skladnosti stavb z normativi.
- **Validacija EI (energetske izkaznice):** Dinamične simulacije lahko dopolnjujejo standardne statične metode za izračun energetske učinkovitosti stavb in omogočajo validacijo energetske izkaznice.
- **Načrtovanje Renovation Passports (prenovitvenih potnih listov):** Pri pripravi načrtov za postopno energetska prenova dinamične simulacije pomagajo predvideti dolgoročne učinke in optimizirati časovno zaporedje ukrepov.

Izzivi pri implementaciji dinamičnih simulacij

1. Kompleksnost in stroški

- Razvoj dinamičnega modela zahteva poglobljeno znanje, specializirano programsko opremo (npr. IDA-ICE, EnergyPlus) in podrobne vhodne podatke o stavbi.
- Stroški ustvarjanja in vzdrževanja modela so lahko visoki, kar predstavlja oviro za širšo uporabo, predvsem pri manjših projektih ali obstoječih stavbah.

2. Dostopnost podatkov

- Dinamične simulacije zahtevajo podrobne podatke o geometriji stavbe, materialih, tehničnih sistemih in režimih delovanja, ki pa v številnih primerih niso na voljo ali niso dovolj kakovostni.

3. Združljivost z EI orodji

- Trenutno orodja za izračun EI v Sloveniji (npr. Energija 2010, PURES 2022) niso prilagojena za dinamične simulacije, kar otežuje povezavo med standardno metodologijo in naprednimi simulacijami.

4. Omejena uporaba BIM/BEM

- Pomanjkanje integracije BIM (Building Information Modeling) in BEM (Building Energy Modeling) z nacionalnimi bazami podatkov in EI orodji otežuje avtomatizacijo simulacij.

Dinamične simulacije so močno orodje za napredno analizo in načrtovanje energetske učinkovitosti stavb v skladu z zahtevami PURES 2022. Čeprav predstavljajo izzive v smislu stroškov, kompleksnosti in dostopnosti podatkov, so nepogrešljive za zagotavljanje realističnih in trajnostnih rešitev, zlasti pri energijsko zahtevnih stavbah in projektih celovite prenove. Za širšo uporabo bi bilo potrebno izboljšati dostopnost vhodnih podatkov, razviti povezave z nacionalnimi EI orodji ter zagotoviti dodatno usposabljanje in podporo za projektante in inženirje.

3.3 Izbran pristopa izračuna

Izračun energetskih potreb hladilnic je kompleksen proces, ki vključuje analizo različnih parametrov in dejavnikov, povezanih z delovanjem in okolico hladilnice.

3.3.1 Opredelitev vhoda in osnovnih parametrov

- **Vrsta hladilnice:** Komercialna, industrijska, stanovanjska itd.
- **Velikost prostora:** Prostornina (v m³) in površina.
- **Temperaturne zahteve:**
 - Notranja temperatura (ciljna temperatura hladilnega prostora, npr. -18 °C za zamrzovanje ali 4 °C za hlajenje).
 - Zunanja temperatura (povprečne sezonske temperature, najvišja poletna temperatura).
- **Izolacija:** Vrsta in debelina izolacijskih materialov.
- **Vrsta blaga:**
 - Toplotna kapaciteta in začetna temperatura blaga.
 - Hitrost vnosa blaga (npr. dnevna količina).
- **Vlažnost:** Notranja in zunanja relativna vlažnost.
- **Vrsta hladilnega sistema:** Učinkovitost hladilnega sistema, kompresorja, kondenzatorjev itd.

3.3.2 Glavne komponente toplotnega bremena

- **Prenos toplote skozi stene, tla in strop:**

$$Q_{stene} = U \times A \times (T_{zun.t.} - T_{notr.t.})$$

- U: Koeficient toplotne prehodnosti [W/m²K].

- A: Površina elementa [m²].
- T_{zun.t.}, T_{not.t} : Zunanja in notranja temperatura [°C].
- **Toplotna obremenitev zaradi vnosa blaga:**

$$Q_{blago} = m \times c \times \Delta T + m \times L$$
 - m: Masa blaga [kg].
 - c: Specifična toplotna kapaciteta blaga [kJ/(kg K)].
 - ΔT: Razlika med začetno in ciljno temperaturo blaga [K].
 - L: Latentna toplota (če se blago zmrzuje, kJ/kg).
- **Notranji viri toplote:** Vključujejo toploto, ki jo oddajajo stroji in/ali električni aparati, razsvetljava in ljudje v prostoru.
- **Toplota zaradi zračne infiltracije:** Pri pogostem odpiranju vrat ali nezadostni zatesnitvi pride do vdora toplega in vlažnega zraka, kar povečuje obremenitev sistema.
 - Pogostost odpiranja vrat.
 - Volumen vnesenega zraka in njegovo temperaturo.
- **Latentna toplota (vlaga):**
 - Kondenzacija vlage, ki vstopa v hladilnico, se prav tako pretvori v latentno toploto.
- **Toplota iz shranjenih izdelkov:** Pri dodajanju svežih, toplejših izdelkov v hladilnico se sprošča toplota, ki jo mora sistem odstraniti.

3.3.3 Izbira ustreznega hladilnega sistema

- Glede na izračunano skupno toplotno obremenitev (Q_{skupaj}), določimo potrebno moč hladilnega sistema.
- Sistem mora upoštevati učinkovitost (COP - koeficient učinkovitosti) in rezervno zmogljivost za konice obremenitev.

Potrebna moč hladilnega sistema (P_{hladilni}) temelji na skupni toplotni obremenitvi. Upoštevati je treba varnostne rezerve in časovne variacije:

$$P_{hladilni} = Q_{skupaj} \times SF$$

kjer je SF varnostni faktor, običajno med 1,1 in 1,5, odvisno od specifičnih pogojev, kot so frekvenca uporabe, pričakovane konične obremenitve in vremenski pogoji.

- **Rezervna zmogljivost za konice obremenitev:** Hladilni sistem mora biti sposoben obvladovati nenadne povečane toplotne obremenitve, na primer v času največjih temperatur ali ob nenadnem povečanju količine shranjenih izdelkov. Pravilno dimenzioniranje preprečuje prekomerno obrabo sistema in omogoča stabilno delovanje.

3.3.3.1 Vrste hladilnih sistemov glede na zahteve

Izbor vrste hladilnega sistema temelji na potrebni moči, zahtevah po učinkovitosti in specifičnih pogojih delovanja:

- **Enostopenjski kompresorski sistemi:** Primerni za manjše hladilnice z zmernimi zahtevami po hlajenju.
- **Dvostopenjski kompresorski sistemi:** Uporabljajo se pri nižjih notranjih temperaturah in večjih zmogljivostih, saj omogočajo večjo učinkovitost.
- **Sistemi z neposrednim hlajenjem:** Hladilno sredstvo kroži neposredno skozi uparjalnik. Primerni so za kompaktne aplikacije.
- **Sistemi z vodnim hlajenjem:** Uporabljajo se v večjih sistemih, kjer se toplota prenaša na hladilno vodo. Ti sistemi omogočajo boljše obvladovanje temperaturnih sprememb.

3.3.3.2 Napredne tehnologije za optimizacijo delovanja

- **Inverterski kompresorji:** Omogočajo prilagajanje hitrosti kompresorja glede na trenutne obremenitve, kar zmanjšuje porabo energije.
- **Pametni sistemi za nadzor:** Algoritmi in senzorji omogočajo spremljanje obremenitev in sprotno prilagajanje delovanja sistema.
- **Rekuperacija toplote:** Odvečno toploto iz kondenzatorja je mogoče uporabiti za ogrevanje drugih prostorov ali vode.
- **Uporaba okolju prijaznih hladilnih sredstev:** Naravna sredstva, kot sta CO₂ in amonijak, zagotavljajo večjo trajnost in nižji vpliv na okolje.

Izbira ustreznega hladilnega sistema je ključna za energetske učinkovitost, zanesljivost in dolgoročno delovanje. Dimenzioniranje na podlagi skupne toplotne obremenitve (Q_{skupaj}), optimizacija koeficienta učinkovitosti (COP) in upoštevanje rezervne zmogljivosti zagotavljajo, da sistem izpolnjuje trenutne in prihodnje zahteve. Napredne tehnologije dodatno prispevajo k zmanjšanju stroškov obratovanja in okoljskega vpliva.

3.3.4 Dinamika delovanja in vremenske spremembe

Hladilni sistemi delujejo v različnih vremenskih in sezonskih razmerah, kar vpliva na njihovo energetsko učinkovitost in obratovanje. Proučevanje dinamičnega odziva hladilnic na spremembe zunanjih pogojev je ključno za zmanjšanje porabe energije, povečanje zanesljivosti in optimizacijo delovanja sistema.

3.3.4.1 Sezonska variacija zunanjih temperatur.

Zunanje temperature se sezonsko spreminjajo, kar neposredno vpliva na učinkovitost hladilnega sistema, saj mora sistem odstraniti toploto iz notranjosti hladilnice v okolico.

Poletni pogoji (visoke zunanje temperature)

- Kondenzatorji hladilnega sistema delujejo pri višjih temperaturnih razlikah med notranjim hladilnim medijem in zunanjim zrakom, kar zmanjšuje učinkovitost.
- Potreben je daljši obratovalni čas hladilnega sistema, kar poveča porabo energije.

- Možno je pregrevanje komponent, kar zahteva večjo pozornost hlajenju kompresorja in pravilnemu dimenzioniranju kondenzatorjev.

Zimski pogoji (nizke zunanje temperature)

- Nižje zunanje temperature omogočajo bolj učinkovito hlajenje, saj je temperaturna razlika manjša.
- Kondenzatorji lahko delujejo z manjšo močjo, kar zmanjša porabo energije.
- Sistem mora biti opremljen z regulatorji za preprečevanje prenizkega kondenzacijskega tlaka, saj to lahko negativno vpliva na učinkovitost kompresorja in pretok hladiva.

Prehodna obdobja (pomlad in jesen)

- V teh obdobjih so temperaturne razmere stabilnejše in omogočajo bolj energetsko učinkovit režim delovanja.
- Pametni sistemi lahko dinamično prilagajajo moč delovanja, da zmanjšajo stroške in zagotovijo optimalne pogoje hlajenja.

3.3.4.2 Obnašanje sistema pri raznih pogojih delovanja.

Obnašanje hladilnega sistema je odvisno od kombinacije zunanjih vplivov in zahtev po hlajenju. To vključuje spremembe v obremenitvah, prilagoditve sistema ter posebne situacije, kot so spremembe v vlažnosti ali nenadni skoki v temperaturnih zahtevah.

1. Prilagoditev na spremembe obremenitve

- Visoke obremenitve: Ko se poveča količina toplote, ki jo je treba odstraniti (npr. zaradi pogostega odpiranja vrat ali dodajanja svežih izdelkov), sistem preklopi na višjo moč. Pri tem je pomembna zmogljivost kompresorja in hitra odzivnost kondenzatorja.
- Nizke obremenitve: Pri nizkem povpraševanju po hlajenju (npr. ponoči) sistem preide v delni režim delovanja ali se začasno izklopi, da prihrani energijo. Tu so ključni časovni krmilniki in senzorji.

2. Vpliv vlažnosti zraka

- Visoka vlažnost zraka: Poveča potrebo po odstranjevanju latentne toplote, kar povečuje porabo energije. Kondenzacija vlage lahko povzroči nastajanje ledu na uparjalniku, kar zahteva pogostejše odtaljevanje.
- Nizka vlažnost zraka: Zmanjša potrebo po odstranjevanju vlage, kar izboljša učinkovitost. Vendar lahko pride do sušenja nekaterih vrst izdelkov, kar zahteva prilagoditev sistema za ohranjanje optimalne vlažnosti.

3. Nenadne temperaturne spremembe

- Nenadne spremembe zunanjih temperatur (npr. med prehodi iz dneva v noč) lahko povzročijo kratkotrajno preobremenitev sistema. Avtomatizirani sistemi z uporabo senzorjev in prediktivnih algoritmov zmanjšajo tveganje za pregrevanje ali prekomerno hlajenje.

4. Delovanje v izjemnih razmerah

- Ekstremno visoke temperature: Zahtevajo povečano zmogljivost kondenzatorjev in dodatno hlajenje kompresorjev. Možna je uporaba adiabatnega hlajenja (uporaba vode za znižanje temperature zraka).

- Ekstremno nizke temperature: Kondenzatorji lahko izgubijo učinkovitost zaradi prenizkega tlaka. Priporočljiva je uporaba regulatorjev kondenzacijskega tlaka ali bypass ventilov.

3.3.4.3 Tehnologije za optimizacijo dinamike delovanja

Sodobni hladilni sistemi vključujejo napredne tehnologije za učinkovito prilagajanje vremenskim spremembam in različnim pogojem:

- **Spremenljivo delovanje kompresorjev** (VSD - Variable Speed Drive): Omogoča prilagoditev hitrosti kompresorja glede na trenutne zahteve po hlajenju.
- **Pametni sistemi za nadzor**: Algoritmi umetne inteligence omogočajo predvidevanje vremenskih sprememb in prilagajanje delovanja sistema vnaprej.
- **Kondenzatorji z visoko učinkovitostjo**: Zasnovani za optimalno delovanje pri širokem razponu zunanjih temperatur, vključno z možnostjo hlajenja z vodo ali adiabatnimi metodami.

Z razumevanjem dinamičnega delovanja sistema in vplivov vremenskih sprememb lahko hladilni sistemi postanejo bolj zanesljivi, energetsko učinkoviti in trajnostni. Optimizacija njihovega odziva na sezonske in trenutne pogoje delovanja je ključna za dolgoročne prihranke in zmanjšanje vpliva na okolje.

3.3.5 Analiza rabe energije

- Poenostavljena raba energije se izračuna z vključitvijo obratovalnih časov in učinkovitosti sistema:

$$E = Q_{skupaj} \times \frac{1}{COP}$$

- E: Raba energije [kWh].
- COP: Koeficient učinkovitosti hladilnega sistema.

3.3.6 Simulacijski modeli in programska orodja

Napredne simulacije omogočajo natančnejšo oceno energetskih potreb. S pomočjo simulacijskih orodij se lahko modelirajo različni scenariji, kot so spremembe vremenskih pogojev, nihanja obremenitev in odziv sistema. To pomaga pri optimizaciji delovanja in izbiri najboljših rešitev za specifične potrebe.

Za natančnejše analize se uporabljajo simulacijska orodja, kot so:

- **EnergyPlus, IDA ICE, TRNSYS**, ali druga programska oprema za energijske simulacije.
- Poenostavljene kalkulacije v Excelu ali podobnih orodjih so ustrezne za manjše sisteme.

3.3.7 Optimizacija

Optimizacija delovanja hladilnic je ključnega pomena za zmanjšanje energetske porabe in obratovalnih stroškov, obenem pa ohranja optimalne pogoje za shranjevanje blaga. Spodaj so podrobnejši opisi metod optimizacije:

3.3.7.1 Uporaba visoko učinkovitih izolacijskih materialov.

Izolacija zmanjšuje toplotne izgube skozi stene, tla, strop in vrata hladilnice, kar neposredno zmanjšuje energetske potrebe.

Dejavniki za izboljšanje izolacije:

- **Materiali z nizko toplotno prehodnostjo (U-vrednostjo):**
 - Poliuretanska pena (PUR): visoka toplotna odpornost, lahka in dolgotrajna.
 - Ekstrudirani polistiren (XPS): odlična odpornost na vlago, primeren za tla.
 - Vakumska izolacijska plošča (VIP): napredna tehnologija z izjemno nizko toplotno prehodnostjo. Omejitvi sta predvsem dve: 1) občutljivost na poškodbe, ki lahko zmanjšajo učinkovitost in 2) višji stroški v primerjavi z drugimi materiali.
 - Kamena volna: dobre izolacijske lastnosti, a ni tako učinkovita pri odpornosti na vlago kot XPS ali PUR.
 - Fenolna pena: ponuja nizko toplotno prevodnost in visoko odpornost na ogenj.
 - Polistiren z dodatki (EPS z grafitom): EPS z dodatkom grafita ima izboljšano izolacijsko sposobnost v primerjavi s standardnim EPS.
- **Debelina izolacije:**
 - Večja debelina zmanjša toplotne izgube, vendar povečuje stroške gradnje. Treba je najti optimalno debelino glede na stroškovno učinkovitost.
- **Tesnjenje in odprava toplotnih mostov:**
 - Posebno pozornost je treba nameniti prehodom cevi, oknom in vratom, kjer lahko nastanejo toplotni mostovi.
 - Uporaba tesnil, avtomatiziranih zapiranj in dvojnih vrat zmanjša infiltracijo zraka.

Material	Toplotna prevodnost [W/mK]	Prednosti	Uporaba
Poliuretanska pena – PUR	0,020 – 0,030	• Lahka in trdna struktura. • Odlična odpornost na vlago. • Dolga življenjska doba brez bistvenega poslabšanja izolacijskih lastnosti.	• Stene, tla in stropi hladilnic. • Pogosto kot paneli z oblogo iz aluminija ali jekla.
Ekstrudirani polistiren – XPS	0,030 – 0,035	• Visoka odpornost na vpijanje vode. • Dolgotrajna učinkovitost v vlažnem okolju.	• Tla hladilnic, kjer je izolacija podvržena težkim obremenitvam. • Robovi in podnožja, kjer obstaja večja možnost vdora vlage.
Vakumska izolacijska plošča – VIP	0,004 – 0,008	• Izjemno visoka izolacijska vrednost na enoto debeline. • Prihranek prostora zaradi tanjše izolacije.	• Specifične aplikacije, kjer je debelina omejena, npr. pri hladilnicah z omejenim prostorom ali mobilnih enotah.
Kamena volna	0,032 – 0,045	• Odporna na visoke temperature (negorljiva). • Dobra zvočna izolacija. • Okolju prijazen material (reciklirljiv).	• Stene ali predeli, kjer je požarna varnost ključnega pomena.
Fenolna pena	0,018 – 0,024	• Zelo nizka toplotna prevodnost. • Odlična odpornost proti ognju in dimu.	• Posebni objekti, kjer so ključne visoke zahteve glede požarne varnosti in toplotne učinkovitosti.
Polistiren z dodatki (EPS z grafitom)	0,030	• Ugodnejši material v primerjavi z naprednejšimi opcijami. • Primeren za različne aplikacije z manjšimi toplotnimi zahtevami	• Manj zahtevne hladilnice ali dodatna izolacija.

Izbira materiala z nizko toplotno prehodnostjo je odvisna od specifičnih potreb hladilnice:

- **Visoka izolacijska učinkovitost:** VIP ali PUR za prostorsko omejene hladilnice.
- **Vlažni pogoji:** XPS ali PUR.
- **Požarna odpornost:** Kamena volna ali fenolna pena.
- **Gospodarnost:** EPS z grafitom za manj zahtevne aplikacije.

Dobro zasnovana izbira izolacijskih materialov bistveno zmanjša energetske potrebe hladilnice in podaljša njeno življenjsko dobo.

3.3.7.2 Optimizacija delovanja sistema

Sodobne hladilnice uporabljajo inteligentne tehnologije za prilagoditev delovanja hladilnega sistema glede na trenutne potrebe in pogoje.

Časovno krmiljenje

- **Dinamika obratovanja:**
 - Hladilni sistem se prilagaja na ure z nižjimi tarifami električne energije (npr. nočni čas).
 - Shranjevanje hladne energije (v obliki ledu ali hlajenja akumulatorjev) za uporabo v konicah.
- **Zmanjšanje obratovalnega časa:**
 - Avtomatizacija zapiranja vrat.
 - Uporaba senzorjev za zaznavanje vstopa in izstopa ljudi ali blaga.

Uporaba obnovljivih virov energije

- **Fotovoltaika (PV):**
 - Uporaba sončnih panelov za napajanje hladilnega sistema.
 - Povezava s sistemi za shranjevanje energije (baterije) za kritje potreb v obdobjih brez sonca.
- **Uporaba geotermalne energije:**
 - Geotermalne toplotne črpalke za zmanjšanje porabe električne energije.
 - Stabilna temperatura pod zemljo zagotavlja učinkovito hlajenje ali odvajanje toplote.

Rekuperacija toplote

- **Izraba odpadne toplote:**
 - Toplota, ki jo oddaja kondenzator hladilnega sistema, se lahko uporabi za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode.
 - Sistemi rekuperacije so posebej učinkoviti v industrijskih hladilnicah, kjer so velike količine odpadne toplote.
- **Integracija s HVAC sistemi:**
 - Sinergija med hlajenjem in ogrevanjem (npr. v trgovinah, kjer je hlajenje izdelkov povezano z ogrevanjem prostora).

3.3.7.3 Pametni sistemi za upravljanje

Uporaba digitalnih tehnologij in senzorjev omogoča natančen nadzor in optimizacijo sistema:

- **Sistemi za spremljanje porabe energije:** Identifikacija izgub in nepravilnosti.
- **Algoritmi umetne inteligence (AI):** Napovedovanje potreb po hlajenju glede na vremenske razmere ali obseg dela.
- **Sistemi SCADA:** Nadzor in zbiranje podatkov v realnem času za učinkovito upravljanje hladilnice.

3.3.7.4 Povzetek možnosti optimizacije hladilnic

Optimizacija hladilnic z uporabo visoko učinkovitih izolacijskih materialov, inteligentnega upravljanja sistema in vključevanjem obnovljivih virov energije prinaša številne koristi. Zmanjšanje toplotnih izgub z uporabo napredne izolacije, skupaj z optimiziranim delovanjem hladilnega sistema, znatno zmanjša energetske porabe. Posledično se zmanjšajo obratovalni stroški, saj bolj učinkoviti sistemi in rekuperacija toplote omogočajo manjšo porabo električne energije, medtem ko časovno krmiljenje dodatno prispeva k prihrankom z delovanjem v času nižjih tarif.

Hladilni sistemi, ki so manj obremenjeni in delujejo enakomerno, imajo daljšo življenjsko dobo, kar zmanjšuje stroške vzdrževanja in pogostost zamenjav opreme. Hkrati takšni sistemi prispevajo k trajnosti in okoljski odgovornosti, saj manjša poraba energije in izraba obnovljivih virov, kot sta fotovoltaika ali rekuperacija toplote, pomembno zmanjšujeta ogljični odtis. S tem se tudi zmanjša vpliv na okolje, kar je v skladu s sodobnimi zahtevami po bolj trajnostnih rešitvah.

Poleg energetske učinkovitosti optimizacija poveča tudi zmogljivost in zanesljivost hladilnic. Inteligentni sistemi omogočajo sprotno prilagajanje delovanja glede na trenutne pogoje, kar zagotavlja stabilno in zanesljivo delovanje brez prekinitve. Uporaba naprednih tehnologij, kot so senzorji, umetna inteligenca in obnovljivi viri energije, omogoča prilagodljivost na prihodnje zahteve, kot so strožja zakonodaja in nove energetske rešitve. Skupaj te izboljšave ustvarjajo energetsko učinkovite, okolju prijazne in dolgoročno stroškovno ugodne hladilniške sisteme, pripravljene na prihodnje izzive.

3.4 Načrtovanje

Metodologija za izračun energetskih potreb hladilnic je ključen proces pri načrtovanju in optimizaciji hladilnih sistemov. Njena naloga je oceniti količino energije, ki jo hladilnica potrebuje za vzdrževanje želenih temperaturnih pogojev v določenem časovnem obdobju. Proces vključuje več korakov, kjer se upoštevajo različni dejavniki, kot so toplotne obremenitve, učinkovitost sistema in vpliv vremenskih pogojev.

Prvi korak je analiza toplotnih obremenitev, ki določajo, koliko toplote mora hladilnica odstraniti, da ohrani zahtevano temperaturo. Sem spada prenos toplote skozi ovojnico, ki je odvisen od izolacijskih materialov in temperaturne razlike med notranjostjo in zunanostjo. Poleg tega se upoštevajo tudi notranji viri toplote, kot so stroji, razsvetljava in toplota, ki jo oddajajo ljudje, toplota zaradi vdora toplega zraka pri odpiranju vrat ter toplota, ki jo oddajajo izdelki med ohlajanjem in skladiščenjem.

Na podlagi te analize se izračuna potrebna moč hladilnega sistema. Skupna toplotna obremenitev, dopolnjena z varnostnim faktorjem za obvladovanje nenadnih obremenitev, omogoča določitev zmogljivosti sistema. Prilagoditev moči sistema sezonskim spremembam, kot so poletne višje in zimske nižje obremenitve, zagotavlja energetsko učinkovitost in zanesljivo delovanje sistema.

Učinkovitost hladilnega sistema, izražena s koeficientom učinkovitosti (COP), ima ključno vlogo pri določanju energetske porabe. Višji COP pomeni manjšo porabo energije za odstranjevanje enake količine toplote. Na učinkovitost vplivajo zasnova sistema, kakovost komponent in temperaturni razpon delovanja. Simulacija delovanja sistema dodatno izboljša natančnost ocene energetskih potreb. S pomočjo simulacijskih orodij se modelirajo različni scenariji, kot so vremenske spremembe, nihanja obremenitev in odziv sistema, kar omogoča optimizacijo delovanja in izbiro najboljših rešitev.

Vremenski in sezonski vplivi so pomemben dejavnik pri določanju energetskih potreb. V poletnih mesecih, ko so zunanje temperature višje, so hladilne obremenitve večje, medtem ko v zimskih mesecih sistem deluje z manjšo močjo. Upoštevanje teh variacij omogoča bolj natančne izračune in učinkovitejše delovanje hladilnice.

Rezultati izračunov omogočajo identifikacijo ukrepov za zmanjšanje porabe energije. Ti lahko vključujejo uporabo visoko učinkovitih izolacijskih materialov, izboljšanje delovanja sistema z naprednimi tehnologijami, kot so inverterški kompresorji, implementacijo časovnega krmiljenja in izkoriščanje obnovljivih virov energije.

Celovit pristop k metodologiji izračuna energetske potreb hladilnic omogoča natančno načrtovanje, energetska učinkovitost, zanesljivost in trajnost delovanja. Skrbno načrtovan sistem ne le zmanjšuje operativne stroške, temveč prispeva tudi k bolj trajnostni rabi virov in manjšemu vplivu na okolje.

4 Razvoj specifične metodologije za hladilnice

Shranjevanje sveže zelenjave predstavlja kompleksno nalogo, ki zahteva natančno kontrolirane pogoje, da bi ohranili kakovost in podaljšali obstojnost proizvodov. Hladilnice igrajo ključno vlogo pri tem procesu, saj zagotavljajo optimalno temperaturo in vlažnost za različno zelenjavo. Vendar pa tradicionalne metode načrtovanja in upravljanja hladilnih sistemov pogosto ne upoštevajo specifičnih zahtev posameznih vrst zelenjave in njihove interakcije z okolico.

S tem poglavjem želimo predstaviti razvoj specifične metodologije, ki bo omogočila natančnejše modeliranje in optimizacijo delovanja hladilnic za shranjevanje zelenjave. Naš cilj je razviti metodologijo, ki bo upoštevala ne le splošne parametre, kot so temperatura in vlažnost, temveč tudi specifične značilnosti različnih vrst zelenjave, njihove interakcije med seboj ter vpliv zunanjih dejavnikov, kot so sezonska nihanja temperature in vlažnosti.

Zakaj je potrebna specifična metodologija? Obstoječe metode za izračun energetske potreb in dimenzioniranje hladilnih sistemov so pogosto preveč generalizirane in ne upoštevajo specifičnih zahtev shranjevanja zelenjave. Posledice tega so lahko:

- **Prevelike energetske izgube:** Nepravilno dimenzionirani sistemi porabijo več energije, kot je potrebno.
- **Kratka obstojnost zelenjave:** Nestabilne temperaturne in vlažnostne razmere lahko povzročijo hitrejšo gnitje in izsuševanje zelenjave.
- **Zmanjšana kakovost:** Nepravilno shranjevanje vpliva na okus, barvo in teksturo zelenjave.
- **Povečane izgube hrane:** Zaradi prehitrega kvarjenja se povečuje količina zavržene hrane.

4.1 Definiranje tipologije hladilnic

1. Po velikosti:

- **Male hladilnice:** Do 50 m³. To so običajno manjše hladilnice v trgovinah, gostinskih objektih ali manjših proizvodnih podjetjih.
- **Srednje velike hladilnice:** Od 50 do 200 m³. To so hladilnice srednje velikosti, ki se uporabljajo v večjih trgovinah, skladiščih in proizvodnih halah.
- **Velike hladilnice:** Nad 200 m³. To so velike industrijske hladilnice, ki se uporabljajo za shranjevanje velikih količin hrane ali drugih izdelkov.

2. Po namenu:

- **Hladilnice za shranjevanje sveže hrane:** Hladilnice za shranjevanje sadja, zelenjave, mesa, mleka in drugih svežih živil.
- **Hladilnice za zamrzovanje:** Hladilnice za shranjevanje zamrznjenih živil.
- **Hladilnice za posebne namene:** Hladilnice za shranjevanje zdravil, kemikalij, krvi itd., ki zahtevajo zelo specifične pogoje.

3. Po vrsti skladiščenega blaga:

- **Hladilnice za sadje in zelenjavo:** Hladilnice za shranjevanje različnih vrst sadja in zelenjave.
- **Hladilnice za meso in mesne izdelke:** Hladilnice za shranjevanje svežega in predelanega mesa.
- **Hladilnice za mleko in mlečno izdelke:** Hladilnice za shranjevanje mleka, sira, jogurta in drugih mlečnih izdelkov.
- **Hladilnice za zamrznjeno hrano:** Hladilnice za shranjevanje zamrznjenega sadja, zelenjave, mesa, rib in drugih živil.

Dodatni parametri za natančnejšo klasifikacijo:

- **Temperatura:** Različna živila zahtevajo različno temperaturo shranjevanja.
- **Vlažnost:** Vlažnost je pomemben parameter za ohranjanje kakovosti nekaterih živil.
- **Atmosfera:** Nekatera živila zahtevajo posebno atmosfero (npr. z nizko vsebnostjo kisika) za ohranitev svežine.
- **Oprema:** Različne hladilnice imajo lahko različno opremo, kot so police, palete, ventilatorji, itd.
- **Energetski vir:** Hladilnice lahko uporabljajo različne energetske vire (elektrika, plin, itd.).

Zakaj je pomembna podrobna tipologija?

- **Natančnejše analize:** Omogoča bolj natančno analizo energetskih potreb posameznih tipov hladilnic.
- **Prilagojene rešitve:** Omogoča razvoj prilagojenih rešitev za različne tipe hladilnic.
- **Lažje primerjave:** Omogoča lažje primerjave med različnimi tipi hladilnic.
- **Boljše načrtovanje:** Omogoča boljše načrtovanje energetske učinkovitih hladilnic.

S to podrobno tipologijo bomo lahko razvili bolj natančne modele porabe energije za posamezne tipe hladilnic in s tem prispevali k bolj učinkovitemu upravljanju z energijo v hladilni verigi.

4.2 Upoštevanje specifičnih parametrov v malih hladilnicah za shranjevanje zelenjave

Ohranjanje svežine zelenjave je ključno tako za potrošnike kot tudi za proizvajalce. Hladilnice igrajo pri tem ključno vlogo, saj zagotavljajo optimalne pogoje za shranjevanje in s tem podaljšajo obstojnost izdelkov. V tem poglavju bomo analizirali specifične zahteve, ki jih postavljajo hladilnice za shranjevanje različnih vrst zelenjave. Obravnavali bomo vpliv temperature, vlažnosti, osvetlitve in drugih dejavnikov na kakovost shranjene zelenjave. Prav tako bomo predstavili različne tipe hladilnic za zelenjavo ter se poglobili v njihove energetske potrebe. S tem želimo prispevati k boljšemu razumevanju teh sistemov in k razvoju energetske učinkovitih rešitev za shranjevanje zelenjave.

Specifične značilnosti hladilnic za zelenjavo

- **Temperaturna nihanja:** Zelenjava je občutljiva na temperaturna nihanja, zato je potrebno zagotoviti čim bolj stabilno temperaturo.
- **Vlažnost:** Optimalna vlažnost je ključna za ohranjanje svežine zelenjave. Previsoka vlažnost lahko povzroči gnitje, prenizka pa izsuševanje.
- **Kroženje zraka:** Zagotoviti je treba enakomerno kroženje zraka, da se preprečijo temperaturne razlike in kondenzacija.

- **Osvetlitev:** Zelenjava je občutljiva na svetlobo, zato je treba zagotoviti minimalno osvetlitev ali celo popolno temo.
- **Etilen:** Nekatera vrsta zelenjave proizvaja etilen, ki pospešuje zorenje. Zato je pomembno, da se različna vrsta zelenjave shranjuje ločeno.

Hladilnice za zelenjavo lahko razdelimo na podlagi:

- **Vrste zelenjave:**
 - **Listnata zelenjava:** Špinača, solata, blitva
 - **Koreninska zelenjava:** Korenje, pesa, krompir
 - **Plodovi:** Paradižnik, paprika, kumare
 - **Tropsko sadje:** Banane, ananas, mango
- **Načina shranjevanja:**
 - **V škatlah:** Za shranjevanje manj občutljive zelenjave.
 - **Na policah:** Za shranjevanje občutljive zelenjave, ki zahteva boljšo zračnost.
 - **V posodah z vodo:** Za shranjevanje zelenjave, ki hitro izgublja vlago.

Energetske potrebe

Energetske potrebe hladilnic za zelenjavo so odvisne od številnih dejavnikov, med drugim:

- **Velikosti hladilnice:** Večje hladilnice porabijo več energije.
- **Izolacije:** Debelina in kakovost izolacije vplivajo na izgube toplote.
- **Temperaturne razlike:** Večja kot je temperaturna razlika med notranjostjo in zunanostjo hladilnice, več energije je potrebne za ohlajanje.
- **Vlažnosti:** Vzdrževanje optimalne vlažnosti zahteva dodatno porabo energije.
- **Opreme:** Vrsta in število hladilne opreme vpliva na porabo energije.
- **Zunanji pogoji:** Temperatura in vlažnost okolice vplivajo na porabo energije.

Metodologija za izračun energetskih potreb - koncept

Za izračun energetskih potreb hladilnic za zelenjavo lahko uporabimo različne metode, med drugim:

- **Empirične metode:** Te metode temeljijo na statistični analizi podatkov o porabi energije podobnih hladilnic.
- **Simulacijske metode:** S pomočjo simulacijskih orodij lahko modeliramo obratovanje hladilnice in natančno izračunamo porabo energije.
- **Meritve:** Neposredne meritve porabe energije v realnih pogojih so najbolj zanesljiv način za določitev energetskih potreb.

Za ta namen priporočamo, da za izračun energetskih potreb hladilnic za zelenjavo uporabimo kombinacijo empiričnih in simulacijskih metod. Empirične metode nam bodo omogočile hitro oceno porabe energije, simulacijske metode pa bodo omogočile bolj natančno analizo in optimizacijo sistema. Te aktivnosti so bile opravljene v vzporednih aktivnostih projekta.

4.2.1 Temperaturna nihanja

- **Optimalna temperatura:** Večina zelenjave se najbolje ohranja pri temperaturi med 0°C in 5°C. Nekatera bolj občutljiva zelenjava, kot so solate in špinača, zahteva še nižje temperature.

- **Nihanja temperature:** Tudi majhna temperaturna nihanja lahko vplivajo na kakovost zelenjave. Hitra sprememba temperature lahko povzroči kondenzacijo vlage na površini zelenjave, kar spodbuja razvoj plesni in bakterij.
- **Vzroki za nihanja:** Nihanja temperature lahko povzročijo odpiranje vrat, neenakomerno hlajenje ali okvare hladilnega sistema.

4.2.2 Vlažnost

- **Optimalna vlažnost:** Optimalna vlažnost je odvisna od vrste zelenjave. Listnata zelenjava zahteva višjo vlažnost (90-95%), medtem ko koreninska zelenjava potrebuje nižjo vlažnost (85-90%).
- **Vpliv previsoke vlažnosti:** Previsoka vlažnost lahko povzroči gnitje, kondenzacijo in razvoj plesni.
- **Vpliv prenizke vlažnosti:** Prenizka vlažnost povzroči izsuševanje zelenjave, izgubo teže in poslabšanje okusa.

4.2.3 Kroženje zraka

- **Enakomerna porazdelitev temperature:** Enakomerno kroženje zraka zagotavlja, da je temperatura v celotnem prostoru enaka in preprečuje nastanek hladnih ali toplih točk.
- **Preprečevanje kondenzacije:** Dobro kroženje zraka preprečuje nastanek kondenzacije na površinah, kar zmanjšuje možnost razvoja mikroorganizmov.
- **Odstranjevanje etilena:** Kroženje zraka pomaga odstraniti etilen, plin, ki ga sprošča zoreča zelenjava in pospešuje staranje.

4.2.4 Osvetlitev

- **Vpliv svetlobe:** Svetloba pospešuje proces fotosinteze in zorenja. Pri shranjevanju zelenjave je zato potrebno zagotoviti čim manjšo osvetlitev ali celo popolno temo.
- **Umetna osvetlitev:** Če je potrebna umetna osvetlitev za delo v hladilnici, je priporočljiva uporaba rdeče ali oranžne svetlobe, saj je ta manj škodljiva za zelenjavo.

4.2.5 Etilen

- **Vpliv etilena:** Etilen je plin, ki ga sproščajo številne vrste sadja in zelenjave med zorenjem. Pospešuje proces zorenja in staranja, zato je pomembno, da se različna vrsta zelenjave shranjuje ločeno.
- **Občutljivost zelenjave:** Nekatera zelenjava je bolj občutljiva na etilen kot druga. Zato je pomembno poznati, katere vrste zelenjave je treba shranjevati ločeno.

4.2.6 Dodatni dejavniki, ki vplivajo na shranjevanje zelenjave:

- **Vrsta embalaže:** Embalaža mora biti zračna in omogočati izmenjavo zraka, hkrati pa ščititi zelenjavo pred poškodbami.
- **Zrelost ob obiranju:** Zelenjava, ki je obrana prezgodaj ali prepozno, se bo hitreje pokvarila.
- **Bolezni in poškodbe:** Poškodovano ali bolno zelenjavo je treba odstraniti, saj lahko hitro okuži tudi zdravo zelenjavo.

