

Undersökning av inomhusmiljön i Bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Zahir Rashid Ibrahim

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Zahir Rashid Ibrahim

Examensarbete

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

© Zahir Rashid Ibrahim

ISRN LUTVDG/TVBH—24/5140—SE(88)

Institutionen för bygg- och miljöteknologi

Lunds tekniska högskola

Lunds universitet

Box 118

221 00 LUND

Sammanfattning

Titel: Undersökning av inomhusmiljön i ett enbostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Författare: Zahir Rashid Ibrahim

Handledare: Petter Wallentén, Byggnadsfysik, LTH
Mats Dahlblom, Installationsteknik, LTH

Examinator: Birgitta Nordquist, Installationsteknik, LTH

Bakgrund: Den varma sommarsäsongen i Kurdistan är mycket lång och omgivningstemperaturen är cirka 45 °C. Byggnader kyls ner med luftkonditioneringssystem på sommaren och värms upp med eldrivna eller oljedrivna värmesystem på vintern. Oljedrivna är något som heter Soba i mellanöstern, och det är en självstående oljekamin. Den ställs in i början av november och placeras oftast i vardagsrummet och köket. Barnfamiljer löper större risk för husbrand eftersom det är relativt lätt för ett barn att välta ett mobilt värmesystem som står mitt i rummet. Bostäder behöver vara klimatanpassande eftersom klimatet är varmt på sommaren och kallt på vintern.

De flesta hus i Kurdistan har fukt- och mögelproblem och saknar ventilationssystem som vilket ofta leder till obehagligt inomhusklimat enligt chef för byggnadsnämnden i Erbil. I uteluftsflöden finns mycket förorening såsom koldioxid, sand och uran. Detta tillförs byggnader genom fönster och dörrar och påverkar mest barn och gamla människor. Problemen har uppmärksammats men inneboende i Erbil tycker att det inte finns någon lösning för det.

Syfte: Syftet med detta examensarbete är att komma med förslag och lösningar för att förbättra inomhusklimatet i Kurdistan med hjälp av de byggnormer och byggnadstekniken som finns i Sverige. Arbetet ökar medvetenheten om vilka brister i byggnaders inomhusmiljö som finns, vanliga orsaker till bristerna och hur de kan undvikas eller åtgärdas. Med grund i analyser av simuleringar i fuktberäkningsprogrammet WUFI ges rekommendationer om hur tak- och ytterväggskonstruktioner ska utformas mot fukt- och mögelangrepp.

Metod(er): En litteraturstudie ligger till grund för rapporten för att kunna utföra analyser och föra diskussioner kring resultaten. En enkätundersökning för 15 bostäder har gjorts i Erbil för att få mer information om inomhusmiljön. Genom samtal med byggnadsnämnden och byggherren har samlats mycket information om byggtekniken i Erbil.

WUFI är ett fuktberäkningsprogram som har används i denna undersökning. Detta program tillåter användaren att utföra simuleringar av värme- och fukttransport i byggnadskomponenter. Programmet byggs på resultat av aktuell forskning kring ångdiffusion och fukttransport i byggnadsmaterial.

I detta examensarbete har analyserats enfamiljshus i Erbil och gett förslag på förbättringar med inspiration av den svenska byggnadstekniken. Energiberäkningar för grunden, ytterväggarna, taket och fönstrarna har gjorts.

Slutsatser: I detta examensarbete ges ett antal rekommendationer och Förslag på förbättringar i byggnadskomponenter för att få en förbättrad inomhusmiljö. Enkätundersökningar visar att det finns problem i byggnaden med luftkvalitet, fukt och mögel. Några familjer har bott i husen i flera år och har vant sig med effekterna.

Enligt WUFI är risken för mögeltillväxt i den befintliga väggen tillkommer vid temperaturer över 15 [°C] och fuktighet över 70%. Mögelangrepp börjar i taket när temperaturen är över 18 [°C] och fuktigheten är över 75%. Det läggs till en ångspärr i inre ytan av väggen och taket samt en asfaltfilt i yttre ytan för att regnvatten inte skall komma in i konstruktionen. Den leder till en hög risk för mögeltillväxt i både vägg- och takkonstruktion i huset. Denna ökning av Sd-värdet (ytbehandlingsens ångtäthet) leder till mögelangrepp i ytterväggar och tak.

Mitt förslag på ytterväggar är att man ska ta bort skiktet av gipsskivan på insidan för att minska mögelangrepp och placera isoleringsmaterial av cellplast på utsidan för att förhindra att regnvatten tränger in i ytterväggarna. Detta gör att risken för mögeltillväxt blir mindre.

Ett bra alternativ är mekaniskt till- och frånluftssystem med effektiv filterklass som ska ge frisk luft och ett bra inneklimat. Ett annat bra alternativ är hybridventilation som är den mest effektiva och det som passar

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar
för det huset som har granskats i min studie.

Energibesparingen för uppvärmning blir 77 % med hjälp av de förslagen på förbättringar som har förslagits i planlösningen, grunden, ytterväggarna, bjälklaget, taket, installationerna och ytskiktet.

Nyckelord: Inomhusmiljö, Ventilation, Fukt, WUFI, Mögelpåväxt, Energi, Tak- och ytterväggskonstruktion och Luftföroreningar.

Abstract

- Title:** Investigation of the indoor environment in a detached house in Kurdistan with suggestions for improvements
- Author:** Zahir Rashid Ibrahim
- Supervisor:** Petter Wallentén, Building physics, LTH
Mats Dahlblom, Installationsteknik, LTH
- Examiner:** Birgitta Nordquist, Buildings Services, LTH
- Background:** The hot summer season in Kurdistan is very long and the ambient temperature is about 45 °C. Buildings are cooled down with air conditioning system in summer and heated with electric or oil-fired heating systems in winter. Oil powered are something called Soba in the Middle East, and it is an independent oil stove. It is set in early november and is usually placed in the living room and kitchen. Families with children are at greater risk house of fire because it is relatively easy for a child to overturn one mobile heating system located in the middle of the room. Housing needs be climatized because the climate is hot in summer and cold in winter.
- Most houses in Kurdistan have moisture and mold problems and lack ventilation system which often leads to unpleasant indoor climate according to head of the building committee in Erbil. In outdoor air flows there is a lot of pollution such as carbon-dioxide, sand and uranium. This is supplied to buildings through windows and doors and mostly affects children and the elderly. The problems have often been noticed, but residents of think that there is no solution to it.
- Purpose:** The purpose of this thesis is to make suggestions and solutions to improve the indoor climate in Kurdistan with help of the building standards and building technology that exist in Sweden. The work raises awareness of the shortcomings of buildings indoor environment that exists, common causes of the deficiencies and how they can be avoided or remedied. Based on analyzes of simulations in the humidity calculation program WUFI are given recommendations on how roof and exterior wall constructions should designed be against moisture and mold attacks.
- Method (s):** A literature study is the basis for the report to be able to perform analyzes and conduct discussions about the results. One a survey for 15 homes has been conducted in Erbil to get more

information about the indoor environment. Through conversations with the building committee and the client have collected a lot of information about the construction technology in Erbil.

WUFI is a moisture calculation program that has been used in this investigation. This program allows the user to perform simulations of heat and moisture transport in building components. The program is based on the results of the current research on steam diffusion and moisture transport in building materials.

In this thesis, residential buildings in Erbil have been analyzed and suggestions for improvements have been made with inspiration from the Swedish one construction technology. Energy calculations for the foundation, the outer walls, the roof and windows have been done.

Conclusions: In this degree project, a number of recommendations and suggestions are given on improvements in building components to get a comfortable indoor environment. Surveys show that there are reported problems in the building with air quality, moisture and mold. Some families have lived in the houses for several years and have become accustomed to the effects.

According to WUFI, the risk of mold growth in the existing one wall is added at temperatures above 15 [°C] and humidity above 70%. Mold infestation begins in the roof when the temperature is above 18 [°C] and the humidity is over 75%. It adds one vapor barrier in the inner surface of the wall and ceiling and an asphalt felt in the outer surface to rainwater shall not enter construction. It leads to a high risk of mold growth in both wall and roof construction in the house. This one increase the Sd value (the vapor density of the surface treatment) and leads to mold infestation in exterior walls and ceilings.

My suggestion for exterior walls is to remove the layer of the plasterboard on the inside to reduce mold infestation and placement cellular plastic insulation material on the outside to prevent rainwater penetrates the outer walls. This reduces the risk of mold growth becomes smaller.

A good alternative is a ventilation system with an effective filter Class which should provide fresh air and a good indoor climate. Another good option is hybrid ventilation which is the most efficient and the one that fits for that house that has been reviewed in my study.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

The energy savings for heating will be 77% with the help of those Suggestions for improvements that have been proposed in the floor plan, the foundation, the outer walls, the floor, the roof, the installations and the surface layer.

Keyword: Indoor environment, Ventilation, Moisture, WUFI, Mold growth, Energy, Roof and exterior wall construction and Air pollution

Förord

Detta examensarbete är den avslutande delen inom civilingenjörsprogrammet med inriktning mot byggnadsfysik vid Lunds Tekniska Högskola. Jag vill rikta ett speciellt tack till min handledare Petter Wallentén på LTH, för ditt stöd under projektets gång. Petter har väglett och lärt mig hur jag ska tänka. Ett särskilt tack går även ut till andra handledaren Mats Dahlblom på LTH, som har hjälpt mig mycket under projektets gång. Jag riktar även ett stort tack till Birgitta Nordquist på LTH, som har hjälpt mig otroligt mycket med min litteraturstudie. Tack även till Akram Abdul Hamid på LTH, som har hjälpt mig med mina frågor i programmet WUFI.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Metod.....	2
2	Förhållanden i Kurdistan.....	3
2.1	Kultur.....	3
2.2	Erbil.....	4
2.3	Klimat.....	4
2.4	Byggnadsmaterial i Kurdistan.....	6
2.4.1	Betong och tegel.....	6
2.4.2	Isoleringsmaterial.....	7
2.5	De krav som kommunen har.....	7
3	Litteraturstudie.....	9
3.1	Termisk komfort.....	10
3.2	Inomhusmiljö.....	11
3.2.1	Inomhusmiljön i Erbil.....	11
3.3	Faktorer som påverkar inomhusklimatet i Kurdistan.....	12
3.4	Ventilation.....	13
3.5	Fukt.....	14
3.5.1	Mögel.....	15
3.5.2	Sjukahus-sjukan.....	16
3.5.3	Ventilation, fukt och inomhusmiljö enligt Boverkets byggregler (BBR) i Sverige.....	16
4	Kartläggning och iakttagelser av energi och inomhusmiljö i Kurdistan.....	17
4.1	Metod.....	17
4.2	Energikällor som används i byggnader.....	17
4.2.1	Värme- och kylsystem.....	17
4.3	Ventilationssystemet i Kurdistan.....	18
4.3.1	Ventilation med en kylmaskin (AC).....	19
4.3.2	Dekorative wall split unit (kyl och värmepump).....	19
4.3.3	Naturlig ventilation eller självdrag.....	20
4.3.4	Hybridventilation eller fläktstyrd frånluft.....	21
4.3.5	Brister i ventilationen i Kurdistan kan leda till eller försämra många sjukdomar.....	21
4.4	Fukt i Kurdistan.....	22
4.4.1	Markfukt.....	22
4.4.2	Byggfukt.....	23
4.4.3	Regn.....	23
4.4.4	Fukt i badrum.....	25
4.4.5	Kondens.....	26
4.5	Enkätundersökning.....	26
4.5.1	Resultat från enkätundersökning.....	27

5	Undersökning av ett enbostadshus i Kurdistan.....	29
5.1	Bygglov.....	29
5.2	Beräkning av energianvändning för uppvärmning.....	30
5.2.1	U-värdeberäkning.....	30
5.2.2	Beräknad energianvändning.....	32
5.3	Solstudie i Erbil.....	34
5.4	Undersökning av värme- och fuktförhållande med WUFI-program.....	34
5.4.1	Konstruktion.....	35
5.4.2	Inställningar.....	35
5.4.3	Klimat.....	35
5.5	Ytterväggs kontroll med WUFI-programmet.....	36
5.5.1	Befintlig yttervägg.....	36
5.5.2	Befintlig yttervägg vid ökning av Sd-värde.....	40
5.6	Taks kontroll med WUFI-programmet.....	43
5.6.1	Befintligt tak.....	43
5.6.2	Befintligt tak vid ökning av Sd-värde.....	47
6	Förslag på förbättringar i Kurdistan.....	51
6.1	Förslag på planritning.....	51
6.2	Förslag på byggnadsmaterial under byggnationen.....	54
6.3	Förslag på grundkonstruktion.....	55
6.4	Förslag på ytterväggar.....	55
6.5	Förslag på tak.....	57
6.6	Förslag på badrum.....	57
6.7	Förslag på byggnaden för att minska kondens.....	58
6.8	Förslag på solenergi.....	58
6.9	Förslag på klimatanpassat byggande i Erbil.....	60
6.9.1	Klimatanalys enligt Givoni diagrammet i figur 6.9.....	60
6.10	Förslag på ventilationssystem.....	62
6.10.1	Filter i ventilationssystemet.....	62
6.10.2	Hybridventilation.....	63
6.11	Förslag utifrån resultat med WUFI-program.....	64
6.11.1	Ytterväggs kontroll.....	64
6.12	Energiförbrukning i förbättrat hus.....	67
7	Diskussion och slutsatser.....	69
8	Källförteckning.....	71

1 Inledning

Kurdistans huvudstad Erbil lider av heta torra och hårda väderförhållanden. Sommarens temperatur stiger upp till cirka 48 °C och kräver kraftig kylning med luftkonditioneringsapparater. Vintern är kallt särskilt i bergsområden och lyckligtvis är billig uppvärmning av fossilt bränsle allmänt tillgänglig under denna period. Eldrivna värmesystemen och kylning med luftkonditioneringsapparater kräver mycket energi. Detta resulterar i en enorm ökning av el belastningen. Inneboende hade hittat lösningar på detta problemen tidigare. De utvecklade ett system som utförde ganska bra och ordnade sina dagliga rutiner för att anpassa klimatet. På natten skulle familjer sova på taket där den svala nattbrisen var ganska trevlig efter klockan 20 på kvällen. På morgonen vaknade de tidigt för att undvika morgonsolen och började arbeta. De skulle sedan återvända till sina hem för lunch och sova den varma eftermiddagen. Detta kretslopp hjälpte dem att undvika värsta värmen. Den anpassade livscykeln med byggnadsegenskaper, och ett tak för att sova var en förutsättning i varje hem. Nu i tiden är allt fler som klagat på dålig inomhusluft. Under de senaste tiderna har byggmetoder, byggprojekt och byggmaterial utvecklats, men det finns ännu brister på bostäder. Husen har byggts oftast med stora otätheter så luften passerar in och ut genom dessa. Detta kallas för självdragsventilation och innebär att luftomsättningen i sådana hus oftast var dålig, särskilt när temperaturskillnaden mellan inne och ute var liten under sommaren och det inte fanns drivkraft för luftomsättningen. Inneboende vill inte sova på taket sedan 2005 på grund av att det finns massa luftföroreningar. De brukar sova i vardagsrummet eller köket på vintern eftersom det finns oljedrivna och eldrivna värmesystem i dessa rum. Det bästa med att ha en oljekamin är att kunna värma när strömmen går under vintern, vilket händer lite då och då och kan sträcka sig upp emot flera timmar i värsta fall. När man har oljekamin så gäller det att vädra mycket. Dels för att när man startar igång oljekamin så kan man uppleva det som att det blir lite rökigt i rummet. Men också för att bostaden inte ska bli instängd då man vistas mycket inomhus och inte direkt öppnar ett fönster eftersom man vill hålla kylan ute och värmen kvar inne.

1.1 Bakgrund

Kurdistan har varma somrar och kalla vintrar. Inomhusmiljön blir inte tillräckligt varm med de värmekällor som används under vintrarna. Det finns också problem med kylbehovet under sommaren. Man fryser hemma under vintern, och det är mycket varmt under sommaren. De flesta byggnader har fukt- och mögelproblem och det finns inte mekaniska ventilationssystem i bostäder enligt chef för byggnadsnämnden i Erbil. Många familjer säljer sitt hus på grund av att inomhusmiljön är obehaglig. Uteluftsflöden som innehåller mycket föroreningar såsom koldioxid, sand och uran tillförs byggnader genom fönster och dörrar. Detta påverkar övervägande barn och

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

gamla människor, många av dem måste gå till sjukhuset för att få behandling. Problemen är uppmärksammade men inneboende tycker att det inte finns någon lösning för det.

1.2 Syfte

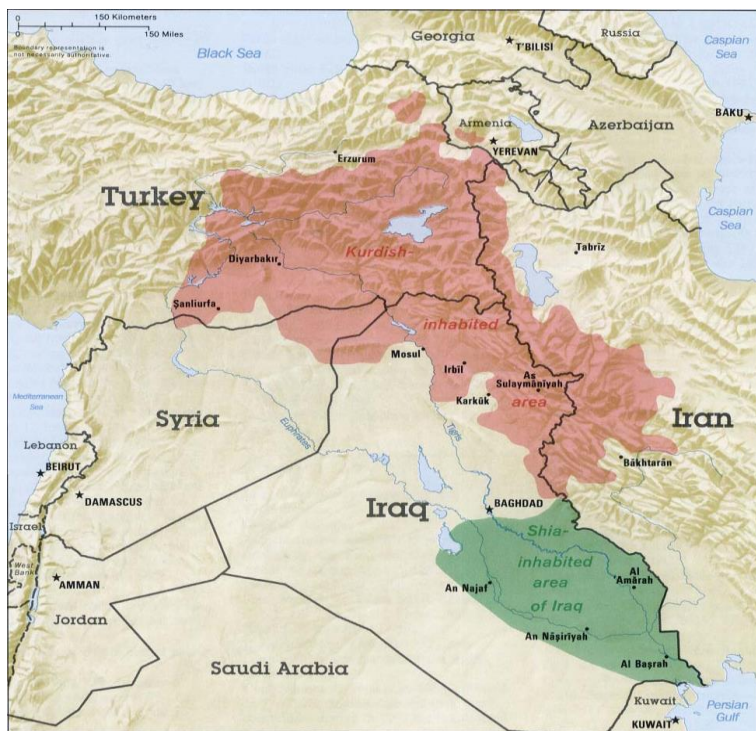
Syftet med detta examensarbete är att komma med förslag och lösningar för att förbättra inomhusklimatet i Kurdistan med hjälp av de byggnormer som finns i Sverige. Syftet är också att byggnaderna ska ha grundläggande kvaliteter som kan leda till en god hälsa och en hög komfort i rummen. I detta examensarbete undersöker jag hur man kan minska och åtgärda de problem som finns i inomhusklimatet och ger förslag på hur man kan åtgärda fukt- och mögelproblem i byggnader. Ytterligare visar jag hur installationer för ventilation och värme påverkar inomhusklimat. Om ventilationssystemet inte har utformats på rätt sätt kan det skapa besvär i inomhusklimatet. Materialval för klimatanpassade konstruktioner som ska bidra till hälsosamma och komfortabla bostäder redovisas också.

1.3 Metod

I studien har använts litteratursökningar, ritningar, och intervjuer med yrkesverksamma för att samla mer information om byggtekniken i Kurdistan. En enkät som delades ut till 15 inneboende i Erbil för att bli medveten och samla mer information om hur de upplever problemet med inomhusklimatet. Fuktberäkningar har gjorts i datorprogrammet WUFI. Energiberäkningar för ett hus har gjorts med hjälp av svenska standardbyggregler. Alla foton i rapporten har tagits av mig. Mina erfarenheter om byggteknik bygger på att vi byggde några hus med min familj, och tidigare skrev jag en bok om byggnadsteknik i Kurdistan.

2 Förhållanden i Kurdistan med avseende på uteklimat och byggtradition

Kurdistan är ett stort landområde som är delat mellan Irak, Iran, Turkiet och Syrien. Det består av områdena sydöstra Turkiet, norra Irak, nordvästra Iran och nordöstra Syrien. Cirka 39 miljoner invånare bor i Kurdistan just nu (12.2 miljoner i Turkiet, 10 miljoner i Iran, 8.4 miljoner i Irak och 3 miljoner i Syrien). Kurder har samma språk, kultur, historia och har kämpat i många år för att skapa en kurdisk stat men Kurdistan har aldrig erkänts som en stat, förutom södra Kurdistan i Irak. [8] I figur 2.1 kan man se Kurdistans karta.



Figur 2.1 Kurdistans utbredning [8]

2.1 Byggnadstradition

Kultur och tradition har gjort att hus kan se ut på olika sätt i Kurdistan. Folk bygger stora hus med flera våningar eftersom familj och släktingar har stor betydelse hos kurder därför de vill samlas på samma ställe. Alla familjer vill köpa mark i samma område eller i närheten där de redan bor för att bygga hus för sina barn i framtiden om de har tillräckligt med pengar. Man försöker hitta ett hus eller mark i närheten av sin familj innan man ska gifta sig för att kunna hjälpa sina föräldrar. De flesta hus hade platta betongtak som kunde användas som sovplats på nätter under sommaren för 15 år

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

sedan. Men det finns inte bara platta tak just nu eftersom man inte kan använda betongtaket som sovplats på nätterna på grund av att uteluftsflöden innehåller sandpartiklar och mycket föroreningar. Alla tomter ska ha ganska höga murar eller staket för att skilja terrass från gatan och det blir mer privat.

2.2 Erbil

Mitt examensarbete handlar om inomhusklimat i byggnader i en stad som heter Erbil eller Irbil som ligger i irakiska Kurdistan. Erbil räknas till en av världens äldsta städer och har varit bebodd från år 2200 f.Kr. Den ursprungliga delen i Erbil ligger i hjärtat av staden. Runt hela kärnan finns ett citadell med skyddande murar. Erbil är huvudstaden i irakiska Kurdistan som har 1.5 miljoner invånare just nu. Kurdistans regionala regering investerar mycket pengar på att utveckla området och man kan likna det vid ett nytt "Dubai". Kurdistan utvecklas ekonomiskt mycket bra på grund av att landet har den näst största naturgasfyndigheten i världen och stora oljeresurser. Naturgas, oljeindustri, jordbruk och turism utgör de viktigaste delarna i Kurdistans ekonomi. Kurdistans ekonomi har utvecklats mycket på grund av den säkerhet och fred som finns i regionen för närvarande. Irakiska Kurdistan består av fyra huvudstäder Erbil, Sulemania, Duhok och Kirkuk som har varit säkra efter avlägsnandet av Saddam Husseins administration men i andra delar av Irak följde en period av våld. Kurdiska regeringen har skrivit på ett antal finansiella avtal med utländska företag på grund av den relativa säkerheten som finns i regionen. Regeringen har avtal med många stora oljebolag i världen till exempel amerikanska Exxon Mobil och Storbritanniens Sterling Energy och franskt Total och norska energibolaget DNO. Oljeproduktionskapaciteten är nu uppe i 500 000 fat per dag. Kurdistans regionala regering har börjat producera 1 miljon fat per dag genom nya fynd som nyligen gjorts [9]. Även ryskt jättebolag har gjort miljard investerar i kurdisk olja. Rosneft har investerat 3,3 miljarder kronor i Kurdistan [10].

2.3 Klimat

Kurdistan har varma somrar och kalla vintrar och detta är ett subtropiskt inlandsklimat. Det finns stora temperaturvariationer mellan dag och natt samt mellan sommar och vinter. Det finns nästan inget regn under sommarmånaderna som sträcker sig från maj till oktober men det kan bli mycket nederbörd med snö och regn under vintern som sträcker sig från november till april. Temperaturen kan bli 50 [°C] under sommaren och den kan sjunka till -30 [°C] under vintern. Tusentals människor kommer in till kurdiska regionen från andra städer i Irak, Turkiet, Iran och Syrien varje år för att jobba eller tillbringa en viss tid eftersom Kurdistan har många arbetstillfällen och många populära resorter som är omgivna av berg.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Erbils klimat: Med hjälp av dataprogrammet climate analysis har diagrammen i figur 2.2 fram ställts. Detta har jag jobbat med i kursen som heter internationellt hållbart byggande vid lunds tekniska högskola. I figur 2.2 kan man se sambandet mellan solljus, temperatur, regn och vind. Ur figur 2.2 kan man avläsa dessa punkter:

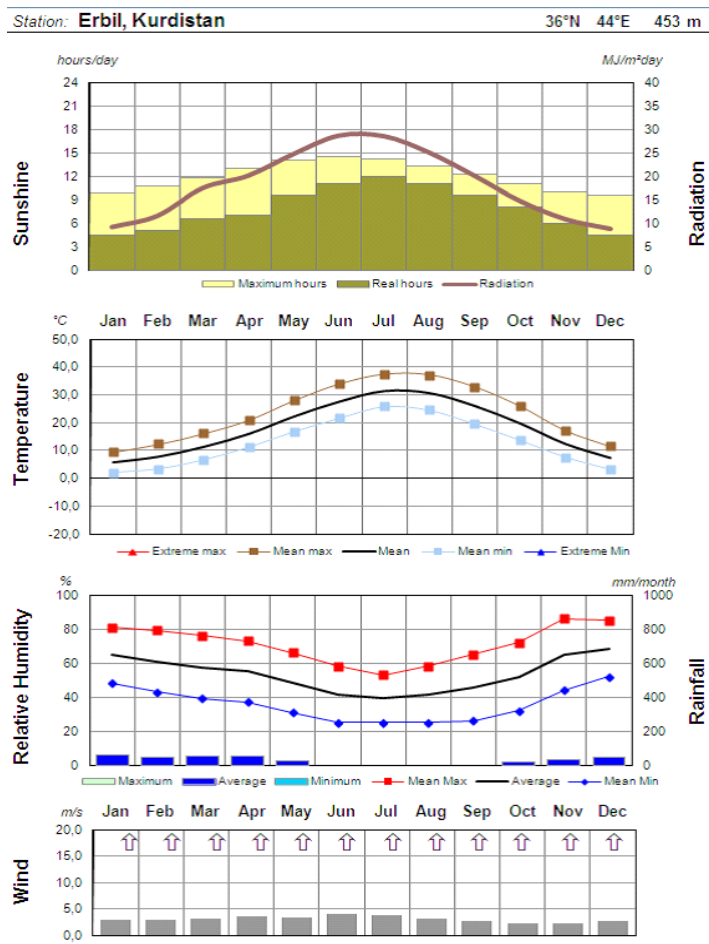
Solljus: Lägsta antal soltimmar är 4 timmar i januari och högst är 13 timmar i juni. Solstrålningen är 8–10 [MJ/m²] dagligen under januari enligt diagrammet medan solstrålningen är 26–30 [MJ/m²] dagligen under juni.

Temperatur: Månadsmedeltemperatur varierar från 5–6 [°C] under januari och 31 [°C] i juli. Temperaturen är över 0 [°C] hela året. Temperaturvariationen är stor mellan sommar och vinter i Erbil. Temperaturvariationen är stor mellan dag och natt. Temperaturen är hög under dagen, och den sjunker under natten. Den lägsta temperaturen är 2 [°C] under natten i januari och medelmaxtemperatur är 39 [°C] i juli.

Fuktighet och regn: Genomsnittet av relativa fuktigheten varierar från 40–68 %. Lägsta medelvärdet av den relativa fuktigheten är 40 % i juni, och den högsta är 68 % i december. Regnmängden är 0 [mm] under sommaren och det blir 60–80 [mm] per månad under vintern.

Vind: Variationen av vindhastigheten är liten under januari, februari och mars. Vindhastigheten stiger något från mars till juli. Juni månaden har den högsta vindhastigheten som når 4 [m/s] och oktober har minsta som är 1.8 [m/s]. Från augusti till november börjar vindhastigheten att minska relativt och från december börjar den stiga igen. Vinden blåser från söder under hela året.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 2.2 Solljus, temperatur, regn och vind i Erbil

2.4 Byggnadsmaterial i Kurdistan

2.4.1 Betong och tegel

Betong och tegel är de mest använda byggmaterialen i Kurdistan. De två huvudmaterialen har en låg isoleringsförmåga samtidigt en hög värmeledningsförmåga som är mer än $1.83 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ och det värdet är väldigt högt om man jämför med trä som har en värmeledningsförmåga som är mindre än $0.16 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ och det är lätt att lägga isolering mellan ramutrymmen. Den höga värmelagringsförmågan hos betong och tegel gör att byggnaderna känns behagliga när det gäller inomhusmiljön, det blir inte mycket varmt under sommaren och inte mycket kallt under vintern. Betong har en viktig fördel under vintern och sommaren eftersom en betongbyggnad absorberar solvärme under dagen som stannar kvar i byggnaden och senare på kvällen när

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

temperaturen faller, släpper den lagrade värmen till den svalare luften. På detta sätt ger betongbyggnad en lämplig inomhustemperatur samt kan bidra till att minska energibehovet.

2.4.2 Isoleringsmaterial

Cellplast har använts på utsidan av ytterväggar och fasaden från 2000-talet för att ge hus ett vackert utseende d.v.s. isoleringsmaterial målas med olika färg och användes för dekorerung i Kurdistan. På yttervägg, fasad och tak används cellplast i vissa byggnader just nu eftersom boende vet att de byggnader som har isoleringsmaterial har bättre inomhusmiljö och mer trivsamt. Därför har de börjat bygga ytterväggar och tak med isoleringsmaterial. Cellplast har bäst egenskaper och är lättast och billigast att framställa.

2.5 De krav som kommunen har

I historiska områden får man bara bygga med tegel eftersom alla gamla byggnader består av tegel. För att byggnader ska få samma läge på tomten måste avståndet mellan husfasaden och vägen vara minst 5 meter se figur 2.3. Avståndet mellan hustomten och vägen ska vara minst 1.2 meter. Detta är viktigaste kravet för kommunen och varje område har en kontrollant som kontrollerar byggnader under byggnationen. Byggregeln är att varje nybyggt hus ska ha ritningar som måste godkännas av myndigheterna och en kvalificerad yrkesman måste godkänna samt göra stickprov på bygget. En annan regel är att fönster och dörr ska finnas i alla rum. Kvalitetsfrågor, krav för miljö och brand samt tillgänglighet finns inte i Kurdistan.



Figur 2.3 Avståndet mellan husgavel och vägen

**Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på
förbättringar**

3 Litteraturstudie och faktorer som har betydelse för inomhusmiljön

Det finns några studier som handlar om fukt och ventilation i Kurdistan. Tawfeeq Wasmi och Mohammed Salih är två forskare som har undersökt hur man ska bygga ett hus som kan fungera i de svåra väderförhållandena under sommaren med hög nivå av solstrålning och stor variation av lufttemperatur. I sin studie ” Experimental Study to Evaluate the Performance of Iraqi Passive House in Summer Season”, (2015) visar de hur man kan bygga passiva hus som kräver lite energi för uppvärmning och kylning. Byggnaden ska vara välisolerad och ha mycket lågt luftläckage. Ytterligare användning av passiv sol ger internvinster på vintern och god inomhusluftkvalitet med hjälp av ett mekaniskt ventilationssystem. I undersökningen byggdes två modeller i Kirkuk som ligger i Kurdistan. Den första modellen byggdes på modernt sätt medan den andra modellen byggdes som ett passivhus. I juli var inomhustemperaturen för den passiva modellen 32 [°C] med det maximala värdet av 34 [°C], medan det för den moderna modellen var 40 [°C] med det maximala värdet av 43 [°C]. Det är mycket lättare att uppnå termiska komfortförhållanden i det passiva huset jämfört med det moderna huset. [2] Diler Haji Morad och Serbast Ismael har jämfört traditionella och moderna hus i en annan studie. I studien ” A Comparative Study Between the Climate Response Strategies and Thermal Comfort of a Traditional and Contemporary Houses in KRG: Erbil”, (2017) behandlar de byggnadsform, orientering, fönster, ventilering, skuggning, vegetation och vattenmängd i byggnadsmaterial. Staden Erbil erbjuder ett bra fall när man vill jämföra moderna och traditionella hus. Erbil är den äldsta staden i Kurdistan och det finns fortfarande traditionella som är kvar och bebodda. I studien har de undersökt traditionella byggnader i citadellen som var grupperade nära varandra för att skugga varandra från solen vid middagstid. Förhållandet mellan gatubredd och byggnadshöjd skapar ett skyddat område från solen under varma sommarmånader. Detta gör att människor kan promenera bekvämt och att barn får möjlighet att leka utomhus. Husen utformades på så sätt att solen ska kunna komma in under vintern. Detta gör att husen blir varma och bekväma. Runt om de traditionella husen finns det höga murar som sprider sig i alla riktningar. Murarna är höga och djupa för att ge skuggning över gatan och sänka lufttemperaturen samtidigt de ger skydd från sandstormar. Vindkrafterna kommer att minska eftersom byggnaderna är höga och täta. Murar i de moderna husen är inte så höga och kan inte ge sina invånare samma avskildhet som de traditionella. Traditionella hus har bredda ytterväggar och de är mer klimatanpassade än de moderna i Erbil. De flesta moderna hus utformas med två våningar och typisk husdesign är radhus med kvadratisk eller rektangulär trädgård på framsidan. Alla fönster i rummen i båda modellerna är riktade mot gården för att möjliggöra naturlig ventilation. Det behövs skuggningsenheter mot direkt sol från april till oktober månader i Erbil enligt Dilers och Ismaels studie. De lyfter fram att moderna hus i Erbil har påverkats av många olika arkitektoniska stilar och design. När västerländsk arkitektur används anpassas den dock inte alltid till det sociala livet eller till de kurdiska klimatförhållandena. Det finns brist på byggföreskrifter och saknas

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

kunskap om termisk prestanda för moderna material och konstruktionsmetoder. Ofta går byggnationer för snabbt, bland annat beroende på ökad efterfrågan av singelhushåll.

3.1 Termisk komfort

Termisk komfort beskriver hur människor upplever inomhusklimatet. Det är mycket svårt att specificera ett termiskt klimat som tillfredsställer alla vid samma tillfälle på grund av individuella skillnader även om alla har samma kläder och aktivitet i bostaden. När omgivningens temperatur är hög minskar kroppens värmeavgivning vilket leder till en ökning av kroppstemperaturen. Omgivningsfaktorer som är viktiga för den termiska komforten är lufttemperatur, lufthastighet, strålningstemperatur och fuktighet. Klädsel och aktivitetsnivå är två personberoende faktorer som också påverkar den termiska komforten. [6]

Termisk komfort i Kurdistan

Operativ temperatur beräknas enligt formen nedan:[6]

$$T_o = (T_{\text{luft}} + T_r) / 2 \quad (1)$$

T_o = Operativ temperatur [°C]

T_{luft} = Lufttemperatur [°C]

T_r = Omgivande ytors medeltemperatur [°C]

Antal personer har stor inverkan på inomhusklimatet. Varje familj består av cirka 6 personer vilken gör att inomhustemperaturen blir för hög under sommaren eftersom varje rörlig person upplever rumstemperaturen som lite högre än den som sitter stilla. Värmeproduktionen ska vara stor som värmeförlusten för att inomhusklimatet ska vara komfortabelt och kroppen vara i termisk jämvikt. Värmebalansen i kroppen är ett bra sätt för att visa de variabler som påverkar termisk komfort och den kan uttryckas på följande sätt, enligt Ashrae.

$$M = (R + C) + (C_{\text{res}} + E_{\text{res}}) + (E_{\text{dif}} + E_{\text{sw}}) \quad (2)$$

M = Värmeproduktionen i kroppen

E_{dif} = Värmeförlust genom förångning av fukt diffunderar genom huden

E_{sw} = Värmeförlust genom förångningar svett

$(R + C)$ = Strålning och konvektionsförluster via hud

$(C_{\text{res}} + E_{\text{res}})$ = Konvektiva och evaporativ värmeförluster genom andning

Det är bättre om folk har tunn inomhusklädsel d.v.s. underkläder och skjorta under sommaren för att få en termisk komfort men kultur och religion accepterar inte tunn klädsel. Alla byggnader har problem med termisk komfort i inomhusmiljö i Kurdistan eftersom staten inte har krav på den termiska komforten inomhus. Byggnader är inte täta i klimatskärm och har inte isoleringsmaterial. Detta är anledningen att det känns obehagligt att vara inomhus både på sommaren och vintern.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Termisk massa: I Kurdistan består byggnader mest av betong som har en hög termisk massa, och denna är en benämning som används för att beskriva byggnadsmaterialets förmåga för lagring av värme. Termiska massans specifika egenskaper är dess förmåga att absorbera värme och släppa ut den senare. Den höga termiska massan hos betongbyggnader kan jämna temperaturskillnaden mellan dag och natt genom att lagra värme och släppa ut den senare vilket leder till att den termiska komforten förbättras. Termisk massa i betong är mycket högre än i den omgivande luften och detta gör att lagringskapaciteten för uppvärmning och kylning är högre hos betong. Termisk massa reglerar inomhustemperaturen genom att förhindra stora temperaturförändringar när utomhustemperaturen faller eller stiger. Ett bra material för termisk massa är de material som har hög värmeledningsförmåga, hög densitet och hög specifik värmekapacitet.

3.2 Inomhusmiljö

Inomhusmiljön är mycket viktig för hälsan och välbefinnandet eftersom vi tillbringar en stor del av vår tid inomhus. Inomhusmiljön påverkas av de kemiska ämnen som finns i luften och fysikaliska faktorer som temperatur, fukt, drag, belysning och buller. Många människor har astma och luftvägsbesvär i Kurdistan [23]. En orsak till detta kan vara att de utsatts för fukt och mögel, eftersom en hel del av bostäder har fukt- och mögelproblem. Inneboende har svårt att andas under vintern i Kurdistan eftersom de inte vill öppna fönster för att ventilerat huset på grund av att det är kallt utomhus. Detta leder till en ökning i fukt- och koldioxidhalten. En människa andas 0.5 [m³/h] eller 0.14 [l/s] luft i vila och det ska tillföras 0.03 [l/s] för att täcka syrebehovet för en person enligt [6]. Koldioxidhalten som bildas från boende och oljedrivna värmeapparater under vintern är hög. Inomhusmiljön påverkas av byggnaden i sig och de boendes aktiviteter, liksom inredning. Tobaksrök som innehåller tusentals giftiga kemiska ämnen är en annan viktig miljöfaktor i inomhusmiljön. Det förekommer även rökning vilket är en allvarlig miljörisk för alla invånare och mest för barn. Många människor mår dåligt i bostäder i Kurdistan eftersom byggnader inte har ventilationssystem som skapar luftutbyte, och varje familj består av cirka 6 personer. När vi var inomhus i Kurdistan fick vi symptom som t.ex. illamående, yrsel, huvudvärk, ögonirritation och hosta.

3.2.1 Inomhusmiljön i Erbil

Problempartiklar och föroreningar utifrån: Det finns sandpartiklar i uteluftsflöden som tillförs byggnader genom fönster och öppningar och detta blir mer under hösten som ökar antalet dödsfall hos personer som har astma och lungsjukdomar enligt [23] vid Zhin sjukhuset i Erbil. Det blåser mycket hårda vindar under hösten som ska ta med sig sandpartiklar in i byggnader. Det finns kvicksilver, uran och vismutpartiklar i luften vilket har använts som förbjudna vapen i krig. Partiklarna är orsaker till många

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

allvarliga missbildningar, hög spädbarnsdödlighet och cancersjukdomar i Kurdistan [13]. Kriget mellan USA och Irak har lämnat efter sig ett arv av cancer och fosterskador på grund av användning av uran och vit fosfor i kriget [13]. Det kommer även bland annat från de ämnen som finns i avgaser från trafik till exempel kvävedioxid. Man kan minska dessa problem genom lämplig utformning av tilluftsintag och reningsutrustning i byggnader.

Problempartiklar och föroreningar inifrån: En oljekamin står för den största uppvärmningen under vintern och den placeras på golvet mitt i rummet som leder till utsläpp av koldioxid och många andra föroreningar i inomhusluften. Det kan bli olycka när oljeförbränningen är på och boende sover i ett rum om det inte finns öppningar i rummet på grund av kolmonoxidutsläpp. Inomhustemperaturen är ofta låg under vintern vilket kan leda till hjärt- och lungsjukdomar. Inomhustemperaturen är ofta hög under sommaren eftersom utomhustemperaturen blir mycket varmt upp till 50 [°C] och varm luft tränger in genom öppningar som kan leda till huvudvärk, trötthet och illamående. Inomhusklimatet kan inte skyddas från utomhustemperaturen om byggnaden inte har isoleringsmaterial. Hår och hudavlagringar från människor samt textila fiber från kläder är också föroreningar som man kan hitta i bostäder. Det finns kemiska ämnen som avges från bygg- och inredningsmaterial.

3.3 Faktorer som påverkar inomhusklimatet i Kurdistan

De viktigaste faktorer som påverkar inomhusklimatet är ventilation, omgivning, orientering, utformning och fukt.

Ventilation: Det är ganska svårt att få in luft i byggnaden genom att placera öppningar för luftintag och uttag eftersom det inte finns något utrymme mellan byggnaderna.

Mark är dyrt och folk bygger radhusar enligt Erbils Kommun.

Omgivning: Inomhusklimatet påverkas av alla enheter som förändrar det lokala klimatet som topografi, omgivande byggnader, vegetation och vatten. Boende behöver beakta omgivningen för att huset ska få solenergi under vintern och ha bra skuggning under sommaren men det är svårt att göra det eftersom det inte finns något utrymme mellan bostäderna.

Orientering: Byggnadens orientering är mycket viktig för inomhusklimatet eftersom ventilation och infallande solstrålning påverkas av orienteringen. Man kan bestämma hur mycket sol som ska släppas in med hjälp av orientering i förhållande till solen men det är svårt att göra en bra orientering eftersom byggnaderna ligger tätt.

Fukt: Mögelsvampar och kvalster börjar växa när den relativa luftfuktigheten inomhus blir 80 %. Tecken på för höga fuktnivåer är kondens på fönstren och fläckar på väggar och tak. [3]

3.4 Ventilation

Ventilationens uppgift är att tillföra frisk luft till byggnaden och föra bort förorenad luft. Föroreningar kan inte spridas i byggnader om det finns ett bra ventilationssystem. Om ventilationen är undermålig ökar risken för ohälsa hos de boende och fuktskador på byggnader. Ventilationssystemet kan skapa ett ständigt undertryck i byggnaden så att fuktig luft inte trycks ut i konstruktionen. Ventilationssystemet kan kyla eller värma byggnaden i vissa fall. Om det finns dålig lukt i byggnaden betyder det att ventilationssystemet inte fungerar som det ska. Kvaliteten hos inomhusluften kan förbättras genom att öka ventilationen som kan späda ut föroreningarna, men utgifterna ökar eftersom ökad ventilation orsakar extra värme eller kyla under vintern respektive sommarn. Det är alltså viktigt att attackera föroreningarna först. Man ska tillföra frisk luft till de rum där man vistas mest som sovrum och vardagsrum. Uteluftsflöden ska tillföras genom uteluftsventiler som finns i fasaden, sedan rör sig luften mot kök och badrum där den sugs ut. Detta kan hindra att lukt och fukt från kök och badrum sprids ut i bostaden som man kan se i figur 3.1. [6] Byggnaden ska ventileras främst för att föra bort luftföroreningar, kroppslukter och emissioner från material i rummet. Hålla nere den relativa luftfuktigheten och transportera bort överskottsvärme. [1] Det finns några olika typer av ventilationssystem och alla byggnader måste ha ett ventilationssystem för att uppfylla luftkvalitets och inneklimatskraven. De vanligaste typerna som finns i svenska bostäder idag är:

Självdrag (S)

Mekanisk frånluft (F)

Mekanisk från- och tilluft (FT)

Mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX)

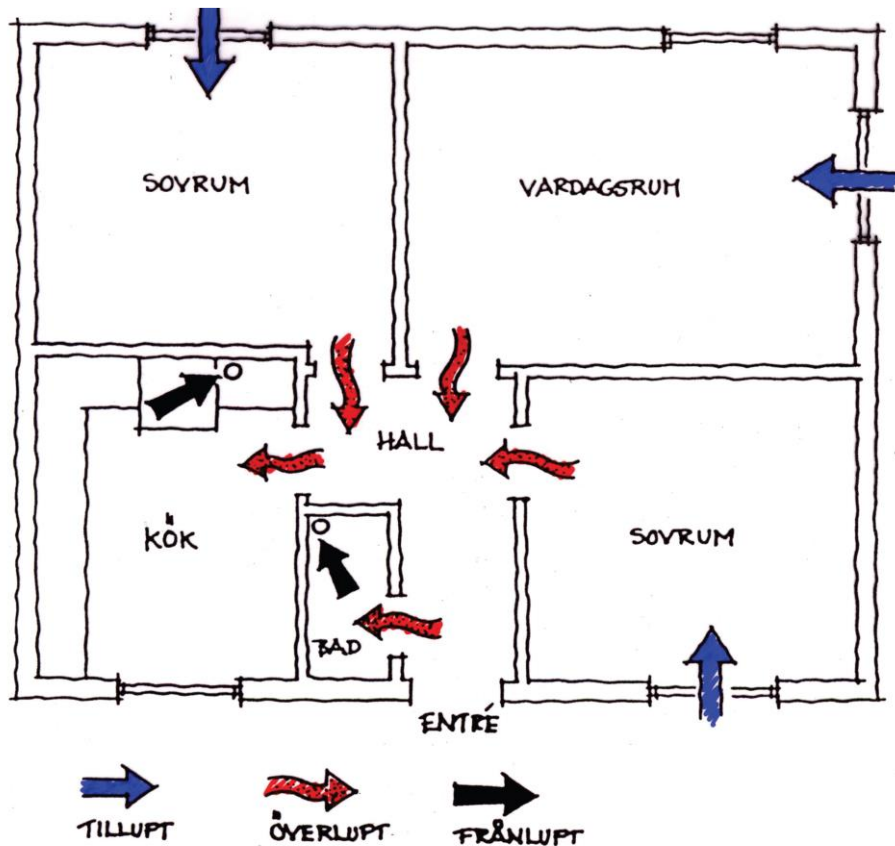
Ventilationsflöde anges i $[m^3/s]$ eller i $[l/s]$ och det kan också uttryckas som luftomsättning per timme (oms/h). Luftomsättningen kan beräknas med hjälp av formel

$$n = \frac{q}{V} [h^{-1}] \quad (3)$$

$q = \text{Ventilationsflöde } [m^3/h \text{ för att få } h^{-1}]$
 $V = \text{Rumsvolym } [m^3]$

Bostäder ska ventileras dygnet runt medan ventilationen i skolor, kontor och butiker kan ha anpassande drift och den ska i så fall vara i drift någon timme före och efter för att ta bort föroreningar. Enligt Boverkets byggregler (BBR) i Sverige ska ventilationssystemet utformas på så sätt så att uteluftsflödet inte understiger $0.35 [l/s/m^2]$ golv area då någon vistas i bostaden. [6] Man kan se en önskad luftströmning i figur 3.1.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 3.1 Önskad luftströmning i en byggnad (Installationsteknik, LTH)

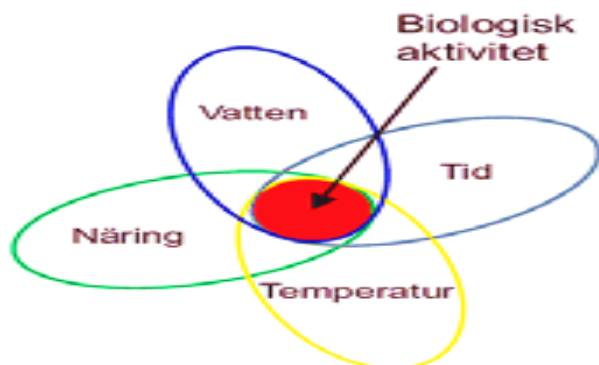
3.5 Fukt

Fukt är definitionsmässigt lika med vatten, som kan delas upp i tre olika faser - vätska, vattenånga och is. I en byggnad finns fukt som vattenånga i luften och som vätska i kök och badrum. Fukten får olika konsekvenser beroende på mängden och var det förekommer. Fukt är i sig inte farligt men fukt i stora mängder eller på fel ställen blir skadligt och orsakar olägenheter. De vanligaste negativa konsekvenserna av fukt är: Hälsorisker på grund av mögel och emissioner från byggmaterial och inredning. Ökat energibehov på grund av försämrade egenskaper hos värmeisoleringsmaterial och avdunstning av fukt i byggnaden. Försämrad hållfasthet, Svällning och krympning på grund av fuktbelastade rörelser. De dominerande orsakerna till fuktskador är: Markfukt på grund av dålig dränering. Läckage från installationer eller platta tak. Fel utförda konstruktioner. [3]

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

3.5.1 Mögel

Det är en vanlig följdskada av fukt. Det är ganska svårt att upptäcka mögel eftersom det ofta drabbar dolda konstruktioner, och det upptäcks oftast genom dålig lukt. Mögel sprids genom sporer som finns i inomhus- och utomhusluften. Mögelsvampar kräver tillgång till fukt, värme, syre och näring för att växa. [1] I figur 3.2 kan man se vad mögelsvampen behöver för att växa.



Figur 3.2 Mögelsvampar kräver vatten, näring, tillräckligt hög temperatur och tid för att växa (Mattsson, 2014) [1]

Mögelsporerna trivs i hög luftfuktighet och relativ fuktighet ska vara minst 70 % och temperaturen ska vara 0–50 [°C]. Risken för mögelangrepp och möglets tillväxthastighet ökar med ökande relativ fuktighet. [1]

Tabell 3.1 Risk för röta och mögeltillväxt vid gynnsam temperatur [3]

		Risk		
		Ingen	Liten – måttlig	Stor
Röta ¹⁾	Fk %	< 16	16–25	> 25
	RF %	< 75	75–95	> 95
Mögel	Fk %	< 15	15–20	> 20
	RF %	< 70	70–85	> 85

3.5.2 Sjukahus-sjukan

Byggnader där människor mår dåligt brukas kallas sjuka hus eller SBS (Sick Buildings Syndrome). När man har lämnat bostaden försvinner besvären men de återkommer när man återvänder. De här är symptom på sjuka byggnader. Bristande ventilation, dålig städning och fukt - och mögelskador är orsaker till sjuka byggnader. Det finns människor som mår dåligt redan av låga halter luftföroreningar. Den individuella känsligheten har stor betydelse för vilka besvär som utvecklas. Kvinnor och allergiker drabbas oftare enligt ett antal undersökningar i Sverige. [6] Färre människor drabbas av sjukdomar såsom astma, lungcancer och hjärtinfarkt i Sverige enligt nationella miljöhälsoenkäten 2007 [18] eftersom rökning blev förbjuden i alla serveringslokaler och passiv rökning har minskat. Radon är ett farligt ämne som kommer in i bostäder från marken och vissa byggnadsmaterial särskilt så kallad blåbetong. Cirka 500 människor drabbas av lungcancer varje år i Sverige på grund av radon i bostäder och det är 45 000 bostäder har radonhalt som överstiger det svenska riktvärdet 200 [Bq/m³] [11]. Luftföroreningar utomhus gör att människor blir sjuka och dör av svagheter i hjärta, kärl och luftvägar genom att luftföroreningarna stör tillväxten av lungfunktionen. ”Om koldioxidhalten i ett rum vid normal användning regelmässigt överstiger 1 000 parts per million (ppm), bör detta ses som en indikation på att ventilationen inte är tillfredsställande” [19]. Men om halten är lägre än 1000 parts per million (ppm) så betyder det att luftomsättningen är tillräcklig för att vädra ut bioeffluenterna och luftväxlingen är tillräcklig för de personer som vistas i rummet.

3.5.3 Ventilation, fukt och inomhusmiljö enligt Boverkets byggregler (BBR) i Sverige

Boverket skriver ”*Kraven på ventilationssystem i byggreglerna gäller egenskaper för ventilationsflöden, luftdistribution, vädring och utformning av installationer. Ventilation behövs för att hålla mängden luftburna föroreningar och fukt på en acceptabel nivå inomhus. Detta görs genom att föroreningar förs bort och frisk och ren luft tillförs. Ventilationssystemen bör anpassas efter byggnadens utformning och tänkta användning. Vid projektering av ventilationssystem är det viktigt att se byggnaden som ett system och inte i onödan se ventilationen som en lösning på andra problem. Exempelvis kan man välja lågemitterande material för att minska mängden kemiska ämnen i luften. Ett annat exempel är att man kan välja solavskärmning och dyligt för att minska värmelaster, i stället för att föra bort övertempererad luft med hjälp av ventilationen. Detta kan ge energivinster genom att både kylbehovet och användningen av driftel minskar. För att få en bättre inomhusmiljö och spara energi på drift och uppvärmning av tilluft, kan behovsstyrning av ventilationen vara ett alternativ*”. [17]

4 Kartläggning och iakttagelser av uppvärmning och ventilation och inomhusmiljö i Kurdistan

4.1 Metod

Jag har bott i Erbil i tjugofyra år och har byggt några hus med min familj. När åkte jag tillbaka till Erbil för att skriva mitt examensarbete fick jag information om byggbranschen av Araz Kurdo och Ahmad Jalal. De bygger och säljer hus i Erbil och har mycket erfarenhet. Karzan Zrar civilingenjör och chef i byggnadsnämnden gav mig mycket kunskap om byggnationen i Erbil. Araz Kurdo, Ahmad Jalal och Karzan Zrar intervjuades och jag besökte deras projekt. Hawre Ibrahim som är allmänläkare intervjuades. Femton bostäder besöktes och familjerna intervjuades. En hel del av bostäderna har fukt och ventilationsproblem och vill minska dessa problem med den erfarenheten som jag har fått från min utbildning vid Lunds tekniska högskolan.

4.2 Energikällor som används i byggnader

Solvärme som tränger in i byggnader genom fönster. Oljeenergi som används för att värma upp inomhusmiljön på vintern. Element som är anslutna till elnätet används för att värma upp inomhus. Matlagning i köket med en vedeldad spis räknas som en värmekälla eftersom alla familjer lagar mat ett flertal gånger om dagen.

4.2.1 Värme- och kylsystem

Vinterfall: De flesta använder oljedrivna kaminer som ska fyllas på eldningsolja varje dag eller eldrivna värmesystem som placeras mitt i rummet för att värma upp huset under vintern. Det placeras huvudsakligen i vardagsrummet och köket eftersom folk mestadels befinner sig där under vintern. Barnfamiljer löper större risk för husbrand eftersom det är relativt lätt för ett barn att välta ett mobilt värmesystem som står mitt i rummet. Det är också svårt att hindra brandspridningen eftersom byggnaderna ligger tätt intill varandra och brandskydd saknas. De oljedrivna värmesystemen måste stängas av under natten när boende sover för att undvika utsläpp av koldioxid och dålig oljelukt. Ett annat problem är att detta värmesystem fungerar dåligt tillsammans med cellplasten som ofta ligger ytterst i innertak av estetiska skäl. Vid uppvärmning av hus kommer värmen påverka cellplasten så att det krymper och riskerar rasa ner. Detta är mycket farligt och många människor blev skadade och hade dött på grund av rasande tak enligt [22] vid byggnadsnämnden. Det finns inte brandkrav i Kurdistan. Dessa värmesystem utnyttjas också för uppvärmning av till exempel bröd, mat och annat, när de är i gång. De flesta värmesystem är flyttbara och kan användas för att värma upp vilket rum som helst, som till exempel sovrummet två timmar före läggdags. I figur 4.1 kan man se att barnet och barnets familj i fara.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 4.1 Ett barn som sitter i en rullvagn nära intill ett mobilt värmesystem

Sommarfall: Luftkonditioneringssystem (AC) placeras mest i vardagsrum och hall för att värma upp under vintern eller kyla ner huset under sommaren. Man kan värma upp genom att köra på plusgrader på sin (AC). Eldrivna AC aggregat är det enda som används under sommaren och boende vill inte vädra genom att öppna fönster enligt de besökta familjerna eftersom utomhustemperaturen blir mycket hög upp till 50 [°C] varmt. De boende tillbringar mycket tid i hallen under sommaren eftersom den ligger mitt i huset och det blir mindre varmt på grund av att solstrålningen är mindre.

4.3 Ventilationssystemet i Kurdistan

Bostäder i landet har problem med ventilationen eftersom folk inte tänker på ventilationssystemet när de bygger hus. Det finns inga krav på ventilationssystem i Kurdistan. AC-aggregat är mest använda för att tillgodose huset med ett komfortabelt inomhusklimat men den kan bara kyla ner eller värma upp luften i huset utan att ventileras. Vanligtvis brukar boende öppna fönster och dörrar i Kurdistan men det är inte bra på grund av stora temperaturskillnader utomhus och inomhus under vintern som leder till stor energiförlust. Strömavbrott leder till problem för de boendena eftersom AC-aggregaten är elektriskt drivna och elnätet är inte så stabilt. Naturlig ventilation används mest i Kurdistan. En öppen dörr eller ett fönster ger större luftväxling än en tilluftskanal men det kan bli kortslutning, d.v.s. att tilluften går rakt ut i frånluftskanalen eftersom boenden tänker inte mycket på lufrörelsen i byggnaden. I ett välfungerande ventilationssystem fördelas friskluften jämnt i hela rummet. Det finns några ventilations typer i Kurdistan.

4.3.1 Ventilation med en kylmaskin (AC)

Den är en typ av luftkonditioneringsapparat som används i huset. Denna placerar mest på utsidan av fönstret utomhus eller inne i vardagsrummet. Med hjälp av ett rör kan luften transporteras till olika rum i huset. Den kan kyla ner huset under sommaren och har ett solskyddsfilter som kan filtrera smuts och större sandpartiklar. Det finns en fläkt i den som drar utomhus luften inåt i apparaten och sedan in i huset. När luften har passerat apparaten blir den svalare vilket gör att huset blir kallt. Det finns en vattentvättning i den här apparaten som transporterar vattnet från botten till toppen d.v.s. cirkulerar vattnet för att kyla ner den varma luften som dras in. Boende använder det här aggregatet som man kan se i figur 4.2 för att kyla ner byggnaden utan att tänka på ventilationen. Ingen tänker på rummets volym och mätning av luftflöden.



Figur 4.2 En kylmaskin som har placerats på altanen, bilden till vänster visar utsidan och bilden till höger visar insidan av maskinen.

Nackdelarna med den kylmaskinen är:

Luften som kommer in i bostaden är fuktig eftersom den har passerat över vatten och den totala fuktmängden kommer att öka i långvarigt. Barnen kan bli skadade på grund av att de lägger handen in i kylmaskinen och fläkten kan klippa av fingrar eftersom den inte har något skydd. Sand partiklar kan komma in i huset när utomhusluften har passerat kylmaskinen eftersom filtret i maskinen inte kan filtrera små sandpartiklar.

4.3.2 Dekorative wall split unit (kyl och värmepump)

Sommarfall: Split kan kyla ner eller värma upp huset genom att cirkulera inomhusluften. Den består av en kyl och värmeenhet som placeras utomhus och ett rörsystem som transporterar kylmedia eller värmemedia till huset. Den värme eller kyla som Split avger gör att många människor blir sjuka eftersom luften inte är naturlig och

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

det känns som man sitter i ett kylskåp under sommaren. Split har inget friskluftssystem. Högsta höjden på den ska vara en meter över golvet för att få samma lufttemperatur i rummet. Kalla luft som kommer ut från split kommer att transporteras från bottennivån till ovannivå när man placerar split i en meters höjd från golvet eftersom den kalla luften blir varmt. Varm luft väger mindre än kall luft därför kommer den att stiga upp.

Vinterfall: Det finns Split i huset som placeras högst upp i rummet. Den värma luften kan inte komma ner till bottennivå under vintern eftersom det finns kall luft i botten nivå som är tyngre än varm luft. Man känner sig trött och illamående av värmen som kommer från split och detta är ett stort problem för de som har astma enligt [23] vid Zhins sjukhuset i Erbil. Split ska placera en meters höjd över golvet för att varma luften ska transporteras från bottennivån till ovannivå. I figur 4.3 kan man se en kyl och värmepump som finns i de flesta bostäder.



Figur 4.3 Dekorative wall split unit (kyl och värmepump)

De ovan beskrivna systemen som används i Kurdistan är inte vetenskapligt grundade. De är heller inte felfria och leder inte till termisk komfort eftersom det inte finns några byggregler eller krav på luftflöden i en bostad.

4.3.3 Naturlig ventilation eller självdrag

Naturlig ventilation använder de naturliga krafterna för vindtryck och stapeleffekt för att underlätta och rikta luftens rörelse genom byggnader. Självdragssystem utför naturlig och tyst ventilation utan elförbrukning. Det är vinden och temperaturskillnader mellan ute och inne som styr luftflöden genom intag och utsläpp eller genom otätheter som finns i byggnaden. När fönster och dörrar i byggnader står öppna eller på glänt under sommaren så uppstår drag i rummet och detta är inte bra eftersom det finns många farliga partiklar i utomhusluften. Partiklarna kommer in i bostäderna genom

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

fönster och dörrar. Inomhusklimatet blir också för kallt under vintern eftersom drag upplevs starkare ju kallare rumsluften är. Dragen som uppstår genom öppna fönster och dörrar under vintern leder till värmeförluster från inomhus när den uppvärmda luften strömmar ut genom fönster och dörrar. Detta ökar kostnader för uppvärmning av byggnader. De som sitter nära fönster och dörrar besväras av drag. Den kalla luften som kommer in i byggnaden genom fönster eller otätheter under vintern är tyngre än den varma luften som finns i byggnaden vilket skapar ett invändigt övertryck i byggnadens övre delar och ett undertryck i de nedre delarna. Den varma luften som kommer in i byggnader genom fönster eller otätheter under sommaren är lättare än den kalla luften som finns i byggnaden, vilket skapar ett invändigt övertryck i byggnadens övre delar och ett undertryck i de nedre delarna. Den naturliga ventilationen bildar övertryck i byggnadens invändiga övre delar. Det finns mycket fuktskador invändigt i de övre delarna av byggnader på grund av det övertryck som bildas där. Det uppstår lufrörelser i byggnaden på grund av starka lufrörelser från fönster och dörrar. Och otätheter i byggnadens klimatskal. Kallras vid kalla ytor under vintern som kyls luften på grund av dåligt isolerade fönster, och orsakar drag längs golvet.

4.3.4 Hybridventilation eller fläktstyrd frånluft

Generell beskrivning: Man utnyttjar de naturliga drivkrafterna i vind och i temperaturskillnader för att få önskad ventilation och om de inte räcker till används fläktstyrd frånluft. I många byggnader finns fläktstyrd frånluft vilket principiellt fungerar likadant som naturlig ventilation med skillnaden att frånluften tas ut från kök och badrum med hjälp av fläktar. Fläktstyrd frånluft har utvecklats för att eliminera nackdelar med självdragssystem.

Fall beskrivning: Fläktar installeras i köks- och badrumsfönster i Erbil för att bli av med den dåliga lukten och röken som finns i kök och badrum men inte i syfte att förbättra övrig luftkvalitet och ventilationen. Fläkten startas när lukt och rök samlas i kök och badrum medan fläkten skall startas när ventilationen blir för låg för att säkerställa ventilationsflödet. Inomhusklimatet blir bättre med hjälp av hybridventilation genom att risken för drag minskas och luftkvaliteten förbättras i byggnaden. Hybridventilation kan också förhindra fuktskador genom att ventilationsflödet i huset ökar.

4.3.5 Brister i ventilationen i Kurdistan kan leda till eller försämra många sjukdomar

Luftföroreningar, damm, kvalster, tobaksrök, fukt och mögel är faktorer som leder till astma. De viktigaste faktorerna är rökning inomhus och tillförd utomhusluft som inte filtrerats. Passiv rökning kan utlösa ett astmaanfall. Om du har astma ska människor aldrig röka nära dig i ditt hem, i bilen eller där du spenderar mycket tid.

Luftföroreningar är rök från fabriker som släpps ut i luften och består av partiklar av uran, kvicksilver och sand. Många barn får astma i de bostäder som har mycket fukt

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

och mögel, och familjen har sällan kunskap om sambandet. Cirka 700 fyraåringar drabbas av astma på grund av fuktproblem i bostaden i Sverige varje år [15]. Det är troligt att denna siffra är betydligt högre i Kurdistan. Syrevärdet är över 95 % i kroppen hos en frisk person. När sandpartiklar faller från himlen under hösten minskar syrevärdet till 90 % hos en frisk person och 85 % hos en person som har astma. De som har astma kan inte ta upp tillräckligt med syre från inandningsluften eftersom deras luftvägar och lungor har blivit mindre. Hundratals människor måste skickas till sjukhus för att få behandling när det faller sandpartiklar [23]. Människan använder syre och skapar koldioxid genom utandningsluften som innehåller 4 % koldioxid. Detta har inga negativa konsekvenser för inomhusklimatet under normala förhållanden men det är ett problem när många människor vistas i små och dåligt luftade rum. Om det inte finns bra ventilationssystem i byggnaderna kan man inte filtrera partiklar av uran, sand och kvicksilver som finns i uteluftsflöden och som tillförs byggnader genom fönster och dörrar. Detta kan leda till många sjukdomar som cancer, astma, lungsjukdom och hjärt- och kärlsjukdom [12].

4.4 Fukt i Kurdistan

En hel del av bostäder har fuktproblem i Kurdistan och många bostäder har drabbats av fuktskador i varje område enligt [22] vid byggnadsnämnden i Erbil. Det finns stora problem med bl. a mögel, röta och ökade emissioner från byggmaterial. Det finns synliga tecken på fuktproblemen såsom mögellukt, imma på fönstrens insida och svarta prickar eller fläckar på väggar eller tak. Höga antal familjemedlemmar ger mycket fuktproduktion i bostäder eftersom avdunstning, disk, dusch och matlagning blir mer. Byggnadsingenjörer har inte tillräcklig kunskap om fuktproblem eftersom fukt inte ingår i deras utbildning, och därför även nya bostäder får samma typ av skador. Fuktkällor är:

4.4.1 Markfukt

I det här arbetet undersöktes några hus okulärt, vi såg mycket vatten runt husen. Detta påverkar grunden i bostäderna. Dessa fuktproblem beror delvis på felaktig schaktning, där grävningen skett utan att hänsyn tagits till jordart och dräneringssystem. En annan orsak till fuktproblemen är att grunderna saknar dräneringssystem vilket leder till att regnvatten samlas runt hus och rinner ner i grunden. Detta blir särskilt problematiskt under vintern. Ytterligare ett förhållande som leder till ökade vattenmängder i grunden är den dåliga kvalitén på vattenledningar som finns under bostäder och kommunala vattenledningar som går sönder. Markfukt i grunder har negativ påverkan på inomhusmiljöer eftersom den medför mögel, röta, saltutfällningar och dålig lukt vilket leder till hälso/komfort problem. Marksättning är ett annat problem som orsakas av markfukt. Detta problem märks framför allt på terrasser där en eller flera bilar står parkerade. Tekniken att gjuta golvet direkt på marken förstärker den negativa effekten av markfukten. Det finns inget värmeisoleringsmaterial och inga

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

kapillärbrytande skikt som håller borta markfukten. Stora summor läggs på golvrenovering enligt [22]. Det är en stor utmaning.

4.4.2 Byggfukt

De byggansvariga tar inte hänsyn till fuktproblem under byggnationen utan fortsätter med bygget även om byggnadsdelar inte torkat färdigt enligt [22]. Byggnadsdelar och byggnadsmaterial skyddas inte heller mot nedfuktning från nederbörd och detta gör att byggföretaget får allvarliga utmaningar ur fuktsäkerhetssynpunkt. Byggnadsdelar bevattnas okontrollerat och för mycket under byggnationen vilket kan medföra höga fukthalter efter att byggnadsdelar är färdigställda. Det är svårt att torka ut fukt när byggnadskomponenter har färdigställts eftersom uttorkning sker nästan bara via diffusion och detta är en långsam process. Putsning av ytterväggar vintertid skapar fuktproblem eftersom det blir ett vått skikt som inte hinner torka. Man bevattnar betonggjutning i bjälklag för att härda under byggnationen och vattnet samlas på bjälklaget eftersom det inte finns någon lutning på bjälklaget som kan leda vattnet till avloppet. De flesta byggherrar bygger för snabbt och låter inte byggnader torka färdigt. Detta kan fortgå eftersom det inte finns kvalitetskontroll enligt byggnadsnämnden. Det finns få byggregler i Kurdistan och det är vanligt att byggherrar mutar personal i kommunen för att kunna bryta mot byggreglerna.

4.4.3 Regn

Regn inverkar och fukt i ytterväggar: Slagregn med stora vattendroppar träffar ytterväggarna. Regnvatten tränger in där det inte är tätt. Framför allt vid otät anslutning mellan fönster och väggar eller mellan dörr och väggar. Husen byggs nära varandra som radhus, eftersom det är ont om mark i dessa befolkningstäta områden. Bostäderna ligger normalt vägg i vägg med grannens yttervägg och regnvatten rinner in mellan husen eftersom ytterväggarna inte är täta. Om en familj bygger ett tätt ytskikt mot utsidan för att förhindra att regn tränger in i ytterväggen men grannen inte bygger tätt innebär det att grannens yttervägg påverkar den andra och därför har få velat ta risken att lägga pengar på täta ytterväggar. Eftersom fuktskydd saknas i ytterväggar kan vatten tränga in och bildas fukt. I figur 4.4 kan man se två hus vägg i vägg.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 4.4 Två hus vägg i vägg

Regn inverkar och fukt i tak: I stort sett alla bostäder har platta tak och dessa byggs med samma princip som ett bjälklag med gjuten betong vilket medför många fuktproblem. Vertikalt fallande regn påverkar mest taken eftersom de är platta. Taken är inte täta mot regn och regnintensiteten spelar en stor roll för själva taket. Regnvattnet samlas på taket på grund av takets dåliga lutning och hängrännor som är felplacerade och inte leder vattnet till avloppet. Det vatten som samlas på taket tränger in i takkonstruktionen genom de läckage som finns i taket. Regnvattnet som ska ledas ner från taket med hjälp av hängrännorna kommer inte tillräckligt långt från huset och rinner därför ner i marken som ligger under grunden vilket kan orsaka stora fuktproblem. Taket i ett sovrum i figur 4.5 har mycket fuktproblem eftersom regnvatten har samlats på taket och trängt in i takkonstruktionen samtidigt som fönstren i rummet hållits stängda under vintern. Halva familjen sover i detta rum och de har fyra små barn. Huset byggdes för fyra år sedan och nu finns det redan mycket fukt- och mögelproblem. Familjen har tänkt täcka fukt och mögel genom att måla eller gör ett undertak. Denna lösning är helt fel eftersom man inte kan minska fukt genom att täcka. En sådan åtgärd ger mer fukt i framtiden eftersom fukt minskas med ventilation och inte med täckning.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 4.5 Mögel på grund av regnvatten, vattensamling på tak ovan sovrummet och lågt ventilationsflöde

4.4.4 Fukt i badrum

Dusch och bad ger stora mängder fukt i ett badrum. Dagens boendevanor med ökad användning av dusch har inneburit en ökning av fuktproduktionen i badrum. Badrummet i figur 4.6 ligger på ovanvåningen och har mycket fukt- och mögelproblem. Fuktskadorna syns mest i tak och ytterväggar. Det är vanligt att det finns ett badrum på varje våning, och numera också att det finns dusch i stället för badkar i varje badrum. Den ökade användningen av duschar har lett till en högre fuktproduktion. Under sommaren används duscharna frekvent för att hantera det heta klimatet. Husets fasad blir lätt vattenskadad eftersom badrummet ligger vid ytterväggen. Det är mycket viktigt att luften cirkulerar genom hela rummet och går förbi alla fuktiga områden för att fukten ska tas upp. I vissa badrum och på vissa toaletter finns det fläktar men de är oftast felplacerade vilket leder till dåligt luftutbyte. Exempelvis placeras fläktar ofta i uteluftsdon i fasaden. Jag har undersökt badrummet och hittade några orsaker till fukt- och mögelproblemen: Den fuktiga luften som stiger upp från nedervåningen kommer in i badrummet genom dörren och kondenserar på ytor. Badrumsfönstret i figur 4.6 är alltid stängt under vintern och fuktig luft från dusch och tvätt stiger upp och kondenserar sedan på taket i badrummet. Det finns inte något ventilationssystem i bostaden. Invändigt består övre delarna av väggar och tak av gips som är en bra miljö för mögeltillväxt. Invändigt består nedre delarna av väggar av klinker genom vilka vatten tränger in i väggkonstruktionen. Tätningen runt om fönstret är inte tillräcklig för att förhindra regnvatten. Fuktproduktionen är hög på grund av det stora antalet familjemedlemmar. Vatteninträngning sker ovanför kakelkanten och i fog

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

sprickor. Vatten kan tränga in bakom kakelplattorna när man duschar. Vatten samlas på golvet på grund att golvbrunnen är felplacerad och golvet inte har någon lutning mot golvbrunnen.



Figur 4.6 Fukt- och mögelproblem i badrum

4.4.5 Kondens

Kondens är fukt i luften som ofta bildas vid matlagning, dusch, tvätt och klädtorkning inomhus. Fukten kondenserar och bildar vattendroppar när den träffar kalla ytor såsom ytterväggar, kakel, fönster och speglar. Matlagning i köket ger mycket kondens på fönster, ytterväggar och tak under vintern eftersom alla familjer lagar mat hemma och det inte finns ventilationssystem eller fläktar. Man använder englasfönster som har dålig isolerings egenskaper och därför är kondens vanligt på fönstren under vintern. Fukten i inomhusluften ökar på grund av hög produktion av fukt och dålig ventilation vilket leder till mycket kondens på kalla ytor i rummet. Den höga fuktproduktionen i bostäderna i Erbil bidrar till mögelbildning när den fuktiga luften stiger och hamnar på taket mest i ovanvåningen.

4.5 Enkätundersökning

Enkätundersökningen gjordes för att se hur de boende upplever olika faktorer i inomhusklimatet. Femton familjer besöktes i olika områden i Erbil. Enkäten förklarades för dem, jag frågade frågorna muntligt.

Här nedanför kan ni se frågorna som jag ställde dem:

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

1. Hur tycker du att luftkvaliteten i stort sett är i din bostad?
a. bra b. acceptabel c. dålig
2. Besväras du i din bostad av ventilationsproblem som svårigheter att bli av med fuktig luft i bad/duschrum?
a. ja, ofta b. ja, ibland c. nej, aldrig
3. Besväras du i din bostad av lukt i byggnaden såsom mögellukt?
a. ja, ofta b. ja, ibland c. nej, aldrig
4. Är du nöjd eller missnöjd med din bostad som helhet?
a. nöjd b. varken/eller c. missnöjd
5. Har du de senaste 3 månaderna känt dig besvärad av damm/smuts?
a. ja, ofta b. ja, ibland c. nej, aldrig
6. Hur tycker du att värmekomforten i stort sett är i din bostad?
a. bra b. acceptabel c. dålig
7. Hur upplever du din inomhusklimatsommartid?
a. lagom b. för varmt c. mycket för varmt
8. Hur upplever du din inomhusklimatvintertid?
a. lagom. b. för kallt. c. mycket för kallt.
9. Upplever du inneklimatet som mest besvärande?
a. På sommaren b. på vintern
10. När upplever du problemet som är värst?
a. På dagen b. på natten

4.5.1 Resultat från enkätundersökning

Tabell 5.5 Enkät svar för ovanstående frågorna. Antal svar samt % av alla svarsalternativ redovisas för de tre alternativen a, b, och c.

Fråga	Alternativ a	Alternativ b	Alternativ c
1	1 7 %	4 27 %	10 66 %
2	11 74 %	2 13 %	2 13 %
3	9 60 %	1 7 %	5 33 %

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

4	2 13 %	2 13 %	11 74 %
5	10 66 %	4 27 %	1 7 %
6	0 0 %	2 13 %	13 87 %
7	1 7 %	3 20 %	11 73 %
8	0 0%	5 33 %	10 67 %
9	6 40 %	9 60 %	-
10	3 20 %	12 80 %	-

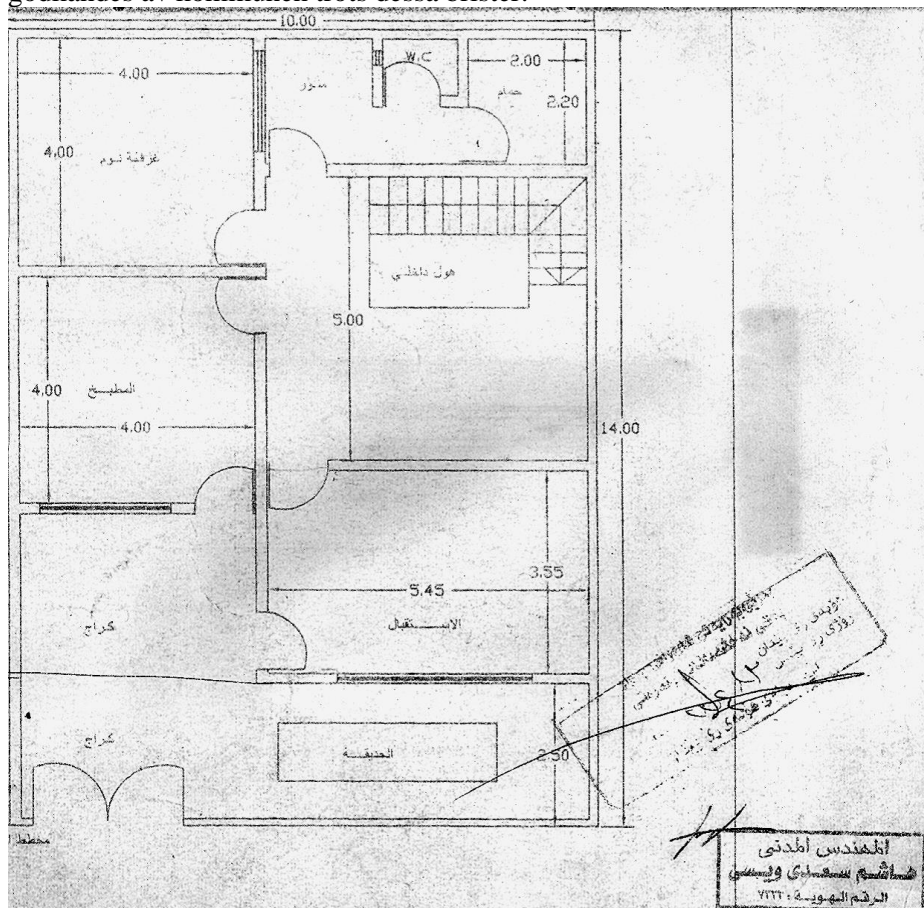
Enkätundersökning utfördes i femton olika bostäder i Erbil. Många av familjerna hade likadana problem. Av femton familjer var det bara fem var nöjda med luftkvalitet i deras hem. Men de andra 10 familjer var inte nöjda på luftkvaliteten som finns i inomhusluften under sommar och höst på grund av att dörrar och fönster brukar vara öppet i många timmar. Det finns mycket koldioxid inomhus särskilt under vinter eftersom man inte brukar öppna dörrar och fönster. Tretton familjer besväras i sina bostäder av ventilationsproblem och hade svårigheter att bli av med fuktig luft i badrum. Det var tio familjer som känt sig besvärade av mögellukt i sina bostäder och de andra fem familjerna hade inte det problemet. Det var tretton familjer som var missnöjda med sina bostäder som helhet. Familjer som har känt sig besvärad av damm/smuts i sina bostäder var fjorton. Det var tretton familjer som tyckte att värmekomforten var dålig. De hade kalla golv på grund av att det inte finns isoleringsmaterial i golvet. Detta gör att många barn blir sjuka under vintern när de sitter och leker på golvet enligt [23]. Det var fjorton Familjer som hade upplevt att det var för varm inomhusklimatsommartid. Familjer som besvär under vintern i bostäderna var nio eftersom det inte finns isoleringsmaterial i bostäderna och inomhus blir inte tillräckligt varmt även om det finns en värmepump och ett oljedrivet värmesystem. Av de femton familjer hade sex inneklimatet mest besvärande under sommaren och nio hade under vintern. Av dessa familjer upplevde tre problemet värst under dagen och de andra tolv under natten. Inomhus miljön blir mycket dålig när alla familj medlemmar är hemma på natten under vintern på grund av relativ rökning, oljelukt och koldioxid från oljedrivet värmesystem. Alla familjer var trötta på inomhustemperatur eftersom det är för varmt under sommaren och är för kallt under vintern.

5 Undersökning av ett enbostadshus i Kurdistan

Planlösning, beräkningar av energianvändning för uppvärmning och fukt har studerats i undersökningen. Det har utförts med fokus på hur inomhusklimatet kan förbättras.

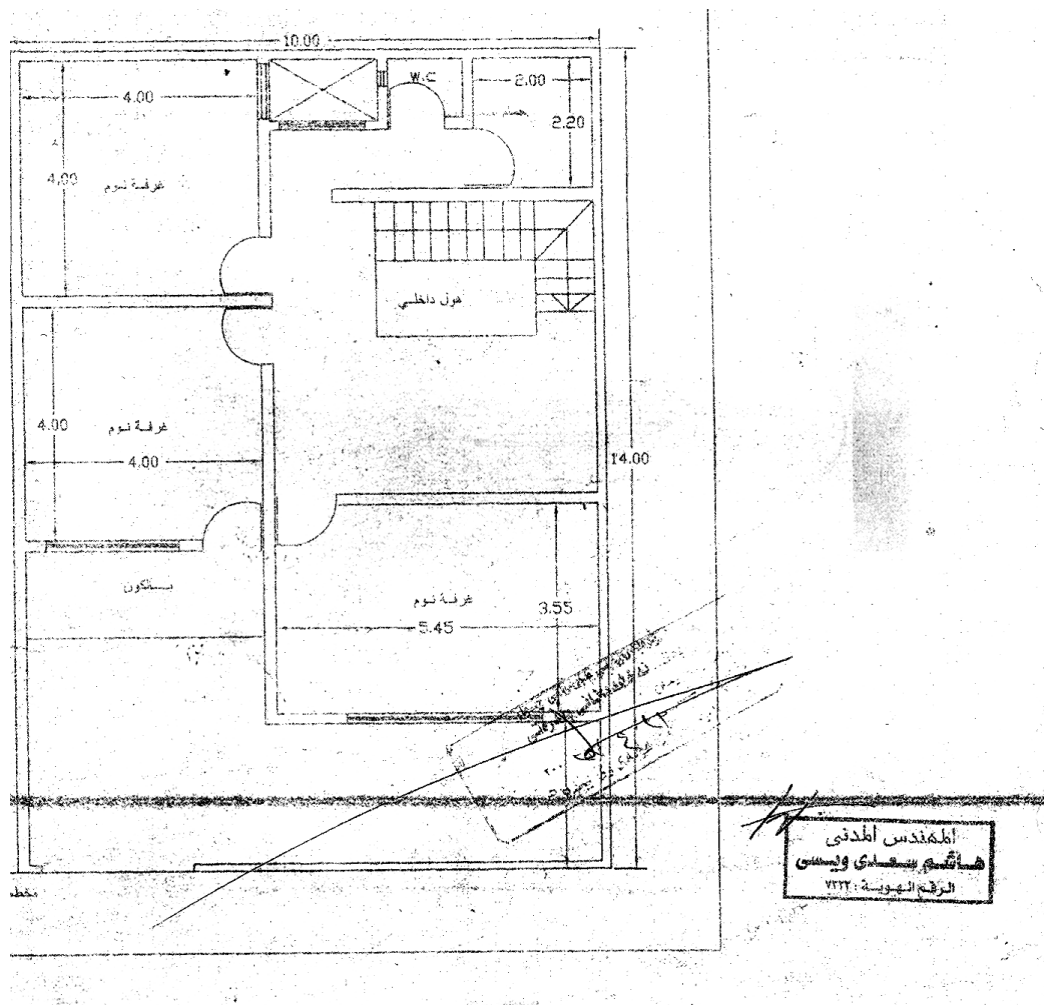
5.1 Bygglov

Det undersökta huset fick bygglov grundat på ritningarna i figur 5.1 och figur 5.2. Huset har byggts utan att tänka på ventilationssystem. Inomhus blir det mörkt under vintern eftersom solljus inte når mitten av huset. Toaletterna är inte handikappanpassade. Det är svårt att läsa och förstå planlösningen. Denna planlösning godkändes av kommunen trots dessa brister.



Figur 5.1 Plan 1 för bostadshus i Erbil [Erbils kommun]

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.2 Plan 2 för bostadshus i Erbil [Erbils kommun]

5.2 Beräkning av energianvändning för uppvärmning

5.2.1 U-värdeberäkning

$$U = 1/\Sigma R = 1/(R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se}) \text{ [W/m}^2\text{k]} \quad (4)$$

där

R_{si} = inre värmemotstånd

R_1, R_2 osv = värmemotstånd för skikt 1, 2 osv = d/λ

d = skiktets tjocklek [m]

λ = skiktets värmekonduktivitet [W/mk]

R_{se} = yttre värmemotstånd

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

U-värdet för grunden beräknas som ett medelvärde mellan U-värdet för yttre randzonen (0–1 m från yttervägg) och U-värdet för inre randzonen (1–6 m från yttervägg):

Grundens totala area: $10.00 \text{ m} \times 9.13 \text{ m} = 91.30 \text{ m}^2$
 Inre randzon: $8.00 \text{ m} \times 7.13 \text{ m} = 57.04 \text{ m}^2$
 Yttre randzon: $91.30 - 57.04 \text{ m}^2 = 34.26 \text{ m}^2$

Tabell 5.1 Beräkning av det totala värmemotståndet för grunden

Materialsikt	0-1 m från yttervägg			1-6 m från yttervägg		
	d [m]	λ [W/mk]	R [m ² K/W]	d [m]	λ [W/mk]	R [m ² K/W]
Rsi			0.17			0.17
Betong	0.15	1.7	0.09	0.15	1.7	0.09
Lera, sand, grus			1.0			3.4
Rse			0.04			0.04
ΣR			1.3			3.7

U-värdet för den inre och yttre randzonen blir 0.27 W/m²K respektive 0.77 W/m²K.

Medel-U-värdet fås genom att vikta randzonernas areor:

$$U\text{-medel} = \frac{57.04 \times 0.27 + 34.26 \times 0.77}{91.3} = 0.46 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Tabell 5.2 Beräkning av det totala värmemotståndet för ytterväggar

Materialsikt	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/ W]
Rsi			0.13
Betong	0.23	1.7	0.14
Rse			0.04
ΣR			0.31

U-värdet för ytterväggar = 3.23 [W/m²K]

Tabell 5.3 Beräkning av det totala värmemotståndet för taket

Materialsikt	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/ W]
Rsi			0.10
Betong	0.15	1.7	0.088
Rse			0.04
ΣR			0.228

U-värdet för taket = 4.39 [W/m²K]

U-värdet för fönster = 5.9 [W/m²K]

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Ett enkelglasfönster har ett mycket högt U-värde, cirka 5.9 [W/m²K] vilket ger dålig isoleringsförmåga [5].

5.2.2 Beräknad energianvändning

För att värma huset till en komfortabel inomhustemperatur krävs mycket energitillförsel under vintern eftersom ingen värmeisolering traditionellt används i byggnader. Enligt [7] kan den totala energiförbrukning, Q total, för uppvärmning beräknas som:

$$Q \text{ total} = Q \text{ transmission} + Q \text{ ventilation och läckage} - Q \text{ interna värmekällor} \text{ [Wh]} \quad (5)$$

$$Q \text{ transmission} = HDH \times \Sigma (U \times A) \text{ [Wh]} \quad (6)$$

HDH = gradtimmar för uppvärmning [°Ch]

U = värmetransmission [W/ m² K]

A = area per byggnadsdel [m²]

$$Q \text{ ventilation och läckage} = HDH \times 1206 \times V \text{ [Wh]} \quad (7)$$

1206 = en konstant

V = ventilationsflöde = (Rumsluftvolym * antal luftomsättningar per timme)/3600 [m³/s]

Q interna värmekällor = gratisvärmertilskott från människor, sol, apparater etc. [Wh]

Beräkning av antal *gradtimmar* för uppvärmning:

$$HDD = (T \text{ inne} - T \text{ ute}) \cdot N \text{ [°C dagar]} \quad (8)$$

HDD = uppvärmning graddagar [°C dagar]

T inne = önskad temperatur inne [°C]

T ute = medeltemperatur ute [°C]

N = antal dagar

Den lägsta innetemperaturen är 18 [°C] för att uppnå komfort enligt Givoni diagrammet i figur 6.9. Medeltemperaturen utomhus för varje månad visas i figur 2.2.

$$HDH = HDD \cdot 24 \quad (9)$$

Beräkningen av det totala antalet gradtimmar för uppvärmning som visas i tabell 5.4 har gjorts med hjälp av figur 6.9 och 2.2.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Tabell 5.4 Beräkning av totalt antal gradtimmar för uppvärmning

Månad	(Inomhustemperatur – Utomhustemperatur) * antal dagar * antal timmar/dygn	Gradtimmar [°Ch] HDH
Januari	$(18-5.8) \cdot 31 \cdot 24$	9076.8
Februari	$(18-7.8) \cdot 29 \cdot 24$	7099.2
Mars	$(18-11.4) \cdot 31 \cdot 24$	4 910.4
April	$(18-16.1) \cdot 30 \cdot 24$	1368
November	$(18-12.5) \cdot 30 \cdot 24$	3960
December	$(18-7.4) \cdot 31 \cdot 24$	7886.4
		$\Sigma = 32932.8$

Areaberäkning:

Fönsterarea	15 [m ²]
Grundarea	114.7 [m ²]
Ytterväggsarea	257.64 [m ²]
Hela ytterväggsarean-fönster	242.64 [m ²]
Takarea	114.7 [m ²]

Rumsluftvolym

$$\text{Vol} = A \cdot \text{höjden} \quad (10)$$

$$\text{Vol} = 229.4 \cdot 3 = 688.2 \text{ [m}^3\text{]}$$

Antal luftomsättningar antas vara 1 oms/timme (otätt hus)

Årsenergiförbrukning i befintligt hus:

Summan av area gånger U-värdet:

$$\Sigma (A \cdot U) = A \text{ grund} \cdot U \text{ grund} + A \text{ yttervägg} \cdot U \text{ yttervägg} + A \text{ tak} \cdot U \text{ tak} + A \text{ fönster} \cdot U \text{ fönster} \quad (11)$$

$$\Sigma(A \cdot U) = 114.7 \cdot 0.46 + 242.64 \cdot 3.23 + 114.7 \cdot 4.39 + 15 \cdot 5.9$$

$$\Sigma(A \cdot U) = 1428.52 \text{ W / K}$$

$$V = (\text{rumluftvolymen} \cdot 1) / 3600 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Om vi antar att de interna värmekällorna är 3 [W / m²] så blir

$$Q \text{ intern värmekälla} = 3 \text{ [W/m}^2\text{]} \cdot A \text{ (boareavåning 1 + 2)} \quad (12)$$

$$Q \text{ interna värmekällor} = 3 \text{ W/ m}^2 \cdot A \cdot \text{tid} = 3 \cdot 229.4 \cdot 4368 = 3006 \text{ [kWh]} \quad (13)$$

$$Q \text{ total} = \text{HDH} \cdot (\Sigma (U \cdot A) + 1206 \cdot V) - Q \text{ interna värmekällor} \quad (14)$$

$$Q \text{ total} = 32932.8 \cdot (1428.52 + 1206 \cdot 688.2 \cdot 1/3600) - 3006$$

Det befintliga husets beräknade energiförbrukning är:

$$Q \text{ total} = 51632 \text{ [kWh]} / 229 \text{ [m}^2\text{]} = 225 \text{ [kWh/ m}^2\text{]}$$

5.3 Solförhållanden i Erbil

Direkt solinstrålning skapar inte något problem under kalla perioden (november-april) eftersom solstrålningen inte är så stark under denna period. Detta är bara en gratis värmekälla som används till uppvärmning av byggnaderna. Solstrålningen tränger in genom fönstret eftersom den har ett lägre läge under dessa årstider. Direkt solinstrålningen når fönster på övervåningen på förmiddag och huset får gratis värme och den når fönsterna i fasadens båda våningar på eftermiddagen under dessa årstider. Temperaturen börjar stiga i april, man behöver inte kyla huset eftersom inomhustemperaturen inte blir för varm på grund av solstrålningen som tränger in i huset. Inomhusklimatet blir för varmt på grund av den direkta solinstrålningen som når huset under perioden (maj-oktober) eftersom solinstrålningen är mycket stark under dessa perioder. Huset värms upp genom att solstrålningen når bjälklaget i övervåningen på förmiddagen vilket gör att inomhustemperaturen stiger lite men detta har inte stor inverkan på inomhusklimatet. Temperaturen inomhus blir mycket hög när solstrålningen når alla fönster i fasaden på eftermiddag därför måste man använda Ac för att kyla huset. Solinstrålning räcker för att värma upp inomhus under perioderna (april-maj) och (oktober-november).

5.4 Undersökning av värme- och fuktförhållande med WUFI-program

Det finns fuktproblem såsom mögellukt på gipsskivan och svarta prickar eller fläckar på väggar eller tak. Fukt orsakar problem i byggnader och inomhusmiljöer. Det största problemet är att gipsskivaskiktet leder till mögel i väggar och tak. Därför togs gipsskivaskiktet bort i undersökningen. WUFI har använts för att kunna undersöka värme, fuktförhållande och mögeltillväxt i ytterväggar och tak. Beräkningen av WUFI har gjorts för att bedöma mängden av mögeltillväxten. Det är lätt att ta bort och lägga till skikt i WUFI-programmet för att undersöka eventuella mögelangrepp i konstruktionen. Ytterväggen och taket består av gipsskiva, betong och cementputs. WUFI är ett datorprogram som kan beräkna värme- och fuktförhållanden i byggnadsdelar. Fuktförhållanden varierar med tiden. Det är viktigt att beakta variationerna vid nederbörd, solstrålning och uttorkning. Programmet är framtaget och utvecklat i Tyskland och den svenska versionen har utvecklats i samarbete med Lunds tekniska högskola. WUFI har nedanstående flikar och varje flik har många underflikar. Informationen är hämtad från WUFI-program 5 [20].

- Konstruktion
- Inställningar
- Klimat

5.4.1 Konstruktion

Uppbyggnad/Monitorpositioner: Här anges byggnadskomponentens geometri som har delats upp i celler i form av lagerföljd. Material med specifika parametrar kan väljas i varje skikt. Fukt- och värmekällor och källor för luftomsättningar kan också väljas. Det finns tre olika nivåer av gitter (grovt, medel och fint) och medel ska väljas för de flesta beräkningar. Monitorn kan placeras in i skikten som representeras av en kamerasympol. Relativ fuktighet och temperatur kan beräknas genom att monitorn placeras i det valda skiktet. Men mina beräkningar är gjorda från insidan till utsidan av vägg och takkonstruktionen.

Orientering/Lutning/Höjd: Byggnadens höjd och byggnadsdelens lutning anger åt vilket väderstreck byggnadsdelen är riktad av den orsaken att väder och vind påverkar konstruktionen beroende på höjd och lutning. Dessa anges för att kunna beräkna infallande strålning på ytan.

Begynnelsevillkor: Här anges startvärde för temperatur och relativ fuktighet som ett medelvärde för alla lager i konstruktionen.

Ytövergångskoefficient: Denna visar motstånd som byggnadskomponenten har mot omgivningens klimat, d.v.s. motståndet mot de värme- och fuktflöden som sker genom ytan. Detta handlar om värme- och fuktflöden som träffar ytan på både insida och utsida. I ytövergångskoefficienten anges egenskaper hos de inre och yttre ytorna. De faktorer som ska ta hänsyn till i ytövergångskoefficienten är värmemotstånd, Sd-värde och absorptionstal för regnvatten. Värmemotstånd är värmeutbyte mellan luft och fasad i yttervägg pga. Konvektion och strålning mellan luft och ytor. Sd-värde är ytbehandlings ångtäthet och detta är skiktjocklek luft i meter. Man kan välja ett eget sd- värde som finns i programmet eller välja ett värde för den aktuella ytbehandlingen. Absorptionstal för regnvatten är mängden av slagregn som kan suga upp av byggnadskomponent.

5.4.2 Inställningar

Tid/Profil: Tidsintervallet ska vara minst två år för att byggnadsdelen ska nå jämviktläget. Förutom denna begränsning går det att välja vilket start- och slutdatum som helst. Profiler är grafer som visar fukt eller temperaturfördelning i en byggnadskomponent under den tidsperiod som har angetts.

Numerisk: Här bestäms vilken typ av beräkningar som ska utföras. Värme- och fukttransportberäkningar kan väljas att beräkna i den här fliken.

5.4.3 Klimat

Utsidan och insidan av byggnadskomponenter är utsatta för klimatet. Vänstra sidan av konstruktionen är utomhusklimat och högra sidan av konstruktionen är inomhusklimat enligt WUFI-programmet. Inomhus- och utomhusklimatet kan hämtas genom att importera en fil med klimatdata. Den kan vara från en ort eller från standarder, till

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

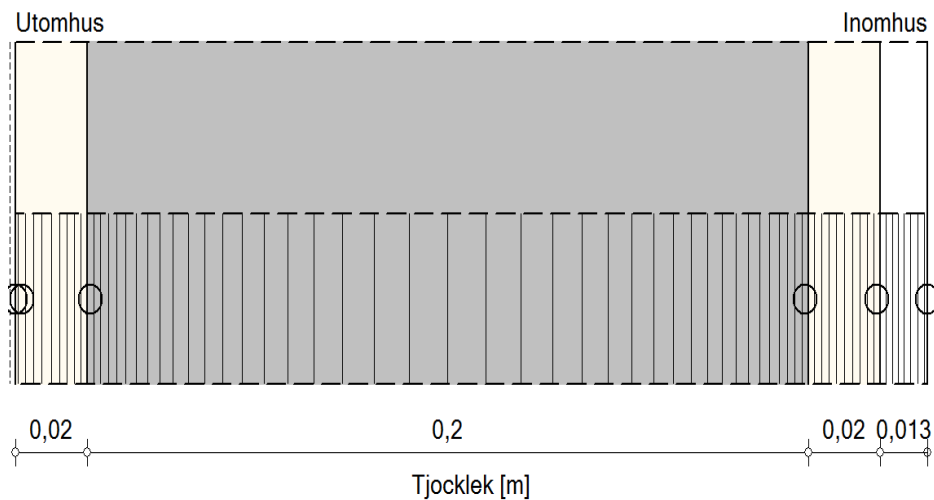
exempel Ashrae. Beräkningarna gjordes enligt Erbils klimatdata. Beräkningarna gjordes enligt Erbils klimatdata figur 2.3 och 2.4.

5.5 Ytterväggskontroll med WUFI-programmet

Det finns tre moment i denna kontroll, det första är befintlig yttervägg, det andra är befintlig vid ökning av materialets ångmotstånd som heter Sd-värde och det tredje är förslag på förbättring.

5.5.1 Befintlig yttervägg

Ytterväggen består av fyra skikt. Det innersta skiktet är gips, det andra är cementputs, och det tredje bärande skiktet är luftbetong och fjärde skiktet är cementputs. I ytterväggskonstruktionen placeras monitorer i de fem cirklade områdena i figur 5.3 för att se hur fukten vandrar i ytterväggen. Monitorerna placeras på var sida om varje skikt. Vartenda skikt i väggen har ett material som hämtats från materialdata i programmet. Varje material har en speciell färg, vilket illustreras i figur 5.3.

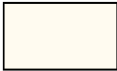

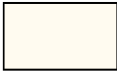



○ - Monitorpositioner

Figur 5.3 Befintlig yttervägg

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Materialsikt

	- *Cement Lime Plaster (stucco, A-Value: 1.0 kg/m ² h ^{0.5})	0,02 m
	- *Aerated Concrete (density: 600 kg/m ³) - old style	0,2 m
	- *Cement Lime Plaster (stucco, A-Value: 1.0 kg/m ² h ^{0.5})	0,02 m
	- *Gipsskiva invändig	0,013 m

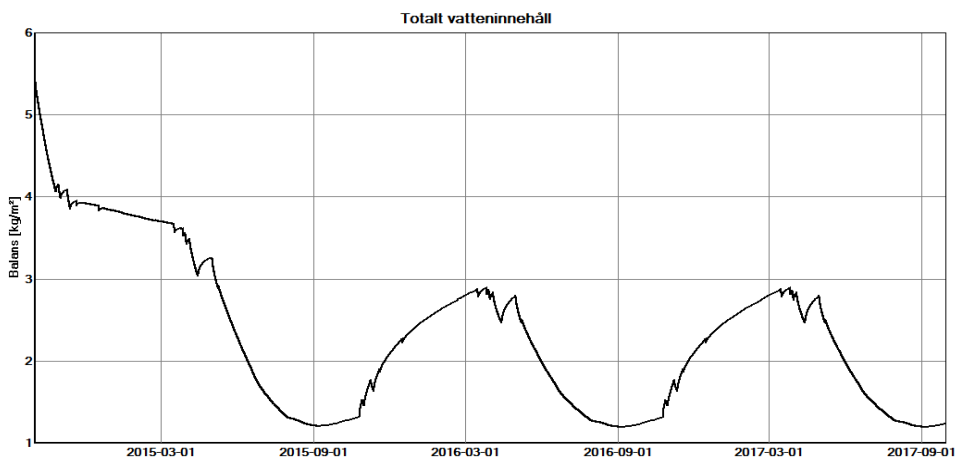
Ytövergångskoefficient

Yttre yta (vänster sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,0588	Yttervägg
inkluderas långvågigt strålningsbidrag [W/m ² K]	6,5	
Vindberoende	<input type="checkbox"/> ...	
Sd-värde [m]		
	3,4	Användardefinierat
Förklaring: Denna inställning påverkar inte regnabsorption		
Absorptionstal för kortvågig strålning [-]	0,20	Ljus
Emissionstal för långvågig strålning [-]	----	
Explicit strålningsbalans	<input type="checkbox"/> ...	Märk: Detta alternativ tar hänsyn till kylning p.g.a. långvågig strålning. Känsliga fall kan behöva noggrann data för motstrålning i filen för väderdata.
Terräng, kortvågig reflexionsförmåga [-]	0,60	Ljus byggnadsyta
Absorptionstal för regnvatten [-]	----	Ingen regnvattenabsorption
Inre yta (höger sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,125	(Yttervägg)
Sd-värde [m]	----	Ingen ytbehandling

Figur 5.4 Ytövergångskoefficienterna

Resultat i befintlig yttervägg

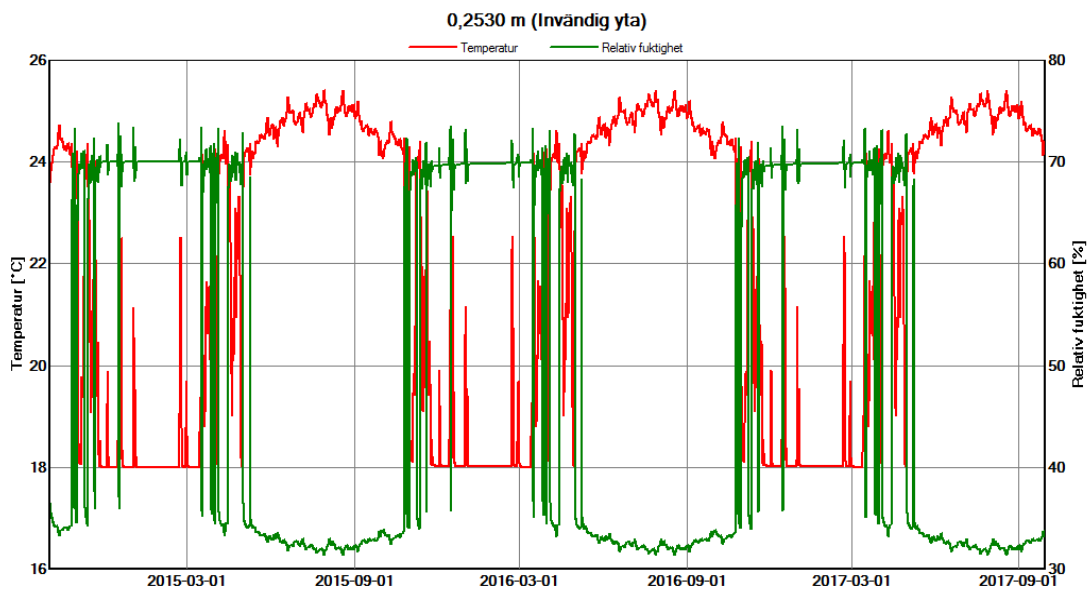
Vatteninnehåll: Uttorkning är synlig i figur 5.5. Vatteninnehållet är 5.4 [kg/m²] från början men det blir mindre med tiden. Vatteninnehållet ökar i väggen under höst och vinter, och minskar under vår och sommar, d.v.s. att vatteninnehållsvariationen är säsongsberoende. Beräkningarna är gjorda från insida till utsida av ytterväggskonstruktionen i figur 5.3.



Figur 5.5 Vatteninnehåll i befintlig yttervägg från insida till utsida

Temp/Fuktighet: Figur 5.6 visar sambandet mellan temperatur och den relativa fuktigheten. Den Röda kurvan är temperatur och den gröna är relativ fuktighet i figuren. Den relativa fuktigheten minskar vid ökning av temperaturen. Den når sin högsta nivå, 73 % under vintern.

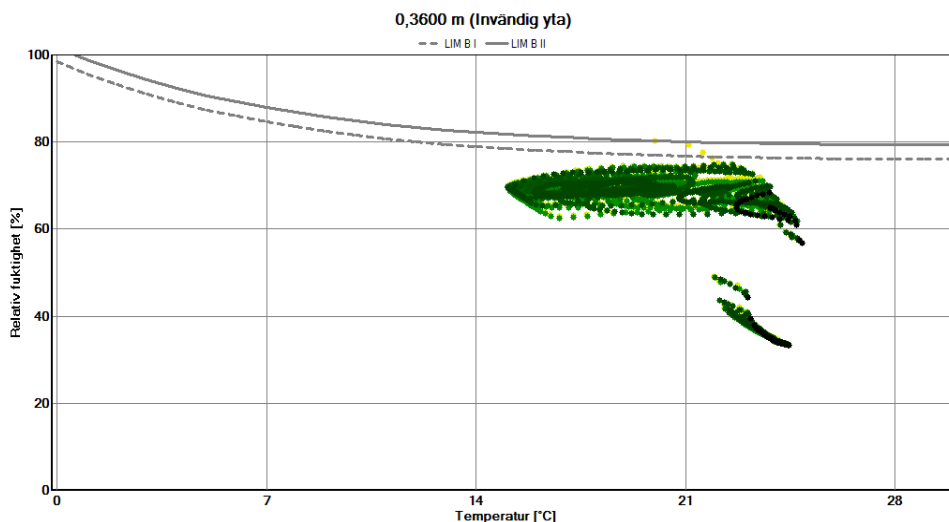
Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.6 Temperatur och relativ fuktighet i befintlig yttervägg

Risk för mögeltillväxt: Varje prick i figur 5.7 representerar temperatur och relativ fuktighet under en timme. Beräkningstiden är tre år, gula prickarna är resultatet för det första årets beräkningar, och gröna prickarna för det andra årets och de svarta prickarna för det tredje årets. Det finns inte risk för mögeltillväxt om prickarna hamnar under den linje som finns i figur 5.7. Men eftersom vissa av prickarna antingen är väldigt nära linjen eller så är de ovanpå linjen, och därför finns det risk för mögel i väggen. Ett högt värde av relativ fuktighet är inte skadligt för byggnadskomponenten om temperaturen är låg. Risken för mögeltillväxt i väggen tillkommer vid temperaturer över 15 [°C] och relativ fuktighet är över 70 % enligt figur 5.7.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.7 Risk för mögeltillväxt i befintlig yttervägg

5.5.2 Befintlig yttervägg vid ökning av Sd-värde

Det har lagts till en ångspärr som har Sd-värde på 1500 [m] i inre ytan av den befintliga ytterväggen, och en asfaltfilt som har Sd-värde på 300 [m] i yttre ytan av väggen. Syftet är att se vad som skulle hända om väggen blir tätare. Ju högre Sd-värde desto tätare blir väggen.

Ytövergångskoefficient

De värden som ändrats i figur 5.8 jämfört med figur 5.4 är Sd-värden i yttre ytan av ytterväggen från 3.4 [m] till 300 [m], och Sd-värde i inre ytan av ytterväggen från 0 [m] till 1500 [m].

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

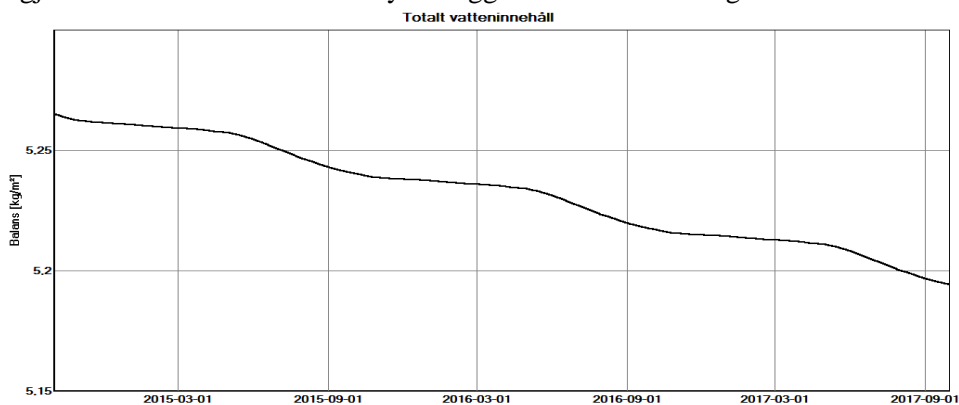
Yttre yta (vänster sida)		
Värmemotstånd [m^2K/W]	0,0588	Yttervägg
inkluderas långvägigt strålningsbidrag [W/m^2K]	6,5	
Vindberoende	<input type="checkbox"/>	...
Sd-värde [m]		
	300	Asfaltfilt med PVC
		Förklaring: Denna inställning påverkar inte regnabsorption
Absorptionstal för kortvägig strålning [-]		
	0,20	Ljus
Emissionstal för långvägig strålning [-]		

Explicit strålningsbalans		
	<input type="checkbox"/>	...
		Märk: Detta alternativ tar hänsyn till kylning p.g.a. långvägig strålning. Känsliga fall kan behöva noggrann data för motstrålning i filen för väderdata.
Terräng, kortvägig reflexionsförmåga [-]		
	0,60	Ljus byggnadsyta
Absorptionstal för regnvatten [-]		
	0,7	Beroende på komponentens lutning
Inre yta (höger sida)		
Värmemotstånd [m^2K/W]	0,125	(Yttervägg)
Sd-värde [m]		
	1500	Ångspärr

Figur 5.8 Sd-värdets ökning i ytövergångskoefficienterna

Resultat i befintlig yttervägg vid ökning av Sd-värde

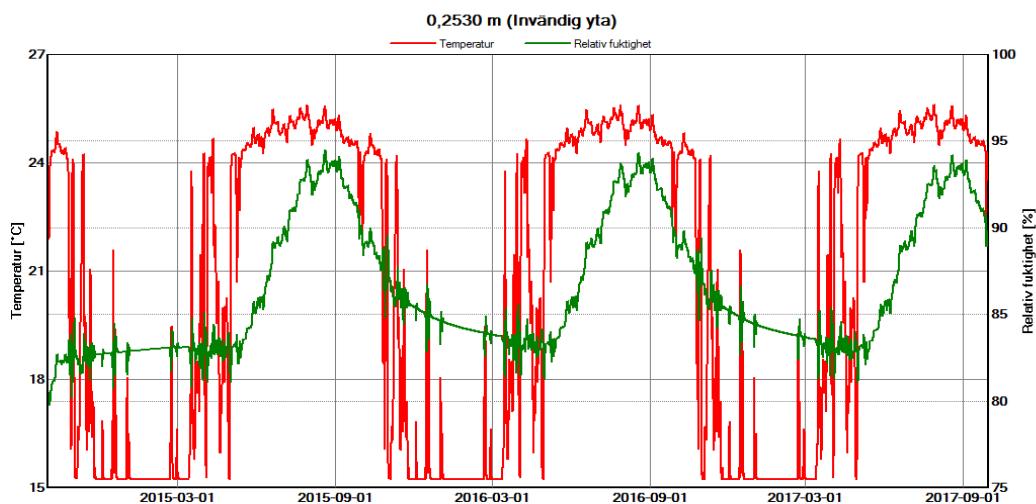
Vatteninnehåll: Vatteninnehållet i hela väggkonstruktionen minskar med tiden. Ju äldre konstruktionen blir desto mindre blir innehållet av vatten. Beräkningarna är gjorda från insida till utsida av ytterväggskonstruktionen i figur 5.3.



Figur 5.9 Vatteninnehåll i befintlig yttervägg vid ökning av Sd-värde

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

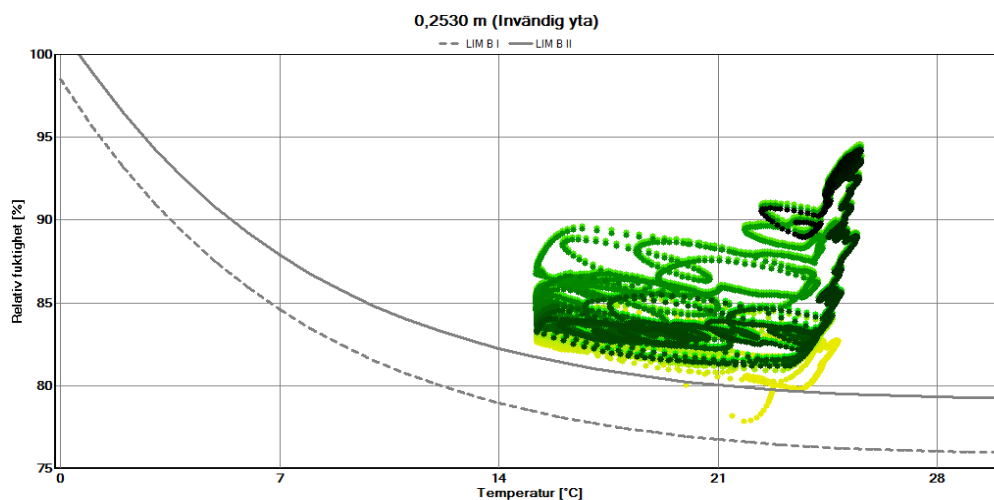
Temp/Fuktighet: Den relativa fuktigheten når sin högsta nivå 94 %, under hösten enligt figur 5.10. Den relativa fuktigheten börjar öka när temperaturen ökar.



Figur 5.10 Temperatur och relativ fuktighet i befintlig yttervägg med S_d -värdets ökning

Risk för mögeltillväxt: S_d -värdeökningen leder till mögelangrepp i yttervägg och detta syns i figur 5.11. Alla gröna, svarta och gula prickarna ligger ovanför linjerna och detta betyder att väggarna har stort mögel påverkat. Risken för mögeltillväxt i väggen tillkommer vid temperaturer över 15 [°C] och relativ fuktighet över 75 % enligt figur 5.11. Orsaken till mögeltillväxt är asfaltfilt i yttre ytan och ångspärr i inre ytan av ytterväggen. Det är anledningen till att man ska undvika att ha asfaltfilt och ångspärr i ytterväggen. Det ska inte finnas ångspärr i både sidorna för att väggen kunna torkas ut.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.11 Risk för mögeltillväxt i av Sd-värde befintlig yttervägg vid ökning

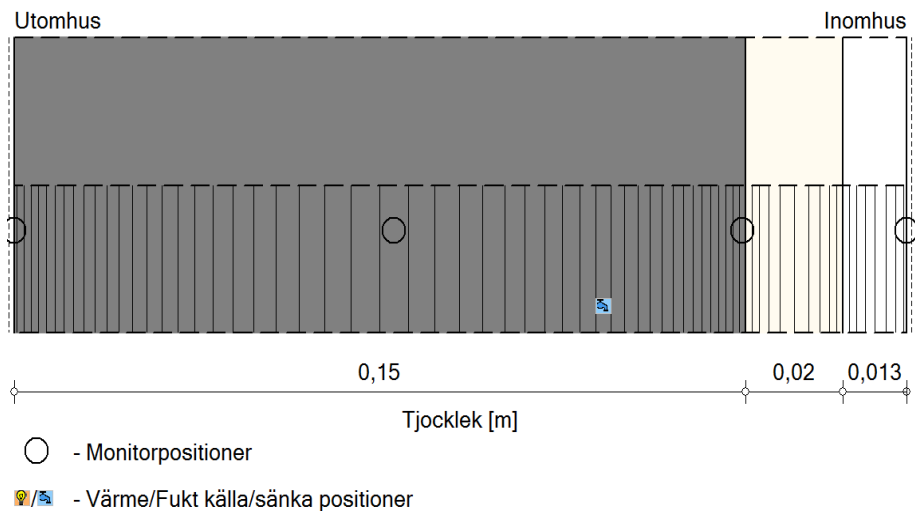
5.6 Takkontroll med WUFI-programmet

Det finns tre moment i den kontrollen, den första är befintligt tak, den andra är befintligt tak vid ökning av Sd-värde och den tredje är förslag på förbättrat tak.

5.6.1 Befintligt tak


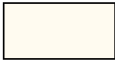
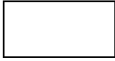
Taket består av tre skikt. Det innersta skiktet är gips, det andra är cementputs och det tredje bärande skiktet är gjuten betong. I takkonstruktionen placeras monitorer i de fyra cirklade områdena i figur 5.12 för att se hur fukten vandrar i taket.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.12 Befintligt tak

Materialskikt

	- *Concrete Screed, top layer	0,15 m
	- *Cement Lime Plaster (stucco, A-Value: 1.0 kg/m ² h ^{0.5}) (Kopiera)	0,02 m
	- *Gipsskiva invändig	0,013 m

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Ytövergångskoefficient

Projekt:/Fall: Tak utan isoleringsmaterial/#1

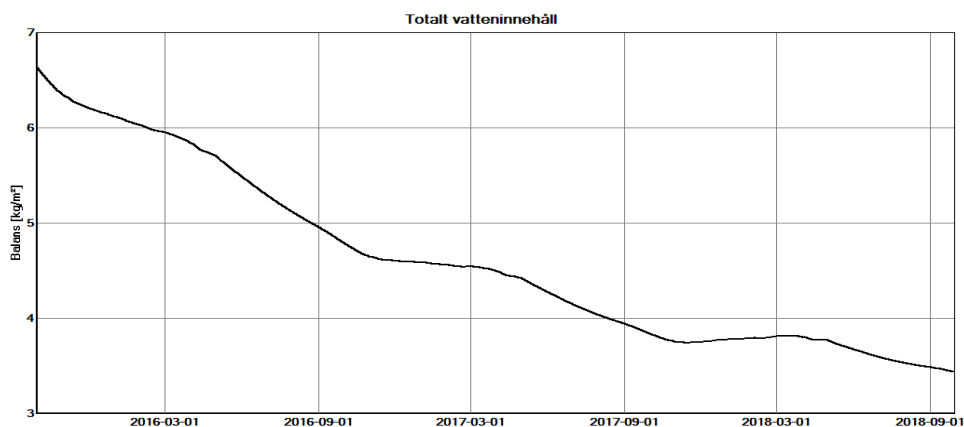
Yttre yta (vänster sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,0526	Tak
inkluderas långvägigt strålningsbidrag [W/m ² K]	6,5	
Vindberoende	<input type="checkbox"/>	...
Sd-värde [m]		
	3,4	Användardefinierat
Förklaring: Denna inställning påverkar inte regnabsorption		
Absorptionstal för kortvägig strålning [-]		
	0,8	Mörk
Emissionstal för långvägig strålning [-]		

Explicit strålningsbalans		
	<input type="checkbox"/>	... Märk: Detta alternativ tar hänsyn till kylning p.g.a. långvägig strålning. Känsliga fall kan behöva noggrann data för motstrålning i filen för vaderdata.
Terräng, kortvägig reflexionsförmåga [-]		
	0,22	Vittrad betong
Absorptionstal för regnvatten [-]		
	1,0	Beroende på komponentens lutning
Inre yta (höger sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,125	(Tak)
Sd-värde [m]		
	3,4	Användardefinierat

Figur 5.13 Ytövergångskoefficienterna

Resultat i befintligt tak

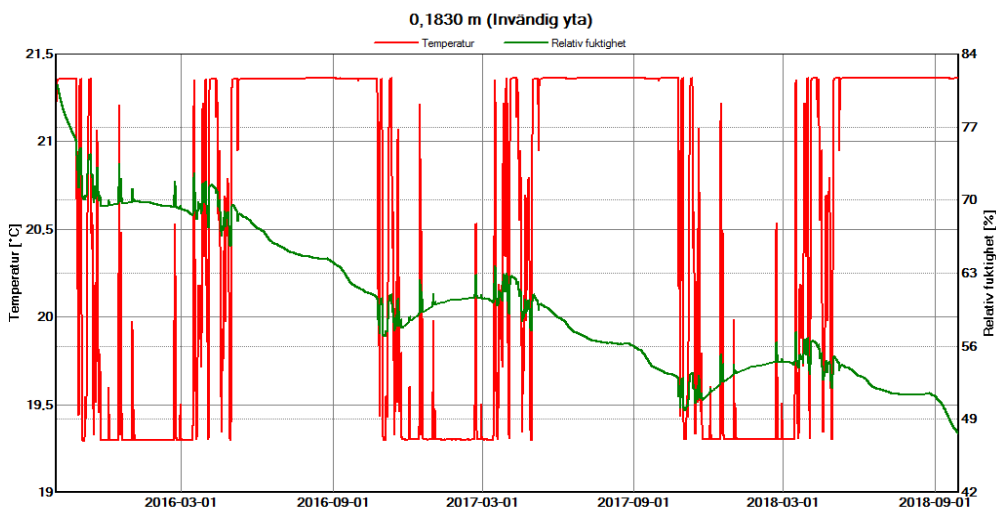
Vatteninnehåll: Vatteninnehållet är 6,6 [kg/m²] i taket från början och minskar sedan på grund av den uttorkning som sker i taket. Beräkningarna är gjorda från insida till utsida av takkonstruktionen i figur 5.12.



Figur 5.14 Vatteninnehåll i befintligt tak

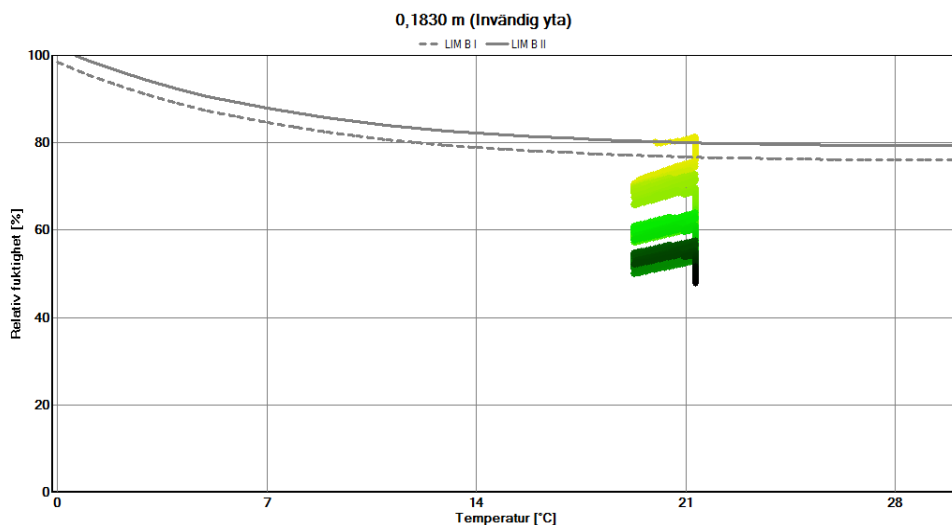
Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Temp/Fuktighet: Högsta värdet för relativ fuktighet är 80 % och lägsta värdet är 48 %. I figur 5.15 kan man se att den relativa fuktigheten är hög när temperaturen är låg.



Figur 5.15 Temperatur och relativ fuktighet i befintligt tak

Risk för mögeltillväxt: Det finns risk för mögeltillväxt eftersom många av prickarna ligger nära linjerna och vissa av de hamnar på linjerna. Risken för mögelangrepp börjar när temperaturen är över 18 [°C] och relativ fuktighet är över 75 %.



Figur 5.16 Risk för mögeltillväxt i befintligt tak

5.6.2 Befintligt tak vid ökning av Sd-värde

Det som har ändrat i figur 5.13 jämfört med figur 5.17 är: Sd-värde i yttre yta av taket från 3.4 [m] till 300 [m], och Sd-värde i inre yta av taket från 3.4 [m] till 100 [m].

Ytövergångskoefficient

rojekt:/Fall: Tak utan isoleringsmaterial/#1

Yttre yta (vänster sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,0526	Tak
inkluderas långvägigt strålningsbidrag [W/m ² K]	6,5	
Vindberoende	<input type="checkbox"/>	...
Sd-värde [m]		
	300	Asfaltfilt med PVC
Förklaring: Denna inställning påverkar inte regnabsorption		
Absorptionstal för kortvägig strålning [-]	0,8	Mörk
Emissionstal för långvägig strålning [-]	----	
Explicit strålningsbalans	<input type="checkbox"/>	...
Märk: Detta alternativ tar hänsyn till kylning p.g.a. långvägig strålning. Känsliga fall kan behöva noggrann data för motstrålning i filen för väderdata.		
Terräng, kortvägig reflexionsförmåga [-]	0,22	Vittrad betong
Absorptionstal för regnvatten [-]	1,0	Beroende på komponentens lutning
Inre yta (höger sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,125	(Tak)
Sd-värde [m]		
	100	Ångbroms (sd=100m)

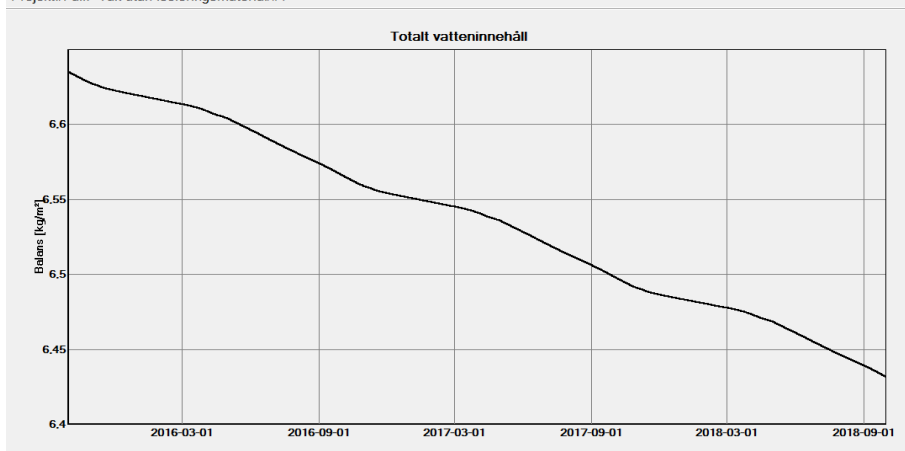
Figur 5.17 Ytövergångskoefficient i befintligt tak vid ökning av Sd-värde

Resultat i befintligt tak vid ökning av Sd-värde

Vatteninnehåll: Vatteninnehållet är 6.63 [kg/m²] från början, vatteninnehåll blir minde i taket på grund av den uttorkning som sker i taket. Man kan se det i figur 5.18.

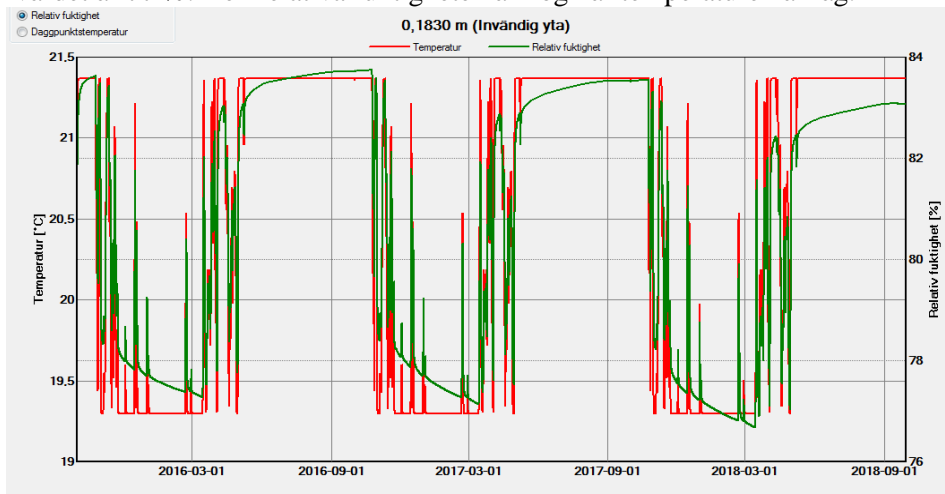
Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Projekt:/Fall: Tak utan isoleringsmaterial/#1



Figur 5.18 Vatteninnehåll i befintligt tak vid ökning av Sd-värde

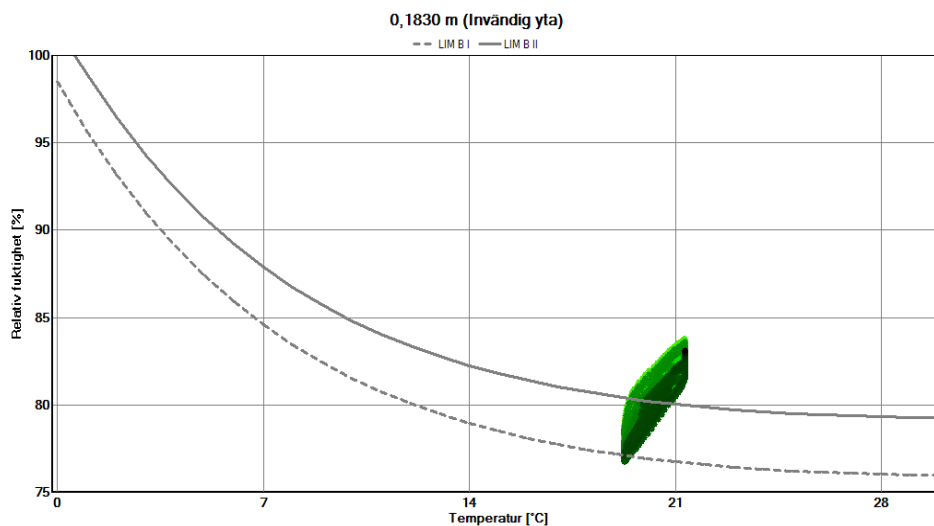
Temp/Fuktighet: Det högsta värdet för den relativa fuktigheten är 83 % och det lägsta värdet är 77 %. Den relativa fuktigheten är hög när temperaturen är låg.



Figur 5.19 Temperatur och relativ fuktighet i befintligt tak vid ökning av Sd-värde

Risk för mögeltillväxt: Det finns stor risk för mögeltillväxt eftersom nästan alla prickarna ligger ovan på linjerna och vissa av de hamnar på linjerna. Risken för mögelangrepp börjar när temperaturen är över 18 [°C] och relativ fuktighet är över 75 %.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 5.20 Risk för mögeltillväxt i befintligt tak vid ökning av Sd-värde, Det är asfaltfilt i yttre ytan och plastfolie i inre ytan

Beräkning av föreslagen förbättring redovisas i kapitel 6.

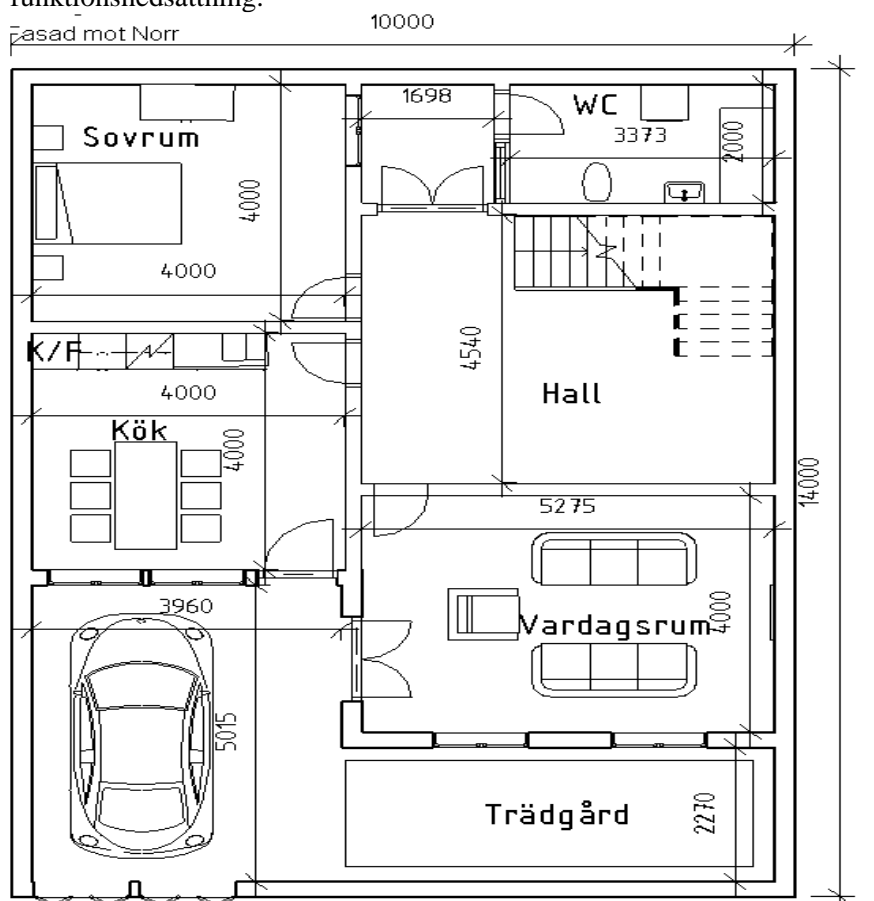
**Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på
förbättringar**

6 Förslag på förbättringar i Kurdistan

Litteraturer som tagits hjälp av är [1], [2], [3], [4] och [6] för att kunna ge förslag på förbättringar.

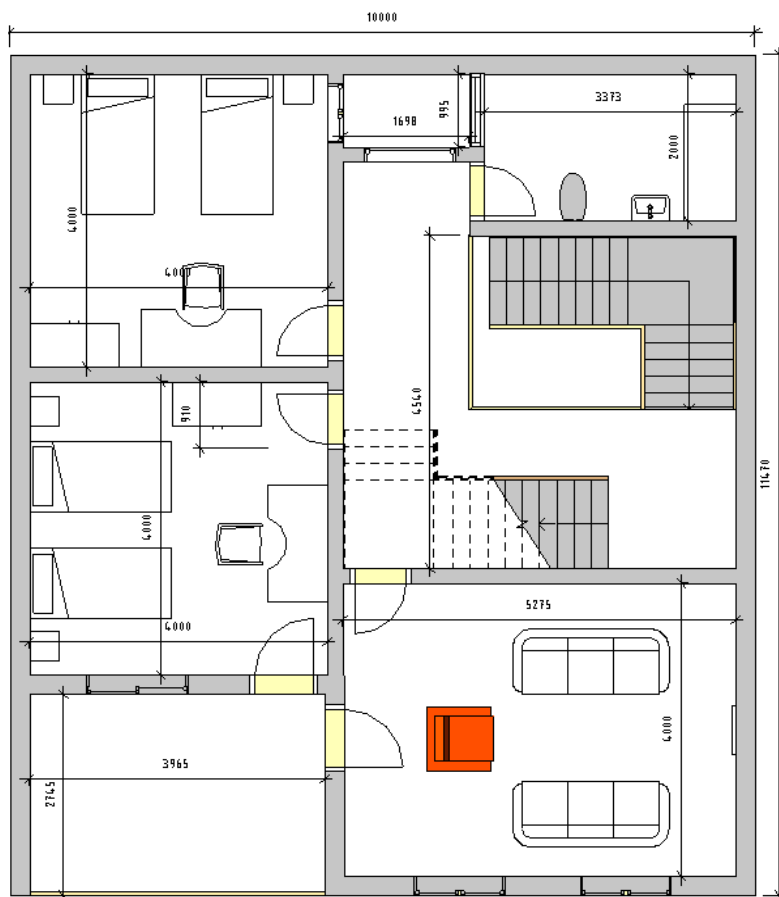
6.1 Förslag på planritning

Nedanstående planer är förslag på förbättringar som har gjorts för planritningarna i figurerna 6.1, 6.2, 6.3 och 6.4. Toalett och badrum har slagits ihop och flyttat dörren från hallen för att lukten inte ska komma in i huset. Dörren i hallen gjordes bredare för att solljus ska komma in. Dörren i vardagsrummet ändrades till en glasdörr för att solen ska komma in. I andra våningen gjordes en dörr i vardagsrummet mot balkongen. En vind som har fönster på två sidor gjordes för att vädra och solljus ska komma in i huset. Badrum och toaletterna gjort anpassande till personer med funktionsnedsättning.



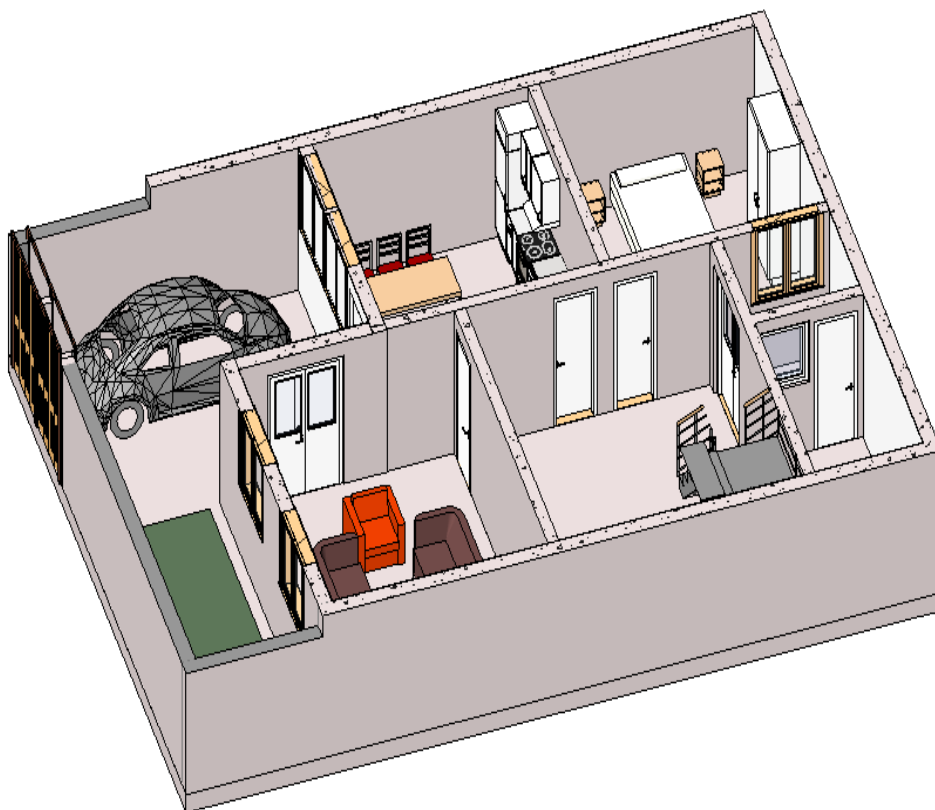
Figur 6.1 Plan 1 förslag på förbättrad bostad

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



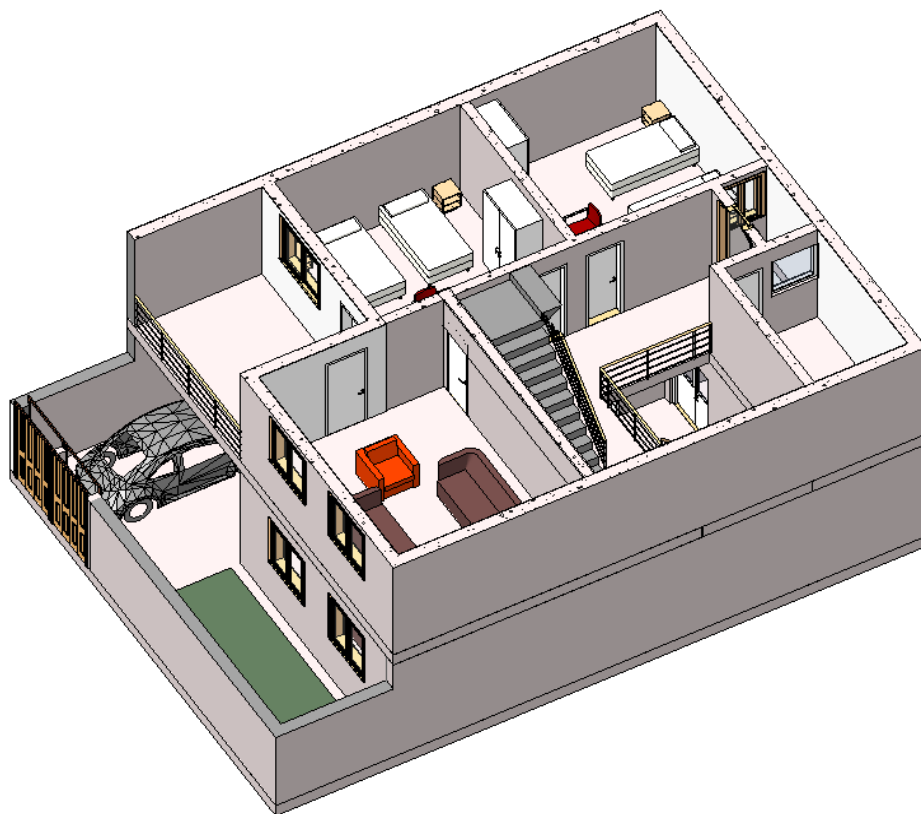
Figur 6.2 Plan 2 förslag på förbättrad bostad

**Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på
förbättringar**



Figur 6.3 3D vy för plan 1

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 6.4 3D vy för plan 2

6.2 Förslag på byggnadsmaterial under byggnationen

Byggnaden och byggnadsmaterial ska ha väderskydd under byggnationen. Läckage som bildas vid anslutning till fönster och dörrar ska åtgärdas. En byggnadsdel ska ha torkat färdigt innan man börjar med nästa del, till exempel ska väggar ha torkat färdigt innan man börjar med bjälklag. Man ska ha information om riktvärde för materialets byggfukthalt [kg/m^3] i den slutliga inomhuskonstruktionen.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Tabell 6.1 Riktvärde för materialets byggfukthalt [3]

Material	Byggfukthalt [kg/ m ³]
Betong	0–100
Lättbetong	100–200
Kalkbruk	300
Kalkcementbruk	250
Tegel	0
Tegelmurverk	70
Trä	40

Byggnadsdelar får bättre hållfasthet och mindre sprickrisk om murning och betonggjutning sker under goda klimatförhållanden. Gjutning och murning ska undvikas när temperaturen avviker för mycket från normala förhållanden, till exempel vid stark sommarvärme eller kyla och regn.

6.3 Förslag på grundkonstruktion

Marken ska grävas minst 30 centimeter under alla ytterväggar och innerväggar enligt planritningen med hänsyn till jordart och fuktmängden i marken. Man ska schakta från 0.5–1 meter utanför ytterkanten på grunden. Ett dräneringsskikt som består av minst 150 mm makadam ska läggas under och utanför grunden för att leda bort fukt och vatten. Dräneringsskiktet ska kopplas med en dräneringsledning som ska ligga lägre än grundens lägsta punkt för att leda bort vatten till kommunens dagvattenledning. Väl utförd och rätt placerad dränering kan skydda grunden från markfukt och risken för sättning minskar [4]. Platta på mark är en typ av grundkonstruktion som kan bestå av golvbeläggning, betongplatta, värmeisolering och kapillärbrytande skikt, och som passar för kurdiska förhållanden. Det är mycket viktigt att utforma konstruktionen under mark välfungerande eftersom den relativa fuktigheten i marken är 100 % och fuktförhållandena alltså svårare än ovan mark.

6.4 Förslag på ytterväggar

Ytterväggar ska bestå av fem skikt. Det yttersta består av 20 [mm] cementputs, den andra består av isoleringsmaterial som är cellplast som ska variera mellan 80–100 [mm], det tredje är betong som är det bärande skiktet och ska ha tjockleken 100–150 [mm], det fjärde är 80–100 [mm] cellplast, och det femte är 20 [mm] cementputs. Ofta läggs isoleringsmaterial som yttersta skikt för dekorerings och detta skikt förhindrar

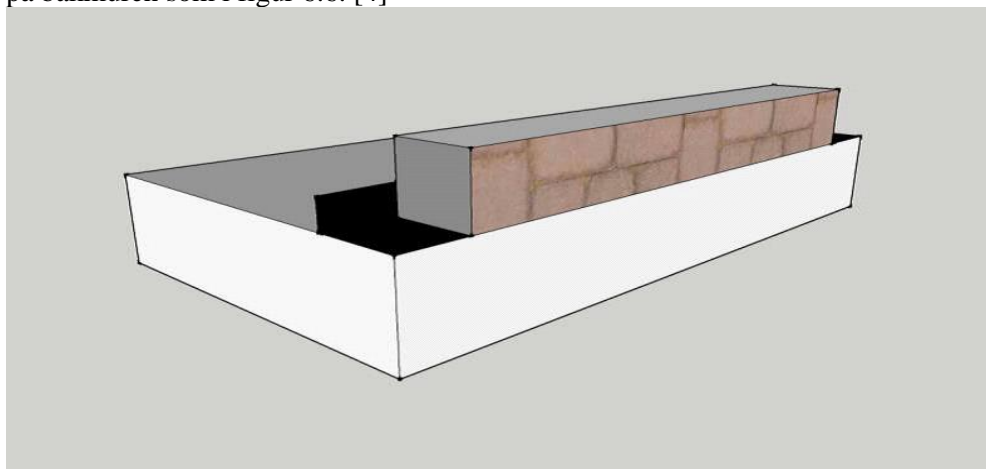
Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

regnvatten att tränga in i ytterväggarna. Isoleringsmaterialet är en typ av cellplast som limmas på ytterväggarna och det tar cirka sex månader tills det härdas eftersom det är ett mjukt material från början. Även om lite vatten tränger in i väggen så inte påverkas isoleringen, enligt tidigare föreläsning av Lars Sentler, professor vid Lunds tekniska högskola. Det yttersta skiktet på byggnaden i figur 6.5 består av cellplast som är täckt med ett fog material. Detta är en bra lösning men cellplasten borde också täckas med cementputs för att minska brandrisken. Enligt IBE.22 i AMA hus 11 ska isolering monteras med anliggning mot betongväggen, och vara heltäckande [21].



Figur 6.5 Ytterväggar som har isoleringsmaterial

Kapillärbrytande skikt av asfaltpapp ska placeras under förmurens botten för att förhindra uppsugning av fukt från grund och mark. Denna papp ska böjas upp eller in på bakkuren som i figur 6.6. [4]



Figur 6.6 En asfaltpapp mellan platta på mark och vägg

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

Fönstren ska placeras i den inre varma delen av väggen i ytterväggar som har olika skikt. Grannar behöver komma överens om att bygga ytterväggar tätt genom att betala utgifter tillsammans. Täta ytterväggar gör att regnvatten inte kan tränga in mellan två hus som byggdes vägg i vägg som radhus. Ägarna till husen i figur 6.7 har tillsammans betalat för att få ytterväggarna tätt.



Figur 6.7 Täta skikt finns mellan den väggen med ett fönster och den väggen med mönster.

6.5 Förslag på tak

Tak ska bestå av fem skikt. Det innersta skiktet är 20 [mm] cementputs, det andra är 80–100 [mm] cellplast, det tredje är 100 [mm] gjuten betong som är det bärande skiktet, det fjärde är 80–100 [mm] cellplast och den femte är 20 [mm] cementputs. Taket måste ha lutning för att leda regnvatten till de ledningar som är kopplade till det kommunala dagvattensystemet. Takvatten ska ledas ut minst 2 [m] från byggnaden om det inte leds till dagvattensystemet. Marken ska lutas ut från husgrunden för att regnvatten inte ska rinna ner i grunden. [4]

6.6 Förslag på badrum

Montering av golvbrunn ska göras noggrant så att golvets lutning mot brunnen inte medför att vatten samlas på golvet. Ytor ska vara vatten- och mögelavvisande. Anslutningar mellan vägg och fönster ska vara täta. Inga substanser såsom trä, spån- eller gipsskivor som kan utgöra näring åt mikroorganismer ska användas. Hybrid

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

ventilation ska finnas i form av en fläkt som placerar i frånluftsdonen för att torka upp och säkerställa att den relativa fuktigheten inte blir för hög.

6.7 Förslag på byggnaden för att minska kondens

Köks och badrumsdörrar ska vara stängda vid matlagning och dusch för att förhindra ångan att gå in i kallare rum. En fläkt kan placeras i kök och badrum för att ångan ska lämna huset. Fläkten ska vara i gång vid matlagning och dusch. Alla inomhus ytor bör torkas med hjälp av en fläkt när fukten lägger sig efter våttorkning för att förhindra att mögel bildas.

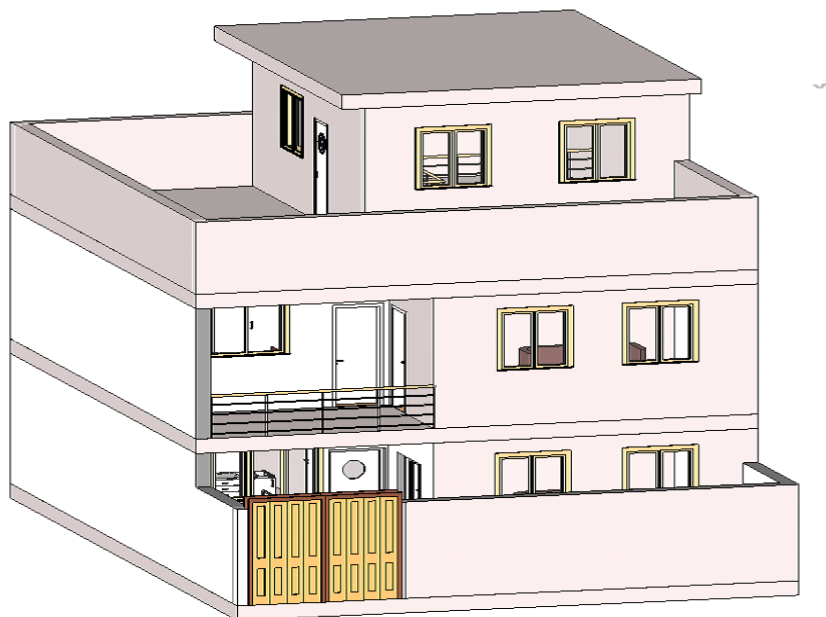
6.8 Förslag på hur utforma utifrån solinstrålning

Byggnader glasas upp mot söder för att ta upp solinstrålningen d.v.s. man ska värma hus genom att använda gratisvärmnen från solen på vintern. Huset ska utformas på ett sätt så att det kan tillgodogöra sig så mycket av solinstrålningen som möjligt vilket leder till minskning av uppvärmningsbehov. Man kan fånga upp solens värme i husen genom att placera fönster och glasverandor i sydost eller sydväst. För att inomhusklimatet inte ska bli för varmt under sommaren måste man kunna reglera solinfallet. Solinstrålningen genom fönster orsakar överskottsvärme under sommaren som leder till förstärkta emissioner från byggnadens material och inredning och försämrad termisk komfort. Man ska ta hänsyn till husets värmebehov och månadernas olika sol vinklar när man utformar fönster och takutsprång. [1] Boende tänkte inte mycket på solinstrålningen för tio år sedan och solljus kommer inte in i många bostäder vilket gör att det blir mörkt under vintern. Det finns lite bättre lösning när det gäller solinstrålningen just nu i Kurdistan och de har börjat göra ett hål i mitten av taket för att dagsljus ska komma in i bostäder. Hålet är ett glasfönster på taket och diametern på den varierar från 1.5 till 2 [m]. Följande punkter bör utarbeta för att utnyttja solenergi och få ett bra inomhusklimat:

- Huset ska utformas på så sätt att ta in så mycket som möjligt solenergi för uppvärmning under den kalla perioden (november-april).
- Huset ska ha solavskärmning för att skugga fönster så att solstrålningen inte tränger in under den varma perioden (maj-oktober). Utvändig fast eller rörlig solavskärmning är det allra bästa skyddet mot solinstrålning. Det finns två former av fasta solavskärmningar antingen takutsprång eller lameller. Fast utvändig solavskärmning kan ta hand om solen och fungerar jättebra under sommaren eftersom solen står högt på himlen men den kan inte skugga fönstret under vintern på grund av att solen står lågt. Rörlig utvändig solavskärmning kan vara markiser, jalousier eller persiennor som har mer flexibla lösningar eftersom fönstret kan skuggas när som helst även när solen står lågt på himlen under vintern. Man kan skugga fönstret också genom att plantera lövträd som faller sina blad på vintern.

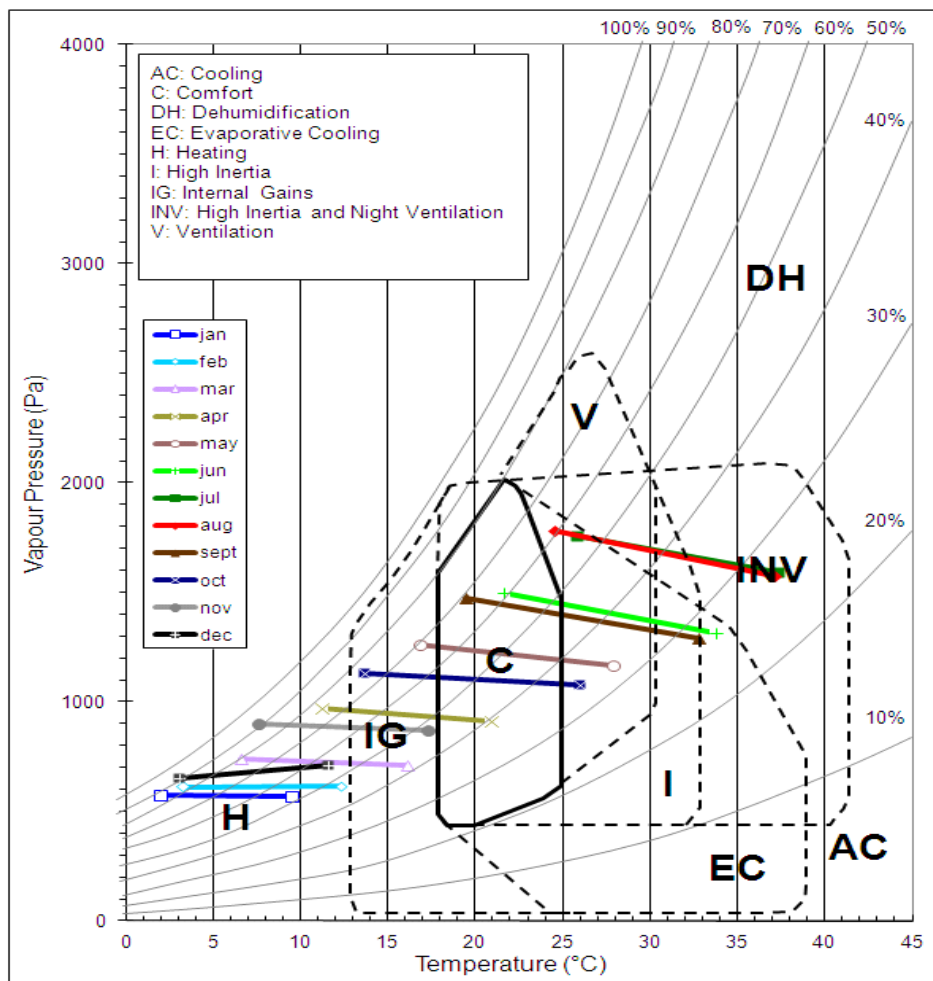
Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

- Alla fönster som finns på fasaden bör placeras i liv på insida av vägg. Fönster är mycket viktigt del av en byggnad som kan släppa in dagsljus och solvärme. Huset ska ha två eller tre glas fönster med ett högt värmemotstånd samtidigt som karm och båge ska vara väl tätad för att hindra köldbryggor.



Figur 6.8 Ett förbättrat hus

6.9 Förslag på klimatanpassat byggande i Erbil



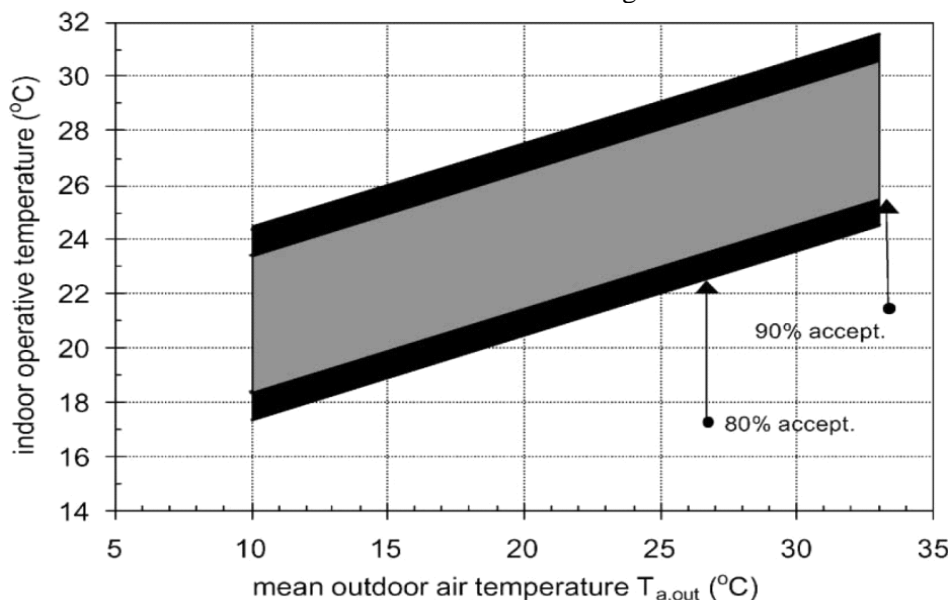
Figur 6.9 Erbils klimat i Givoni diagram

6.9.1 Klimatanalys enligt Givoni diagrammet i figur 6.9

Klimatet mellan 18–25 [°C] är komfort. Uppvärmning behövs från november till mars enligt de färgade linjerna som finns i figuren. Bostaden behöver inte uppvärmas i april till oktober eftersom gratisvärme räcker för att få bekvämlighet inomhus enligt olivgrön och marinblå linjen som specialiserat för oktober och april i figuren. Under juni och september kan man nå upp till komfort genom att byggnaden har en värmetrög stomme enligt den limegröna och bruna färgade linjerna. Man kan få en komfortabel inomhusmiljö med hjälp av kombination av nattventilering och tung stomme under juli och augusti enligt den röda och gröna färgade linjerna i figuren. ASHRAEs ”adaptive

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

comfort standard” kan utnyttjas för att bestämma komfortzonen för alla säsonger för naturligt ventilerade byggnader enligt figur 6.10. Medeltemperatur utomhus för kallaste och varmaste månaden är komfortzonen enligt Ashrae.

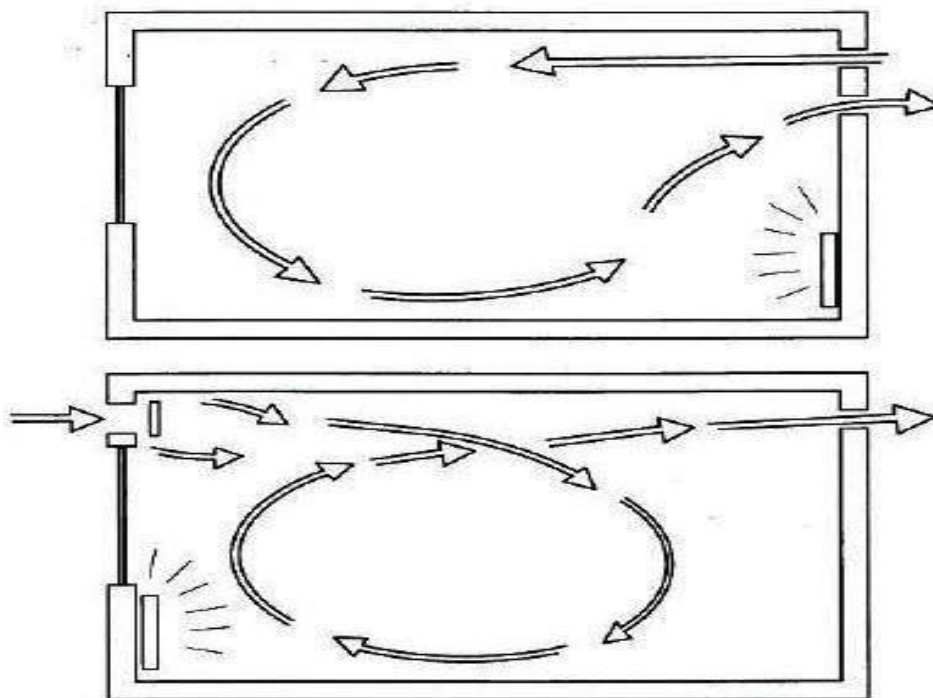


Figur 6.10 Komfortzon inomhus enligt ASHRAE Standard 55, som gäller för naturligt ventilerade byggnader [14]

Enligt figur 2.2 är medeltemperaturen för den kallaste och varmaste månaden 7 respektive 31 [°C]. Komfortzonen är 17–24.5 [°C] för januari månad och det är 23.5–31.5 [°C] för juli månad enligt figur 6.10.

De boende bör undvika fossila bränslen och lära sig att utnyttja vattenburna system med radiatorer som uppvärmningsalternativ. Detta är det vanligaste systemet idag i Sverige och många andra länder i världen. Systemet är skonsamt mot miljön och det leder till ett behagligt inomhusklimat. Uppvärmningen med radiatorer skapar en uppåtgående luftström eftersom varm luft är lättare än kall luft. Det brukar bli kallras vid fönster då kall luft sjunker och en radiator under fönstret hindrar kallraset. En sådan lösning ger en god luftomblandning i rummet.

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar



Figur 6.11 Ventilation och uppvärmning [1]

6.10 Förslag på ventilationssystem

Byggnadsnämnden skall ställa krav på ventilationssystem i alla bostäder, vilket de gör inte idag. Två typer av system föreslås. Ett bra alternativ är ventilationssystem med effektiv filterklass som ska ge frisk luft och ett bra inneklimat. Ett annat bra alternativ är hybridventilation som är den mest effektiva och det som passar för det huset som har granskat i min studie. Det är lätt att montera en fläkt i efterhand i hus med självdrag. Med hybridventilation är det också lätt att styra och upprätthålla behövliga luftflöde vid matlagning/dusch. Man får undersöka filtrens förmåga att filtrera bort de partiklar som förekommer vid vad av lufttillförsel.

6.10.1 Filter i ventilationssystemet

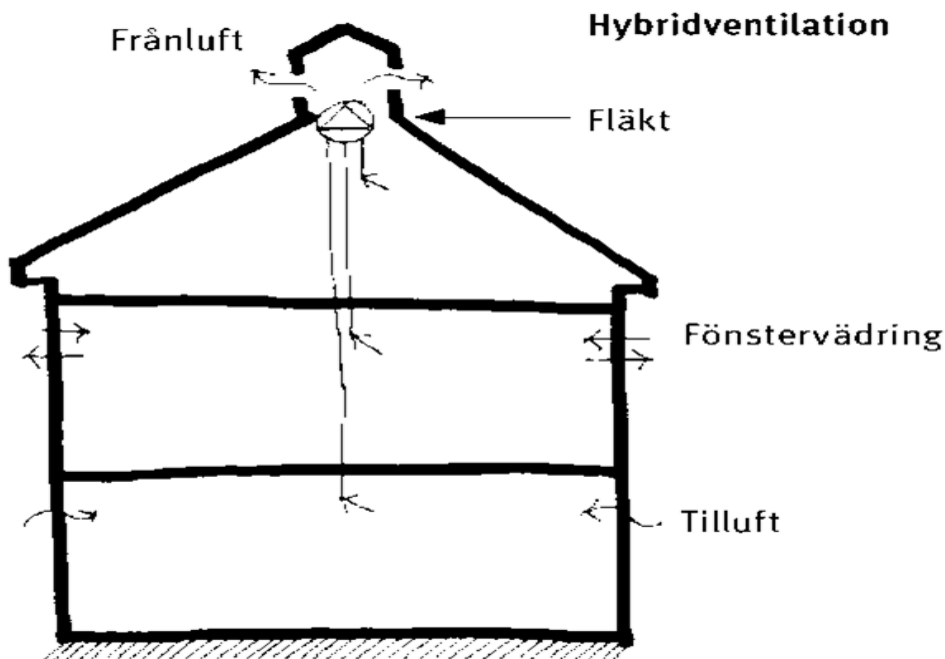
Med filter menas systemets luftrenare. Filtrets funktion är att sälla bort partiklar, sand och andra föroreningar. Luften ska komma in via mekanisk tilluft via centralt ventilationsaggregat när sandpartiklarna faller ner under hösten. Tilluften ska filtreras för att uppnå bra luftkvalitet i rummet samtidigt kan nedsmutsning undvikas eller korrosion på kanaler med hjälp av filtrering. Man bör byta eller rengöra filter några

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

gångar varje år i Kurdistan eftersom det finns mycket sand, damm och smuts i utomhusluften. Frånluftsdon placeras i kök och badrum.

6.10.2 Hybridventilation

Det är en kombination av olika ventilationsprinciper och skapa en unik kombination. Man kan utnyttja det bästa av både det mekaniska systemet och självdragsventilationen genom att kombinera de båda systemen. Fläktar ska användas för att ventilera när de termiska stigkrafterna minskar på sommaren och den underlättar lufttransporten. Frånluftsfläktarna stängs av när utetemperaturen sjunker under vintern och ventilationssystemet fungerar då bara med självdrag. [16] En frånluftsfläkt skapar ett undertryck i byggnaden genom att dra in tilluften från de öppningar som finns i byggnadernas klimatskal vilket förhindrar att inomhusluftens fukt kondenserar i ytterväggarna i huset. Uteluften ska tillföras med en form av uteluftsventiler som ska placeras i vardagsrum och sovrum ytterväggar. Ett reglerbart fläktsystem är bäst eftersom man kan höja effekten när det samlas mycket rök och förorenad luft i huset. I figur 6.12 kan man se hur en hybridventilation fungerar.

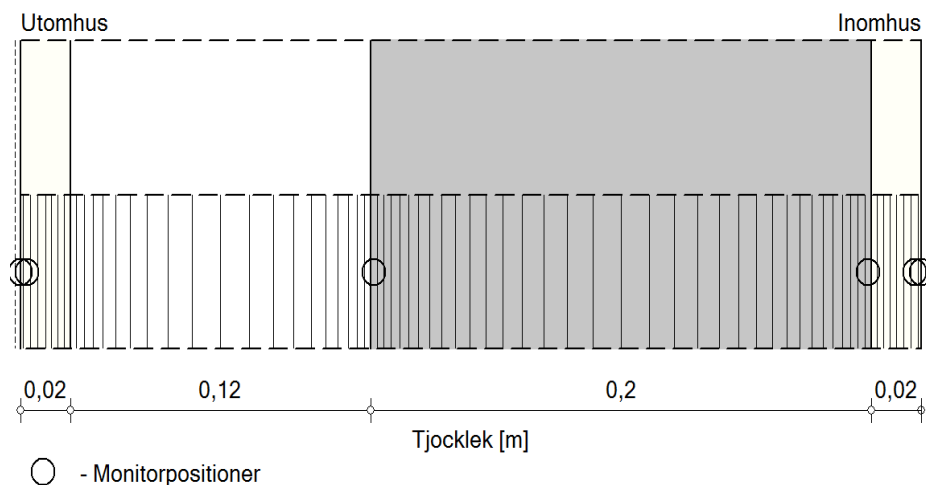


Figur 6.12 hybridventilation [16]

6.11 Förslag utifrån resultat med WUFI-program





6.11.1 Ytterväggs kontroll

Gipsskivaskiktet på insidan av ytterväggarna togs bort för att minska risken för mögelangrepp i väggarna. Isoleringsmaterial av cellplast har lagets till och den ska placeras på utsidan av ytterväggarna för att förhindra att regnvatten tränger in i ytterväggarna.



Figur 6.13 Förbättrad yttervägg

Materialskikt

	- *Cement Lime Plaster (stucco, A-Value: 1.0 kg/m ² h ^{0.5})	0,02 m
	- Cellplast extruderad	0,12 m
	- *Aerated Concrete (density: 600 kg/m ³) - old style	0,2 m
	- *Cement Lime Plaster (stucco, A-Value: 1.0 kg/m ² h ^{0.5})	0,02 m

Sd-värde utvändigt [m]: 3,4

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

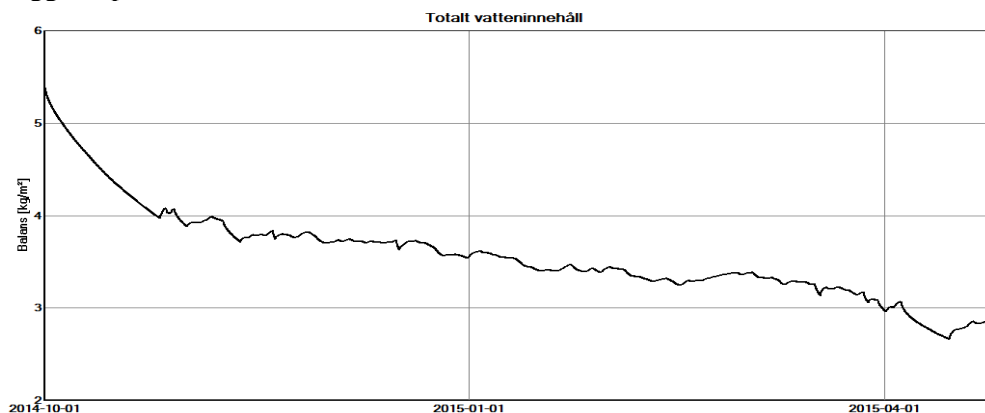
Ytövergångskoefficient

Yttre yta (vänster sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,0588	Yttervägg
inkluderas långvågigt strålningsbidrag [W/m ² K]	6,5	
Vindberoende	<input type="checkbox"/>	...
Sd-värde [m]		
	3,4	Användardefinierat
Förklaring: Denna inställning påverkar inte regnabsorption		
Absorptionstal för kortvågig strålning [-]	0,20	Ljus
Emissionstal för långvågig strålning [-]	---	
Explicit strålningsbalans	<input type="checkbox"/>	... Märk: Detta alternativ tar hänsyn till kylning p.g.a. långvågig strålning. Känsliga fall kan behöva noggrann data för motstrålning i filen för väderdata.
Terräng, kortvågig reflexionsförmåga [-]	0,60	Ljus byggnadsyta
Absorptionstal för regnvatten [-]	---	Ingen regnvattenabsorption
Inre yta (höger sida)		
Värmemotstånd [m ² K/W]	0,125	(Yttervägg)
Sd-värde [m]		
	---	Ingen ytbehandling

Figur 6.14 Ytövergångskoefficienterna

Resultat för förslaget på ytterväggen

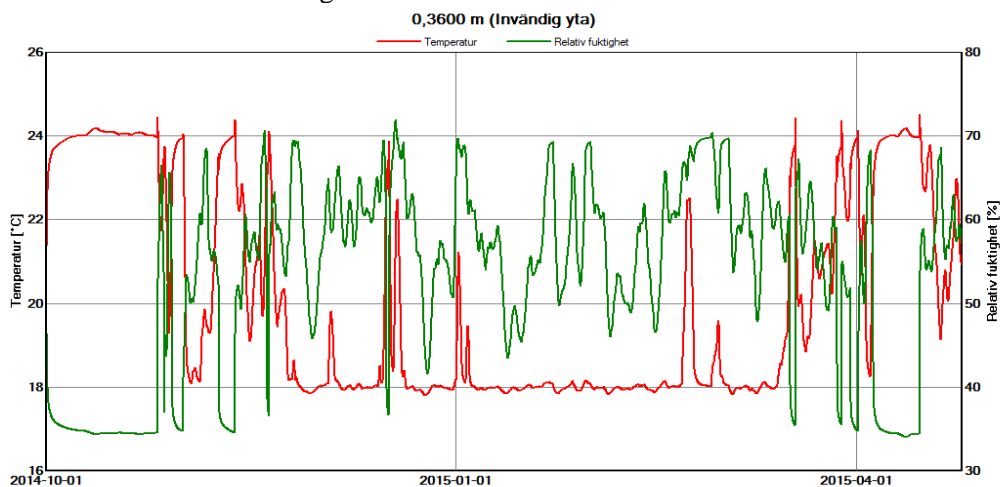
Vatteninnehåll: Vatteninnehållet är 5.3 [kg/m²] från början och det är 2.7 [kg/m²] i slutet av mätperioden enligt figur 6.15. Vatteninnehållet i väggen har minskat gradvis under hela året på grund av att isoleringsmaterialet hindrar vattnet från att tränga in i väggkomponenten.



Figur 6.15 Vatteninnehåll i ytterväggen

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

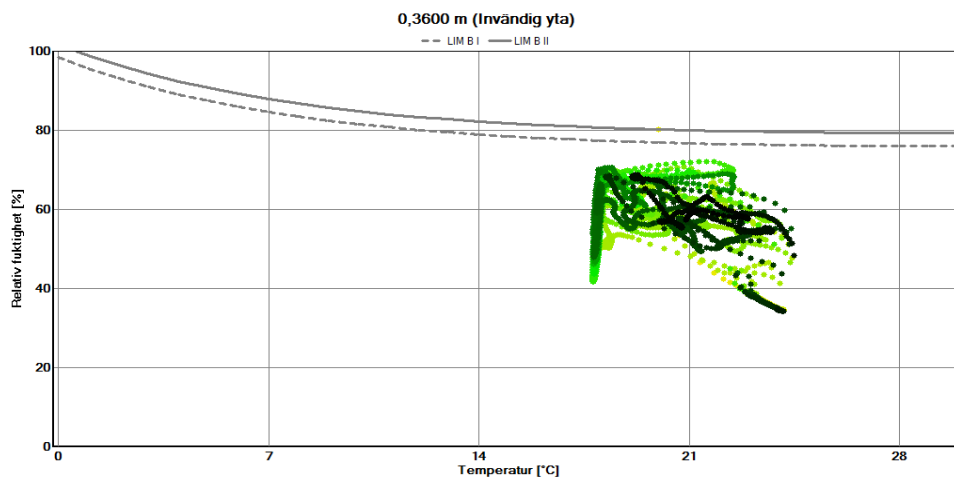
Temp/Fuktighet: Den relativa fuktigheten blir mindre under sommaren på grund av temperaturhöjningen. Det högsta värdet för relativ fuktighet blir cirka 70 % under vintern. Man kan se det i figur 6.16.



Figur 6.16 Temperatur och relativ fuktighet i yttervägg

Risk för mögeltillväxt

Det finns mindre risk för mögeltillväxt eftersom ingen av prickarna hamnar på linjerna i figur 6.17 och avståndet mellan prickarna och linjerna i figur 6.17 är längre än i figur 5.7.



Figur 6.17 Risk för mögeltillväxt i förbättrad yttervägg

6.12 Energiförbrukning i förbättrat hus

Detta är ett hus som ska ha isoleringsmaterial i grund, ytterväggar och tak. Och antal luftomsättning ska vara 0.5 oms/timme.

Tabell 6.2 Beräkning av det totala värmemotståndet för grunden

Materialsikt	0–1 m från yttervägg			1–6 m från yttervägg		
	d [m]	λ [W/mk]	R [m ² K/W]	d [m]	λ [W/mk]	R [m ² K/W]
Rsi			0.17			0.17
Betong	0.10	1.7	0.06	0.15	1.7	0.06
Cellplast	0.10	0.039	2.56			2.56
Makadam			0.20			0.20
Lera, sand, grus			1.0			3.4
Rse			0.04			0.04
ΣR			4.03			6.43

U-värdet för den inre och yttre randzonen blir 0.16 W/m²K respektive 0.25 W/m²K.

Medel-U-värdet fås genom att vikta randzonernas areor:

$$U\text{-medel} = \frac{57.04 \times 0.16 + 34.26 \times 0.25}{91.3} = 0.19 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Tabell 6.3 Beräkning av det totala värmemotståndet för ytterväggar

Materialsikt	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/ W]
Rsi			0.13
Betong	0.10	1.7	0.0582
Mineralull	0.10	0.04	2.5
Betong	0.10	1.7	0.0582
Rse			0.04
ΣR			2.78

U-värdet för ytterväggar = 0.35 [W/m²K]

Tabell 6.4 Beräkning av det totala värmemotståndet för taket

Materialsikt	d [m]	λ [W/mK]	R [m ² K/ W]
Rsi			0.10
Cellplast	0.07	0.039	1.79
Gipsskiva	0.013	0.22	0.06
Betong	0.10	1.7	0.0588
Rse			0.04
ΣR			1.96

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

U-värdet för taket = 0.51 [W/m²K]

Tabell 6.5 Värmemotståndet före och efter förbättringen

Byggdelen	U-värde [W/m ² K] i befintligt hus	U-värde [W/m ² K] i förbättrat hus
Grund	0.46	0.19
ytterväggar	3.23	0.35
Tak	4.39	0.51
Fönster	5.9	1.0

Summan av area gånger U-värdet:

$$\Sigma(A \cdot U) = A_{\text{grund}} \cdot U_{\text{grund}} + A_{\text{yttervägg}} \cdot U_{\text{yttervägg}} + A_{\text{tak}} \cdot U_{\text{tak}} + A_{\text{fönster}} \cdot U_{\text{fönster}} \quad (15)$$

$$\Sigma(A \cdot U) = 114.7 \cdot 0.19 + 242.64 \cdot 0.35 + 114.7 \cdot 0.51 + 15 \cdot 1$$

$$\Sigma(A \cdot U) = 180.214 \text{ [W / K]}$$

Antal luftomsättningar antas vara 0.5 oms/timme

$$V = \text{volymen} \cdot 0.5 / 3600 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Q_{\text{total}} = \text{HDH} \cdot (\Sigma(U \cdot A) + 1206 \cdot V) - Q_{\text{interna värmekällor}} \quad (16)$$

$$Q_{\text{total}} = 3\,293.28 \cdot (180.214 + 1206 \cdot 688.2 \cdot 0.5/3600) - 3006$$

Det förbättrade husets beräknade energiförbrukning är:

$$Q_{\text{total}} = 9728 \text{ [kWh]} \text{ och } 5934 \text{ [kWh]} / 229 \text{ [m}^2\text{]} = 42 \text{ [kWh/ m}^2\text{]}$$

Energibesparingen blir alltså:

$$\text{Besparing} = (\text{Energianv. i bef.} - \text{Energianv. i nya}) / \text{Energianv. i bef.}$$

$$\text{Besparing} = (225 - 42) / 239$$

$$\text{Besparing} = 0.77$$

7 Diskussion och slutsatser

Svaren från enkätundersökning och samtal med husägarna tyder på att det finns en problematik i byggnaden avseende luftkvalitet, fukt och mögel. Det finns familjer som har bott många år i husen och med tiden vant sig vid effekterna av problemen och därför inte lägger märke till dem längre. Undersökningen kartlägger vilka orsakerna till problemen är. Av de femton familjer som undersöktes hade tretton av dem besvär i sina bostäder av ventilationsproblem och hade svårigheter att bli av med fuktig luft i badrum.

Undersökningar i huset och simuleringar av fuktförhållandena i ytterväggar och tak skapades med programmet WUFI-program 5. Ett högt värde av relativ fuktighet är inte skadligt i ytterväggar om temperaturen är låg. Risken för mögeltillväxt i väggen tillkommer vid temperaturer över 15 [°C] och relativ fuktighet över 70 % enligt figur 5.7. Risken för mögelangrepp i taket börjar när temperaturen är över 18 [°C] och relativ fuktighet är över 75 %. enligt figur 5.16. Den relativa fuktigheten överstiger 75% i taket enligt simuleringen, vilket kan vara den största anledningen till att risken för mögel bedöms vara hög. Det krävs att materialet i konstruktionen är tillräckligt fuktigt för att mögel ska kunna växa till. En ökning av Sd-värdet leder till mögelangrepp i ytterväggar och tak, och detta syns i figur 5.11 och 5.20. En vanlig orsak till fuktproblem är vätsketransport som kan orsakas av läckage intill exempelvis vattenledningar. En annan anledning kan vara fukt som tränger in via skador, sprickor eller otäta fogar på tak och väggarnas utsida. Det finns en hög risk för mögeltillväxt i både vägg- och takkonstruktion i huset. Mitt förslag på ytterväggar är att man ska ta bort skiktet av gipsskivan på insidan för att minska mögelangrepp och placera isoleringsmaterial av cellplast på utsidan för att förhindra att regnvatten tränger in i ytterväggarna. Detta gör att risken för mögeltillväxt blir mindre. För taket föreslår jag att inte bygga ångtät eftersom eventuell fukt inte kan torkas ut.

Man behöver hitta nya typer av ventilationssystem inom miljöanpassat byggande. Det kan vara fläktstyrd eller behovsreglerad självdragsventilation. Installationer behöver inte nödvändigtvis vara dyra och komplicerade om man noga planerar konstruktionen från grund till tak. Att kombinera de båda systemen det mekaniska och självdragsventilationen som i figur 6.12 är en bra lösning i Erbil. Fläktar ska användas för att ventilerat huset under alla årstider. Frånluftsfläkterna behöver inte stängas av helt när utetemperaturen sjunker under vintern. Detta kallas för fläktförstärkt självdrag och till skillnad mot det vanliga självdragssystemet är att det är utformat så att flödet kan regleras. Det har termostatstyrda uteluftsdon i ytterväggen för att minska överventilation under kalla perioder, och fläktar bör användas för att kyla ner byggnaden nattetid under varma perioder för att få bra inomhusklimat under dagen. Dock bör filtreringsförmågan undersökas för denna typ av lufttillförsel via don i ytterväggen. För en hög filtreringsförmåga av förekommande partiklar i uteluften behövs möjligen en annan typ av ventilationssystem med även en tilluftsfläkt. För att

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

ett mekaniskt ventilationssystem ska fungera bra måste vissa åtgärder utföras såsom skötsel, reparation och byten av delar.

Det är ovanligt att byggföretagen tar hänsyn till omgivningstemperatur, solstrålning och orientering. I Sverige finns det många krav och regler som måste följas, men så är inte fallet i Kurdistan. Den största skillnaden är att det finns få regler för arbetsmiljö, kvalitet, tidsplan och tillgänglighet i Kurdistan. Efterlevnaden av de regler som finns är också låg. Det behövs tydligare krav, lagar och regler för att uppnå bättre kvalitet och säkerställa en bra inomhusmiljö. Ett sätt kan vara att utgå från svensk byggnadsprojektering ska kunna tillämpas.

8 Källförteckning

1. Bokalders, Varis & Block, Maria (2009) *Byggekologi: kunskaper för ett hållbart byggande*. Upplaga 2. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
2. Ghanim, Kadhem & Tawfeeq, Wasmi (2015) *Experimental Study to Evaluate the Performance of Iraqi Passive House in Summer Season*. Bagdad: Almustansiriyah-Universitet.
3. Nevander, Lars Erik & Elmarsson, Bengt (2006) *Fukthandbok-Praktik och teori*. Upplaga 3. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
4. Sandin, Kenneth (2007) *Praktisk husbyggnadsteknik*. Lund: Studentlitteratur AB.
5. Sandin, Kenneth (1996) *Värme och fukt*. Lund: Studentlitteratur AB.
6. Warfvinge, Catarina & Dahlblom, Mats (2010) *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB.
7. Rosenlund, Hans, Jianqing, He & Guofeng, Sun (2006) *Housing design for lower domestic energy use*. Lund: Exemplified by multi-storey buildings in Beijing, Housing Development & Management.
8. Fondation-institut kurde de Paris (1995) *The kurdish diaspora*. Paris: <https://www.institutkurde.org/en/kurdorama/> Hämtad: 2023-12-23
9. Nordic gold trade (2012) *Boom för olja i Kurdistan*. Kista: <http://ravarumarknaden.se/boom-for-olja-i-kurdistan-irak> Hämtad: 2023-02-10
10. Dagens industri (2017) *Ryskt jättebolag miljardinvesterar i kurdisk olja*. Stockholm: <https://www.di.se/nyheter/ryskt-jattebolag-miljardinvesterar-i-kurdisk-olja/> Hämtad: 2023-02-18
11. Karolinska institutet (2013) *Miljöhälsorapport*. Stockholm: <https://ki.se/media/25/download> Hämtad: 2023-12-22
12. Folkhälsomyndigheten (2021) *Hälsokonsekvenser av klimatförändring i Sverige- En risk och sårbarhetsanalys*. Solna: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/h/halsokonsekvenser-av-klimatforandring-i-sverige-en-risk-och-sarbarhetsanalys/> Hämtad: 2023-12-23
13. Mynewsdesk (2018) *Falluja insamlingen*. Bagdad: <http://www.mynewsdesk.com/se/pressreleases/nyhetsbrev-fraan-iraksolidaritet-181102-fallujainsamlingen-en-ultraljudsapparat-har-inkoepts> Hämtad: 2023-03-20
14. Ashrae standard (2004) *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: http://www.ditar.cl/archivos/Normas_ASHRAE/T0080ASHRAE-55-2004-ThermalEnviromCondiHO.pdf Hämtad: 2023-04-14
15. Dagens samhälle (2013) *Dålig inomhusluft kostar miljarder*. Stockholm: <https://www.dagensamhalle.se/debatt/dalig-inomhusluft-brkostar-miljarder-6398> Hämtad: 2023-04-12
16. Statens fastighetsverk (2009) *Ventilation i äldre byggnader*. Stockholm: <file:///C:/Users/Ub1291/Downloads/sfv-ventilation-i-aldre-byggnader-2009.pdf> Hämtad: 2020-4-15

Undersökning av inomhusmiljön i bostadshus i Kurdistan med förslag på förbättringar

17. Myndigheten för samhällsplanering, byggande och boende (2020) Boverkets byggregler, BBR, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4. Karlskrona: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/konsoliderad-bbr-2011-6-tom-2020-4.pdf> hämtad: 2023-11-27
18. Socialstyrelsen (2009) Miljöhälsorapport. Västerås: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/9ae8f10a3a544fcd857c84a803602ee9/miljohalsorapport-2009.pdf> Hämtad: 2023-09-12
19. Folkhälsomyndigheten (2014) Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation. Solna: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/641784832543443ea4eebe9b300c244e/fohmfs-2014-18.pdf> 2023-12-23
20. Fuktcentrum (2020) Lunds tekniska högskola. Lund: <https://www.fuktcentrum.lth.se/verktyg-och-hjaelpmedel/windows-baseradatorprogram/wufi/> Hämtad: 2023-12-28
21. Svensk byggtjänst (2012) Allmän material- och arbetsbeskrivning för husbyggnadsarbeten. Västerås: <https://ww1.lv/wp-content/uploads/2017/12/AMA-HUS.pdf> Hämtad: 2023-12-29
22. Karzan Zrar civilingenjör och chef vid byggnadsnämnden i Erbil.
23. Hawre Ibrahim allmänläkare vid Zhin sjukhuset.
24. Araz Kurdo och Ahmad Jalal är byggare i Erbil.