

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**PRIMERJAVA SODOBNIH PREZRAČEVALNIH
SISTEMOV NA PRIMERU ENOSTANOVANJSKE
HIŠE**

Kandidat: Robert Butolo

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: dr. Ksenija Golob

Mentor v podjetju: Bojan Jeznik, inž. gradb.

Lektor: Ana Žagar, mag. prof. slov. j. in knj.

Maribor, 2019

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Robert Butolo sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava sodobnih prezračevalnih sistemov na primeru enostanovanjske hiše, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Ksenije Golob.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Muta, april 2019

Podpis študenta:

ZAHVALA

Posebej se zahvaljujem predavateljici, dr. Kseniji Golob, ker me je sprejela pod mentorstvo in me vodila v pravi smeri pri pripravi diplomskega dela. Za vso pomoč se zahvaljujem tudi pomočnici mentorice, Patriciji Sakelšek, dipl. inž. gr., za vodenje in podpiranje pri izvedbi diplomskega dela.

Tudi mentorju v podjetju, gospodu Bojanu Jezniku, inž. gradb., gre velika zahvala, saj mi je s svojimi dolgoletnimi izkušnjami veliko svetoval pri pripravi diplomskega dela.

Zahvala za pomoč pri izdelavi načrta prezračevalnega sistema in terenske ogled gradbišča, kjer so nastale slike, ki sem jih uporabil v diplomskem delu, gre podjetju Miktra d. o. o.

POVZETEK

Pri pripravi diplomskega dela sem uporabil znanje iz prakse, ker sem zaposlen v gradbenem podjetju in se s projektno dokumentacijo in prezračevalnimi sistemi pogosto srečujem na gradbiščih. V veliko korist mi je bilo tudi usvojeno znanje, ki sem ga pridobil pri izobraževanju na višji strokovni šoli, saj smo imeli pri vsakem predmetu možnost sodelovati na strokovnih ekskurzijah, kjer smo pridobili tudi praktične izkušnje.

Namen diplomskega dela je s pomočjo virov in strokovne literature prikazati, kaj vse potrebujemo za gradnjo enodružinske hiše in kakšen je potek prezračevanja s sodobnimi prezračevalnimi sistemi.

V prvem delu diplomskega dela sem predstavil področje, za katero sem se odločil. Na podlagi strokovne literature sem opisal metodološka pojasnila za enodružinsko hišo in prezračevanje. Predstavil sem vso projektno dokumentacijo, ki je potrebna za gradnjo hiše. Predstavil sem tudi novo tehnologijo, ki se dokaj hitro uveljavlja v gradbeništvu po svetu – BIM (angl. Building Information Modeling), informacijsko modeliranje stavb.

Pri sodobnih enodružinskih hišah je pogosto zaželena vgradnja prezračevalnega sistema, zato sem v drugem delu diplomskega dela navedel, kdaj je treba začeti razmišljati o vgradnji prezračevalnega sistema, njegovem načrtovanju in vzdrževanju. Prezračevalni sistem brez vzdrževanja ne deluje ustrezno. To je zelo pomembno, saj olajša delovanje prezračevalnega sistema ter ga ohranja prijaznega okolju in zdravju uporabnikov.

V tretjem poglavju diplomskega dela sem predstavil vpliv prezračevanja na človekovo počutje in proučil pravila prezračevanja, učinkovitost prezračevanja in kakovost zraka. V istem poglavju sem proučeval ekonomičnost kurjave, saj je tako iz literature kot prakse razvidno, da je boljši toplotni izkoristek, če je v hiši prezračevalni sistem. Opisal sem tudi, kakšna je optimalna vlažnost v hiši in kakšen je njen vpliv, kadar imamo v hiši vgrajen prezračevalni sistem.

V četrtem poglavju diplomskega dela sem predstavil vrste prezračevalnih sistemov in vzroke, zakaj je prezračevalni sistem potreben in na kakšen način je potekalo prezračevanje v hišah nekoč.

V zaključku diplomskega dela oziroma v petem poglavju sem izvedel primerjavo sodobnih prezračevalnih sistemov ter predstavil delovanje obeh prezračevalnih sistemov, njune prednosti

in glavne karakteristike. Prikazal sem nabavo in montažo prezračevalnega sistema za obravnavano hišo.

Ključne besede: enodružinska hiša, objekt, prezračevalni sistem, prezračevanje, svež zrak.

ABSTRACT

COMPARISON OF MODERN VENTILATION SYSTEMS IN THE CASE OF SINGLE-DWELLING HOUSE

When writing the diploma thesis, I utilized the practical knowledge that I have gained by working for a construction company, where I frequently come into contact with project documentation and ventilation systems. The knowledge I have obtained at the Technical College, where every subject gave us the chance to participate in study trips and gain valuable practical experience, was also very useful.

The purpose of this diploma thesis was to demonstrate what is needed for building a single-family house and equipping it with a modern ventilation system based on a review of sources and specialized literature. In the thesis I introduced and compared the different ventilation systems currently on the market. I described the advantages of modern ventilation systems and chose the most suitable one for the project of a single-family house.

I began by introducing my chosen field of work. Based on specialized literature, I explained the methodological procedures for building a single-family house and its ventilation system, and described the project documentation. I also described the new technology, which has quickly established itself in the construction industry all over the globe, called BIM – Building Information Modeling. I used BIM in the project of a single-family house with a built-in ventilation system. I hand-picked and mapped the ventilation system in a separate blueprint while designing the house. I used specialized literature and blueprints obtained from the company Miktra d.o.o.

Modern single-family houses generally require a built-in ventilation system. Hence the second part of the diploma thesis is focused on guidelines regarding when we need to start thinking about the installation, planning and maintenance of a ventilation system. In order to properly design and plan a ventilation system, we must decide on its installation while designing the house. The ventilation system cannot function appropriately without proper maintenance, which is also crucial for keeping the system friendly to the environment and our health.

In the third part of the thesis, I focused on the effects of ventilation on the general wellbeing of its users by studying the rules on ventilation, the quality of air and the effectiveness of ventilation. I also researched the economy of heating, since literature and practice both suggest

that a ventilation system increases the thermal efficiency of a residence. I described the ideal indoor humidity and its effects if a ventilation system has been built in.

In the fourth part of the thesis, I focused on the types of ventilation systems currently on the market, and on the reasons for owning a ventilation system. I also explained what ventilation looked like in the past.

In the conclusion, I compared the modern ventilation systems, specifically the local and central ventilation systems, and presented their operation, advantages and main characteristics. I also demonstrated the process of purchasing and installing a ventilation system for the project of a single-family house.

Keywords: single-family house, structure, ventilation system, ventilation, fresh air.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	12
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA.....	12
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	13
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	13
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	14
2	OPIS OBRAVNAVANE ENOSTANOVANJSKE HIŠE IN NAČRT PREZRAČEVALNEGA SISTEMA.....	15
2.1	METODOLOŠKA POJASNILA	15
2.1.1	Enodružinska hiša	15
2.1.2	Od nakupa zemljišča do prodaje objekta	16
2.1.3	Načrtovanje objekta po sistemu BIM	17
2.2	NAČRT PREZRAČEVANJA	18
2.2.1	Pravi čas odločitve za prezračevalni sistem	18
2.2.2	Projektiranje prezračevalnih sistemov	19
2.2.3	Tehnične zahteve za prezračevalne sisteme	20
2.3	VZDRŽEVANJE, ČIŠČENJE IN SERVIS PREZRAČEVALNEGA SISTEMA	20
2.3.1	Vzdrževanje prezračevalnih sistemov	21
2.3.2	Čiščenje prezračevalnih sistemov	23
2.3.3	Servis prezračevalnih sistemov	26
3	PREZRAČEVANJE IN BOLJŠE POČUTJE TER EKONOMIČNOST SISTEMA	28
3.1	PRAVILNO PREZRAČEVANJE PROSTORA	28
3.2	UČINKOVITOST PREZRAČEVANJA.....	29
3.2.1	Vsebinska učinkovitost prezračevanja.....	29
3.2.2	Značilne škodljive primesi in njihova razporeditev v prezračevanih sobah	30
3.3	SPLOŠNE DOLOČBE IZ PRAVILNIKA O PREZRAČEVANJU.....	34
3.3.1	Kakovost zraka.....	34
3.3.2	Toplotno okolje	36
3.4	KAKOVOST ZRAKA V NOTRANJIH PROSTORIH	37
3.4.1	Toplotno ugodje	37
3.4.2	Prašni delci v prostorskem zraku.....	38
3.5	ZAGOTAVLJANJE SVEŽEGA ZRAKA BREZ IZGUBE TOPLOTE	39
3.6	EKONOMIČNOST KURJAVE.....	40
3.7	RACIONALNO VARČNO PREZRAČEVANJE	40
3.7.1	Racionalno najvarčnejša prezračevalna naprava	41
3.7.2	Prezračevanje z rekuperacijo toplote je racionalno in varčno	41

3.7.3	Varčno decentralno senzorsko prezračevanje na bazi kontrole vlage (higrosenzibilno prezračevanje)	43
3.8	PREZRAČEVALNI SISTEM IN VPLIV VLAGE.....	44
3.8.1	Optimalni pogoji vlage v hiši	44
3.9	UGOTOVLJENE KARAKTERISTIKE PREZRAČEVANJA.....	45
4	RAZLIČNE MOŽNOSTI PREZRAČEVANJA	47
4.1	NARAVNO PREZRAČEVANJE ALI PREZRAČEVANJE Z ODPIRANJEM OKEN	47
4.2	MEHANSKO ALI PRISILNO PREZRAČEVANJE	48
4.2.1	Podtlačno prezračevanje.....	49
4.2.2	Prezračevanje z rekuperacijo.....	50
4.3	BOLJŠE KARAKTERISTIKE IN NAMEN UPORABE PRISILNEGA PREZRAČEVANJA.....	51
5	PRIMERJAVA CENTRALNEGA IN LOKALNEGA PREZRAČEVALNEGA SISTEMA.....	53
5.1	PRIMER LOKALNEGA PREZRAČEVANJA	53
5.1.1	Nove tehnologije in izboljšave lokalnega prezračevalnega sistema Lunos	53
5.1.2	Delovanje lokalnega prezračevalnega sistema Lunos	54
5.1.3	Decentralizirano prezračevanje z rekuperacijo, ki je pogosto izvedeno kot hibridno prezračevanje z delno rekuperacijo	55
5.1.4	Prednosti lokalnega prezračevalnega sistema.....	57
5.2	PRIMER CENTRALNEGA PREZRAČEVANJA	57
5.2.1	Delovanje centralnega prezračevalnega sistema	58
5.2.2	Nameščanje posameznih delov prezračevalnega sistema.....	59
5.2.3	Prednosti centralnega prezračevalnega sistema.....	61
5.3	VGRADNJA PREZRAČEVALNEGA SISTEMA V OBRAVNAVANO HIŠO.....	61
6	SKLEP.....	65
7	VIRI; LITERATURA.....	67
8	PRILOGE	73

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIMER UMAZANIH FILTROV PRED ČIŠČENJEM.....	23
SLIKA 2: PRIMER FILTROV PO ČIŠČENJU.....	23
SLIKA 3: STANJE PO MOKREM KEMIJSKEM ČIŠČENJU	24
SLIKA 4: MOKRO KEMIJSKO ČIŠČENJE.....	25
SLIKA 5: PRIMER SUHEGA ČIŠČENJA Z ROTACIJSKO KRTAČO.....	26

SLIKA 6: ZRAČENJE Z ODPIRANJEM OKEN IN VRAT (NARAVNO PREZRAČEVANJE).....	29
SLIKA 7: PORAZDELITEV KONCENTRACIJ V SOBI Z IZOTERMNIM DVORAZSEŽNIM TOKOM IN VIRI ŠKODLJIVIH PRIMESI, KI POKRIVAJO CELOTEN POD.....	31
SLIKA 8: PORAZDELITEV KONCENTRACIJE ŠKODLJIVIH PRIMESI PRI RAZLIČNIH NAMESTITVAH VIRA ŠKODLJIVIH PRIMESI.....	32
SLIKA 9: MEDSEBOJNI VPLIV OSEB IN VIRA ŠKODLJIVIH PRIMESI Q.....	33
SLIKA 10: ČLOVEKOV VPLIV NA PORAZDELITEV KONCENTRACIJ.....	34
SLIKA 11: RACIONALNO IN VARČNO PREZRAČEVANJE	41
SLIKA 12: PRIMER CENTRALNEGA PREZRAČEVALNEGA SISTEMA LUNOS	54
SLIKA 13: CENTRALNI PREZRAČEVALNI SISTEM.....	59
SLIKA 16: KURILNICA, KJER JE NAMEŠČENA PREZRAČEVALNA NAPRAVA	60
SLIKA 14: NAMESTITEV TALNIH VODOV PREZRAČEVALNEGA SISTEMA	60
SLIKA 15: NAMESTITEV STROPNIH VODOV PREZRAČEVALNEGA SISTEMA	60
SLIKA 17: ODVOD ZRAKA SKOZI REŽE V VRATIH	61
SLIKA 18: PREZRAČEVALNA NAPRAVA AERONOM WS 250 IN OPIS NJENIH SESTAVNIH DELOV	64

KAZALO TABEL

TABELA 1: OZNAKE UČINKOVITOSTI PREZRAČEVANJA	29
TABELA 2: DOPUSTNE KONCENTRACIJE NOTRANJNH ONESNAŽEVALCEV ZRAKA.	35
TABELA 3: NAČRTOVANA HITROST ZRAKA.....	36
TABELA 4: RAZVRSTITEV ODOČNEGA ZRAKA.....	49
TABELA 5: PREGLED NAČINOV REKUPERACIJE TOPLOTE IN NAČINOV IZMENJEVALCA	50
TABELA 6: VGRAJENI DELI CENTRALNE PREZRAČEVALNE NAPRAVE AERON WS 250 OBRAVNAVANE HIŠE	62

SEZNAM OKRAJŠAV

BIM – informacijsko modeliranje stavb (angl. Building Information Modeling)

DENA – nemška državna agencija za energijo

d. o. o. – družba z omejeno odgovornostjo

Higrosenzibilno prezračevanje – mehansko prezračevanje s senzorsko kontrolo vlage

IDP – idejni projekt

IDZ – idejna zasnova

NEH – nizkoenergetska hiša

PGD – projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja

PID – projekt izvedenih del

PZI – projekt za izvedbo

TI – toplotna izolacija

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Odkar obstaja človek, ima bivalne prostore, kjer preživi veliko svojega časa. Včasih so bili prostori v jamah ali si je človek naredil zavetišče v gozdu itd. Po določenem časovnem obdobju je človek začel spoznavati gradbene materiale. S spoznavanjem teh si je gradil zavetišča in bivalni prostori so postali tudi bolj toplotno izolativni. Zaradi boljše TI se je začelo uporabljati prezračevanje/zračenje.

Z viri iz strokovne literature sem v teoretičnem delu diplomskega dela proučil metodološka pojasnila za enodružinsko hišo in prezračevalni sistem ter vso potrebno dokumentacijo, od nakupa zemljišča do predaje objekta. S pomočjo strokovne literature sem prikazal načrtovanje prezračevalnega sistema, pravilno prezračevanje prostora, učinkovitost prezračevanja, kakovost zraka v notranjih prostorih, ekonomičnost kurjave in vpliv vlage z uporabo prezračevalnega sistema.

V praktičnem delu diplomskega dela sem predstavil skupinsko delo, ki smo ga opravljali s sošolci na višji strokovni šoli. Kot skupina smo si izbrali hišo, ki se je pri samostojnem delu diplomskega dela nisem odločil obravnavati, saj ni imela vgrajenega prezračevalnega sistema. Odločil sem se, da bom obravnaval gradnjo svoje enodružinske hiše, ki bo imela vgrajen prezračevalni sistem. V skupini smo pripravili projektno dokumentacijo za stanovanjsko hišo. Z delom skupine sem bil zelo zadovoljen, saj smo si naloge ustrezno in pošteno razdelili. To je potekalo tako, da se je vsak našel v delu, ki mu je najbolj ustrezalo ali se je z njim že srečal. Tako smo člani skupine svoje delo naredili v dogovorjenem roku, ustrezno in brez težav.

V diplomskem delu sem s pomočjo strokovne literature, člankov in spletnih virov proizvajalcev predstavil različne možnosti prezračevanja, ugotavljal njihove karakteristike in na koncu naredil primerjavo centralnega in lokalnega prezračevalnega sistema.

V bivalnem prostoru moramo skrbeti, da imamo vedno čist zrak, da nam je v prostorih prijetnejše bivanje, kar vpliva na naše počutje. Normalno je, da zračimo vse prostore v domu, le da tiste, v katerih se zadržujemo največ, najbolj prezračujemo. S tem pridobimo svež zrak in se izognemo vlagi.

Prezračevanje obstaja že od nekdaj. Ko so bili objekti slabše toplotno izolirani, so se prezračevali sami (jame, zavetišča v gozdu). Ko so se pojavili gradbeni materiali, je nastalo tudi klasično prezračevanje objektov, kar pomeni zračenje z odpiranjem oken, ki se pogosto

prakticira še danes. Poznamo tudi sodobne (umetne) načine prezračevanja, ki so se najprej začeli uporabljati v večjih objektih in javnih ustanovah. Danes je prezračevalni sistem zelo pogost pri gradnji novih hiš, saj je zelo funkcionalen in praktičen. V diplomskem delu sem predstavil primerjavo sodobnih prezračevalnih sistemov. Kot primer sem si izbral enostanovanjsko hišo.

Primerjavo sem predstavil zato, da se bodo investitorji znali lažje odločiti, kateri način prezračevanja vgraditi v svojo hišo. Potencialnim investitorjem želim predstaviti prednosti prezračevalnih sistemov in ekonomski vidik investicije.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je predstaviti postopek gradnje enodružinske hiše. S pomočjo strokovnih virov in literature želim dokazati, da za gradnjo enodružinske hiše, ki ima vgrajen prezračevalni sistem, potrebujemo projektno dokumentacijo in da je o vgradnji prezračevalnega sistema treba razmišljati že pri načrtovanju hiše. Na podlagi ugotovitev želim spodbuditi potencialne graditelje hiš, naj bodo na to dejstvo pozorni.

Namen je predstaviti tudi, da prezračevanje hiše vpliva na boljše počutje uporabnika. Sodobni prezračevalni sistemi so zaslužni za čist zrak v hiši.

Domnevam, da je prezračevalni sistem z ekonomičnega vidika ustrežnejši kot prezračevanje z odpiranjem oken, ki povzroča tudi več vlage v hiši.

Domnevam tudi, da s primerno primerjavo tehničnih karakteristik prezračevalnih sistemov ugotovimo, kateri sistem je boljši za vgradnjo v obravnavano enodružinsko hišo.

Na podlagi ugotovitev želim potencialne graditelje hiš spodbuditi k vgradnji in uporabi prezračevalnih sistemov.

Cilj diplomskega dela je prikazati prednosti prezračevanja na osnovi teoretičnih spoznanj in opravljenih primerjav ter dokazati, da v bivalnih prostorih čist zrak, z manj vlage, pripomore k boljšemu počutju ter obenem prispeva k večji ekonomičnosti ogrevanja pri uporabi prezračevalnega sistema.

1.3 Predpostavke in omejitve

Ugotavljam, da sem imel zaradi aktualnosti teme diplomskega dela veliko literature. Omejil sem se na prezračevanje enodružinske hiše.

Največ omejitev sem imel pri prikazu različnih možnosti prezračevalnih sistemov, saj je veliko proizvajalcev prezračevalnih naprav, ki svoje proizvode reklamirajo z namenom prodaje in predstavljajo samo prednosti svojega produkta. Zato sem si pri raziskavi pomagal s članki, diplomskimi nalogami in drugo strokovno literaturo, ki je na spletu veliko.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Metoda, ki sem jo uporabil, je komparativna, kar pomeni, da sem raziskoval in primerjal sodobne prezračevalne sisteme, z namenom odkrivanja podobnosti in razlik. V diplomskem delu sem se posvetil problematiki, oviram, prednostim itd. sodobnih prezračevalnih sistemov na primeru enodružinske hiše.

2 OPIS OBRAVNAVANE ENOSTANOVANJSKE HIŠE IN NAČRT PREZRAČEVALNEGA SISTEMA

2.1 Metodološka pojasnila

V definicijah in pojasnilih Statističnega urada Republike Slovenije je enodružinska hiša stavba, ker je stavba vsak gradbeni objekt. Definicija stavbe pravi, da je stavba vsak gradbeni objekt s štirimi samostojnimi zidovi, z enim ali več vhodov. Zgrajen je z namenom prebivanja, opravljanja katere koli dejavnosti ali hranjenja materialnih dobrin. Za graditev vsakega objekta potrebujemo gradbeno dovoljenje (Statistični urad RS, 2002).

Stanovanjska stavba z vsaj enim stanovanjem je tudi gradbeni objekt. Tudi individualna hiša je stavba, ki sama stoji na zemljišču (samostojno stoječa hiša). Četudi je v njej več kot samo eno stanovanje, po osnovnem načinu gradnje ni večstanovanjska, čeprav je lahko v njej več kot le eno stanovanje (prav tam).

Glede na namen stavbe in število stanovanj je opredeljena vrsta stavbe. Stavbe so razvrščene v štiri skupine:

- enostanovanjska hiša (enodružinska hiša) je hiša, ki ima eno stanovanje;
- dvostanovanjska hiša je hiša, ki ima dve stanovanji;
- tri- ali večstanovanjska stavba je stavba, ki ima tri ali več stanovanj;
- nestanovanjski in drugi objekti so stavbe, ki se večinoma uporabljajo za nestanovanjske namene (šole, poslovni prostori, domovi vseh vrst) (prav tam).

Prezračevalni sistem enodružinske hiše omogoča izmenjavo zraka v prostorih, in sicer tako, da odtočni zrak izmenjamo z zunanjim in dosežemo njegovo čistost, svežino ter ugodje oseb v prostorih hiše (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

2.1.1 Enodružinska hiša

Enodružinska hiša je običajno preprosta pritlična hiša z enim nadstropjem ali mansardo. Streha enodružinske hiše je lahko dvokapnica ali štirikapnica itd., odvisno od prostorskega akta. Hiša je lahko tudi podkletena, kar je velikokrat odvisno od lege parcele. Če je ta na brežini, je po navadi v kletnih prostorih garaža (Žiher hiše, b. d.).

Vse bolj priljubljene pri sodobnih gradnjah so tudi enodružinske hiše z ravno streho. To so hiše, ki imajo namesto strešne konstrukcije in kritine AB ploščo s pripadajočo ustrezno sestavo po

plasteh. Za takšno gradnjo se ne moremo odločiti povsod, saj je v nekaterih naseljih predpisana oblika strehe hiše, ki je določena v prostorskem aktu (prav tam).

Danes se gradi veliko sodobnih stanovanjskih hiš, s sodobnim in privlačnim videzom. Veliko pozornost pritegnejo njihove jasne in dolge linije. Te izstopajo po svojih nekonvencionalnih oblikah, saj jih največkrat sestavljajo kockaste ali kvadrataste oblike, štrleče iz osnovnega skeleta hiše. Premišljeno zasnovani so njihovi načrti, ki nudijo popolno udobje bivanja, saj so prostori v takih hišah svetli, funkcionalno razporejeni in zračni. Sodobne hiše se izdelujejo po najsodobnejših arhitekturnih smernicah in z uporabo visokokakovostnih materialov (prav tam).

2.1.2 Od nakupa zemljišča do predaje objekta

V obravnavanem primeru gre za enodružinsko hišo. Za gradnjo je bilo treba pridobiti vsa dovoljenja in projektno dokumentacijo (dokumentacija je bila pridobljena še po stari zakonodaji, saj je nova veljavna šele od 1. 6. 2018):

- Ob nakupu parcele je bil potreben vpis zemljišča v zemljiško knjigo.
- Nato je sledilo pridobivanje lokacijske informacije, ki je dokument, za katerega vlogo oddamo na upravni enoti ali občini, kjer se zemljišče nahaja. V njej so zapisani pogoji in omejitve iz prostorskih aktov.
- Na podlagi lokacijske informacije projektant izdelava idejno zasnovo (IDZ). Z IDZ pridobimo projektna soglasja za priključitev pristojnih soglasodajalcev.
- Sledi izdelava idejnega projekta (IDP), ki nam poda način najboljše možnosti izvedbe oziroma način izvedbe objekta.
- Nato sledi pridobitev projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), s katerim pridobimo gradbeno dovoljenje.
- Potem je sledila izdelava projekta za izvedbo (PZI). Po njegovi pridobitvi se lahko začne izvajanje gradnje.
- Projekt izvedenih del je projekt izvedenih del (PID). Tega priložimo vlogi za pridobitev uporabnega dovoljenja objekta (Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008).

Projektno dokumentacijo sestavljajo vodilna mapa, načrti in elaborati (ko gre za posebnosti posamezne vrste objekta ali lokacije). Vsi dokumenti, ki sestavljajo vodilno mapo, morajo biti zapisani v slovenščini in vstavljeni v formatu A4 (če so večjega formata, se zložijo na A4). V projektni dokumentaciji mora biti vodilna mapa označena s številko »0«. Njena naslovna stran že govori o ključnih podatkih in udeležencih pri projektu (prav tam).

Ko investitor pridobi projektno dokumentacijo, začne postopek izbire izvajalca. V diplomskem delu sem glede na obravnavano hišo potencialnim izvajalcem poslal povabilo k oddaji ponudbe. Nato sem se odločil za meni najustrežnejšega, najbližjega in najboljšega ponudnika, katerega ponudbo prilagam v Prilogi 1.

Po izbiri izvajalca investitor z njim sklene gradbeno pogodbo. Po podpisu pogodbe izvajalec začne gradnjo hiše. Nato se po izpolnitvi pogodbenih obveznosti izvede tehnični pregled. Ko je uspešno izveden tehnični pregled, se objekt preda investitorju (prav tam).

Na vajah smo delali v skupinah in vsak je imel svojo nalogo, kar pomeni, da je moral vsak v obravnavano hišo vnesti neko novost. V primeru, ki smo ga obravnavali v skupini, smo na parceli že imeli obstoječ objekt. To je bil vodnjak, ki ga je bilo treba porušiti. Zato smo v skupini pripravili postopek porušitve obstoječega objekta in načrt gospodarjenja z gradbenimi odpadki, ki je izdelan po predpisih o ravnanju z odpadki, nastalimi pri gradbenih delih, kot govori 25. člen Pravilnika o projektni dokumentaciji (Pravilnik o projektni dokumentaciji, 2008).

Izdelali smo tudi terminski načrt izvedbe novega objekta, ki se v praksi po navadi zamakne (slabo vreme, dobava materiala). Moja naloga je bila priprava načrta organizacije gradbišča, ki sem ga nato spremenil za obravnavano hišo (primer načrta organizacije gradbišča je priložen v Prilogi 2), in varnostnega načrta, ki je sestavni del projektna dokumentacije. Pravilnik o projektni dokumentaciji po stari zakonodaji v 29. členu navaja, da je varnostni načrt obvezno treba priložiti za objekte, kjer je predvideno, da bosta dela izvajala dva ali več izvajalcev. Pripravil sem tudi dokumentacijo za prijavo gradbišča, ki je obrazec, ki ga mora izpolniti investitor oziroma naročnik pred začetkom gradnje, in dokumentacijo, ki je potrebna na gradbišču. V diplomskem delu sem proučil prezračevanje enodružinske hiše, zato je bil potreben tudi načrt prezračevanja pri obravnavani enodružinski hiši, ki je priložen v Prilogi 3 (prav tam).

2.1.3 Načrtovanje objekta po sistemu BIM

BIM (angl. Building Information Modeling) je nova tehnologija, ki se v gradbeništvu pogosto uporablja, predvsem v tujini in počasi že tudi v Sloveniji. Proces gradnje s pomočjo BIM-a nas spremlja od začetka gradnje, pri projektiranju in izvedbi objekta, in po tem, ko je objekt končan, pri vzdrževanju. Omogoča nam lažje razumevanje gradnje objekta, saj so načrti izdelani v 3D. Tako lahko različne načine oziroma sisteme gradnje natančno analiziramo in primerjamo že pri projektiranju. Načrtovanje po sistemu BIM je zelo koristno, sploh pri strojnih inštalacijah, kot je pri obravnavanem primeru prezračevalni sistem. BIM poleg 3D modeliranja (oblikovanja)

omogoča tudi izdelavo raznih analiz, terminskih načrtov itd., predvsem pa omogoča boljšo kontrolo nad projektom (Tibaut, Žali, Časar, & Jakoša, 2014).

Prednosti uporabe BIM-a v gradbeništvu so:

- model BIM si delijo vsi povezani s projektom,
- 3D vizualizacija in lažja predstava gradnje,
- izdelava analiz (energetskih, svetlobnih, vetrnih),
- boljše sodelovanje in koordinacija udeležencev,
- projektna dokumentacija je bolj natančna,
- terminski načrt in izdelava popisa del sta natančnejša,
- napake in problemi, ki bi lahko nastali, se odkrijejo pravočasno (Tibaut, Žali, Časar, & Jakoša, 2014).

Model BIM se lahko nadgradi za upravljanje objekta, kar je bilo v obravnavanem primeru zelo dobro, saj je predvideno, da se bo prezračevalni sistem, vgrajen v objektu, upravljal s pomočjo BIM-a (Miklavčič, 2017).

Pri obravnavanem objektu sem s pomočjo BIM-a naredil terminski načrt, ki sem ga vstavil v načrt in s pomočjo računalniških programov za vizualizacijo prikazal potek gradnje. Pri izdelavi terminskega načrta je bilo treba točno določiti začetek in konec vsake aktivnosti, saj je to ključno za izdelavo animacije poteka gradnje. S pomočjo animacije si lahko najlažje predstavljamo potek in čas gradnje. Če pride do potrebnih sprememb pri gradnji, jih ustrezno popravimo/odpravimo in animacijo posodobimo (prav tam).

2.2 Načrt prezračevanja

2.2.1 Pravi čas odločitve za prezračevalni sistem

Ker je obravnavana hiša novogradnja in danes trg ponuja in priporoča, še posebej v sodobnih hišah, prezračevalne sisteme, se je investitor odločil za vgradnjo centralnega prezračevalnega sistema. Željo po prezračevalnem sistemu je izrazil že pri projektiranju objekta, kar omogoča veliko lažjo in manj komplicirano izvedbo kot pri obstoječem objektu.

Ko razmišljamo o hišnem prezračevalnem sistemu, je predvsem pri novogradnjah pomembno, da se zanj odločimo pravočasno, da ne pride do nepotrebnih posegov v konstrukcijo po končani gradnji. To olajša predvsem delo inštalaterjev, zato je najboljša, če se odločimo že pri načrtovanju objekta ali pri zidanih objektih vsaj pred izvedbo temeljne talne plošče, pri

montažni gradnji pa najkasneje pri postavitvi nosilnih sten in nosilnih elementov. Namreč, že takrat je treba poznati lokacijo prezračevalne naprave, njenih cevi ter dovodnih in odvodnih elementov, ki jih vstavimo v omenjene elemente hiše ali jih na njih pritrdimo (Prezračevalni sistem, 2013).

2.2.2 Projektiranje prezračevalnih sistemov

Pri prezračevalnih sistemih je za potrebe nemotenega in pravilnega delovanja pomembno, da projektna dokumentacija opredeljuje strokovno in periodično vzdrževanje. To pomeni letni vzdrževalni pregled, pri čemer je treba zagotoviti nemoten dostop do prezračevalnih sistemov za vzdrževalna dela in morebitna potrebna popravila (DEM, 2014). »Izkaz energijskih karakteristik prezračevanja stavbe« (Priloga 4) je obrazec, v katerem morata biti navedena predvidena raba energije in izkaz energijskih karakteristik prezračevalnega sistema, ki je za obravnavano hišo priložen v Prilogi 4. Izpolnjen obrazec je tudi obvezen del projektne dokumentacije, ki jo pridobimo pred gradnjo objekta. Nahaja se v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

Pri izdelavi projektne dokumentacije za vzpostavitev prezračevalnih sistemov je treba upoštevati: obremenjenost prostora z uporabniki (na m² površine), predvideno obremenjenost prostora zaradi hrupa (ali gre za prostore v stanovanjih, prenočitvene enote – hotele, motele, domove starejših, bolniške sobe) (Ministrstvo za prostor, 2012) in fleksibilnost prostora z opredelitvijo bivalne cone, obremenitev prostora z onesnaževalci, nivo zunanega hrupa, kakovost razpoložljivega zunanjega zraka, meteorološke pogoje, možnost odpiranja oken, uporabo senčil, delež steklenih površin in njihovih transmisij, nadzor in blaženje hrupa (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002). Projektna dokumentacija mora upoštevati načrtovano hitrost pretoka zraka, ki na delovnem mestu in v okolici ne povzroča šumnosti (I. S. P. Kamnik, 2015). Projektna dokumentacija prezračevalnih sistemov mora skladno z 18. členom upoštevati tudi obremenitve, ki nastanejo kot posledica hlajenja in gretja v notranjosti prostora ali zunaj, način vzdrževanja in kakovost čiščenja prezračevalnega sistema in prostorov. Načini prezračevanja, ki jih mora izbrati projektant, morajo ob doseganju najmanj minimalno predpisanih parametrov zagotavljati ekonomsko in tehnično, pa tudi organizacijsko najprimernejši način obratovanja, upravljanja in vzdrževanja vgrajenih prezračevalnih sistemov (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

2.2.3 Tehnične zahteve za prezračevalne sisteme

Pri projektiranju prezračevalnih sistemov je najpomembnejši element krmilni sistem, priključen na kanalski razvod, s katerim sta zagotovljena ustrezen dotok svežega zraka in odvajanje zraka (cirkulacija zraka) (Systemair, 2018). Vzdrževan in oskrbovan mora biti ves čas delovanja, da izpolnjuje zahteve Pravilnika o prezračevanju. Število prezračevalnih odprtih, njihova namestitvev in porazdelitev ne smejo povzročati nezaželenih učinkov toka zraka. Prezračevalne odprtine morajo biti vedno dostopne za čiščenje in vzdrževanje (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002). Deli prezračevalnega sistema morajo biti v celoti proizvedeni iz negorljivega materiala in iz gladkih notranjih površin, da se umazanija in maščoba lahko odstranita na preprost način (Systemair, 2018). Gorljiv material se lahko uporablja le v izjemnih primerih, ko se utemelji in posebej označi v projektni dokumentaciji. Vsa strojna oprema mora biti opremljena z ustreznimi varnostnimi napravami za popravila in vzdrževanje ter za takojšnjo ustavitev, če je potrebna. Deli prezračevalnega sistema, ki so vgrajeni na zunanjih površinah stavbe, morajo biti odporni proti vremenskim razmeram in ne smejo imeti škodljivega vpliva na okolico. Kadar je absolutna temperaturna razlika med vtočnim ali odtočnim zrakom in okolico nad 10 K, mora biti prezračevalni sistem oziroma njegovi sestavni deli ustrezno toplotno izolirani (TI). TI mora biti debela 40 mm, da ne pride do kondenzacije na površini ali v notranjosti sistema, da je omogočeno čiščenje kanalov ter da je izolacija zaščitena proti poškodbam (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

V 12. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/10 in 61/17 – GZ) je opredeljeno, da morajo mehanski ali hibridni sistemi prezračevanja zagotoviti učinkovito vračanje toplote zraka (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

2.3 Vzdrževanje, čiščenje in servis prezračevalnega sistema

Celoten prezračevalni sistem in vsi deli, iz katerih je sestavljen, morajo biti vgrajeni oziroma narejeni tako, da sta omogočena čiščenje in zamenjava. Komponente morajo biti po vgradnji in ob pregledih očiščene in po potrebi razkužene na zdravju neškodljiv način. Za to mora biti predvideno zadostno število velikih odprtih za čiščenje, kot predpisuje standard SIST EN 12097. Prezračevalni sistemi in komponente vtočnega zraka morajo imeti tako obratovanje in vzdrževanje, da so zahteve za higieno in čistočo zraka vedno dosežene skladno z načrtovanimi vrednostmi ter predpisi (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

Prezračevalni sistemi morajo biti narejeni in vzdrževani ter vgrajeni tako, da se preprečita razmnoževanje in rast mikroorganizmov na vseh komponentah prezračevalnega sistema. Bakterij vrste *Legionella* v 1 ml vode v vlažilni komori ne sme biti. Za razkuževanje se uporablja kemijska ali fizikalna metoda. Izbrana metoda mora biti zdravju neškodljiva in učinkovita. Priporočljivo je, da so vodni zbiralniki in vlažilne komore, ki ne delujejo več kot en dan, opremljeni s samodejnim sistemom za izpust vode in osušitev. Vlažilne komore, predgrelniki, dogrelniki in filtri, morajo imeti kontrolo vlage, saj relativna vlažnost v sistemu ne sme preseči 90 %. Zračni filtri morajo biti načrtovani, vgrajeni, servisirani ali zamenjani tako, da se količina prahu v prostorih ne poveča oziroma da prostorsko nastali lebdeči delčki ter tudi anorganski in organski prah v čim manjši količini prodrejo v prezračevane prostore. Priporoča se filter razreda najmanj F6 po standardu SIST EN 779. Vgrajeni filtri, toplotna izolacija in dušilniki zvoka pri obratovanju ne smejo spuščati mineralnih vlaken ter škodljivih onesnaževalcev v vtočni tok zraka (prav tam). To je še posebej pomembno v zdravstvenih objektih, kjer mora biti sistem prezračevanja izveden na način, da preprečuje širjenje okuženega zraka. Z vzdrževanjem pravilnega zračnega tlaka se preprečuje širjenje slabega zraka iz sanitarnih prostorov, kuhinje ali drugih prostorov, povezanih z delovanjem zdravstvenega objekta (Ministrstvo za zdravje, 2008).

Enkrat letno je treba izvesti redni pregled prezračevalnih naprav in sistemov, če navodila za uporabo ne določajo drugače. Najmanj dvakrat letno se kontrolira količina bakterij v vodi vlažilne komore. Po posegih, ki lahko vplivajo na funkcionalnost sistema oziroma na količino mikroorganizmov v sistemu, se naredi izredni pregled prezračevalnih naprav in sistemov. V takem primeru se preveri obseg prisotnih bakterij v vodi vlažilne komore in tudi ciljane bakteriološke analize (prav tam). Upravljavec prezračevalnega sistema je dolžan od začetka obratovanja dalje voditi knjigo, v katero vpisuje delovanje, servisne posege in vzdrževalne posege prezračevalnih sistemov (Biro 360, b. d., str. 4).

2.3.1 Vzdrževanje prezračevalnih sistemov

Za prezračevalne sisteme je značilno, da imajo vgrajene filtre, ki jih je treba redno menjati, zato nekateri menijo, da drugo vzdrževanje prezračevalnih sistemov sploh ni potrebno. To ne drži, saj se vsa umazanija ne ujame povsem v filter, zato je celoten prezračevalni sistem treba pregledati vsakih nekaj let, očistiti njegove kanale in jaške, da sistem še dolga leta lahko nemoteno in dobro deluje (PBB, b. d.).

Pogosto se napake ali težave prezračevalnih sistemov ugotovijo šele med dejansko uporabo. Odkrijejo in pravočasno odpravijo jih lahko le redni pregledi. S tem se odpravijo dodatni stroški, ki so običajno zelo visoki. Eden od ključnih elementov, ki mora biti vedno v optimalnem stanju, je prezračevalni sistem in z njim povezana kakovost zraka. To lahko zagotovimo z dobrim sistemom prezračevanja. Na ta način zagotovimo dobro počutje in koncentracijo za delo (Energetik, 2017). Kontrolna metoda kritičnih točk prezračevalnega sistema lahko zmanjša stroške letnega vzdrževanja in podaljša življenjsko dobo celotnega prezračevalnega sistema (PBB, b. d.).

Vzdrževanje prezračevalnih sistemov zajema:

- natančen pregled celotnega prezračevalnega sistema;
- popravila in vzdrževanje sestavnih delov sistema, ki se izvajajo takrat, ko z rednimi pregledi ni mogoče odpraviti zaznanih težav (O'Brien & Gear, 2012, str. 5);
- menjavo filtrov, ležajev, jermenov, grelcev in izolacijskih elementov na sistemu;
- nastavljanje samodejnega upravljanja in drugih električnih vezav;
- preskus delovanja in kontrolne meritve po končanem vzdrževanju;
- dograditev dodatnih elementov prezračevalnega sistema, ki zagotavljajo optimizacijo delovanja (PBB, b. d.).

Vzdrževanje prezračevalnih sistemov je potrebno predvsem zaradi prahu, ki se nabira v filtri. Zagotovo najpomembnejši del pri vzdrževanju prezračevalnih sistemov je menjava zračnih filtrov. Kadar se odlaša z menjavo teh, se zaradi umazanih filtrov doseže nasproten učinek od želenega. Takrat se zgodi, da se relativno čist svež zrak od zunaj zaradi prihoda skozi umazane filtre še dodatno umaže in v prostor na tak način prihaja higiensko in zdravstveno oporečen zrak, ki je lahko razlog za številne alergije in obolenja. To pomeni, da je, kadar je prezračevalni sistem slabo vzdrževan ali sploh ni, boljši zrak brez uporabe sistema (prav tam).



Slika 1: Primer umazanih filtrov pred čiščenjem

Vir: (<http://www.pbb-clean.com/si/vzdrzevanje-prezracevalnih-sistemov/>)



Slika 2: Primer filtrov po čiščenju

Vir: (<http://www.pbb-clean.com/si/vzdrzevanje-prezracevalnih-sistemov/>)

2.3.2 Čiščenje prezračevalnih sistemov

Čiščenje prezračevalnih sistemov poteka predvsem pri centralnih prezračevalnih sistemih, saj se čiščenje pri lokalnih opravi pri servisu, z menjavo filtrov. Ker se v jaških nabira raznovrstna umazanija, so vsi prezračevalni vodi umazani in onesnaženi, zato ni dovolj le menjava zračnih filtrov, ampak je treba vse sestavne dele prezračevalnega sistema mehansko (suho čiščenje) ali kemično (mokro kemijsko čiščenje) odstraniti. V umazaniji so namreč idealni pogoji za razvoj

mikroorganizmov, ki lahko vplivajo na razvoj številnih alergij in bolezni in so škodljivi za vse, ki vdihavajo onesnažen zrak. Tudi pri čiščenju prezračevalnih sistemov je zelo podobno kot pri vzdrževanju saj – če tega ne opravljamo redno, je boljši zrak, če sistema ne uporabljamo. Ker se v kanalih nabira umazanija, so posledica umazani filtri in slab, zdravstveno oporečen zrak (PBB, b. d.).

Mokro čiščenje se izvaja pri čiščenju delov prezračevalnih sistemov. Prednost mokrega kemijskega čiščenja je, da te dele na drug način težko temeljito očistimo. Predvsem se uporablja tam, kjer se je v notranjosti odvodnega kanala nabrala maščobna vlaga (npr. kuhinje).

Deli prezračevalnega sistema so:

- komore,
- filtri,
- ventilacijski kanali,
- kuhinjske nape,
- dušilci za ventilacijo, klimatizacijo in gretje,
- industrijske ventilacije (PBB, b. d.).



Slika 3: Stanje po mokrem kemijskem čiščenju

Vir: (<http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-sistemov/mokro-kemicno-ciscenje/>)



Slika 4: Mokro kemijsko čiščenje

Vir: (<http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-sistemov/mokro-kemicno-ciscenje/>)

Pri mokrem kemičnem čiščenju se uporabljajo le certificirana čistilna sredstva in sodobna oprema. Zaradi tega je umazanija odstranjena na ekološko neoporečen način. Poleg kemičnega čiščenja se lahko opravi tudi dezinfekcija, ki odstrani tudi mikroskopsko majhne organizme, iz vseh delov prezračevalnega sistema, kar je največja prednost mokrega kemičnega čiščenja prezračevalnih sistemov (PBB, b. d.).

Poznamo še druge vrste čiščenja, npr. čiščenje s suhim ledom, ki spada pod mokro čiščenje in se veliko uporablja pri čiščenju prezračevalnih sistemov za industrijske objekte. Suhi led je zmrznjen CO², ki ni strupen in je brez vonja. Pri čiščenju z zelo veliko hitrostjo udarijo peleti suhega ledu na čiščeno površino, zaradi udarca in termičnega šoka (lokalnih podhladitev, ki jih povzroči nizka temperatura ledu). Umazanija postane krhka. Po tem suhi led izpari oziroma preide iz trdnega v plinasto stanje, brez vmesnega tekočega stanja. Pri tem se mu prostornina poveča za približno 700-krat, zaradi česa pride do lokalne eksplozije, ki s površine obloge dvigne umazanije, po čiščenju pa ostane samo umazanija. To se uporablja za odstranjevanje razne umazanije, maščob, olj, plesni, barv, lakov, katrana ... Prednost tega čiščenja je, da peskanje s suhim ledom ni abraziven proces in ne poškoduje občutljivih ali krhkih delov opreme. Zato v industrijskih objektih ni potrebna demontaža strojev. Postopek je čist, brez ostankov vode in poteka brez kemikalij, je okolju prijazen in nestrupen. Edine slabost so, da so posamezni elementi priprave dokaj okorni, da je postopek glasen in da je treba zagotoviti zalogo suhega ledu ter komprimiran dotok zraka (kompresor). Ker je obravnavani objekt enostanovanjska hiša in ne industrijski objekt, je zanj bolj primerno mokro čiščenje kot čiščenje s suhim ledom (Kliminstal, b. d.).



Slika 5: Primer suhega čiščenja z rotacijsko krtačo

Vir: (<http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-%20%20%20%20%20%20sistemov/suho-ciscenje/>)

Suho čiščenje prezračevalnih sistemov poteka strojno, in sicer s pomočjo rotacijskih krtač. Te ometejo in skrtajo odvode in dovode prezračevalnih sistemov ter na tak način odstranijo umazanijo, ki je vidna, iz sestavnih delov prezračevalnih sistemov. V notranjosti kanalov se nabirata prah in druga umazanija, zato se sčasoma umažejo in jih je treba temeljito očistiti in s tem tudi zagotoviti zdravo bivalno okolje. Ker so krtače za čiščenje prezračevalnih sistemov različnih oblik, velikosti in trdote, lahko ustrezajo različnim oblikam kanalov (PBB, b. d.).

Pri čiščenju je treba zagotoviti ustrezen podtlak in lovljenje umazanije, da prašna umazanija iz notranjosti prezračevalnega sistema med čiščenjem ne zapraši prostorov, skozi katere potekajo prezračevalni kanali, oziroma zunanjih prostorov. Kadar revizijskih odprtih za dostop v notranjost kanala prezračevalni sistem nima, se vgradijo v času čiščenja, na ustreznih mestih. Dobro je, če tudi to predvidimo že pri načrtovanju, vendar se po navadi to dela v praksi. Pri čiščenju se demontirajo vsi končni distribucijski elementi (difuzorji, rešetke ...), ki se očistijo in ponovno montirajo na prvotno mesto (prav tam).

V obravnavanem primeru bom uporabil suho čiščenje, ker se mi zdi bolje, da v prezračevalni sistem ne vnašam dodatne vlage, ki jo povzroča mokro čiščenje. Zdi se mi tudi dovolj dober pregled sistema pri čiščenju, saj z zagotovljenimi revizijskimi jaški lahko temeljito očistimo in dostopamo do vseh delov prezračevalnega sistema (Kliminstal, b. d.).

2.3.3 Servis prezračevalnih sistemov

Prezračevalni sistem je treba redno servisirati, ker so posledice servisa podobne kot pri avtomobilih. Servis najlažje primerjamo z avtomobili, saj so del našega vsakdana, in kadar je

govora o servisu, najprej pomislimo na avto. Redni servis jamči brezhibno delovanje prezračevalnega sistema ter nam v primeru okvare priskoči na pomoč. Redno pregledovanje in servisiranje sta nujno potrebna, ne glede na to, ali je vgrajen prezračevalni sistem zahteven ali preprost glede na svojo funkcijo in sestavo. Brezhibno optimalno delovanje zagotovimo prav s tem, zagotavlja pa tudi daljšo življenjsko dobo in prihranek energije. V prezračevani prostor se vpihuje kakovosten zunanji zrak s primerno temperaturo, zato je najpomembnejše, da je bivanje v takih prostorih prijetno. Kot vsaka nova stvar ima tudi vsak prezračevalni sistem določeno dobo garancije, ki jo predpiše proizvajalec. Takrat je, kot pri avtomobilu, obvezen redni servis (Kliminstal, b. d.).

Z rednim servisnim pregledom in servisom se zagotavljajo:

- redna menjava zračnih filtrov,
- pravilno delovanje in nastavitve avtomatike,
- kontrola vseh vrtečih delov naprave, ležajev ter menjava izrabljenih delov,
- kontrola priprave hladilnega medija (hladilna centrala ...),
- kontrola priprave ogrevalnega medija (kotlovnica ...),
- redni pregled požarnih loput,
- pregled tlaka hladilnega plina v sistemu in dopolnjevanje sistema s hladilnim plinom,
- če je treba, se opravijo dodatne meritve ter razdelitve zraka po posameznih elementih (prav tam).

3 PREZRAČEVANJE IN BOLJŠE POČUTJE TER EKONOMIČNOST SISTEMA

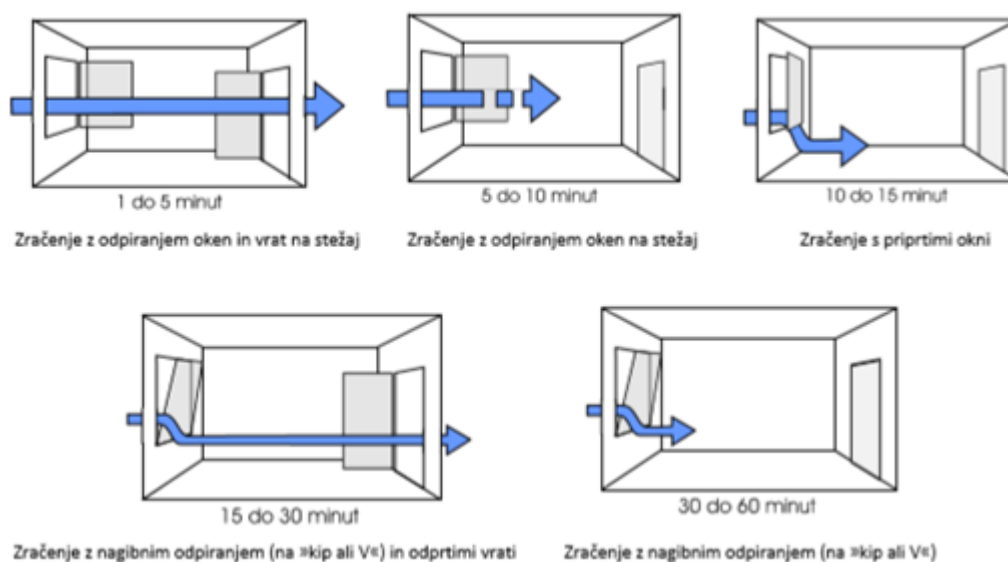
3.1 Pravilno prezračevanje prostora

Svež zrak je najpomembnejši za prijetno bivalno klimo v prostoru, saj pripomore k boljšemu počutju, omogoča jasne misli, poveča učne sposobnosti in pomaga pri boljšem spanju (Velux, b. d.).

Stalen dotok svežega zraka je za bivalne prostore zelo pomemben, ker z njim zmanjšamo raven vlage ogljikovega dioksida in prašnih delcev. V bivalnih prostorih preživimo največ časa, in sicer kar 90 %. Štiričlanska družina, kolikor je v obravnavanem primeru velika investitorjeva družina, proizvede kar 10 litrov vlage v enem dnevu (prav tam).

Ker je svež zrak ključnega pomena za zdravje, saj pospeši energijo našega telesa, je povečanje svežega zraka v bivalnih prostorih najboljši in najhitrejši ter najcenejši način za izboljšanje bivalnega udobja (prav tam).

Zračenje z dolgotrajnim pripiranjem oken je energetsko potratno, zato je bolje, če zračimo krajši čas in vsakih nekaj ur na široko odpremo okna za nekaj minut. Če je prostor velik 25 m², ga je za dobro počutje dveh oseb treba prezračiti enkrat na uro. Kadar je okno delno odprto, se zrak v eni uri zamenja od enkrat do štirikrat. Na to vplivajo velikost oken, zunanja temperatura in velikost prostora. V majhnem prostoru z majhnimi okni, kjer je več ljudi, zračenje energetsko ni potrebno, ampak primerno. Energijsko najučinkovitejše je kratkotrajno zračenje na prepih. S celodnevним zračenjem z odpiranjem oken ali na kip zelo ohladimo prostor, zrak v njem in tudi stene. Posledično potrebujemo veliko več energije, preden prostor znova ogrejemo. V obravnavanem primeru se je to jasno pokazalo pri obrtniških in zaključnih delih (keramičarskih, pleskarskih idr. delih), saj takrat prezračevalni sistem še ni bil v funkciji in je zračenje potekalo z odpiranjem oken. Predvsem zaradi nastalega prahu je bilo treba vsake toliko časa prostor prezračiti za nekaj minut (spodnja slika). Ker so dela potekala v decembru, je bilo potrebnih veliko več časa in toplotne energije, da so se prostori znova ogreli s pomočjo električnih gorilnikov (Energap, b. d.).



Slika 6: Zračenje z odpiranjem oken in vrat (naravno prezračevanje)

Vir: ([http://www.energap.si/uploads/Prezra%C4%8Devanje\(1\).pdf](http://www.energap.si/uploads/Prezra%C4%8Devanje(1).pdf))

3.2 Učinkovitost prezračevanja

3.2.1 Vsebina učinkovitost prezračevanja

Tabela 1: Oznake učinkovitosti prezračevanja

UČINKOVITOST PREZRAČEVANJA vsebuje	
A kazalnike, ki opisujejo zmožnost sistema za izmenjavo zraka v prostoru	B kazalnike, ki opisujejo zmožnost sistema za odstranitev škodljivih primesi
• učinkovitost izmenjave zraka ε^a • kazalnik lokalne izmenjave zraka ε_p^a	• učinkovitost odstranjevanja škodljivih primesi (CRE) ε^c • kazalnik lokalne kakovosti zraka ε_p^c

Vir: (Mathisen, Nielsen, Moser, & Mundt, 2004)

Glavna razloga za prezračevalno napravo sta dovod čistega zraka v prostore stavb in čim bolj učinkovito odvajanje škodljivih primesi. Vsako prezračevanje potrebuje načrtovanje, da ga lahko izvedemo, vendar je treba resnično vedeti, kako dobro deluje. Včasih na terenu vidimo, da je stanje drugačno, kot je izrisano v načrtu. Tako dobimo razloge za učinkovitost prezračevanja, ki jo je treba ovrednotiti že pred in med načrtovanjem ter tudi, ko je sistem končan (Mundt, Mathisen, Nielsen, & Moser, 2004).

Z dovajanjem svežega zraka v prostor odstranjujemo škodljive primesi in posledično odvajamo odvečno toploto. Dovajanje svežega zraka v prostor lahko obravnavamo tudi kot odstranjevanje zadušljivega, onesnaženega zraka, ker so škodljive primesi v zraku povezane z gibajočim se zrakom. Na podlagi tega sem v obravnavanem primeru prezračevanja hiše ugotovil, da je zagotavljanje svežega zraka enako kot odstranjevanje škodljivih primesi. Proces prezračevanja je vrednotenje z njegovo zmožnostjo, in sicer ohranjanje koncentracije škodljivih primesi, kar je mogoče na nizki ravni (prav tam).

Učinkovitost zamenjave zraka se definira kot razmerje najkrajšega možnega časa, da se zrak zamenja, in dejanskega povprečnega časa, da se zrak izmenja v prostoru (prav tam).

$$\text{učinkovitost izmenjave zraka} = \frac{\text{najkrajši možni čas izmenjave zraka}}{\text{dejanski čas izmenjave zraka}} \quad (3.1)$$

Da lahko ugotovim, kakšen zrak je v prostoru, sem poiskal osnovne metode merjenja starosti zraka v prostoru:

- metoda stalnega vbrizganja sledilnega plina,
- pulzna metoda,
- metoda znižanja koncentracije sledilnega plina (Muhič, 2015).

3.2.2 Značilne škodljive primesi in njihova razporeditev v prezračevanih sobah

Svež zrak je treba dovesti v stavbo, odvesti pa je treba pline, toploto in delce, ki nastajajo v prostorih in jih povzročamo/oddajamo predvsem ljudje, elektronska oprema ali naprave (računalniki, televizije) in sončno sevanje. Plini, delci ter para prav tako nastajajo v objektu in se širijo v prostoru po zraku. Vlago v objektu oddajamo tudi ljudje (s sušenjem oblek, kuhanjem ...). Najpomembnejši vir kemičnega notranjega onesnaževanja zraka je tobačni dim, ki ga v obravnavani hiši ne bo. Zelo pomemben vir onesnaženja zraka so pohištvo, sredstva za čiščenje, kozmetika in pisarniški material, saj iz teh stvari prihajajo hlapljive organske snovi (Mundt, Mathisen, Nielsen, & Moser, 2004).

Tu so tudi drugi plini, npr.: ogljikov dioksid (CO_2), ogljikov monoksid (CO), dušikov dioksid (NO_2) in ozon (O_3). Ljudje oddajajo CO_2 , v atmosferi pa se pojavlja naravno. Škodljive primesi iz zraka iz stavbe odvedemo s prezračevalnim sistemom. Bistvo prezračevanja je ustvariti tok zraka, ki absorbira škodljive primesi različnih virov, tako da lokalne koncentracije postanejo majhne po vsem prostoru (Mundt, Mathisen, Nielsen, & Moser, 2004)

V nekaterih primerih, ki so preprostejši, lahko predstavimo, da je zrak, ki je v prostoru, v celoti pomešan, kar pomeni, da je koncentracija povsod v prostoru enaka koncentraciji v odvodu. Takega primera dejansko ni, saj se škodljive primesi širijo z molekularnim pronicanjem in prenosom. Tako ta dva učinka povzročata spremembe koncentracije v prostoru (prav tam).

Mešalno prezračevanje je prikazano na slikah 7 in 8. Slika 7 prikazuje porazdelitev koncentracij v prostoru z dovodno odprtino z izotermnim dvorazsežnim tokom in virom onesnaženja, ki pokriva celoten pod. V odvedenem zraku (C_e) so normirane lokalne koncentracije. Na levi strani prostora pod dovodno odprtino je koncentracija štirikrat večja od koncentracije v odvedenem zraku. Iz tega je jasno razvidno, da se velike razlike v koncentracijah pojavljajo v prostorih z mešalnim prezračevanjem (prav tam).

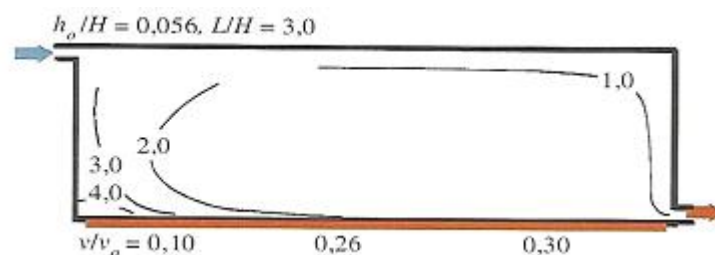
H ... višina sobe

L ... dolžina sobe

h_o ... višina dovodne odprtine

v ... hitrost na nivoju poda

v_o ... hitrost dovoda



Slika 7: Porazdelitev koncentracij v sobi z izotermnim dvorazsežnim tokom in viri škodljivih primesi, ki pokrivajo celoten pod

Vir: (Mathisen, Nielsen, Moser, & Mundt)

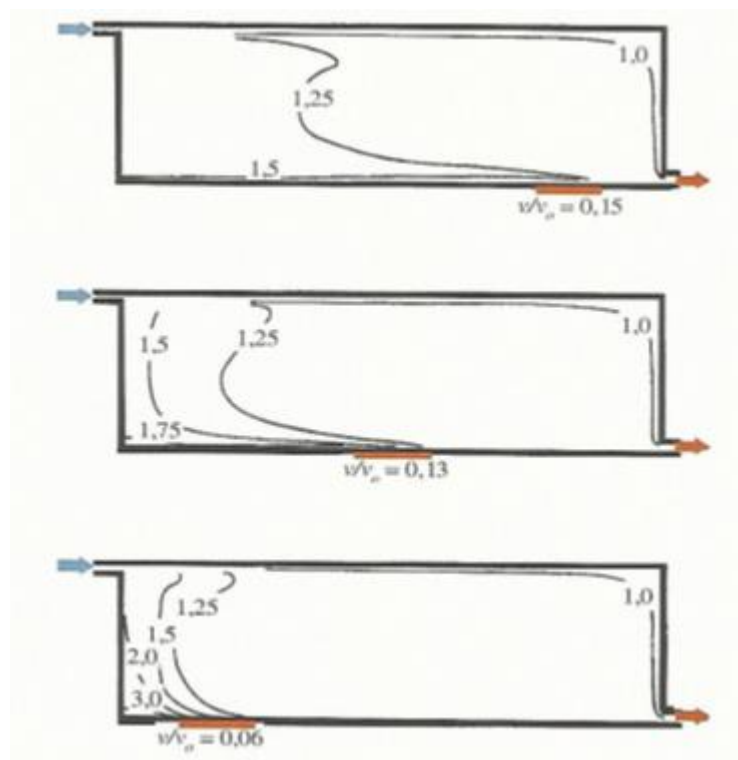
H ... višina sobe

L ... dolžina sobe

h_0 ... višina dovodne odprtine

v ... hitrost blizu vira

v_0 ... hitrost dovoda

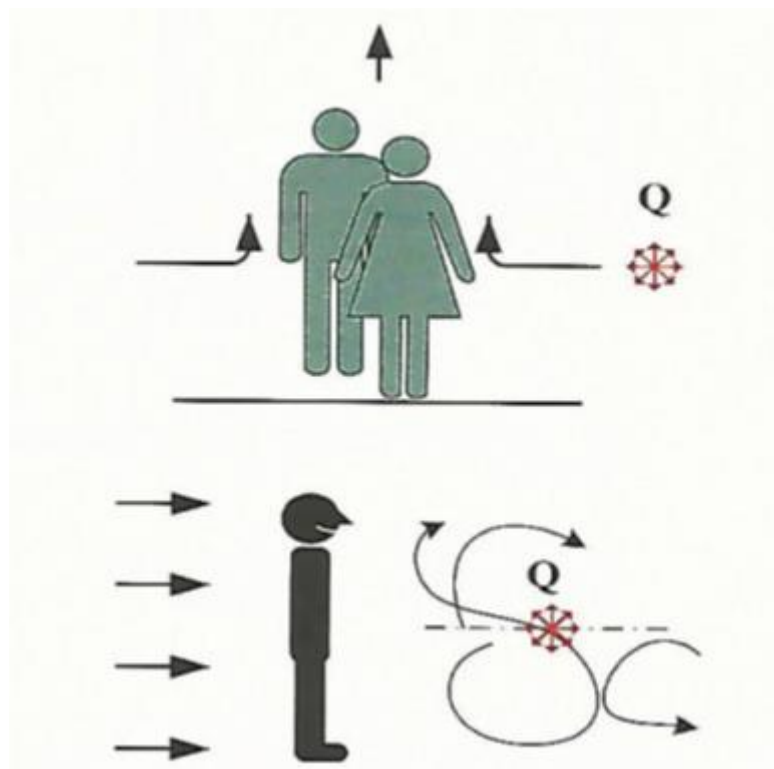


Slika 8: Porazdelitev koncentracije škodljivih primesi pri različnih namestitvah vira škodljivih primesi.

Vir: (Mathisen, Nielsen, Moser, & Mundt)

Velikokrat opazimo, da so cone mirovanja, ki so posledica ovir v toku ali temperaturnih razlik, eden glavnih razlogov za koncentracije škodljivih primesi, če so v obravnavanem zraku prisotne. Vpliv oseb na porazdelitev koncentracij je, če so v prostoru prisotne različne koncentracije, kot prikazuje slika 9. Okoli človekovega telesa toplotna mejna plast povzroči navpično gibanje zraka. Tudi motnje toka, ki jih povzroča telo, povzročajo povečanje vodoravnega in navpičnega toka škodljivih primesi, še v nasprotni smeri od glavnega toka. Lokalna sprememba koncentracij takega tipa lahko močno vpliva na osebno izpostavljenost in dejansko občutenost kakovosti notranjega zraka (prav tam).

Q ... vir škodljivih primesi

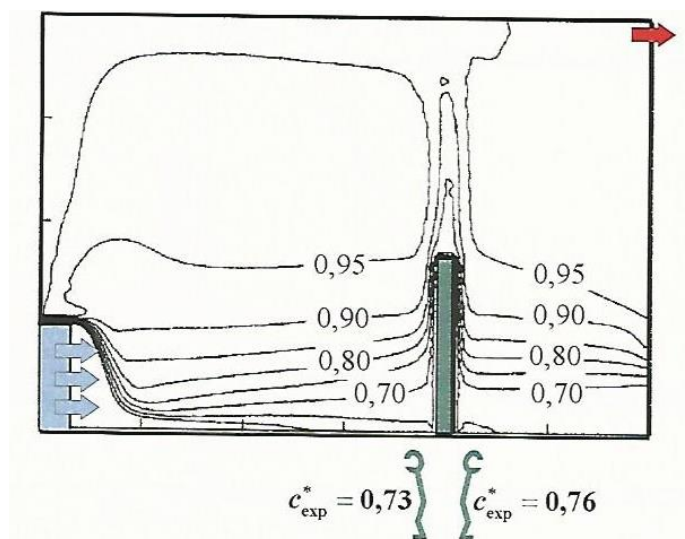


Slika 9: Medsebojni vpliv oseb in vira škodljivih primesi Q

Vir: (Mathisen, Nielsen, Moser, & Mundt)

Na sliki 9 je prikazan medsebojni vpliv oseb in vira škodljivih primesi Q zaradi toplotne mejne plasti človeka in lokalnih motenj toka zraka, ki jih povzroči oseba.

Po navadi pravimo, da gostota škodljivih primesi ni pomembna, ker sta turbulentna difuzija in konvekcija večji kot vpliv težnosti na škodljive primesi. To pa ne drži vedno, saj so poskusi z virom škodljive primesi SF₆, katerega gostota je petkrat večja od zraka, pokazali, da je ob podu deset- do dvajsetkrat večja koncentracija od povprečne koncentracije v prostoru. Še posebej velik problem je v sobah z nezadostnim oziroma omejenim gibanjem zraka (prav tam).



Slika 10: Človekov vpliv na porazdelitev koncentracij

Vir: (Mathisen, Nielsen, Moser, & Mundt)

Porazdelitev koncentracij C/C_e v simetrali sobe z izpodrivnim prezračevanjem in toplim virom škodljivih primesi je postavljena zunaj navpičnega prereza na sliki 10. Slika 10 prikazuje, kako oseba spremeni porazdelitev škodljivih primesi. C , C_{exp} in C_e so koncentracije v prostoru, v vdihanem in odvedenem zraku (prav tam).

3.3 Splošne določbe iz Pravilnika o prezračevanju

3.3.1 Kakovost zraka

Zrak v prostoru mora biti svež, prijeten ter brez vonjav in ne sme ogrožati zdravja ljudi. To predpisuje 7. člen Pravilnika o prezračevanju stavb. Zato moramo biti že pri projektiranju in gradnji pozorni, da je vir onesnaževanja notranjega zraka celotna stavba (oprema, pohištvo, gradbeni materiali, prezračevalni sistem) – merilo načrtovanja notranjega okolja (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, 2002).

V 8. členu Pravilnika o prezračevanju stavb je predstavljen najmanjši potreben vtok zraka, ki je $15 \text{ m}^3/\text{h}$ na osebo v prostorih, kjer se ne kadi, kadar drugih virov onesnaževanja notranjega zraka ne upoštevamo in je učinkovitost prezračevanja ena. Za stavbe z vgrajenimi mehanskimi sistemi prezračevanja in v prostorih z višino stropov nad $3,5 \text{ m}$ je zahtevana volumska izmenjava zraka lahko manjša, $n < 0,5 \text{ h}$ (na -1), ko se dosežejo parametri za notranje okolje v bivalni coni prostora. Količina zraka se preračuna po notranjih merah prostorov (prav tam).

Pravilnik o prezračevanju stavb v 9. členu določa, da je s prezračevanjem treba zagotavljati, da koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka v prostorih objekta ne presegajo vrednosti, ki so podane v spodnji tabeli. Za zdravje škodljive koncentracije snovi v zraku ne smejo presegati vrednosti, podanih v standardu SIST CR 1752, dodatek E (prav tam).

Tabela 2: Dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka.

	Enota	Dopustna vrednost
Ogljikov dioksid* (CO ₂)	mg/m ³	3000
Radon** (Rn)	Bq/m ³	400
Amoniak in amini*** (NH ₃)	μ g/m ³	50
Formaldehid*** (H ₂ CO)	μ g/m ³	100
Hlapne organske snovi**** (VOC)	μ g/m ³	600
Ogljikov monoksid (CO)	μ g/m ³	10
Ozon (O ₃)	μ g/m ³	100
Masna koncentracija lebdečih trdnih delcev frakcije PM ₁₀ *****	μ g/m ³	100

Vir: (https://www.uradni-list.si/files/RS_-2002-042-02013-OB~P006-0000.PDF)

Opis tabele 2 (Priloga 1, 2002):

*Koncentracija vključuje CO₂ v zunanjem zraku (700 μg/m³) in emisijo CO₂ človeka.

**Povprečna letna koncentracija radona v stanovanjskih objektih. Priporočilo 200 Bq/m³.

***Nanaša se na emisijo gradbenega materiala, ne na emisijo človeka ali človekove aktivnosti.

****Vsaj 70 % hlapnih organskih snovi mora biti identificiranih. Njihove koncentracije ne smejo prekoračiti največjih dopustnih vrednosti (npr. karcinogenov, alergenov itn.). Nanaša se na emisijo gradbenega materiala, ne na emisijo človeka ali človekove aktivnosti.

*****Masna koncentracija prostorsko nastalih lebdečih trdnih delcev se meri skladno s SIST EN 12341, nepretrgoma 24 ur pri normalni človekovi aktivnosti v prostoru.

Razširjenost emisij in vonjav ter tok zraka med prostori ali med objektom in njegovim okoljem je treba nadzorovati s tlačno razliko vtočnih in odtočnih tokov zraka z nadtlakom ali podtlakom do 10 Pa. Prostori, ki nimajo enakega pomena uporabe, ne smejo imeti skupnega prezračevalnega sistema. To je odvisno od vrste prezračevalnega sistema. Če gre za lokalno prezračevanje, ima vsak prostor svojo napravo, pri centralnem prezračevanju pa je naprava ena,

vendar je izdelana tako, da se dovedni in odvedni zrak med posameznimi prostori ne moreta pomešati. Pri graditvi objekta je treba upoštevati, da se prepreči nekontroliran vtok zraka, posebej kjer so vetrovne lege, in zagotoviti tesnost lupine objekta. Ta je določena s predpisom o toplotni zaščiti stavb. To predpisuje 10. člen Pravilnika o prezračevanju (prav tam).

3.3.2 Toplotno okolje

Načrtovan ali izmerjen občutek toplotnega okolja človeka se izrazi, kot zahteva standard SIST ISO 7730, v točkah 3.1 in 4. Toplotno okolje mora biti tako, da je indeks PMV v mejah normale, indeks PPd pa manjši od 15 % ($-0,7 < PMV < +0,7$). Vlažnost zraka v prostorih mora biti zagotovljena tako, da s svojim neposrednim ali posrednim učinkom ne vpliva na zdravje in ugodje ljudi ter da ne povzroči nastanka površinske kondenzacije na stenah (plesen). Če je temperatura zraka med 20 °C in 26 °C, je območje relativne dopustne vlažnosti med 30 % in 70 %. Relativna vlažnost, ki je priporočljiva v stanovanjskih prostorih, je pod 60 %. To zmanjšuje rast alergenih in patogenih organizmov. Kadar so prostori klimatizirani, mora biti zagotovljena relativna vlažnost zraka pod 60 %. Optimalna temperatura, ki jo uporabnik prostora občuti in je odvisna od aktivnosti ter obleke, se določi skladno s standardom SIST CR 1752, kar je pojasnjeno v Pravilniku o prezračevanju stavb, in sicer v 13. členu (prav tam).

Če je nezadovoljnih uporabnikov prostora manj kot 25 %, je gibanje zraka pri optimalni občuteni temperaturi v prostoru dopustno, po metodologiji iz standarda SIST CR 1752. Skladno s tabelo 3 se določujejo hitrosti zraka v bivalni coni pri temperaturi zraka prostora, kot je določena v 12. členu pravilnika, pri 25 % tveganju prepiha in 40 % intenziteti turbulence. Pri normalnem delovanju sistema hitrosti zraka ne smejo biti presežene, presežene so lahko samo pri časovno omejenem intenzivnem prezračevanju. To predpisuje 13. člen Pravilnika o prezračevanju stavb, prikazuje pa tudi tabela 3 (prav tam).

Tabela 3: Načrtovana hitrost zraka

Lokalna temperatura zraka	Načrtovana hitrost zraka
$\theta_i = 20\text{ °C}$	$v \leq 0,18\text{ m/s}$
$\theta_i = 22\text{ °C}$	$v \leq 0,22\text{ m/s}$
$\theta_i = 24\text{ °C}$	$v \leq 0,26\text{ m/s}$
$\theta_i = 26\text{ °C}$	$v \leq 0,30\text{ m/s}$

Vir: (Priloga 1, 2002)

Količino vtoka zraka (zunanjega) uravnavamo po dejanskih potrebah – koliko je prostor obremenjen in koliko časa ga zaseda uporabnik. V objektih in stavbah ali v njihovih prostorih, ki imajo mehansko prezračevanje in kjer je večja volumenska izmenjava zraka v bivalni coni ali v celotnem prostoru, $n > 0,7$ h (na -1), se zaradi varčevanja z energijo vgradijo naprave za pridobivanje toplote odtočnega in zavrženega zraka. Naprave, ki pridobivajo toploto odtočnega ali zavrženega zraka, morajo imeti učinek pri projektnih pogojih ($> 65\%$), razen v nekaterih primerih, pri vgraditvi ploščnega in lamelnega prenosnika toplote ali če je obratovanje prezračevalne naprave občasno (do 150 ur letno). Pri prezračevanju toka zraka do $1.200 \text{ m}^3/\text{h}$, v primerih, ko teka dokazano ni mogoče izvesti, ter v posebnih primerih (vir ekspanzijskih ali toksičnih snovi) vgradnja naprave za vračanje toplote ni potrebna. Le v primerih, kadar odtočni ali zavrženi zrak ne vsebujeta tobačnega dima ali drugih zdravju škodljivih onesnaževalcev, se lahko uporabljajo regenerativni prenosniki toplote. V obravnavanem primeru naprave za pridobivanje toplote odtočnega in zavrženega zraka niso potrebne, ker je volumenska količina izmenjave zraka zadostna (prav tam).

3.4 Kakovost zraka v notranjih prostorih

3.4.1 Toplotno ugodje

Toplotno ugodje pojmuje kot subjektivno oceno posameznika, da zanj v prostoru ni prevroče ali prehladno (ZZZS & VZD, b. d., str. 4).

Primarna osredotočenost zagotavljanja prezračevalnih, ogrevalnih in klimatiziranih naprav je človeku zagotoviti pogoje za toplotno ugodje. Stanje, ki izraža zadovoljstvo človeka s toplotnim okoljem, ki mu je izpostavljen, imenujemo toplotno ugodje. S to definicijo bi se velika večina ljudi strinjala, vendar je ni mogoče preprosto prevesti v fizikalne parametre. Toplotno ugodje je namreč odvisno od številnih parametrov: temperature okolja, kakovosti zraka, zdravja, starosti, letnega časa, aktivnosti in psihičnega stanja človeka (Muhič, 2015), v kombinaciji z osebnimi dejavniki – prilagojenostjo oblačil posameznika prostoru, v katerem se nahaja (ZZZS & VZD, b. d.). Skratka, od toplotnega ugodja je odvisno človekovo počutje. S pomočjo sodobnih naprav je to veliko lažje omogočiti (Muhič, 2015).

Kot kažejo raziskave, ljudje pretežni del časa preživijo v delovnih in bivanjskih prostorih. Zrak je zmes plinov, ki je lahko v objektih, kot so pokazale različne raziskave, tudi do dvajsetkrat bolj onesnažen kot zunanji zrak. Zrak v notranjosti objekta in zrak iz okolja sta vedno povezana. Različne snovi vplivajo na kakovost zraka v prostoru. V stavbah je v zraku mogoče najti več

kot 900 najrazličnejših škodljivih snovi. Nekatere najpomembnejše, s katerimi se srečujemo pri reševanju problemov kakovosti zraka v prostoru, so: ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, dušikovi oksidi, lebdeči trdni delci, cigaretni dim, hlapne organske spojine formaldehid ... To je drugače pri objektih, kot je obravnavana enodružinska hiša, kot v stanovanjskih stavbah, kjer je več uporabnikov (prav tam). Zagotavljanje kakovosti zraka v notranjosti prostorov poleg zagotavljanja dobrega počutja v prostoru vpliva tudi na kakovost zunanjega zraka (Turšič & Žabkar, 2017, str. 3).

V začetku sedemdesetih let je bila energetska kriza, ki je botrovala potrebi po varčevanju z energijo za vsako ceno. Zato so se zmanjšale količine dovedenega zraka v stavbe in objekte, kar je zmanjšalo kakovost zraka v prostorih, ker se je pojavilo čedalje več onesnaženega zraka zaradi zmanjševanja količin svežega zraka. Nastal je pojem »sindrom bolne stavbe«, saj 20 % ljudi, ki živijo ali delajo v takšnih stavbah, poroča o bolezenskih znakih, ki se povezujejo z bivanjem v stavbi. Sodobni prezračevalni sistemi to onemogočajo (Muhič, 2015).

Kakovost zraka zaznavamo v nosni votlini, kjer imamo vohalni organ, ki zaznava sto tisoč vonjav, drugo čutilo pa je občutljivo na podobno število kemičnih dražljajev in se nahaja v membrani sluznice oči in nosu. Kakovost zraka občutimo s kombinacijo zaznav teh dveh organov. Ko občutimo kakovost zraka, jo lahko izrazimo kot odstotek nezadovoljnih oseb, ki takoj, ko vstopijo v prostor, začutijo zrak kot neprijeten. O kakovosti zraka v prostoru kemična sestava zraka ne daje zanesljive informacije (prav tam). Zagotavljanje kakovosti zraka v notranjosti prostorov poleg zagotavljanja dobrega počutja v prostoru vpliva tudi na kakovost zunanjega zraka (Dvojak, 2017, str. 9).

Koncentracija CO₂ v prostoru je sorazmerno dober pokazatelj kakovosti zraka v prostoru, vendar ni najbolj zanesljiva kot edino merilo za količino dovedenega svežega zraka. Tudi emisije različnih izvirov v prostoru vplivajo na občutenje kakovosti zraka, izvori emisij pa so lahko ljudje, materiali, čistila, klimatski sistemi, aktivnosti v prostoru itd. Ljudje, ki kadijo, povzročajo približno šestkrat večjo emisijo od človeka, ki ne kadi. Za različne tipe stavb in objektov je že pri načrtovanju sistema treba upoštevati ocenjeno povprečno emisijo na m² prostora. Tako poskušamo zagotoviti čim boljši zrak, ob uporabi prezračevalnega sistema (Muhič, 2015), ki zagotavlja vedno svež zrak v prostoru (NEP Slovenija, 2013).

3.4.2 Prašni delci v prostorskem zraku

V vsakem prostoru so prašni delci, ki imajo dva izvora. V prostor lahko prah vstopa z zunanjim zrakom ali pa izvira iz prostora. Delci, ki imajo premer, večji od 75 mikrometrov, se posedejo

hitro, delci premera manj kot 50 mikrometrov, pa daljši čas ostajajo v zraku. Imenujemo jih tudi aerosoli. Ti so kapljičasti ali trdni delci in v zraku kvazistabilno lebdiijo. Na površine v prostoru se posedajo s hitrostjo, ki je obratno sorazmerna njihovi velikosti. Submikronski delci se ne posedajo zaradi vpliva gravitacije (Muhič, 2015). Ljudje so prašnim delcem izpostavljeni tako v zunanjih kot tudi notranjih prostorih, kjer je izpostavljenost visoka predvsem zaradi vplivov od zunaj – prometa, kurjave, delovnih strojev, elektrarn (Otošec, b. d.).

Prašne delce ljudje vdihavamo in tako pridejo v našo notranjost, kjer povzročijo vzdraženje in povečano občutljivost (Muhič, 2015), kar povzroča poslabšanje bolezni dihal, postopno pa lahko tudi propad pljuč (Otošec, b. d.). Prašni delci imajo v prostorskem zraku izjemno veliko sposobnost prenosa bolezni med ljudmi, ki so v istem prostoru. Prah lahko prodre v dihalne organe, kar je zdravju škodljivo. Da je prašnih delcev v prostoru čim manj, poskrbimo z rednim čiščenjem in vzdrževanjem (menjava filtrov) prezračevalnih sistemov, kar je zelo pomembno za zdravje vsakega človeka, še posebej za alergike ali astmatske bolnike (Muhič, 2015).

3.5 Zagotavljanje svežega zraka brez izgube toplote

Prezračevanje je tematika, ki je vedno bolj aktualna z vidika zagotavljanja kakovosti. To je predvsem področje, ki postaja vedno bolj uveljavljeno. O prisilnem prezračevanju z rekuperacijo smo nekoč govorili le pri pasivnih objektih, odlična zrakotesnost pa se pojavlja tudi pri številnih novogradnjah, kot je tudi obravnavani primer enodružinske hiše. To smo dosegli tudi pri številnih starejših objektih, kjer so lastniki zamenjali stavbno pohištvo (Pucelj, 2016).

Kadar govorimo o takih objektih, je obvezno neodvisno, prisilno in avtomatsko prezračevanje, ker z odpiranjem oken stanovanja praviloma skoraj ne prezračimo dovolj. To še posebej velja v najbolj mrzlih dneh, zaradi nepravilnega prezračevanja z odpiranjem oken. Prisilno prezračevanje se zaradi tega vse bolj uveljavlja, saj je zaradi udobja bivanja in energijske varčnosti praviloma izvedeno v sistemu rekuperacije (prav tam). Tako je v objektih, kjer je nameščena toplotna črpalka za zagotovitev potrebne količine zraka, treba namestiti/vgraditi sistem prisilnega prezračevanja. Ta sistem deluje tako, da izhodnemu zraku odvzame toploto in z njo ogreje vhodni svež zrak (razvodi so različni). Predvsem se mi zdi velika prednost rekuperacije, da imamo v hiši vedno svež zrak in nespremenjeno temperaturo (Toplotne črpalke in rekuperacija toplote nizkoenergijskih hiš, 2008).

3.6 *Ekonomičnost kurjave*

Pri ekonomičnosti kurjave je veliko odvisno od lege hiše, toplotnega ovoja stavbe in zrakotesnosti (Jerman B. , 2017). Zaradi tega Slovenija želi s spodbudami za toplotno izolacijo, fasade in nove naložbe rabe obnovljivih virov energije zmanjšati obremenjenost s prašnimi delci in zagotoviti kakovosten zrak (Za varčen dom, b. d.)

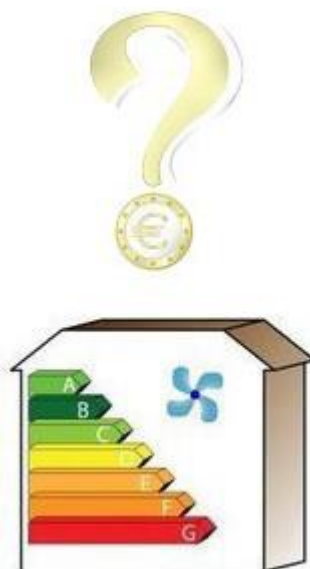
Stopnja rekuperacije toplote je bistvena, saj je pomembno, da je toplotni izkoristek čim višji, sploh če gre za cenovno dražji prezračevalni sistem. Pomembno je tudi, da je proizvajalec prezračevalne naprave z vračanjem toplote uspešen v evropskem merilu in s svojim imenom zagotavlja varno in solidno delovanje naprave. Nepriporočljive naprave, ki ne premorejo certifikata za pasivne hiše, na katerem so navedeni podatki, ki jih je mogoče primerjati z drugimi napravami, so: poraba električne energije na m³ zraka, efektivna stopnja vračanja toplote in volumenski pretok pri enakem upor v prezračevalnem sistemu (denimo 100 pa). Zato je primerjanje podatkov po standardih nesmiselno. Po merilih za pasivne hiše in po metodi izračunavanja efektivnega toplotnega izkoristka je minimalna stopnja vračanja toplote 75 %, pri dobrih napravah pa boljši, nekje med 85 % in 92 %. Naprave, ki izkoriščajo toploto kondenza (entalpijske), grejo z izkoristkom, občasno tudi več kot 100 %, kot na primer kondenzacijski plinski kotli. Na trgu je trenutno stanje takšno, da je cena med zelo slabimi napravami in najboljšimi zelo majhna. Obravnavana hiša ima sončno lego, je dobro toplotno izolirana in zrakotesna. Prezračevalni sistem, ki je vgrajen v hišo, je Aeronom WS 250, ki ima certifikat za pasivne hiše inštituta v Darmstadt. Sistem Aeronom WS 250 ima zelo učinkovit izmenjevalec toplote odpadnega zraka (Jerman, 2009), kar je na podlagi tehnične dokumentacije potrdil tudi Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad in ga uvrstil na seznam prezračevalnih naprav z vračanjem toplote odpadnega zraka (Eko sklad, 2015) in s tem omogočil pridobivanje finančnih sredstev za naložbo v sistem (Za varčen dom, b. d.).

3.7 *Racionalno varčno prezračevanje*

Za varčno prezračevanje sta v veljavi predvsem dva načina zračenja. Prvi način je senzorsko vodeno mehansko prezračevanje, brez rekuperacije toplote s kontrolo zračne vlage. Drugi način prezračevanja pa je mehanski z rekuperacijo, ki deluje z vračanjem dela toplote odpadnega zraka ali kot kombinacija obeh sistemov. Zadnje čase se spet pojavljajo izvedbe kontroliranega samodejnega naravnega prezračevanja. Optimalni približek je senzorsko vodeno mehansko prezračevanje brez rekuperacije (Racionalno varčno prezračevanje, 2016). Prezračevalni

sistemi s kontrolo zračne vlage zagotavljajo večjo varčnost energije kot centralni sistemi prezračevanja z 80 % rekuperacije toplote (Đebi, 2011). Takšne vrste prezračevalnih sistemov se uporabljajo v stanovanjih in v prostorih hiš, saj gre za lokalno napravo, ki je za obravnavano hišo neprimerna (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

3.7.1 Racionalno najvarčnejša prezračevalna naprava



Slika 11: Racionalno in varčno prezračevanje

Vir: (<http://www.prezracevanje.eu/racionalno-varcno-prezracevanje/>)

Trenutno je večinoma najvarčnejša izbira zračenja hiš in stanovanj z racionalnega vidika decentralno prezračevanje s kontrolo vlage, ki je primernejše za stanovanja kot za hiše (Racionalno varčno prezračevanje, 2016). Gre za cenovno najbolj dostopen način prezračevanja stanovanjskih prostorov (obratovanje, vzdrževanje) (Lunos, 2018), ker običajno predstavlja najboljše razmerje med z zračenjem povezanimi prihranki in stroški v praksi. Takšna naprava se vgradi v zunanjo steno prostora, zato menim, da je primernejša za stanovanja kot za hiše (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

3.7.2 Prezračevanje z rekuperacijo toplote je racionalno in varčno

Prezračevanje z rekuperacijo pomeni, da se del toplote odpadnega izrabljenega zraka vrne (Minergia, 2018). Proizvajalci prezračevalnih rekuperacijskih naprav pri tem navajajo, da je stopnja izmenjave oziroma vračanja rekuperacijske toplote 90 % (idealni pogoji – kar je podobno kot pri porabi goriva, ki jo navajajo proizvajalci vozil, v praksi pa lahko odstopa tudi za več 10 %). Ob upoštevanju standarda DIN 4701:10 za vrednotenje prezračevalnih naprav (in

EnEV – nemške uredbe o varčevanju z energijo), rekuperator z 90-% učinkovitostjo predstavlja le približno 65 % vračanja toplote iz prezračevanega zraka v hišah in stanovanjih, če je zrakotesnost $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$ (Blow Door test), saj je uporaba mehanskega prezračevanja z rekuperacijo predpisana s standardom DIN 4108-7, ki izpolnjuje zahteve za zrakotesnost nizkoenergetskih stavb. Če gre za energetsko zahtevnejše ali na primer pasivne objekte, pri katerih so zahtevne vrednosti zrakotesnosti blizu ali manjše od $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, se zviša energetska bilanca sistemov zračenja z rekuperacijo toplote. Tako je racionalna in varčna v večji meri. Večja poraba elektrike in vzdrževanja za delo centralnih sistemov zračenja z rekuperacijo toplote v teh izračunih ni zajeta (Racionalno varčno prezračevanje, 2016). Meritve zrakotesnosti naj bi bile v skladu z omenjeno nemško uredbo opravljene takrat, ko je s predhodno meritvijo zrakotesni sloj še vedno dostopen. Z meritvijo zrakotesnosti na ta način lažje lociramo mesto uhajanja zraka in ga lahko z nižjimi stroški odpravimo (MGS, 2014).

Zaradi dejstva, da ves zrak, ki prihaja v bivalne prostore, ne gre skozi rekuperator, nastanejo razlike v prihranku rekuperatorja, saj bivalni prostori niso 100 % zrakotesni. Pri odpiranju oken in vrat se pojavljajo še dodatne izgube, na katere kažejo raziskave, v katerih so ugotovili, da tudi v stanovanjih, prezračevanih z rekuperacijo, ljudje pogosto odpirajo okna. To lahko potrdim na podlagi lastnih izkušenj, saj pri kuhanju ali pečenju odpremo okno na stežaj, da se čim prej znebimo odvečnega dima ali drugih vonjav (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

Za utemeljenost investicije v posamezno vrsto zračenja (ROI – return on investment) je treba upoštevati razmerje med prihranki in investicijo ter stroški vzdrževanja in obratovanja, z upoštevanjem zahtev in standardov za prezračevanje v predvideni dobi uporabe prezračevalnega sistema. Tako predvsem zaradi možne relativno višje nabavne cene in zaradi opisanih tehničnih dejstev prezračevanje z rekuperacijo predstavlja stroškovno manj privlačno rešitev (prav tam).

Poraba primarne energije pri prezračevanju s kontrolo vlage je lahko energetsko učinkovitejša celo od prezračevanja z 80-% rekuperacijo (če je elektrika iz obnovljivih virov). Higrosenzibilno prezračevanje je v vsakem primeru stroškovno racionalnejša izbira v objektih z nižjimi standardi zrakotesnosti od gradenj NEH (prav tam). Stroški električne energije so majhni, saj je ventilator edini porabnik električne energije (E-netsi, 2019).

Velika prednost, ki jo imajo centralni sistemi zračenja z razvodom prezračevalnih jaškov in odvodno/dovodno mehansko ventilacijo po bivalnih prostorih objekta, je možnost zelo velike filtracije v okoljih, kjer je onesnažen zrak, na primer izpušni plini blizu prometnic ali

podmikroskopski oziroma nanodelci škodljivih emisij v onesnaženem zraku (ogljeni in HEPA filtri). Posledično moramo pri tem upoštevati predvsem dražje vzdrževanje, obratovanje takšnega zračenja ter dražje investicije. Ker obravnavana hiša stoji na vasi, v bližini pa ni prometnic, zato je zrak razmeroma čist, ni potrebna vgradnja posebnega in posledično dražjega prezračevalnega sistema, ki ima dodatno filtracijo za onesnažen zrak (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

3.7.3 Varčno decentralno senzorsko prezračevanje na bazi kontrole vlage (higrosenzibilno prezračevanje)

V Sloveniji še vedno ni dovolj ozaveščenosti o varčnosti higrosenzibilnega prezračevanja v primerjavi s klasičnim mehanskim načinom prezračevanja ali zračenja z okni. V praksi je higrosenzibilno prezračevanje primerljivo z rekuperacijskim načinom zračenja in je stroškovno ugodnejše. Tako je tudi iz standarda DIN 4701:10 in nemške državne uredbe o varčevanju z energijo (EnEV) razvidno, da je za 29 % varčnejše zračenje z mehanskim prezračevanjem s kontrolo vlage kot pa zračenje z odpiranjem oken. To pomeni le približno 15 % do 18 % manj prihranka toplotne energije za celotno stanovanje in le približno 30 % do največ 36 % manj prihranka toplotne energije pri zračenju. V primerjavi s sistemi z zračenjem, ki imajo 90-% rekuperacijo v objektih NEH (še manjša razlika je pri objektih s slabšo zatesnjenostjo), je investicija lahko tudi tri- ali večkrat nižja od investicije v različne sisteme primerljivega zračenja z rekuperacijo. Da se povrnejo višji stroški investicije, lahko traja tudi 20 do 40 let (Pucelj, 2016). Primer dobre prakse objekta, ki je uvedel energetske varčno higrosenzibilno prezračevanje, so študentski domovi Univerze na Primorskem (Bevk Perovič arhitekti, 2010).

V raziskavi o vzorčnem stanovanju referenčnega inštituta za gradbeno fiziko je bilo ugotovljeno, da so prihranki primarne energije večji s higrosenzibilnim zračenjem, kot jih lahko dosežejo sistemi zračenja z 80-% rekuperacijo. Senzorsko higrosenzibilno prezračevanje ima prednosti zaradi racionalizacije zračenja, povezane s senzorsko kontrolo vlage, kar ustreza samodejnemu prilagajanju zračenja za varčevanje z energijo. Brez rekuperacije ni mogoče doseči samo nizkoenergetskega, temveč celo plus energetskega standarda gradnje, tudi pri popravilu starejših stavb, kar dokazujejo raziskave (Pucelj, 2016).

Z raziskavo Univerze Kassel v Nemčiji, ki so jo izvedli leta 2002 v skupini NEH, v praksi niso ugotovili bistvenih prednosti v zvezi s prihranki pri toplotni energiji v korist sistemom zračenja z rekuperacijo toplote v primerjavi s higrosenzibilnim načinom prezračevanja. Iz praktičnih primerov je prav tako razvidno, da se lahko dosega visoki prihranki energije v stanovanjskih

stavbah, novogradnjah in pri sanacijah z mehanskim zračenjem. To je razvidno iz podatkov nemške državne agencije za energijo DENA (prav tam). Primer dobre prakse uporabe higrosenzibilnega prezračevalnega sistema predstavlja Rink (2013, str. 35), ki navaja soseso Ljubljana Polje II, ki jo sestavljajo večstanovanjske stavbe, poslovni prostori, vrtec in parkirne garaže, ki imajo vgrajen higrosenzibilni prezračevalni sistem, poleg tehnologije za obnovljive vire energije (prav tam).

Energetsko varčno mehansko prezračevanje s senzorsko kontrolo vlage (higrosenzibilno) se zato lahko uporablja tudi za gradnje, ki so energetske bolj varčne, saj ustreza standardu SIS 1946:6 za prezračevanje bivalnih prostorov ter standardom DIN in EU za mehansko prezračevanje, pa tudi nemški uredbi o varčevanju z energijo EnEV in standardom za zračenje sanitarij z ali brez oken (Pucelj, 2016).

Investicija v decentralno mehansko prezračevanje s kontrolo vlage se izkaže za finančno optimalnejšo od investicije v prezračevanja z rekuperacijo, celo v primarno energetske pozitivni gradnji, ker se pri investiciji finančni prihranek lahko nameni za druge energetske učinkovitejše ukrepe, kot je prezračevanje z rekuperacijo. Ugotovil sem, da je decentralno senzorsko prezračevanje na bazi kontrole vlage ali higrosenzibilno prezračevanje finančno bolj racionalna izbira prezračevanja kot prezračevanje z rekuperacijo (prav tam).

3.8 Prezračevalni sistem in vpliv vlage

Za zdravo bivalno okolje ni dober ne prevlažen in ne presuh zrak. Kakovost zraka v prostorih, kjer bivamo, težko zaznavamo s čutili, saj večine zdravju škodljivih in problematičnih sestavin ne moremo zaznati. Zato je nujno stalno prisilno prezračevanje, saj se le s tem lahko zagotovi zdrava in udobna notranja klima. Z vgradnjo prezračevalnega sistema v enodružinsko hišo se znebimo tudi zidne plesni, saj jo prezračevalni sistem onemogoči z zniževanjem vlage v prostoru (Jerman B., 2017).

3.8.1 Optimalni pogoji vlage v hiši

Bivalno okolje je najbolj zdravo, ko ima stopnjo relativne vlažnosti nekje od 40 % do 60 % (Fonovič, 2013). Kadar je v zraku manj vlage, se lahko poškoduje sluznica, kar pomeni, da postane manj odporna in bolj dovzetna za različne okužbe. Pojavijo se lahko tudi težave s kožo, različne alergije itd., skratka bivanje postane nezdravo in neugodno. Poleti se stopnja vlažnosti večkrat dvigne nad 60 %, kar na človeka ne vpliva dobro, saj povečana relativna vlažnost slabo vpliva na zdravje in predvsem počutje ljudi. Slabo počutje in slabo prenašanje vročine se lahko

pojavit se že pri razmeroma nizki temperaturi, okoli 25 °C, kadar je zrak zelo vlažen, pa nam preprečuje uspešno potenje, ki telo hladi. To je vidno predvsem v državah, kjer se poleti temperatura pogosto dvigne do 40 °C (Turčija, Severna Afrika). Tam, kjer so tako velike temperature, je zrak k sreči suh, zato je prenašanje vročine neproblematično, seveda ob pitju vode, saj se z znojenjem telo uspešno hladi (Jerman B. , 2017). Prezračevanje je potrebno v vseh letnih časih, tudi v deževnih dneh, da se zagotovijo optimalni pogoji vlage v hiši (Primc, 2014).

S problematiko zračne vlage se torej srečujemo vsaj dvakrat letno, pozimi in poleti, koliko je neugodnih dni, pa je nemogoče izračunati. To je zelo dinamična situacija, na katero vpliva veliko dejavnikov, kot so: velikost bivalnih prostorov ali hiše, aktivnosti in število uporabnikov, število in aktivnosti opreme in raznih aparatov, zunanja zračna vlaga in zunanje temperature ... V praksi se opazi, da imata v istem kraju dva enaka objekta povsem različno notranjo klimo, zato lahko trdimo, da v Sloveniji v zimskem obdobju skoraj vsi objekti potrebujejo entalpijske prenosnike za vračanje vlage (Jerman B. , 2017). Ti omogočajo prepuščanje vodne pare, s tem pa vračanje vlage v zrak prostor (E-netsi, b. d.). Obstajajo izjeme, kot so zelo majhni objekti z veliko stanovalci, domačimi živalmi ter zelo aktivno produkcijo vlage (pranje, sušenje, kuhanje ...). Zelo dobro je, da ljudje prenesemo zelo velike razlike v zračni vlagi, kar pa ni razlog, da ne bi česa storili na tem področju, saj ni težka naloga. Vlažnost v hiši je odvisna od vlage v zunanjem zraku, predvsem pa od letnega časa. Vse je povezano. Če je poletje, perilo sušimo zunaj, zato je manj vlage v hiši. Odvisno je tudi od velikosti objekta in njegovih prostorov. Vse omenjeno objekt lažje prenaša, če ima mehansko prezračevanje, ki pomembno vpliva na količino vlage v hiši (Jerman B. , 2017).

3.9 Ugotovljene karakteristike prezračevanja

V obravnavano hišo je treba dovesti zadostno količino svežega zraka, od katerega je odvisno počutje uporabnika. To lahko najlažje storimo s kontroliranim sistemom dovajanja zraka, torej s prezračevalnim sistemom, saj z zračenjem z okni tega ne dosežemo ustrezno. Ker imajo sodobni prezračevalni sistemi filtre, je zrak v prostoru kakovosten in zdravju prijazen. Tako se človek boljše počuti ob uporabi prezračevalnega sistema (prav tam).

Uporabnik mora biti v prostoru zadovoljen tudi s temperaturo, ki je prezračevalni sistem ne znižuje tako kot zračenje z okni, ki hkrati povzroča toplotne izgube in je manj ekonomična oblika izmenjave zraka. Prav tako pa z uporabo prezračevalnega sistema lahko kontroliramo vsebnost vlage v dovedenem zraku, ki je pri zračenju z odpiranjem oken ni mogoče kontrolirati.

Prezračevalni sistem je bolj ekonomičen. Z njegovo uporabo je manj vlage v objektu, kar je odvisno od aktivnosti v prostoru ter letnega časa, vremena in drugih naravnih pojavov (prav tam).

4 RAZLIČNE MOŽNOSTI PREZRAČEVANJA

Prezračevanje je eden od glavnih inženirskih sistemov v sodobnih objektih. V nekaterih stanovanjskih objektih ti sistemi niso tako priljubljeni, kot jih zahteva norma, vendar pa so v industrijskih in javnih stavbah urejeni in zasnovani skoraj povsod (Vrste prezračevalnih sistemov in njihova razvrstitev, b. d.).

Danes je tehnika že tako napredovala, da imamo veliko načinov prezračevanja, ki se med seboj ločijo glede na kakovost, kontrolo, vpliv na prostor in energijske izgube. Tako v grobem ločimo:

- naravno prezračevanje, ki deluje z odpiranjem oken;
- prisilno ali mehansko prezračevanje, ki je lahko podtlačno prezračevanje, centralno prezračevanje z rekuperacijo toplote ali prezračevanje z lokalnimi rekuperatorji toplote (Različni načini prezračevanja, 2014).

Za vrsto prezračevalnega sistema se najlažje odločimo, ko je hiša v fazi načrtovanja, saj so takrat odprte še vse možnosti. Kadar gradimo novo hišo, kot je obravnavan primer, je čimprejšnja odločitev zelo koristna in ekonomična. Nekatera preprosta in poceni dela lahko opravimo že pri temeljenju objekta, ker nam olajšajo in bistveno pocenijo vgradnjo prezračevalnega sistema. To pomeni, da v temeljno ploščo vstavimo cevi, potrebne za prezračevalno napravo, in prihranimo stroške vrtanja v konstrukcijo (E-netsi, b. d.).

4.1 *Naravno prezračevanje ali prezračevanje z odpiranjem oken*

Naravno prezračevanje ali prezračevanje z odpiranjem oken povzroča nekontroliran dotok zraka skozi porozno gradbeno konstrukcijo (vrata in okna, ki ne tesnijo, razne rešetke, fiksne prezračevalne odprtine ...) (Muhič, 2015).

Sodobna hiša je precej zrakotesna (želimo čim manj toplotnih izgub), zato je odpiranje oken edina izbira v primeru, da nimamo drugega načina prezračevanja. Okno moramo odpreti vsako uro za vsaj 5 minut, če želimo imeti kakovostno prezračeno prostorov. Tako odvajamo vonjave, vlago in zagotovimo svež zrak. Tega ne počnemo po celi hiši, temveč le lokalno. Jasno je, da tega ne počnemo ves čas, ko bivamo v hiši, ali ponoči, ko spimo, sicer pa svež zrak potrebujemo tudi takrat, da se lahko dobro naspimo in spočijemo. Če je okno odprto, obstaja tveganje za vdor vlage, prahu, hrupa, mrčesa ali energijske izgube. To v zimskem času predstavlja do 60 % vse vložene energije za ogrevanje. Ko kupimo okna z odprtinami za prezračevanje, rešimo le nekaj od naštetih problemov. Pri tem še vedno ostanejo energijske

izgube, lokalni učinek prezračevanja in dejstvo, da so takšna okna dražja. V primeru obravnavane enodružinske hiše teh problemov nimamo, saj je vgrajen prezračevalni sistem, zato ni dragih oken z zračniki, pa tudi odpirajo se manj pogosto (Različni načini prezračevanja, 2014).

4.2 Mehansko ali prisilno prezračevanje

Mehansko prezračevanje je lahko kanalno (centralno) ali nekanalno (lokalno), razlika med njima je le, da se zrak giblje po zračnih kanalih ali skozi stenske odprtine ali ventilatorje brez priključenih cevi. Glede na vrste prezračevalnih sistemov, ki uporabljajo metodo prenašanja zraka, bom opisal prisilno mrežo. V njej se za razliko od naravnega prezračevanja za pretok zraka uporablja električna energija. Zamenjava zraka se pojavi pod pritiskom ventilacijskih enot: ventilatorjev, zraka in izpušnih sistemov. Glavni pogonski element takega sistema je ventilator. Ta naprava je sestavljena iz telesa in rotorja različnih tipov, pa tudi električnega motorja. Elektromotor poganja rotor, ki je zasnovan tako, da zajema zračne tokove in jih premakne od dovoda ventilatorja do izpuha (Vrste prezračevalnih sistemov in njihova razvrstitev, b. d.). V Evropi se sanirajo številne zgradbe, skupna sanacijam pa je implementacija sodobnega sistema mehanskega prezračevanja (Mladenovič, 2013).

Ventilatorji se običajno razvrstijo v dve veliki vrsti:

- ventilator v aksialnem gibanju zraka prehaja skozi rotor pravokotno na lopatice;
- zrak v centrifugalnih ventilatorjih se premika vzporedno z rezilom, kot če bi se obrnil okoli njega.

Poleg ventilatorja lahko prisilni sistem vsebuje tudi dodatne elemente. To velja za kanalske sisteme, saj se v njih zrak giblje skozi mrežo povezanih kanalov (tog in fleksibilen). V tem primeru je treba uporabiti ventile, regulatorje pretoka zraka in druge elemente:

- filtre za čiščenje svežega zraka ali izpušne pline iz prahu in onesnaževal;
- dušilnike hrupa za zmanjšanje ravni vibracij in hrupa;
- grelnike: vodne ali električne enote za ogrevanje dovodnega zraka;
- rešetke, difuzorje, anemostate in druge naprave za distribucijo tokov.

Uporablja se tudi veliko dodatnih in montažnih materialov, vključno z grelniki, sponami in regulatorji temperature in moči ventilatorjev. Vsi opisani elementi so tudi sestavni del prisilne prezračevalne naprave Aeronom WS 250, ki je vgrajena v obravnavano hišo (prav tam; Maico aeronom, b. d.).

Tabela 4: Razvrstitev odtočnega zraka

Skupina	Opis	Primer
ODZ 1	Odtočni zrak, ki ima nizko stopnjo onesnaženosti	
	Zrak, ki ga lahko primerjamo z zunanjim zrakom. Zrak iz prostorov, kjer je glavni vir emisije gradbeni material, ali pa iz zasedenih prostorov, kjer sta glavna vira emisije človeški metabolizem in gradbeni material.	Stanovanjski objekti, pisarne, shrambe, stopnišča itd. Prostori brez dodatnih virov onesnaževanja in prostori, kjer je kajenje prepovedano.
ODZ 2	Odtočni zrak, ki ima srednjo stopnjo onesnaženosti	
	Zrak iz zasedenih prostorov, ki je bolj onesnažen kot pod 1 iz enakih virov in/ali človeških aktivnosti.	Hotelske sobe, jedilnice, večnamenski prostori, garderobe, skladišča. Prostori, ki bi sodili pod ODZ 1, vendar je v njih dovoljeno kajenje.
ODZ 3	Odtočni zrak, ki ima visoko stopnjo onesnaženosti	
	Zrak iz prostorov, v katerih eliminirane snovi, kemikalije, procesi itd. znižujejo kakovost zraka.	Sanitarije, savne, kemični laboratoriji, savne, prostori za kajenje.
ODZ 4	Odtočni zrak, ki ima zelo visoko stopnjo onesnaženosti	
	Zrak z vsebino vonjav in onesnaževalcev, škodljivih zdravju, v povišanih koncentracijah od dopustnih za notranji zrak v bivalnih conah.	Izpuhi iz kuhinj, izpuhi za profesionalno rabo, garaže in tuneli, parkirišča, prostori za shranjevanje in uporabo lakov, prostori za odpadke in neoprano perilo, centralno zračno-čistilni sistemi, kadilnice, kemični laboratoriji.

Vir: (Priloga 1, 2002)

4.2.1 Podtlačno prezračevanje

Odvodni ventilatorji v sodobnih hišah izgubljajo pomen, zaradi zrakotesnosti, če ne uredimo ustreznega dovoda zraka. Tudi s kuhinjsko napo je enako, saj zaradi podtlaka deluje le, če odpremo okno. Po principu podtlačnega prezračevanja pa je prezračevanje mogoče nadgraditi z odvodnim ventilatorjem, ker zrak dovajamo v čiste prostore (spalnico, kabinet, dnevno in otroško sobo), preko bolj ali manj dovršenega stenskega preboja. Ta je lahko opremljen z dušilcem zvoka, termostatskim ventilom, ki glede na temperaturo spreminja količino dovedenega zraka in preprečuje vdor velikih količin hladnega zraka, ko je zunaj najhladnejše. Tak sistem na celoten objekt deluje sistemsko, v prostore dovaja svež zrak, in sicer tja, kjer je

najbolj potreben, in odvaja vlago ter neprijetne vonjave, kjer se ustvarjajo. Sistem, kot je ta, ne predstavlja velike investicije ob vgradnji, vendar pa še vedno ne odpravi energetskih izgub s prezračevanjem. Tak sistem prezračevanja je primeren za obstoječe objekte (Različni načini prezračevanja, 2014).

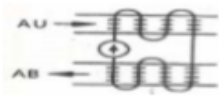
4.2.2 *Prezračevanje z rekuperacijo*

Rekuperacija je proces vračanja toplote, kjer se omogočata dovajanje in odvajanje zraka hkrati, brez mešanja nasprotnih tokov. Znotraj naprave je nameščen toplotni izmenjevalnik, skozi katerega prehaja zrak. Odvodni in dovodni zrak sta popolnoma ločena in se med seboj ne mešata na notranji in zunanji strani prezračevalne enote, niti znotraj naprave, kadar gre za lokalni sistem (Prana prezračevanje, b. d.).

Prezračevanje z rekuperacijo deluje tako, da se del odpadnega – umazanega zraka s pomočjo rekuperatorja pretvori v toplotno energijo, ki se lahko uporabi npr. za ogrevanje z ogrevalnim sistemom. Prezračevanje z rekuperacijo je zelo uporaben in učinkovit sistem prezračevanja, ker hkrati, ko v prostor dovaja svež zrak in iz prostora odvaja nečistega, uporabi toploto nečistega zraka za ogrevanje čistega oziroma svežega zraka v prostor. Takšen sistem prezračevanja je zato zelo ekonomičen in vedno bolj iskan, saj so manjši skupni stroški zaradi sprotnega prezračevanja in ogrevanja (Štraus inštalacije, b. d.).

Tabela 5: Pregled načinov rekuperacije toplote in načinov izmenjevalca

Opis	Konstrukcija	Sprememba vlažnosti
Ploščni križni toplotni prenosnik		Ne
Ploščni protitočni toplotni prenosnik		Ne
Entalpijski ploščni protitočni toplotni prenosnik		Da

Toplotni prenosnik s krožnim pretokom		Ne
Cevni izmenjevalec toplote		Ne
Rotacijski izmenjevalec toplote (sorbcijski ali kondenzacijski)		Da oz. majhna
Toplotna črpalka		Ne

Vir: (Bračun, 2013)

Prezračevalne naprave v hiše vgrajujemo zaradi sodobnih gradenj objektov, ki so nemalokrat pasivne in NEH hiše. Ti objekti imajo zelo dobro zrakotesnost in TI. V njih je problematična izmenjava zraka brez prezračevalnih sistemov, saj z njimi priskrbimo odvod umazanega in dovod svežega zraka. To omogoča rekuperator ali naprava za izmenjavanje toplote, ki omogoča izmenjavo toplotnih izgub. Nekaj teh naprav predstavlja tabela 5 (Bračun, 2013).

4.3 *Boljše karakteristike in namen uporabe prisilnega prezračevanja*

Boljše karakteristike in namen uporabe prisilnega prezračevanja:

- Prezračijo se tudi nebivalni prostori, drugače se zviša koncentracija vlage in hlapljivih snovi.
- Je udobna in ustrezna rešitev, saj ni potrebna prisotnost uporabnika. Kontrolirana je količina zamenjave zraka, onemogočen je vstop mrčesa in zrak je filtriran.
- S predpisi je zahtevana stalna izmenjava zraka.
- Odpadni zrak se pretvori v toplotno energijo, ki se lahko uporabi (npr. za ogrevanje svežega zraka, ogrevanje toplotnega sistema).

Pogoj za prezračevalni sistem so tudi okna, ki se že zaradi energijske varčnosti zamenjajo tudi pri starejših hišah. Sodobne hiše ali novogradnje imajo okna z dobro zrakotesnostjo, kar pomeni, da so izpolnjeni pogoji za vgradnjo prezračevalnega sistema (E-netsi, b. d.).

5 PRIMERJAVA CENTRALNEGA IN LOKALNEGA PREZRAČEVALNEGA SISTEMA

Prezračevalne naprave z izmenjevalcem toplote, ki tudi zmanjšujejo prezračevalne energijske izgube, se delijo na lokalne in centralne sisteme prezračevanja. Sodobni rekuperatorji iz odpadnega v dovodni zrak vračajo že 90 % in več toplote. Zaradi tega ne vplivajo le na strošek ogrevanja, ampak tudi na bivalno ugodje, saj se po temperaturi skoraj ne razlikuje od notranjega zraka. Hkrati se zrak povsem zamenja, kar je tudi namen prezračevanja. Slabost lokalnih rekuperatorjev je, da delujejo le na en prostor, na tistega, kjer so vgrajeni, in da so hkrati precej dragi. Centralno prezračevanje vseh prostorov s povratkom toplote je edina prava, celovita in najkakovostnejša rešitev. Svež zrak lahko dovedemo po antistatičnih in antibakterijskih ceveh, kar ne vpliva na kakovost zraka, hkrati pa se le ta razvlaži, prefiltrira (odstranimo lahko tudi cvetni prah) in ogreje z odpadnim zrakom. Za hiše, v katerih je lahko v zimskem času odstotek relativne vlage precej nizek, je mogoče uporabiti entalpijski izmenjevalec, ki poleg toplote vrača tudi do 60 % vlage iz odpadnega zraka, namesto klasičnega ploščnega izmenjevalca, ki vrača le toploto (Različni načini prezračevanja, 2014).

5.1 Primer lokalnega prezračevanja

5.1.1 Nove tehnologije in izboljšave lokalnega prezračevalnega sistema Lunos

Vsak primer lokalne prezračevalne naprave deluje približno enako, le da poznamo več različnih proizvajalcev. V obravnavanem primeru sem se odločil predstaviti napravo nemškega podjetja Lunos z zastopništvom v Sloveniji. Proizvajalec je svoj letošnji model E2 prezračevalnega sistema še dodatno izboljšal. Dodatno so v centralni kontrolni sistem in vgradili nadzor vlage in temperature. Tako se samodejno prilagaja delovnim razmeram. Poleg tega so zmanjšali hrupnost iz 16 na 14 decibelov, kar je skoraj neslišno in igra pomembno vlogo v spalnih prostorih. Z dodatnim nadzorom vlage skrbi za primerno vlažnost v prostorih. Nastavi se lahko na tri stopinje (Pucelj, 2016)



Slika 12: Primer centralnega prezračevalnega sistema Lunos

Vir: (<https://www.varcevanje-energije.si/prezracevanje/nagrajena-prezracevalna-naprava-smartfan.html>)

5.1.2 Delovanje lokalnega prezračevalnega sistema Lunos

Lokalni prezračevalni sistem Lunos je zasnovan tako, da porabljen zrak izsesa in dovede novega. Na ta način zagotavlja nadzor na izmenjavo zraka, da je v prostoru dovolj prefiltriranega in ne premalo. Zrak se zamenja v celotnem prostoru. Hkrati je doveden zrak prefiltriran. To je še posebej pomembno, če je zunaj slab zrak ali če je poln pršic. Zvočna izolacija je povsem enaka kot pri zaprtih oknih, le da je prihranek toplote pri klasičnem sistemu (brez rekuperacije) v primerjavi z odpiranjem oken več kot 40 %. V primerjavi z rekuperacijskim sistemom so toplotne izgube minimalne, saj Lunosov sistem E2 dosega že več kot 90 % varčevanja toplote (Pucelj, 2016). Kustec (2018) pravi, da je praviloma vsaka energetska sanacija povezana tudi z namestitvijo sistema za prezračevanje, pri čemer je v Evropi v ospredju prezračevalni sistem Lunos E2.

Klasični prezračevalni sistemi podjetja Lunos temeljijo na ustreznem pretoku zraka v celotnem bivalnem prostoru. Zato imamo v stanovanju vhodne enote za dotok svežega zraka (svež in filtriran zrak prihaja skozi posebne zračnike v spalnice in dnevne sobe, otroške sobe ter delovne prostore), na drugi strani pa imamo posebne ventilatorje, ki glede na stopnjo vlažnosti zraka izrabljen zrak (iz kopalnice, kuhinje, sanitarij in pralnice) prenašajo ven oziroma v prezračevalne jaške. S pomočjo teh ventilatorjev v stanovanju nastane majhen podtlak, ki povzroči prihajanje svežega, filtriranega zraka skozi vhodne enote. Vratne rešetke uravnavajo pretok zraka med prostori in so običajno vgrajene v kopalnicah. Lahko se tudi uporabi originalni Lunosov element za pretok zraka med prostori (sobami) (prav tam). Za ta sistem sta značilna tiho delovanje in prijaznost do okolja z vidika energetske učinkovitost z inovativnim principom regenerativne izmenjave zračnega toka. Elementi so združljivi za namestitev v različne odprtine na stenah in se lahko uporabljajo pri novogradnjah ali sanacijah (Lunos, b. d.).

5.1.3 Decentralizirano prezračevanje z rekuperacijo, ki je pogosto izvedeno kot hibridno prezračevanje z delno rekuperacijo

Zadnje čase se na trgu pogosto pojavlja decentralizirano prezračevanje z rekuperacijo, ki ima kapaciteto približno 30 do 50 m³/h. Pri tem enote delujejo v parih z izmeničnim ciklom (menjava smeri zračenja v približno eni minuti). To vrsto prezračevanja pogosto vgrajujejo samo v sobe, v sanitarije pa pogosteje vgrajujejo prekinjeno ventilatorsko zračenje. Pri tem gre za hibridno prezračevanje le z delno rekuperacijo toplote (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

Tudi če bi decentralizirani rekuperatorji vračali 90 % toplotne energije, je v stanovanjski enoti, ki je tako prezračevana, rekuperacija precej manjša, ker je odsotna v izhodnem zraku sanitarij, še manjša pa je v primeru pasivnih gradenj. Zato prezračevanje z rekuperacijo prinaša precej manj prednosti v primerjavi s higrosenzibilnim prezračevanjem, ki se lahko izkaže za cenejšo možnost, kar se tiče investicije in porabe energije za ogrevanje, kar je odvisno od končne cene zračenja. V kuhinji je treba namestiti dodatno napo, ker takšni rekuperatorji ne dosegajo potrebnega najmanjšega pretoka zraka za kuhinje. Pojavi se tudi mešanje zraka med prostori, saj zrak ne potuje od sob proti tako imenovanim mokrim prostorom (kopalnica, WC, kuhinja), kot narekuje standard prezračevanja, temveč se med sobami meša, kar pa ni dobro, če v kakšni sobi kdo kadi. Slišen zvok teh naprav je dodaten problem ponoči v spalnih prostorih, tudi pri minimalni (premajhni!) stopnji zračenja, pri večjih pa po navadi povzroča več motečega hrupa in dodatno pada stopnja rekuperacije toplote. Prednost teh prezračevalnih enot je le, da so včasih cenovno dostopnejše, zaradi visokih subvencij, lahko tudi do 50 % za določena omenjena področja (prav tam).

Posamične samostojne rekuperacijske prezračevalne enote so še večji paradoks, saj ne delujejo povezano v parih, kljub izmeničnemu ciklu zračenja, saj v vsakem ciklu toplota ne rekuperira v eno smer (tukaj zraka ni mogoče stiskati v prostoru), zato po navadi v vsakem ciklu zrak nekje še izmenično uhaja ven, odnosno vstopa mimo brez rekuperacije toplote. Četudi naj bi imela takšna naprava 90 % vračanja toplote, polovico zraka (polovico cikla) vedno izmenjuje mimo rekuperatorja, zato je nazivna rekuperacija toplote le polovična (45 %), v praksi pa po navadi še polovico manjša. Odšteti je treba še izgube zaradi nepopolne zrakotesnosti, ker v hišah z zrakotesnostjo, manjšo od standarda zrakotesnosti NEH (prepustnost tudi do $n_{50} < 3,0 \text{ h}^{-1}$ ali celo večja), realna stopnja rekuperacije toplote strmo pada. Od take rekuperacije toplote je v praksi bolj malo varčevalne koristi, še posebej ko pogledamo, da so stroški investicije v

rekuperacijo višji (prav tam). S tem načinom prezračevanja si zagotovimo vedno svež zrak v prostoru, pri čemer izgubimo le 5 ali nekaj več % toplote (Zehnder comfortsystems, b. d.)

Običajno so precej dražje učinkovite samostojne dvosmerne rekuperacijske prezračevalne enote s sočasnim dovodom/odvodom zraka, kjer se pojavi vprašanje smotrnosti naložbe, v primeru, da visoko učinkovita filtracija (ogleni filter) plinov ter vonjav okolice, ki jo lahko nudijo (osnovna izvedba ni tako opremljena), ni potrebna, ampak nam, če se za to odločimo, podraži investicijo, pa tudi vzdrževanje. Naložba v čist zrak se splača, sploh tam, kjer je zrak okolice problematičen (emisijski plini, industrije, kmetijstvo). Tudi z decentraliziranim prezračevanjem brez rekuperacije lahko dosežemo filtracijo zdravju škodljivih delcev, plinov in vonjav (redki izvajalci) (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

V praktični uporabi so varčevalni energetske učinki pri zračenju z rekuperacijo toplote v objektih, ki imajo slabšo zrakotesnost od pasivne gradnje ($n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$), povprečno precej manjši od pomanjkljivih komercialnih teoretičnih predstavitev (stroškovno še slabši, kar je sicer odvisno od višine morebitne subvencije). Pri tem je smotrnost centralne rekuperacije bolj vidna v primeru hkratnega kanalskega hlajenja in možne visoke filtracije – predvsem plinov in vonjav (ogleni filter ...), kar precej zviša ceno investicije in vzdrževanja. Pogosto precej cenejše decentralizirano prezračevanje (tudi brez subvencije) s kontrolo vlage lahko solidno opravi vse druge. Tukaj lahko razliko cene z dražjim prezračevanjem vložimo v boljšo izolacijo, boljši ali bolj učinkovit vir ogrevanja ali energije in iz denarja iztržimo več energetske učinkovitosti kot v primeru rekuperacije toplote iz zraka. Prezračevanje z rekuperacijo je lahko racionalna izbira, če so pogoji primerni, posebej če je cena nizka in so podane določene zahteve (velik volumen zraka itd.) (Racionalno varčno prezračevanje, 2016), saj sistem samodejno prilagodi volumen zračnega toka (Zehnder comfortsystems, b. d.). Primerno je tudi za objekte, ki nimajo ali imajo premalo termalne mase, ki bi učinkovito ali primerno akumulirala toploto (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

Z ustrezno instalacijo, skladno s standardi in pravili proizvajalca, ter dobro prakso uporabe je mogoče zagotoviti primerno prezračen prostor in na ta način preprečiti nastanek vlage v prostoru. Izbira je prepuščena (i)racionalnosti in (ne)znanju ter željam uporabnikov, kot strokovnjakov, njihovim »strokovnim« argumentom glede ponudbe tržne ekonomije in subvencijske politike (Racionalno varčno prezračevanje, 2016), ki zagotavlja nepovratna sredstva za vgradnjo prezračevalnega sistema z vračanjem toplote odpadnega zraka v stanovanjski hiši (Eko sklad, 2019). Primerno samodejno prezračevanje je racionalna,

energetsko varčna, stroškovno ugodna in učinkovita rešitev prezračevanja, če upoštevamo standard gradnje in njene zahteve (Racionalno varčno prezračevanje, 2016).

Lokalni prezračevalni sistem je smiselno imeti predvsem v obstoječih hišah, kjer so končana vsa gradbena dela, torej pri dokončanih novogradnjah in prenovah, saj bi centralni prezračevalni sistem povzročil bistveno več gradbenih posegov in bil bi bistveno dražji (Prezračevalni sistemi Blauberg, 2016).

Kot primer za primerjavo cen obeh naprav sem si izbral lokalno prezračevalno napravo SEVi 160 s centralno krmilno enoto, ki ima napajalnik SEC-20-BF. Cena te lokalne rekuperacijske naprave je 829,60 € (tako je navedeno na spletni strani prodajalca). V primeru obravnavane hiše bi potrebovali najmanj dve napravi, ker ima hiša z več kot šest do osem prostorov. Stroški so še z montažo naprave in vseh delov, ki služijo za prezračevanje med prostori (rešetke na vratih ali stenah, ventilatorji) (SEV Lokalni rekuperator SEVi 160 + centralna krmilna enota z napajalnikom SEC-20-BF, b. d.).

5.1.4 Prednosti lokalnega prezračevalnega sistema

Prednosti lokalnega prezračevalnega sistema so:

- zelo preprosta vgradnja, potrebni sta le odprtina na zunanjo steno ter povezava na električno omrežje;
- vgradnja cevne sistema ni potrebna in posledičnega ni čiščenja;
- pri napravah s senzorjem vlažnosti je kontrola vlage;
- možnost prezračevanja samo ene sobe ali določenega dela hiše;
- manjša poraba električne energije;
- lokalna naprava je zelo primerna tam, kjer želimo odstraniti odvečno vlago;
- v spomladanskih mesecih lahko naprave odklopimo in odpremo okna;
- predvsem je sistem primeren za hiše z dokončanimi gradbenimi deli;
- cenejša rešitev predvsem za stanovanja, sobe ali hiše z do šest ali tudi do osem prostori (Prezračevalni sistemi Blauberg, 2016).

5.2 Primer centralnega prezračevanja

Namen centralnega prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote je, da z njim prezračujemo celoten objekt. Tak prezračevalni sistem se v večini uporablja le za prezračevanje hiš in stanovanjskih enot v večstanovanjski zgradbi. Pri centralnem prezračevanju običajno

prezračujemo tudi vse ogrevane prostore, v nasprotju z lokalnim sistemom. Centralno prezračevanje je zasnovano tako, da svež zrak dovaja v čiste prostore, iz prostorov pa odvaja zrak, ki je obremenjen z vlago in vonjavami. Pri dovajanju potrebne količine svežega zraka v prostor se je treba prilagajati uporabniku prostora, upoštevati pa je treba tudi predpisane standarde o dotoku svežega zraka glede na velikost prostora. Podatek, na katerem temelji razvod, je, da vsak človek potrebuje do 30 m³ zraka na uro. Zato je v spalnico, kjer sta običajno dve osebi, treba dovesti 60 m³ zraka na uro. Centralno prezračevanje ima za razliko od lokalnega poleg splošnih lastnosti še možnost lokalnega bypassa (nočnega pohlajevanja poleti) in varnostni predgrelec, ki pozimi skrbi za odtaljevanje kondenzata (večina proizvajalcev), poleg tega pa ima tudi višji toplotni izkoristek, možnost izbire entalpijskega izmenjevalca in večstopenjsko filtracijo. Glede na velikost prezračevalnega sistema in njegovo lokacijo ter druge zahteve (certifikati, entalpija ...) lahko pri ponudnikih hišnega prezračevanja na trgu izbiramo med:

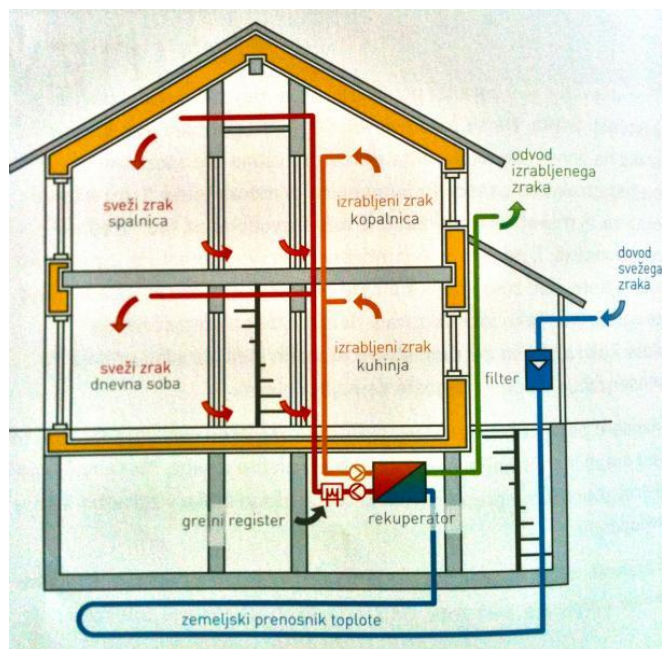
- enotami z entalpijskim ali običajnim izmenjevalcem,
- stropnimi in stenski enotami,
- izvedbami iz različnih certifikatov.

Vsak tip od naštetih se po usmeritvi priključkov loči na desni in na levi model (Prezračevanje Agregat, b. d.).

5.2.1 Delovanje centralnega prezračevalnega sistema

Princip delovanja centralnega prezračevalnega sistema je, da svež zrak doteka v prostor iz zunanosti, skozi vgrajeno zaščitno rešetko, ki je lahko vgrajena v fasado ali na strešni del stavbe. Pri vstopu zraka skozi zaščitno rešetko se že pri vtoku zraka prefiltrirajo tudi prašni delci. Ta zrak nato po ceveh potuje do prezračevalne naprave. Tam se s pomočjo rekuperatorja segreje, in sicer tako, da prejme toploto od izrabljenega zraka, ki potuje skozi rekuperator. Izrabljen in svež zrak se ne mešata. Nato se svež zrak izčrpa v prostore, kot so jedilnice, dnevne sobe in podobno. Dotok zraka v prostor je praviloma vedno s temperaturo 16 °C ali več. Nato se zrak prosto giblje po prostorih, končno pa se izčrpa nazaj do prezračevalne naprave, kjer odda toploto svežemu zraku in potuje nazaj v zunanost. Investicija v sistem s centralnim rekuperatorjem je stroškovno višja od lokalnega sistema prezračevanja, saj je zagotovljen boljši končni učinek. Kot primer centralne naprave pri obravnavani hiši sem izbral rekuperacijsko napravo Aeronom ws 250, ki stane 2800 €. Prišteti moramo še stroške montaže vseh potrebnih

elementov za delovanje naprave in stroške njihove nabave. Cene sem pridobil od podjetja Miktra d. o. o. Predračun prezračevalnega sistema je v prilogi 5 (Zabašnik Senegačnik, 2007).



Slika 13: Centralni prezračevalni sistem

Vir: (https://www.mojmojster.net/clanek/140/Prisilno_prezracevanje_z_rekuperatorjem)

5.2.2 Nameščanje posameznih delov prezračevalnega sistema

Izrabljen in svež zrak prezračevalnega sistema potujeta po prezračevalnih ceveh (kanalih), ki so široke 10–20 cm. Biti morajo zelo dobro izolirane in se vgradijo pod stropom ali pod estrihom v toplotno izolacijo. Zrak v prostor prihaja preko posebnih šob, ki morajo biti več kot dva metra od tal, vgrajene pa so lahko na steni ali stropu. Odvod in dovod zraka ne smeta biti montirana preblizu skupaj, saj tako sistem ne deluje, zato je najboljša, če sta montirana na nasprotnih straneh prostora. Kroženje zraka med prostori se omogoči tako, da se na notranja vrata vgradijo posebne zvočno izolirane reže ali pa se v notranje stene vgradijo posebne reže za prehajanje zraka med prostori. Prezračevalna naprava je po navadi pozicionirana v kurilnici, kleti ali v omari, pomembno je le, da je prostor toplotno izoliran in suh (prav tam).



Slika 14: Kurilnica, kjer je nameščena prezračevalna naprava

Vir: (Lastni vir)



Slika 15: Namestitev talnih vodov prezračevalnega sistema

Vir: (Lastni vir)



Slika 16: Namestitev stropnih vodov prezračevalnega sistema

Vir: (Lastni vir)



Slika 17: Odvod zraka skozi reže v vratih

Vir: (<http://energetskaizkaznica.si/nasveti/sodobni-sistemi-za-mehansko-prezracevanje-stavb/>)

5.2.3 *Prednosti centralnega prezračevalnega sistema*

Prednosti centralnega prezračevalnega sistema so:

- Vpihan zrak ima pozimi višjo, pozimi pa nižjo temperaturo in s tem ima naprava tudi boljši toplotni izkoristek.
- Večji del hiše zavzame vpihovanje svežega zraka, ki je bolj celovito in bolje prezračevano. Pri centralnem prezračevanju vračamo toploto in prezračujemo vse prostore v hiši (tudi stranišča in kopalnice).
- Svež zrak lahko imamo točno tam, kjer želimo, ne le blizu zunanjih sten. Tako zrak po sobah ločimo z dovodom in odvodom.
- Sistem je cenejši za hiše z od šest, osem ali več prostori.
- Naprave z entalpijskim izmenjevalcem omogočajo vračanje vlage.
- Naprave, ki nimajo entalpijskega izmenjevalca, onemogočajo prehod vonjav nazaj v prostore.
- Z dobrim vzdrževanjem in menjavo filtrov je čiščenje naprave manj pogosto (Prezračevalni sistemi Blauberg, 2016).

5.3 *Vgradnja prezračevalnega sistema v obravnavano hišo*

Na podlagi ugotovitev iz primerjave prednosti obeh prezračevalnih sistemov sem se odločil za vgradnjo centralnega prezračevalnega sistema. Obravnavana hiša ima vgrajen centralni prezračevalni sistem Aeronom WS 250. Prezračevalna naprava je vgrajena v pritličju hiše, in sicer v kurilnici. Prostor za namestitev naprave je priporočal izvajalec, ker je tam najlažji razvod cevi v zgornje prostore in najmanj moteč blagi hrup, ki ga naprava povzroča. Dovodi in odvodi morajo biti nameščeni v stran od vhoda v prostor. V bivalne prostore dovajamo svež zrak,

izrabljen zrak pa zajemamo tam, kjer je največ razlogov kvarjenja zraka, in ga odvajamo iz prostorov (kopalnice, kuhinje, sanitarije). Prostori, kjer preživimo največ časa (spalnice, dnevne sobe), imajo lahko tudi po dva dovoda. Odvodne cevi imajo nameščene maščobne filtre, prenos hrupa med prostori pa je onemogočen z razdelivcem odvodnih in dovodnih cevi, ki imajo vgrajen dušilec zvoka. Med prezračevalno napravo in razdelivcem se vgradi dodatni cevni dušilec zvoka, ki šum elektromotorjev zaduši tudi, ko so najbolj obremenjeni. V tabeli 4 sem prikazal dele, ki smo jih vgradili v prezračevalno napravo. V prilogi 5 je predračun izvajalca za prezračevalno napravo, ki je bila vgrajena v obravnavano enodružinsko hišo.

Tabela 6: Vgrajeni deli centralne prezračevalne naprave Aeron WS 250 obravnavane hiše

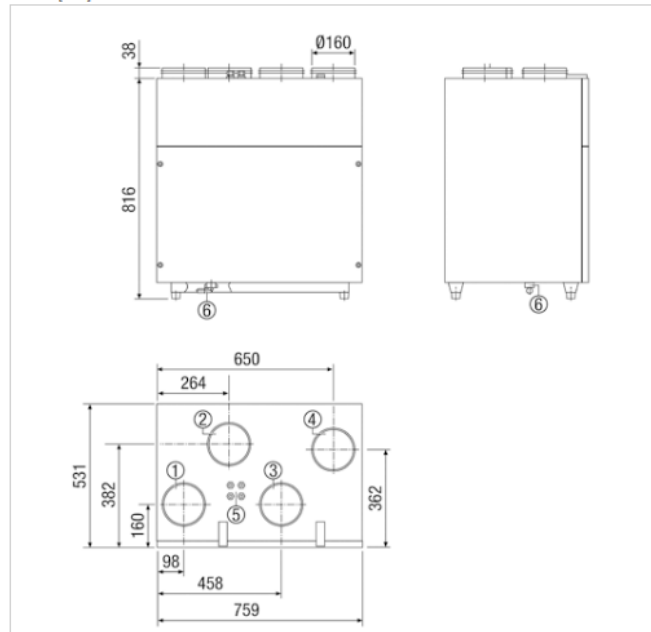
Dobava materiala izvajalca	Opis dela izvajalca	Enota	Količina
Dobava cevi Φ 75 mm 60 metrov, zraven je tesnilni, pritrdilni material	Montaža cevi Φ 75 mm	kos	4
Dobava tesnil	Montaža tesnil na spoje cevi	kos	5
Dobava spojk	Montaža spojk na cevi	kos	3
Dobava razdelilne komore za 10 priključkov Φ 75 mm, zraven je tesnilni in pritrdilni, povezovalni material	Montaža razdelivcev	kos	2
Dobava cevnega dušilca Φ 150 mm, dolžine 1 m, zraven je tesnilni in pritrdilni, povezovalni material	Montaža cevni dušilcev	kos	2
Dobava stropne prezračevalne komore z dvema priključkoma Φ 75 mm, zraven je tesnilni in pritrdilni, povezovalni material	Montaža stropne prezračevalne komore	kos	5
Dobava stropne prezračevalne komore z enim priključkom Φ 75 mm, zraven je tesnilni in pritrdilni, povezovalni material	Montaža stropne prezračevalne komore	kos	8
Dobava stropne prezračevalne komore s tremi priključki Φ 75 mm, zraven je tesnilni in pritrdilni, povezovalni material	Montaža stropne prezračevalne komore	kos	2
Dobava zajemne komore, filtra za kuhanje, zraven je tesnilni, pritrdilni, povezovalni material	Montaža zajemne komore	kos	1
Dobava regulatorja pretoka za stropno prezračevalno komoro	Montaža regulatorja pretoka	kos	6

Dobava ventila za odvod/dovod, zraven je tesnilni, pritrdilni, povezovalni material	Montaža ventila	kos	15
Dobava IP izolacijske cevi Φ 150 mm, dolžine 1 m, zraven je tesnilni, pritrdilni, povezovalni material	Montaža izolacijske cevi	kos	10
Dobava IP izolacijske cevi Φ 150 mm, 90° lok, dolžine 1 m, zraven je tesnilni, pritrdilni, povezovalni material	Montaža izolacijske cevi	kos	3
Dobava IP reducirnega kosa med razdelilno komoro in dušilcem zvoka, zraven je tesnilni, pritrdilni, povezovalni material	Montaža reducirnega kosa	kos	3
Dobava komore za fasadno rešetko	Montaža komore	kos	2
Dobava ALU zaščitne rešetke	Montaža rešetke	kos	2
Dobava redukcijskega kosa za priklop rekuperatorja	Montaža reducirnega kosa	kos	1
Dobava centralne prezračevalne naprave s toplotnim izmenjevalcem zraka, z električnim predgrelnikom zraka, WGR ventilatorjem, električnim priključkom (največ 100 m), protizmrzalno zaščito (1500 W) in priključkom za odvajanje kondenza	Montaža centralne naprave	kos	1
Navodila za uporabo in vzdrževanje	Nastavitev sistema	kos	1

Vir: (Lastni vir)

Skica

Mere v [mm]



Slika 18: Prezračevalna naprava Aeronom WS 250 in opis njenih sestavnih delov

Vir: (http://www.prezracevalne-naprave.si/prezracevalne_naprave_ws_250#z_elektricnim_grelcem_zraka)

Opis slike 18:

1. Odtok izrabljenega zraka (na prosto)
2. Dotok svežega zraka (v prostor)
3. Odtok izrabljenega zraka (iz prostora)
4. Dotok svežega zraka (od zunaj)
5. Električni priključek
6. Priključek za kondenz

6 SKLEP

Pred začetkom gradnje enodružinske hiše je potreben poseben postopek. Pridobiti je treba vso projektno dokumentacijo in vsa dovoljenja za gradnjo. Postopek se začne z nakupom zemljišča, kar povzroči vpis v zemljiško knjigo, pridobitev lokacijske informacije, idejno zasnovo (IDZ), idejni projekt (IDP), projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), projekt za izvedbo (PZI) in po končani gradnji še projekt izvedenih del (PID). Vsi ti projekti so združeni v enem dokumentu, ki se imenuje vodilna mapa. Ta je izdelana v skladu s Pravilnikom o projektni dokumentaciji (v obravnavanem primeru po stari zakonodaji, ki je bila veljavna do 1. 6. 2018) in je sestavni del projektna dokumentacije, poleg načrtov in elaboratov. Kadar želi investitor vgraditi strojne inštalacije, pri katerih je potreben velik poseg v hišo (centralni prezračevalni sistem), mora o tem obvestiti projektanta pred začetkom ali v zgodnji fazi načrtovanja. Če investitor tega ne stori, je investicija težja in dražja ali pa se mora odločiti za lokalno prezračevanje, ki je za obravnavano hišo manj primerno (ima več kot šest do osem prostorov). Ker se v zadnjem času v gradbeništvu po svetu in že tudi v Sloveniji uveljavlja BIM, lahko načrtovanje (3D) in izvedbo terminskih načrtov naredimo s pomočjo tega modela. BIM omogoča preglednejše načrte, projektno dokumentacijo, terminski načrt itd., če ga nadgradimo, pa lahko z njim tudi upravljamo objekt.

Vsak prezračevalni sistem je treba vzdrževati in čistiti, da se doseže čist zrak v hiši. V diplomskem delu sem v poglavju 2.3 opisal in slikovno prikazal več načinov čiščenja prezračevalnih sistemov in s pomočjo literature in podatkov serviserjev in zastopnikov opisal proces vzdrževanja in čiščenja za boljše delovanje prezračevalnih sistemov.

Od vzdrževanja in čiščenja prezračevalnih sistemov je odvisno tudi počutje uporabnika. Če prezračevalnemu sistemu ne menjamo filtrov in ga ne čistimo ustrezno, je zrak v hiši oporečen in zdravju škodljiv. To sem potrdil v tretjem poglavju diplomskega dela, s pomočjo Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, kakovost zraka in dopustne koncentracije notranjih onesnaževalcev zraka pa sem prikazal v tabeli 2. Učinkovitost uporabe sodobnih prezračevalnih sistemov sem predstavil s pomočjo priročnika Rehva, saj sem s pomočjo povzetega slikovnega gradiva prikazal porazdelitev koncentracij škodljivih primesi, njihov vpliv in vir, iz katerega izhajajo.

V diplomskem delu sem v tretjem poglavju predstavil prednosti sodobnih prezračevalnih sistemov (prisilnega prezračevanja) v primerjavi s prezračevanjem z odpiranjem oken in vrat (naravnim prezračevanjem). Z ekonomičnega vidika, glede na kurjavo, sem pri primerjavi obeh

načinov prezračevanja ugotovil, da je pri uporabi prezračevalnega sistema manj izgub toplotne energije, saj z odpiranjem oken izgublamo toplotno energijo in v hišo z dovajanjem svežega zraka dovedemo tudi mraz in vlago. Posledica čezmerne količine vlage v hiši je plesen, ki jo z uporabo prisilnega prezračevanja lahko kontroliramo, v nasprotnem primeru pa to ni mogoče. Opravljene raziskave nakazujejo, da uporabniki prezračevalnih sistemov zaradi različnih razlogov (kuhanje, kajenje) še vedno odpirajo okna. Ekonomičnost kurjave in količina vlage v hiši sta odvisni tudi od njene lege, aktivnosti uporabnika in predvsem od časovnega obdobja. Če je hiša na sončni legi, potrebujemo manj toplotne energije, da jo ogrejemo, kot če je nekje v kotlini, obdana s senco in potoki. V vsakem primeru je dobro imeti prezračevalni sistem, saj je z njegovo uporabo temperatura v hiši nespremenjena, količina vlage omejena, manjše pa so tudi toplotne izgube.

Predstavil sem načine prezračevanja. Ker sem v diplomskem delu proučeval prisilno prezračevanje, sem poudarek namenil sodobnim prezračevalnim sistemom. Ti se delijo na centralne prezračevalne sisteme (zrak poteka po prezračevalnih ceveh v prostore) in lokalne prezračevalne sisteme (zrak po prostorih poteka s pomočjo rež na vratih, stenah). Opreديل sem prednosti obeh sistemov in njune tehnične karakteristike in s pomočjo primerjave ugotovil, da je za obravnavano hišo primernejši centralni prezračevalni sistem. To je tudi cenovno ugodnejša rešitev, če gre za hišo z več kot šest do osem prostori. Obravnavana hiša je večja, zato ena lokalna prezračevalna naprava ne bi zadostovala. Lokalna prezračevalna naprava, ki sem jo izbral, stane 829,60 €. Ceno sem našel na spletni strani trgovca. Centralna naprava Aeron pa stane 2800 €, saj sem pridobil predračun. Obe vrednosti sta le za napravo, prišteti pa moramo še stroške montaže in nabave vseh elementov, ki so potrebni za ustrezno delovanje naprave.

Na podlagi obravnavane literature, lastnih ugotovitev, posvetovanja s strokovnim kadrom in primerjave lastnosti, karakteristik, kakovosti in cenovnih ugotovitev lahko trdim, da sem zastavljeni cilj dosegel, ker sem prišel do ugotovitev, s katerimi lahko potencialnim investitorjem svetujem pri vgradnji ustreznega prezračevalnega sistema in potrebni projektni dokumentaciji za gradnjo.

7 VIRI; LITERATURA

Bevk Perovič arhitekti. (2010). *Naslovna stran vodilne mape projektne dokumentacije*. Pridobljeno iz <https://share.upr.si/obvestila/investicije/IDZ.pdf>

Biro 360. (b. d.). *Tehnično poročilo*. Pridobljeno iz Biro 360: https://www.grosuplje.si/files/other/news/50/129228002-22_17S_teh_por-2.pdf

Bračun, D. (2013). *Klimatizacija enostanovanjske hiše s pomočjo rekuperacije*. Pridobljeno iz <https://dk.um.si/Dokument.php?id=59686>

DEM. (avgust 2014). *Vzdrževanje naprav za hlajenje, ogrevanje in prezračevanje na objektih DEM d.o.o.* Pridobljeno iz DEM: http://www.dem.si/Portals/0/JavnaNarocila/_MatejH/Vzdr%C5%BEevanje%20klim22/III_%20Tehnicne%20specifikacije%204_8_.pdf

Dvojak, M. (2017). *Izboljšanje kakovosti notranjega zraka v izobraževalnih ustanovah z izborom gradbenih proizvodov*. Pridobljeno iz NIJZ: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/publikacije-datoteke/inairq_zbornik_2017_kakovost_zraka_v_notranjih_prostorih_koncna.pdf

Debi, V. (2011). *Primerjava prezračevanja s kontrolo vlage in prezračevanja z rekuperacijo toplote*. Pridobljeno iz http://www.prezracevanje.eu/wp-content/uploads/povzetek_raziskave_frahofer_IBF-zracenje_z_rekuperacijo_in_brez.pdf

Eko sklad. (2015). *Seznam centralnih in lokalnih prezračevalnih naprav z vračanjem toplote odpadnega zraka*. Pridobljeno iz https://www.ekosklad.si/dokumenti/rd/29SUB-OB15/Seznam_rekuperatorji.pdf

Eko sklad. (2019). *Sistemi za prezračevanje z vračanjem toplote – rekuperacija*. Pridobljeno iz <https://www.ekosklad.si/fizicne-osebe/nameni/prikazi/actionID=95>

Energap. (b. d.). *Pravilno zračenje prostora*. Pridobljeno iz Energap: [http://www.energap.si/uploads/Prezra%C4%8Devanje\(1\).pdf](http://www.energap.si/uploads/Prezra%C4%8Devanje(1).pdf)

Energetik. (marec 2017). *Hišno prezračevanje s sistemom*. Pridobljeno iz Energetik: <http://www.revija-energetik.si/wp-content/uploads/2017/03/Energetik%20121.pdf>

E-netsi. (2019). *Higrosenzibilno prezračevanje*. Pridobljeno iz E-netsi: <https://prezracevanje.si/services/higrosenzibilno-prezracevanje/>

E-netsi. (b. d.). *Entalpijski prenosnik toplote*. Pridobljeno iz E-netsi: <https://prezracevanje.si/services/entalpijski-prenosnik-toplote/>

E-netsi. (b. d.). *Prezračevanje – splošne informacije*. Pridobljeno iz E-netsi: <http://www.e-netsi.si/si/prezracevanje/index.html>

Fonovič, U. (2013). *"Ni dobro preveč vlage, ne premalo, a vlaga mora biti"*. Pridobljeno iz Lunos: https://lunos.si/images/pdf/s1-10-07-13-kvad-1007_vlaga.pdf

I. S. P. Kamnik. (2015). *Tehnično poročilo*. Pridobljeno iz https://www.svsgugl.si/wp-content/uploads/2015/09/STROJNE-150707_TEKSTUALNI-OPIS_PZR.pdf

Jerman, B. (januar 2009). *Neresnice o prezracevanju stavb*. Pridobljeno iz E-net: <http://www.e-netsi.si/files/Ne-resnice-o-prezracevanju-stavb-januar-2009.pdf>

Jerman, B. (27. februar 2017). *Za zdravo bivalno okolje ni dober ne presuh ne prevlažen zrak*. Pridobljeno iz Dnevnik: <https://www.dnevnik.si/1042762564>

Kliminstal. (b. d.). *Čiščenje prezračevalnih sistemov*. Pridobljeno iz Kliminstal: <http://www.kliminstal.com/ciscenje-prezracevalnih-sistemov.html>

Kliminstal. (b. d.). *Servis prezračevalnih sistemov*. Pridobljeno iz Kliminstal: <http://www.kliminstal.com/servis.html>

Kustec, M. (2018). *V Evropi ga ima vsaka druga hiša*. Pridobljeno iz <https://siol.net/dom/prenova-in-gradnja/v-evropi-ga-ima-vsaka-druga-hisa-478068>

Lunos. (2018). *Decentralno energetska varčno prezračevanje brez sistema prezračevalnih kanalov*. Pridobljeno iz https://lunos.si/images/pdf/lunos_letak_a4.pdf

Lunos. (b. d.). *B1 prezračevalni sistem za bivalne prostore s toplotno rekuperacijo*. Pridobljeno iz https://lunos.si/images/pdf/lunos-e2_letak.pdf

MGS. (2014). *Meritve zrakotestnosti*. Pridobljeno iz <http://test.mgsplus.si/storitve/meritve-zrakotestnosti/>

- Miklavčič, L. (2017). *Napredne elektronske izmere projektnih količin iz BIM, CAD in PDF s primerom*. Pridobljeno iz <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=100479&lang=eng>
- Minergia. (2018). *Sistemi za prezračevanje z rekuperacijo*. Pridobljeno iz <https://www.mg-instalaterstvo.si/images/datoteke/Prezracevanje-Zehnder.pdf>
- Ministrstvo za prostor. (25. januar 2012). *Tehnična smernica TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah*. Pridobljeno iz http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev_objektov/tsg_005_zascita_pred_hrupom.pdf
- Ministrstvo za zdravje. (2008). *Prostorska tehnična smernica TSG-12640-001: 2008 Zdravstveni objekti*. <http://www.maribor.si/dokument.aspx?id=16954>: junij. Pridobljeno iz TSG-12640-001: 2008.
- Mladenovič, D. (28. oktober 2013). *Mehansko prezračevanje zgradb, tehnična rešitev sedanjosti in prihodnosti*. Pridobljeno iz <http://www.jesenice.si/medijsko-sredisce/novice/item/4720-mehansko-prezracevanje-zgradb-tehnicna-resitev-sedanjosti-in-prihodnosti>
- Muhič, S. (8. oktober 2015). *Kakovost zraka v prostoru*. Pridobljeno iz http://www.gzdbk.si/media/pdf/sekcije/SOE/2015/Simon_Muhic.pdf
- Mundt, E., Mathisen, H. M., Nielsen, P., & Moser, A. (2004). *PRIROČNIK REHVA, Učinkovitost prezračevanja*. Ljubljana: SITHOK.
- NEP Slovenija. (avgust 2013). *Prezračevanje z rekuperacijo*. Pridobljeno iz http://nep.vitra.si/datoteke/clanki/Prezracevanje_Rekuperacija_Avgust_2013.pdf
- O'Brien & Gear. (3. julij 2012). *Operation & Maintenance Work Plan of Structure Ventilation Systems*. Pridobljeno iz <http://www.cpeo.org/pubs/IBMVentilationWorkplan.pdf>
- Otorepec, P. (b. d.). *Kakovost zraka – zdravje*. Pridobljeno iz http://www.nijz.si/files/uploaded/kakovost_zraka_-_zdravje_peter_otorepec.pdf
- PBB. (b. d.). *Čiščenje prezračevalnih sistemov*. Pridobljeno iz <http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-sistemov/>

PBB. (b. d.). *Mokro kemijsko čiščenje*. Pridobljeno iz <http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-sistemov/mokro-kemicno-ciscenje/>

PBB. (b. d.). *Suho čiščenje*. Pridobljeno iz <http://www.pbb-clean.com/si/ciscenje-prezracevalnih-sistemov/suho-ciscenje/>

PBB. (b. d.). *Vzdrževanje prezračevalnih sistemov*. Pridobljeno iz <http://www.pbb-clean.com/si/vzdrzevanje-prezracevalnih-sistemov/>

Prana prezračevanje. (b. d.). *O napravah*. Pridobljeno iz Prana24: <https://prana24.si/?gclid=Cj0KCQjwjvbeBRDVARIsAKxH7vm91djz3j6UGZ14fncXT1oKmrUNI5s4aR8qMc8cg5zCNRdS77VRmUaAvXyEALwwcB>

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. (15. maj 2002). Pridobljeno iz Uradni list RS: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/36371>

Pravilnik o projektni dokumentaciji. (4. junij 2008). Pridobljeno iz Uradni list RS: <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2008-01-2336?sop=2008-01-2336>

Prezračevalni sistem. (19. november 2013). Pridobljeno iz Mojprihranek: <http://m.mojprihranek.si/index.php?id=kdaj-je-pravi-cas-da-zacnemo-razmisljati-o-hisnem-prezracevalnem-sistemu-z-rekuperacijo.html>

Prezračevalni sistemi Blauberg. (5. marec 2016). *Prezračevanje prostorov*. Pridobljeno iz <https://www.blauberg.si/nasveti/8-najpogostejseh-vprasanj-in-odgovorov-o-prezracevalnih-sistemih/>

Prezračevanje Agregat. (b. d.). *Centralni rekuperatorji*. Pridobljeno iz <https://www.agregat.si/prezracevalni-sistemi/centralni-rekuperatorji>

Primc, B. (14. januar 2014). *Dom brez vlage, tudi pozimi nujno prezračevanje*. Pridobljeno iz Delo in dom: <https://deloindom.delo.si/enostanovanjske-hise/dom-brez-vlage-tudi-pozimi-nujno-prezracevanje>

Pucelj, M. (22. februar 2016). *Prezračevanje: vedno svež zrak brez izgubljanja toplote*. Pridobljeno iz Dnevnik: <https://www.dnevnik.si/1042730388/dom/gradnja-in-prenova/prezracevanje-vedno-svez-zrak-brez-izgubljanja-toplote->

Racionalno varčno prezračevanje. (2016). Pridobljeno iz Prezračevanje.eu: <http://www.prezracevanje.eu/racionalno-varcno-prezracevanje/>

Različni načini prezračevanja. (22. junij 2014). Pridobljeno iz Mojprihranek: <http://www.mojprihranek.si/novice/sporocila-za-javnost/razlicni-nacini-prezracevanja.html>

Rink, S. (oktober 2013). *Zlato priznanje soseski Polje za energetske varčne objekte.* Pridobljeno iz <https://www.ljubljana.si/assets/Uploads/publication/6327/aglasilo-ljubljana-oktober-2013-internet1.pdf>

SEV Lokalni rekuperator SEVi 160 + centralna krmilna enota z napajalnikom SEC-20-BF. (b. d.). Pridobljeno iz Ceneje.si: <https://www.ceneje.si/Izdelek/9970025/hlajenje-in-gretje/ugodna-bivalna-klima/rekuperatorji/sev-lokalni-rekuperator-sevi-160-plus-centralna-krmilna-enota-z-napajalnikom-sec-20-bf>

Statistični urad RS. (2002). *Metodološka pojasnila.* Pridobljeno iz Statistični urad RS: http://www.stat.si/popis2002/si/definicije_in_pojasnila_6.html

Systemair. (2018). *Hišno prezračevanje.* Pridobljeno iz <https://www.systemair.com/globalassets/websites/si/hino-prezaevanje-3-katalog.pdf>

Systemair. (2018). *Povzetki zahtev za lastnosti klimatskih naprav iz TGS-12640-001:2008, DIN 1946-4.* Pridobljeno iz Systemair: <https://www.systemair.com/globalassets/websites/si/tehnine-smernice-za-zdravstvene-objekte.pdf>

Štraus inštalacije. (b. d.). *Prezračevanje.* Pridobljeno iz http://www.instalacije-strus.si/prezracevanje?gclid=Cj0KCQiAlIXfBRCpARIsAKvManwwJvLE3YORKjRVn1dVkcTYbbeiaqSbM0tY8umkIqDw-geflSNArewaAoXnEALw_wcB

Tibaut, A., Žali, V., Časar, R., & Jakoša, D. (23. december 2014). *BIM v gradbenih projektih.* Pridobljeno iz ANALI PAZU: <http://www.anali-pazu.si/sites/default/files/BIM....pdf>

Toplotne črpalke in rekuperacija toplote nizkoenergijskih hiš. (25. avgust 2008). *Singerija*, 5–6. Pridobljeno iz toplotne črpalke in rekuperacija toplote nizkoenergetskih hiš: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-U8XUFM2S/caf022e6-f22c-4104-b499-044fd696482b/PDF>

Turšič, J., & Žabkar, R. (2017). *Kakovost zraka v notranjih prostorih*. Pridobljeno iz NIJZ: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/publikacije-datoteke/inairq_zbornik_2017_kakovost_zraka_v_notranjih_prostorih_koncna.pdf

Velux. (b. d.). *Prezračevanje*. Pridobljeno iz Velux: <https://www.velux.si/izdelki/prezracevanje>

Vrste prezračevalnih sistemov in njihova razvrstitev. (b. d.). Pridobljeno iz <https://slv.patkardevelopers.com/tipy-ventiljacionnyh-ustanovok>

Za varčen dom. (b. d.). Pridobljeno iz https://www.mojaobcina.si/e_izdaje/za-varcen-dom-gradnja-in-obnova.pdf

Zabašnik Senegačnik, M. (2007). *Prisilno prezračevanje z rekuperatorjem*. Pridobljeno iz Mojmojster:

https://www.mojmojster.net/clanek/140/Prisilno_prezracevanje_z_rekuperatorjem

Zehnder comfortsystems. (b. d.). *Sistemi za prezračevanje z rekuperacijo*. Pridobljeno iz http://www.sies.si/images/katalogi/CA_Katalog_SL.pdf

ZZZS & VZD. (b. d.). *Toplotno ugodje na delovnem mestu*. Pridobljeno iz http://www.zbornica-vzd.si/media/Toplotno%20ugodje-%20UK%20smernice_06_07_2015.pdf

Žiher hiše. (b. d.). *Podrobni pregled Žiher hiš*. Pridobljeno iz Žiher hiše: <http://www.ziher-hise.si/modernestanovanjskehise.aspx>

8 PRILOGE

Priloga 1: Primer ponudbe za gradnjo enodružinske hiše

Priloga 2: Načrt organizacije gradbišča za obravnavano enodružinsko hišo

Priloga 3: Načrt prezračevalnega sistema za obravnavano enodružinsko hišo

Priloga 4: Izkaz energijskih karakteristik za obravnavano enodružinsko hišo

Priloga 5: Primer predračuna za centralni prezračevalni sistem obravnavane hiše