



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT  
LIGINULLENERGIAHOONETE UURIMISRÜHM

# Üldhoidla kliimakontseptsioon Hiiumaa hoidla näitel

Üldhoidla IDA ICE modelleerimise juhend

**Tellija:**  
Muinsuskaitseamet

**Koostajad:**  
vanemteadur Alo Mikola  
ekspert Tuule Mall Parts  
prof. Martin Thalfeldt  
prof. Jarek Kurnitski

Tallinn 2024

## Sisukord

1	Sissejuhatus.....	3
1.1	Töö lähteülesanne.....	3
1.2	Sisekliima lähteparameetrid .....	3
1.3	Üldhoidla õhutöötlussüsteemi kirjeldus ja juhtimispõhimõtted .....	3
1.4	Õhutöötlusprotsesside simuleerimine.....	6
1.4.1	Simulatsioonimudeli õhutöötlemisseadme üleschitus .....	6
1.4.2	Simulatsioonimudeli õhutöötlusseadme juhtalgoritm .....	7
2	Simulatsiooni teostamise juhend.....	9
2.1	Hoidla ventilatsioonimudeli ettevalmistus ja õhutöötlusseadme koostamise etapid .....	9
2.1.1	Mudeli üldised ettevalmistused .....	9
2.1.1	Õhutöötlusseadme koostamine ja lisamine mudelisse.....	10
2.1.2	Üldhoidla õhutöötlusseadme koostamine.....	17
2.1.3	Ventilatsiooniseadme juhtimisalgoritm.....	21
2.1.4	Mudeli ettevalmistamine simulatsiooni teostamiseks .....	26

# 1 Sissejuhatus

Antud töö näol on tegu arvutusjuhendiga, mille abil on 8. taseme KVJ projekterija või energiatõhususe spetsialist võimeline teostama konkreetse üldhoidla simulatsioonarvutused IDA-ICE tarkvaras. Vastavate simulatsioonide teostamiseks on vajalikud eelteadmised sisekliima ja energiatõhususe simulatsioonide tegemisest kasutades IDA ICE simulatsioonitarkvara.

## 1.1 Töö lähteülesanne

Võimalikult energiasäästliku ja selge tööpõhimõttega hoidla kliimasüsteem eeldab sisekliimaparameetrite lubatud vahemiku ärakasutamist. See tähendab seda, et süsteem ei taga mitte kitsast sisetemperatuuri ja suhtelise niiskuse vahemikku vaid toimub alumise ja ülemise piirväärtuse vaheline varieerumine vastavalt olukorrale. Kuna hoidlad ei ole pideva viibimisega ruumid, siis viiakse välisõhu ventilatsioon miinimumi ning kasutatakse ringlusõhku vastavalt vajadusele niisutamiseks, soojendamiseks, jahutamiseks ja kuivatamiseks. Kirjeldatud lahenduste kasutamise eelduseks on, et projekterija on teadlik ja saab aru välisõhu- ja ringlusagregaadi tööst ning on võimeline teostama üldhoidlale vastava simulatsioonarvutuse.

Täielikku tüüplahendust ei ole võimalik antud juhendiga välja töötada, sest konkreetne hoidla võib koosneda ühest või mitmetest ruumidest, mis võivad paikneda erinevates hoone osades või korrustel ning milles hoiustatakse eri tüüpi esemeid. Mida rohkematest tsoonidest hoidla koosneb, seda keerulisem on sisekliimaparameetrite lubatud vahemike hoidmine. Juhendmaterjalis kirjeldatakse näidislahendust, kus hoones paikneb üks üldhoidla ruum, mille sisekliima parameetreid on vajalik õhutöötlusprotsesside abil tagada.

Sisekliima parameetrite tagamise seisukohast tuleks simulatsiooni teostaja poolt anda soovitus, kuidas võiks hoone hoidlaruume ja neid teenindavaid kliimasüsteeme kõige optimaalsemalt üles ehitada. Lisaks tuleb vastavalt simulatsioonide tulemustele dimensioneerida kliimasüsteemi komponendid ja valida süsteemi juhtimiseks optimaalsed temperatuuri ja suhtelise niiskuse seadeväärtused, mis võivad arvestada erinevates ruumides tekkivaid kõrvalekaldeid ja sisaldada mõistlikku varu.

## 1.2 Sisekliima lähteparameetrid

Hoidlate sisekliimaparameetrid kirjeldatakse lubatud suhtelise niiskuse ja temperatuuri vahemike abil. Sõltuvalt säilitatavatest esemetest on üldhoidla suhtelise niiskuse alumine piir 35-40% ja ülemine piir 55-60%. Temperatuur ei tohi ületada 21 kraadi ning temperatuuril ei pruugi olla alumist piiri. Projekterimisel kasutatavad lubatud vahemikud peab tellija konsultant täpsustama igale konkreetsele hoidlale eraldi, lähtudes säilikutest (dokument-paber, puit-, metall-, plastikesemed või olmeesemed – segamaterjalid, maal, skulptuur jne.).

Üldjuhul peavad temperatuur ja suhteline niiskus püsima lubatud vahemikus vähemalt 95%-i jooksul ruumide kasutusajast ning hetkelisi ja väikesed kõrvalekaldeid aktsepteeritakse.

Üldhoidla sisekliima piirväärtused on järgmised:

- Siseõhu temperatuur **vahemikus 0 - 21 °C**
- suhteline õhuniiskus vahemikus **35 – 60%**.

Eesmärk oleks hoida suhteline niiskuse kõikumine alla **10%-i ööpäevas ja** temperatuuri muutumise kiirus **alla 1°C-i** tunnis.

## 1.3 Üldhoidla õhutöötlussüsteemi kirjeldus ja juhtimispõhimõtted

Üldhoidlates kasutatakse sisekliima tagamiseks võimalikult lihtsat ja energiaoptimaalset ringlusõhul baseeruvat õhutöötlussüsteemi. Konstantse minimaalse õhuvahetusega 0,5–1,0 l/(s\*m<sup>2</sup>) ringlusõhuga süsteem kasutab väikest välisõhuhulka (minimaalselt üks õhuvahetus kahe ööpäeva jooksul). Üldhoidla

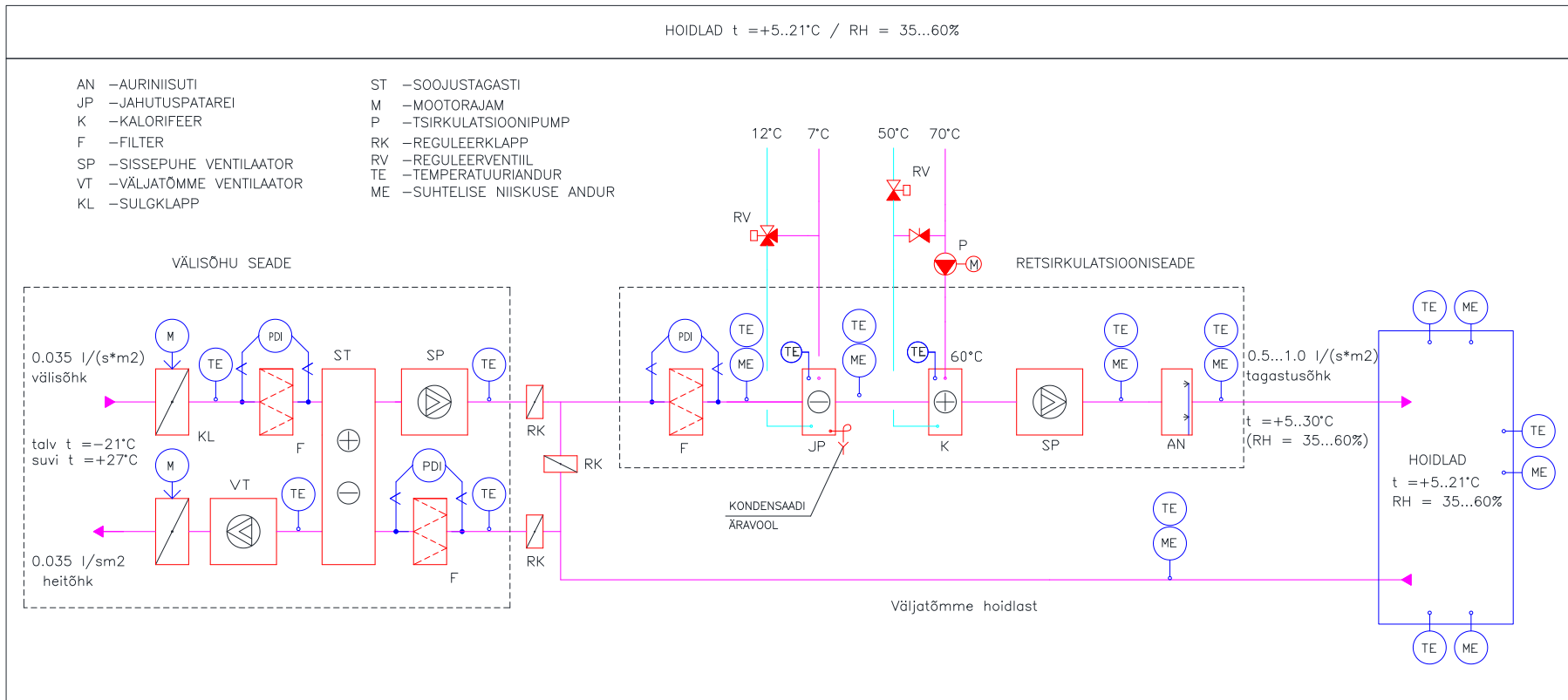
õhutöötlussüsteem koosneb retsirkulatsiooniseadest ja välisõhu vahetuseks mõeldud seadmest. Retsirkulatsiooniseadmes toimub õhu filtreerimine, jahutamine, kuivatamine, soojendamine ja niisutamine. Välisõhu seade on tehnilisel sobivusel soojustagastiga sissepuhke-väljatõmbeseade, kus külmal perioodil toimub väljatõmbeõhult soojuse ja niiskuse tagastus ning soojal perioodil saab hügrooskoopse või sorptsioon rootorsoojustagasti kasutamisel sissepuhkeõhule külma tagastada ja teatud oludes ka välisõhku kuivatada.

Joonis 1 näidatud põhikomponendid vasakult paremale on soojustagastiga mehaaniline sissepuhke/väljatõmbe ventilatsiooniseade, mis koosneb soojustatud labadega välisõhu klappidest, filtritest, soojustagstist, ventilaatoritest ja seadme juhtautomaatikast. Kuna välisõhku pole vaja lisaks soojendada, siis puudub vajadus sellesse seadmesse küttekalorifeeri lisamisel. Küll aga tuleb antud seadme dimensioneerimisel veenduda, et valitud soojustagasti tüüp talvisel ajal ei jäätuks ning seadmesse ette näha vastavad soojustagasti jäätumise vältimise/sulatuse meetmed. Antud seadme soojustagasti tööd on otstarbekas juhtida hoidla ruumitemperatuuri alusel nii, et sissepuhke temperatuur pärast rootorsoojustagasti on hoidla ruumitemperatuuriga võrdne. Süsteem teostatakse konstantse välisõhuhulgaga  $0,035 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ , mille jaoks kasutatakse oma välisõhuventilaatorit. Süsteemi võib vajadusel dimensioneerida nii, et välisõhu vooluhulka saaks suurendada kuni  $0,2 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ , et hoidlast ehitusniiskust välja kuivatada.

Joonis 1 vasakul paikneb retsirkulatsiooniseade, mis koosneb filtrisektsioonist, jahutuspatareist, küttekalorifeerist, ventilaatorist ja aurniisutist. Seade tagab hoidlas konstantse minimaalse seguõhu taseme  $0,5\text{--}1,0 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ . Hoidla suhtelise niiskuse taset kontrollitakse retsirkulatsiooniseadme kütteelemendiga, mida juhitakse vastavalt hoidlaruumi alumises osas mõõdetavale suhtelise niiskuse tasemele. Kui hoidlaruumi suhteline niiskus ületab seadeväärtust (näiteks 55%), siis soojendatakse sissepuhkeõhku nii kaua kuni vastav seadeväärtus saavutatakse. Kui hoidlaruumi sisetemperatuur langeb talvisel perioodil alla lubatud piirväärtuse (näiteks  $3\text{--}5 \text{ }^\circ\text{C}$ ), siis on mõistlik retsirkulatsiooniseadme küttekalorifeeri abil hoidlaruumi mõningal määral lisaks kütta. Teostatud simulatsioonid näitasid, et väliskliima baasaasta (Estonian TRY, periood 1990-2020) puhul hästi soojustatud piiretega ja madala infiltratsiooni õhuvooluhulga puhul ei langenud hoidlaruumi sisetemperatuur alla  $6 \text{ }^\circ\text{C}$ , mistõttu antud uuringus vaadeldud üldhoidla ruumi lisaks kütta vaja ei olnud.

Tagamaks hoidla temperatuuri püsimine suvel alla  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  ja suhtelise niiskuse taseme jäämine alla 60%, on tarvis soojal perioodil välisõhku jahutada. Simulatsioonitulemused näitasid, et Hiiumaa hoidla puhul on piisav vajaduspõhine õhu jahutamine  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ -ni. Suuremate niiskuskooormustega üldhoidlate korral võib jahutuspatarei järgne vajalik temperatuur jääda vahemikku  $11\text{--}13 \text{ }^\circ\text{C}$ . Jahutuspatarei jahutuskandja temperatuurigraafik on seega ca  $7/12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Simulatsioonitulemused näitasid, et samaaegselt õhu jahutamisega on mõistlik seda ka kalorifeeriga järelsoojendada, mistõttu tuleb paralleelselt jahutuspatarei reguleeriventiili juhtimisele ka küttekalorifeeri soojusväljastust juhtida. Suvisel perioodil toimub kütteväljastuse juhtimine sama juhtimisalgoritmi alusel, mis talvel.

Kui väljatõmbeõhu suhteline niiskus on alla seadeväärtuse, siis soojendamist ei toimu ja suhteline niiskus püsib lubatus vahemikus (35-60%) tänu hoidla jahtumisele ning poorbetoonseinte ja hoiustatavate museaalide niiskusülekandele. Niiskuse langedes alla näiteks 40-45% rakendub aurniisuti. Süsteemi põhimõtteline lahendus koos peamiste andurite paiknemisega on toodud Joonis 1.



**Joonis 1. Üldhoidla õhutõtlusseadme põhimõtteline skeem.**

## 1.4 Õhutöötlusprotsesside simuleerimine

### 1.4.1 Simulatsioonimudeli õhutöötlemisseadme ülesehitus

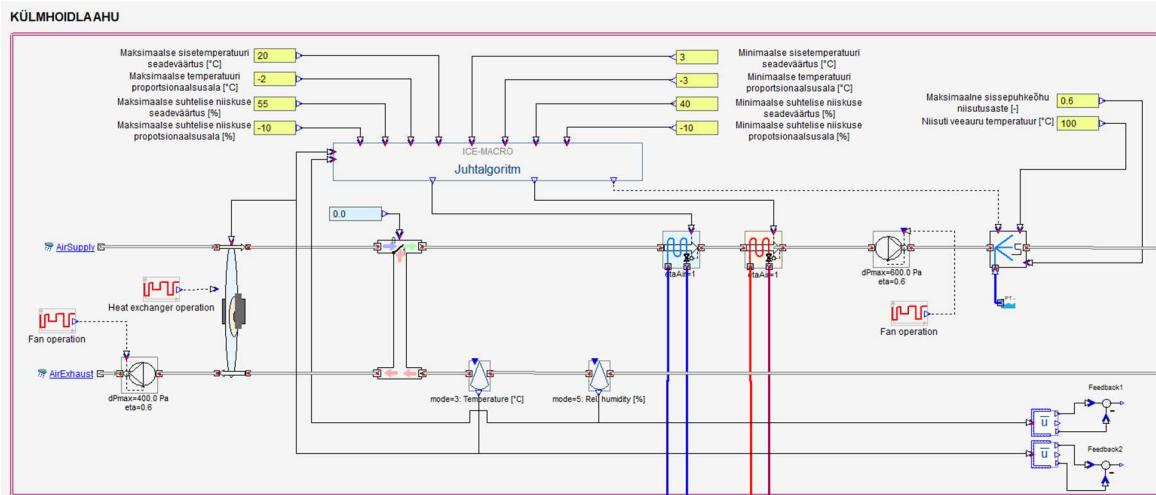
Hoidlahoone konditsioneerimissüsteemide dünaamiliste simulatsioonide läbiviimiseks on üldhoidla ruumi jaoks otstarbekas valida programmis eraldi ventilatsioonisüsteem (AHU). Selle ventilatsioonisüsteemi puhul on praktikas tegu ringlusõhu baasil konditsioneerimissüsteemiga, mis õhutöötlusprotsesside osas koosneb õhu soojendamisest, jahutamisest, niisutamisest ja suvisest õhu kuivatamisest. Lisaks sisaldab hoidla konditsioneerimissüsteem ka segamissektsiooni, kus väljatõmbeõhk segatakse teatud koguse välisõhuga ja välisõhu seade sisaldab ka soojustagastit, et väljatõmbeõhus sisalduvat ilmset ja varjatud soojust tagastada. Juhendis näitena toodud konditsioneerimissüsteem on valitud põhimõttel, et simulatsioonide tulemustest oleks võimalik teha üldistusi enim kasutust leidvate üldhoidlate sisekliima tagamise ja energiakasutuse kohta.

Näidislahenduses on seadme välisõhu osas niiskus- ja külmatagastuseks ette nähtud rootorsoojustagasti. Soovitud sisekliima parameetrite tagamiseks on ringlusseadmel järgmised komponendid: auruniisuti, jahutuskalorifeer, ventilaator ja küttekalorifeer. Jahutuspatarei on vajalik temperatuuri lubatud ülempiiri tagamiseks ja õhu kuivatamiseks suvisel perioodil. Süsteemi komponentide juhtimine on lahendatud lähtuvalt väljatõmbe õhus paiknevate temperatuuri ja suhtelise niiskuse andurite näitudest. Olgu täpsustuseks mainitud, et IDA ICE seguneva tsoonimudeli kasutamisel on modelleeritud tsooni kõrgis õhukeskkonnas paiknevates ruumipunktides samad temperatuuri ja suhtelise niiskuse parameetrid. Kuna antud mudeli puhul tsoonis kihistumist ei toimu, siis saame seguneva mudeli korral juhtimisalgoritis kasutada väljatõmbeõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust. Kihistuva tsoonimudeliga teostatud mudeldamine näitab, et praktikas ei või õhutöötlemisseadmete juhtimist väljatõmbeõhus paiknevate andurite alusel korraldada, kuna kõrge sissepuhketemperatuuri korral on hoidlaruumi ülemine osa oluliselt kõrgema temperatuuriga kui alumine osa.

Modelleeritava seadme juhtimisalgoritm on koostatud lähtuvalt hoidla tüübile seatud suhtelise niiskuse ja temperatuuri piirväärtustest. Juhtimiseks kasutatavad seadesuurused on valitud lähtuvalt konditsioneerimisseadmete komponentide töötamise põhimõtetest ja paiknemisest ventilatsiooniseadmetes. Õhutöötlusseadme simulatsiooni tarkvaras loodud skeem on välja toodud Joonis 2.

Soojustagasti juhtimine on Joonis 2 toodud skeemi puhul korraldatud lähtuvalt mõõdetud hoidla väljatõmbeõhu temperatuurist nii, et soojustagasti järgi ei tõuseks temperatuur üle hoidla väljatõmbeõhu temperatuuri. Antud juhtimisalgoritm võimaldab soojustagasti töötamist vajaduspõhiselt.

Simulatsioonimudelis on kasutatud välisõhu segamiseks ruumi väljatõmbesüsteemi retsirkulatsioonisektsiooni. Praktikas pole retsirkulatsioonisektsiooni kasutamine antud süsteemis üldiselt mõistlik ja välisõhu tarvis saab kasutada eraldi soojustagastiga ventilatsiooniseadet. Sellisel juhul tuleb viidatud seadme sissepuhketorustik ühendada õhukanaliga pärast retsirkulatsiooniseadet. Simulatsiooni teostamisel aitab Joonis 2 toodud retsirkulatsioonisektsiooni ja värsket õhu segamisega lahendus lihtsustada mudeldamise protsessi ja sellest lähtuvalt pole tingimata vaja eraldi värsket õhu ventilatsiooniseemi mudelisse lisada. Näidislahenduses kasutatud hoidlaruumi puhul vahetub õhk hoidlas korra kahe päeva jooksul ehk värsket õhu vooluhulgaks on arvatud 15 l/s.



**Joonis 2. Üldhoidla konditsioneerimissüsteemi mudel simulatsioonitarkvaras.**

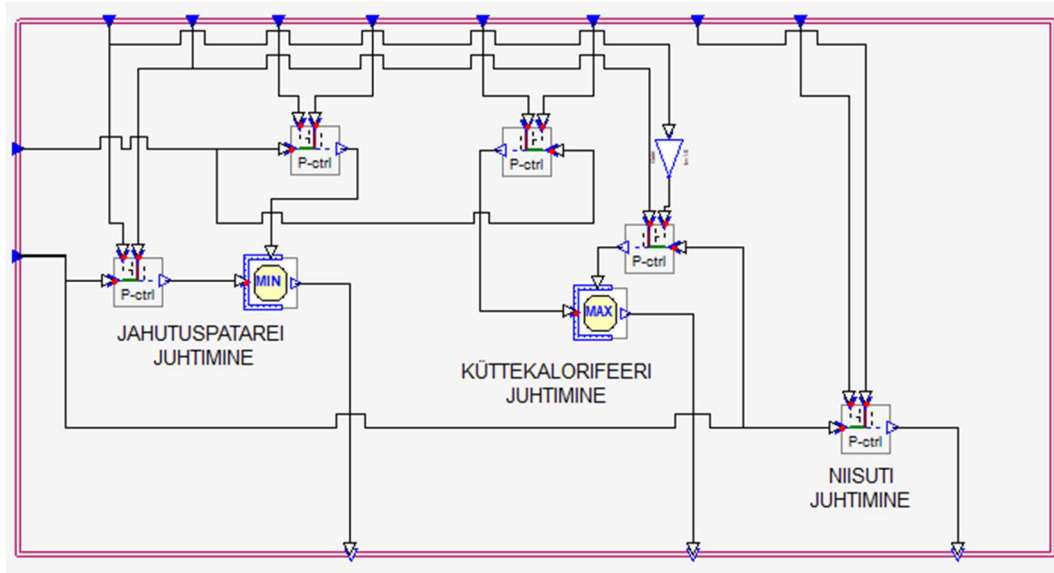
#### 1.4.2 Simulatsioonimudeli õhutöötlusseadme juhtalgoritm

Õhutöötlusüsteemi juhtalgoritm on selguse mõttes lahendatud eraldi IDA ICE makro abil (vt Joonis 3). Jahutuspatarei juhtimine toimib väljatõmbeõhu suhtelise niiskuse väärtuse alusel. Väljatõmbe õhu suhtelise niiskuse mõõdetud väärtus saadetakse jahutuse juhtimistüübiga proportsionaalsesse regulaatorisse, kus võrreldakse mõõdetud suurust seadesuurusega. Joonis 2 võime näha, et näidismudeli maksimaalse suhtelise niiskuse seadeväärtuseks on valitud 55% ja proportsionaalsusalaks on valitud 1%. Selleks, et suveperioodil ei ületaks hoidla temperatuur kindlasti 21 °C, on jahutuspatarei juhtimiseks süsteemi lisatud ka teine proportsionaalne regulaator, mis suurendab jahutuspatarei jahutusvõimsust juhul kui kuivatusvajadus puudub või on minimaalne. Viidatud juhtimislahenduse puhul mõõdetakse ruumi väljatõmbeõhu temperatuuri, mida võrreldakse regulaatoris seadesuuruseks oleva väärtusega (näidismudelis 20 °C ja proportsionaalsusala 1 °C) ja vastavalt sellele annab regulaator väljundsignaalina vajaliku jahutuspatarei järgse temperatuuri. Nii maksimaalse suhtelise niiskuse kui ka temperatuuri regulaatorite puhul on proportsionaalse kontrolleri väljundsignaalide puhul määratletud temperatuuri ülemiseks väärtuseks 21 °C ja alumiseks väärtuseks 13 °C. Olgu mainitud, et jahutuspatarei järgse temperatuuri 13 °C puhul kondenseerub väljatõmbeõhust välja piisavalt niiskust, et 21 °C väljatõmbeõhu suhteline niiskus jääks alla 60%. Juhtalgoritmi järgmises astmes võrreldakse omavahel maksimaalse suhtelise niiskuse ja temperatuuri regulaatorite väljundväärtuseid ja jahutuspatarei juhtimiseks kasutatakse nendest väärtustest väiksemat suurust.

Mudeli küttekalorifeeri juhtalgoritm on toodud Joonis 3. Esimeses etapis mõõdetakse ruumi väljatõmbeõhu suhtelist niiskust ja võrreldakse seda proportsionaalses regulaatoris toodud minimaalse suhtelise niiskuse seadeväärtusega (vt Joonis 2). Juhul, kui mõõdetud suhtelise niiskuse tase hoidlas on liiga kõrge, siis tõstetakse viidatud regulaatori abil hoidla sisetemperatuuri, mis omakorda toob kaasa suhtelise niiskuse taseme languse. Näidismudeli minimaalse suhtelise niiskuse seadeväärtuseks on valitud 40% ja proportsionaalsusalaks on võetud 10%. Selleks, et talveperioodil ei langeks hoidla sisetemperatuur näiteks alla 3 °C, on küttekalorifeeri juhtimiseks süsteemi lisatud ka teine proportsionaalne regulaator, mis suurendab küttekalorifeeri küttevõimsust juhul, kui suhtelise niiskuse mõõdetud taseme alusel pole sissepuhkeõhku vajalik kütta. Selle regulaatori seadeväärtus on baasmudelis 3 °C ja proportsionaalsusala 6 °C. Nii minimaalse suhtelise niiskuse kui ka temperatuuri regulaatorite puhul on proportsionaalse kontrolleri väljundsignaalide puhul määratletud temperatuuri ülemiseks väärtuseks 30 °C ja alumiseks väärtuseks 5 °C. Juhtalgoritmi järgmisel tasemel võrreldakse omavahel minimaalse suhtelise niiskuse ja temperatuuri regulaatorite väljundväärtuseid ja küttekalorifeeri juhtimiseks kasutatakse nendest väärtustest suuremat.

Auru niisuti juhtimisalgoritmi puhul mõõdetakse väljatõmbeõhu suhtelist niiskust ja võrreldakse seda suurust proportsionaalses regulaatoris minimaalse suhtelise niiskuse seadeväärtusega (näidismudelis on minimaalseks suhtelise niiskuse seadeväärtuseks 40% ja vastavaks proportsionaalsusalaks 10%). Kui mõõdetud suhtelise niiskuse tase on madalam kui seadesuurus, siis annab regulator auruniisutile vastavalt

seadesuuruse ja mõõdetud suuruse erinevusele vastava väljundsignaali. Antud regulaatori väljundsignaali väärtus on vahemikus 0 – 1 ja selle suurus sõltub seadesuuruse ja mõõdetud suuruse erinevusest ning regulaatori määratud proportsionaalsala laiusel. Kõigi kirjeldatud proportsionaalsete regulaatorite puhul on täpselt seadeväärtuse saavutamisel väljundsignaali võimuse 50%. 100% väljundsignaal antakse juhul, kui mõõdetud suurus on saavutanud proportsionaalsala ülemise piirväärtuse. 0% on regulaatori väljund juhul, kui mõõdetud suurus on ületanud proportsionaalsala alumise piirväärtuse.



**Joonis 3. Üldhoidla konditsioneerimissüsteemi juhtimisalgoritmid simulatsioonitarkvaras.**



## 2 Simulatsiooni teostamise juhend

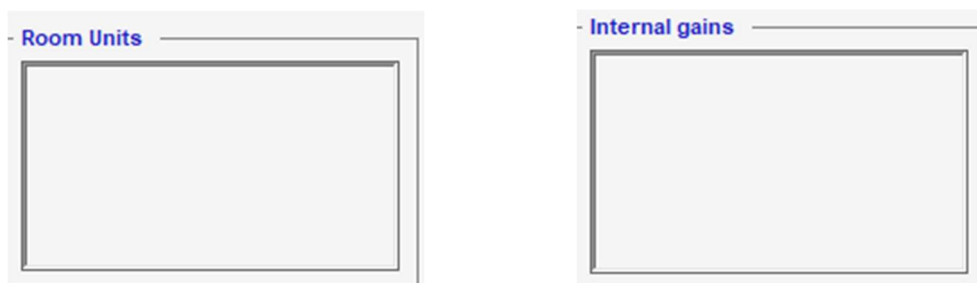
Üldhoidlate dünaamilise simulatsiooni teostamisel on vajalikud baasteadmised ehitusfüüsikast, hoone soojuslikust käitumisest (soojuskaod, jahutuskoormused), sisekliima tagamisest üldiselt ja õhutöötlusprotsessidest ning seadmetest. Vajalikud simulatsiooniprogrammi alused eelteadmised puudutavad eelkõige dünaamilise soojuslevi analüüsi põhimõtteid, oskust sisestada programmi hoone geometriat ning kütte- ja jahutusenergia tarbimise arvutamiseks vajalikke lähteandmeid. Arvutusmudelile tuleks lisaks osata kirjeldada analüüsitava hoone asukohta, väliskliimat, orientatsiooni ilmakaarte suhtes, sise- ja välispiirdeid, külmasildasid, hoone välispiirete õhupidavust, tehnosüsteemide ja sisekliima tagamise põhimõtteid, hoone suurust ja kuju, ruumide sisemisi vabasoojusi ning nende kasutusprofiile. Lisaks tuleb osata analüüsida ja hinnata dünaamilise arvutusmudeli sisekliima ja energiatarbe arvutustulemusi.

### 2.1 Hoidla ventilatsioonimudeli ettevalmistus ja õhutöötlusseadme koostamise etapid

Juhendi järgnevat alapeatükkides on etappide kaupa toodud kajastatud üldhoidla simulatsioonimudeli erinevate spetsiifiliste parameetrite määramise alused ning juhend üldhoidla õhutöötlusseadme koostamiseks simulatsioonitarkvara IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) versioonis 4.8 SP2.

#### 2.1.1 Mudeli üldised ettevalmistused

1. Koostada hoone geomeetiline mudel, panna paika hoone asukoht, väliskliima, orientatsioon ilmakaarte suhtes.
2. Defineerida ja sisestada programmi hoone sise- ja välispiirded, külmasildade väärtused, informatsioon hoone õhupidavuse kohta.
3. Sisestada simulatsioonimudelisse ruumide sisemised vabasoojused ning nende kasutusprofiilid.
4. Üldhoidla puhul kustada tsoonimudelist kõik sisemised vabasoojused (vt Joonis 4 paremal) ja kütte ning jahutuse lõppelemendid (vt Joonis 4 vasakul).



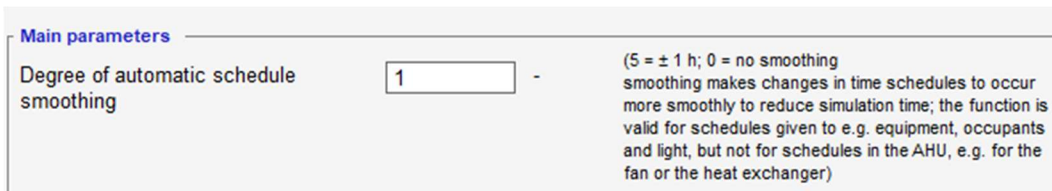
Joonis 4. Üldhoidla kütte ning jahutuse lõppeadmete (vasakul) ja ruumi sisemiste vabasoojuste (paremal) valik.

5. Defineerida üldhoidla tsooni või tsoonide ringlusõhu vooluhulk (vt Joonis 5). Minimaalne vajalik ringlusõhu vooluhulk on  $0,5 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ , kuid kui simulatsioonitulemuste analüüsimisel selgub, et antud minimaalne ringlusõhu väärtus ei taga ette antud sisekliima parameetrite väärtusete saavutamist, siis tuleb õhuvahetust suurendada sellisele tasemele, et üldhoidla siseõhu temperatuur, suhtelise niiskuse tase ja nende parameetrite lubatud varieerumine oleks nõuetekohaselt tagatud.

Name	Group	Floor height, m	Room height, m	Floor area, m2	Heat setp., °C	Cool setp., °C	AHU	System	Supply air, L/(s·m²)	Exhaust air, L/(s·m²)	Occup., no./m²	Lights, W/m²	Lights, kWh/m²	Equipme nt, W/m²	Equipme nt, kWh/m²	Ext win. area, m2	Occup. schedule	Light schedule	Equipm. schedule	Zone control
Zone 2		0.0	2.6	249.1	21.0	25.0	Standa...	CAV	2.0	2.0	0.09999	10.0	87.6	7.5	65.7	0.0	@Alwa...	@Alwa...	@Alwa...	<contr...
Zone 1		0.0	2.6	400.0	0.0	21.0	AHU_H	CAV	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				<contr...
Totalm²									1.076	1.076	0.03837	3.838	33.62	2.878	25.21	0.0				

Joonis 5. Üldhoidla tsooni ringluse õhuvahetuse määramine.

6. Hoidlahoonete simuleerimisel tasub kaaluda mudeli erinevate graafikute silumise väärtuse vähendamist miinimumini. Seega tuleks muuta simulatsiooniprogrammi vaikeväärtus suuruselt „5“ väärtusele „1!“ või „0“ (vt Joonis 6).



## Joonis 6. Simulatsiooniprogrammi graafikute silumise väärtuse muutmine.

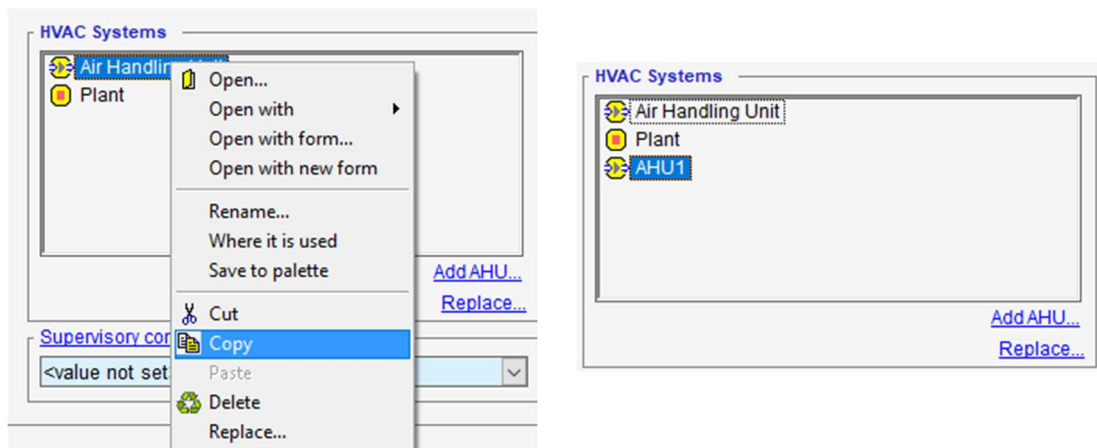
7. Kindlasti tuleb teostatud simulatsioonimudel ka salvestada vabalt valitud nime all.

### 2.1.1 Õhutöötlusseadme koostamine ja lisamine mudelisse

Järgnevalt annab juhendmaterjal ülevaate, kuidas koostada IDA ICE programmis üldhoidlale sobilikku õhutöötlusseadme mudelit. Olgu mainitud, et juhendis kirjeldatud lahendus on vaid üks võimalik sobiliku õhutöötlusseadme koostamise lahend. Praktikas võib kogunud hoonete energiakasutuse modelleerija koostada antud probleemistikuga tegelemiseks mudeli vastavalt enda varasemale simulatsioonitarkvara kasutamise kogemusele ja simulatsioonimudel ei pea kindlasti vastama üks-ühele käesolevas juhendis toodud näitele.

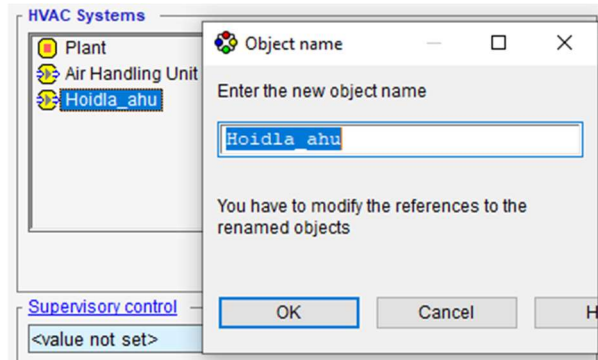
Pärandihoidla õhutöötlusprotsess on mõistlik lahendada eraldi ventilatsiooniseadme baasil, mis teenindab ainult hoidlaruumi või -ruume. Hoidlaruumi/-de õhutöötlusseadme mudeli koostamise peamised etapid on ära kirjeldatud alljärgnevas loetelus:

1. Programmi üldvahelehel tuleks kopeerida standartne ventilatsiooniseade nimega „Air Handling Unit“ ja kleepida see samasse HVAC-süsteemide aknasse (vt Joonis 7 vasakul). Pärast seda tegevust peaks mudeli kütte-ventilatsiooni süsteemide (HVAC) aknas olema kaks ventilatsiooniseadet (näidismudelil on need seadmed „Air Handling Unit“ ja „AHU1“ (vt Joonis 7 paremal)).



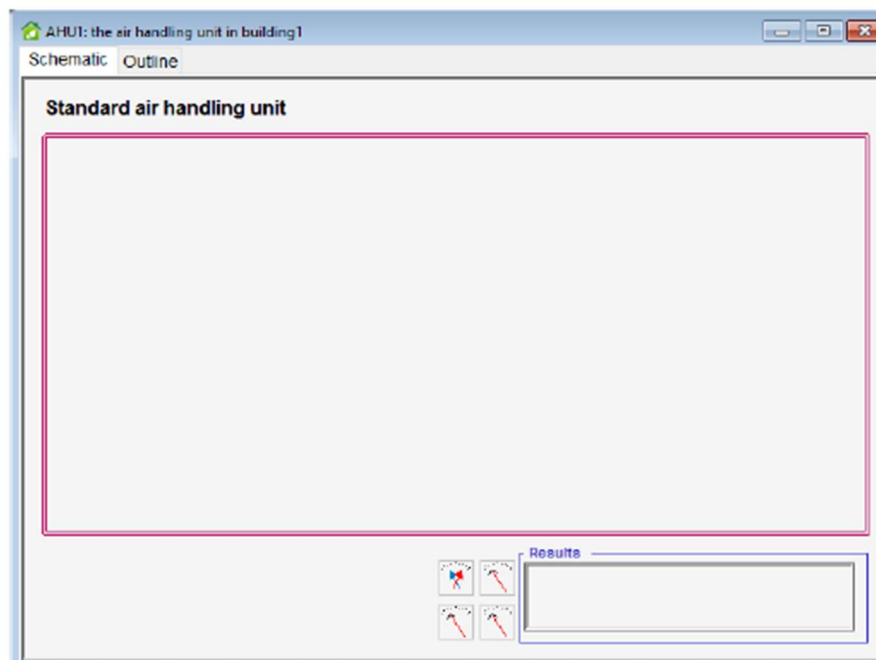
## Joonis 7. Uue õhutöötlusseadme kopeerimine üldvahelehel.

2. Kui on soov uue lisatud ventilatsiooniseadme nime muuta, siis seda saab teha hiire paremklopsu abil valides menüüst „Rename“ ja muutes õhutöötlusseadme nime vastavaks soovitud (vt Joonis 8).



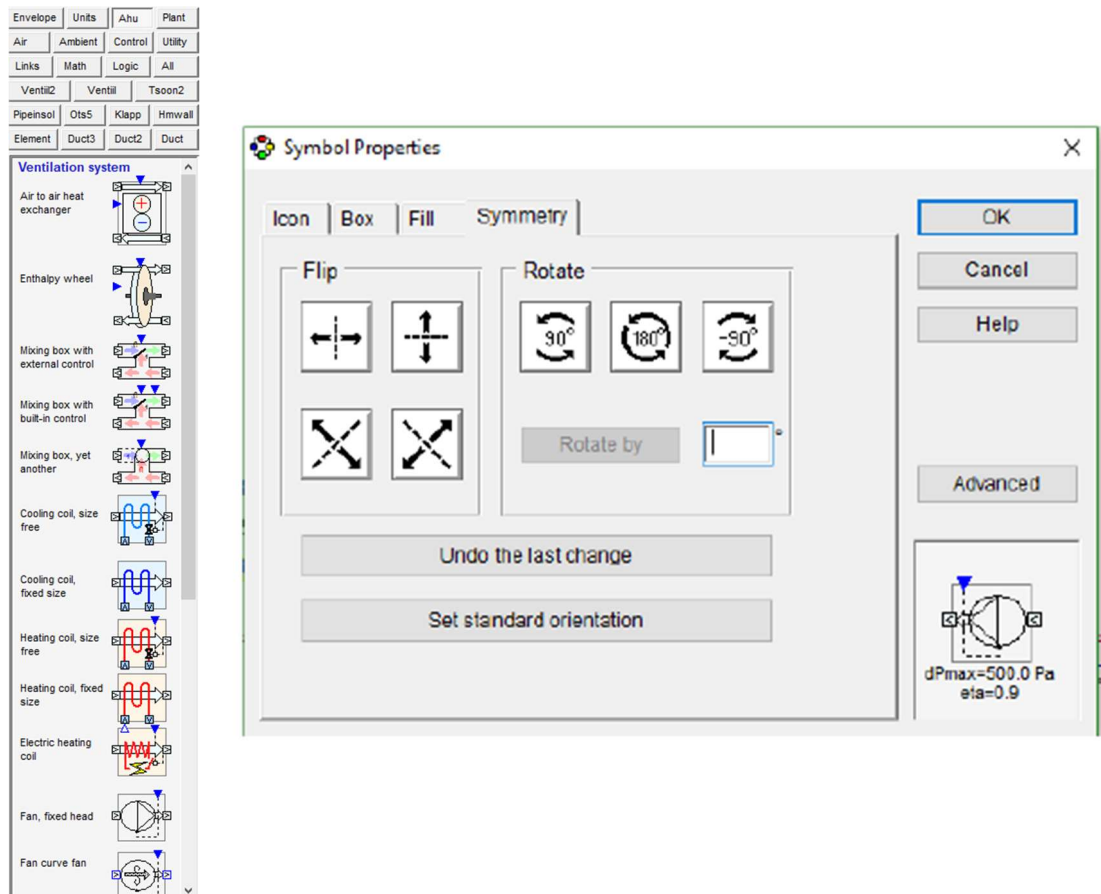
**Joonis 8. Ventilatsiooniseadme nime muutmine (HVAC) aknas.**

3. Avada kopeeritud ventilatsiooniseade ja eemaldada kõik objektid, kuni seadme mudel näeb välja sarnane allpool oleval Joonis 9 toodule. Nagu paljude teiste tarkvaralahenduste kasutajaliidestest on ka siin komponentide kustutamiseks võimalik hiire lohistamise abil valida korraga mitu objekti.



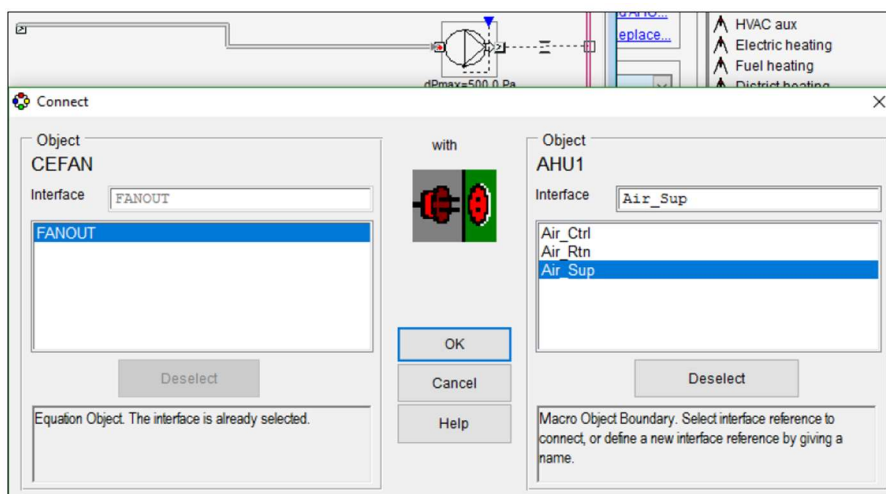
**Joonis 9. Objektide eemaldamine ventilatsiooniseadme vahelehel.**

4. Kui vasakpoolne palett (vt Joonis 10 vasakul) on suletud, ava see ja mine ventilatsiooniseadme vahelehele. Lohista kaks ventilaatorit vahelehel (CEFAN) ja nimeta need ümber näiteks „SP\_FAN“ ja „VT\_FAN“. Paremklopsa ventilaatori objektile ja vali kas olemasolev nimi nimekirja tipust või nimeta see ümber. Ava väljatõmbeventilaatori omadused ja keera ventilaator teist pidi sümmeetria vahelehel (vt Joonis 10 paremal).



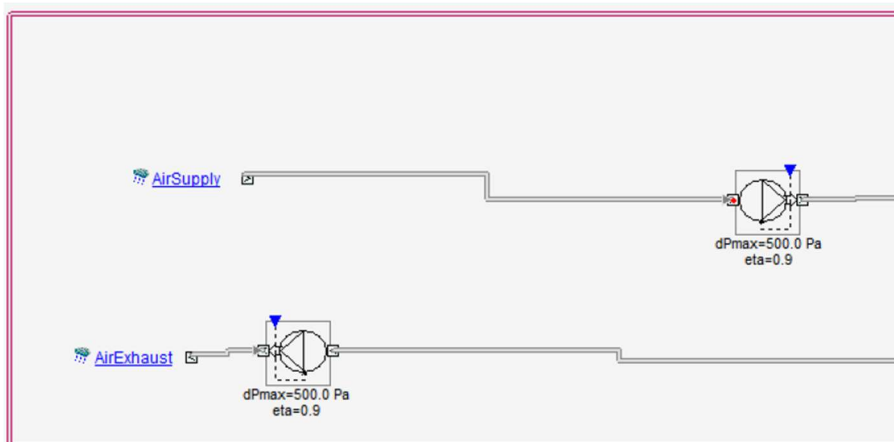
**Joonis 10. Ventilatsiooniseadmete vahelehe vasakpoolne palett (vasakul) ja ventilaatori pööramise õpetus (paremal).**

5. Nüüd on ventilatsiooniseadme mudelisse valitud ventilaatorid, mis tagavad õhu liikumiseks vajaliku rõhu tõusu. Tuleb meeles pidada, et ventilaatorid tekitavad vaid staatilist rõhku, kuna õhu massivooluhulk on määratletud tsoonides. Järgmisena on vajalik teostada ühendused väliskeskkonnaga. Nende ühenduste loomiseks tuleb suunduda väliskeskkonna (Ambient) vahelehele ja lohistada sealt „AirSupply“ ja „AirExhaust“ objektid ventilatsiooniseadme mudelisse.
6. Ühenda „AirSupply“ objekti ühendus „Link“ sissepuhkeventilaatori „FANIN“ lingiga. Seda saab lohistades ühenduse nende vahele. Kui hiirekursor muutub, tuleb alustada ühendusjoone lohistamist. Edasi tuleb kursor viia ühenduse teise otsa ja oodata kui kursor muutub taas, et näidata ühendust „+“.
7. Järgmisena tuleb „FANOUT“ link ühendada punase riskülikuga, mis ümbritseb seadme mudelit (vt Joonis 11). Selle tegevuse korral on mitu võimalust, kuhu ühendus teha, kuid valida tuleks „Air\_Sup“ ühenduspunkt (vt Joonis 11). Nüüd on sissepuhkeõhu süsteem valmis (vt Joonis 12) ja järgmisena saab analoogselt luua ka väljatõmbeõhu süsteemi.



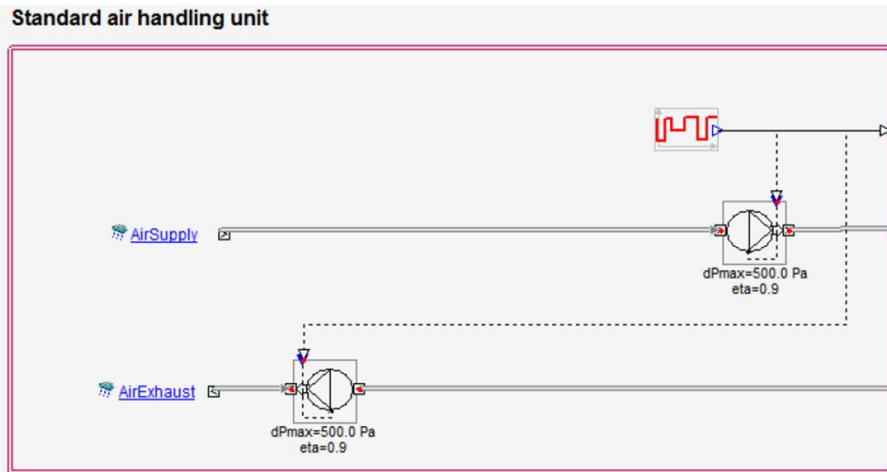
**Joonis 11. Ventilatori ühendamine tsooniga.**

8. Ühendatud ventilatorid võiksid välja näha vastavalt Joonis 12 kujutatule.




**Joonis 12. Ventilatorite ühendused mudeli tsoonidega.**

9. Igal ventilatsiooniseadme mudelis loodud süsteemil on üldiselt vaja ka juhtimisalgoritmi. Ventilatorite puhul on lihtsaim võimalik viis nende juhtimiseks on kasutada kalendergraafiku järgi toimivat juhtimislahendust. Selleks, et ventilatorite juhtimisalgoritm luua, tuleks minna „Utility“ vahelehele ja valida sealt kalendergraafiku objekt. Kalendergraafiku objektile on vaikimisi tehtud valik „Alati sees“, mis ventilatorite puhul tähendab aastaringset samal kiirusel toimimist. Kalendergraafiku objekti puhul tuleb teostada ühendus selle graafiku väljundlingi abil ventilatsiooniseadme punase raamjoone „Air\_Ctrl“ ja ventilatorite ülaosas olevate sisendite külge. Ühendusjooni on võimalik pärast ühendamist ka muuta. Selleks tuleb vastaval ühendusjoonel paremklopsu abil valida menüüst „Muuda“ käsklus. Samuti saab muuta joonte värvi, tüüpi ja paksust tehes vastavad valiku „omaduste“ menüüs. Keerukamates süsteemides on palju ühendusjooni ja nende eristamine muutub väga keeruliseks, kui visuaalset planeerimist pole rakendatud. Joonis 13 kirjeldab ventilatorite võimalikku kalendergraafiku järgi teostatud juhtimislahendust.

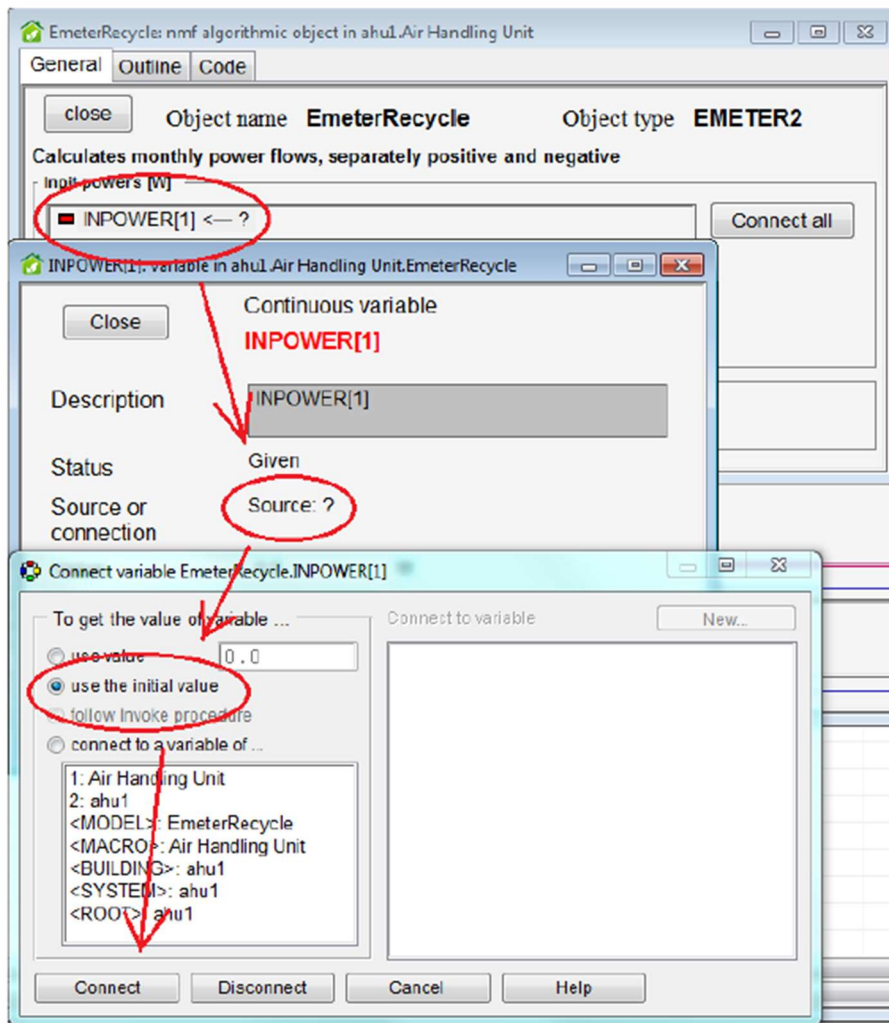


**Joonis 13. Ventilaatorite juhtimine kalendergraafiku järgi.**

- Varasemalt teostatud standardse õhutötlusseadme komponentide kustutamise käigus kustusid ka energiamõõturite ühendused. Seega tuleb need mõõturid uuesti ühendada ja vajadusel kustutada kasutusest väljas olevad ühendused. Näiteks elektriarvesti „EmeterRecycle“ ühendamiseks tuleb teha topeltklõps mõõturi ikoonil ja teostada järgmised valikud: Inpower[1] -> Allikas -> Kasuta algväärtust (vt Joonis 14 ja Joonis 15).

Inpower[1] ->  Source -> Use the initial value.

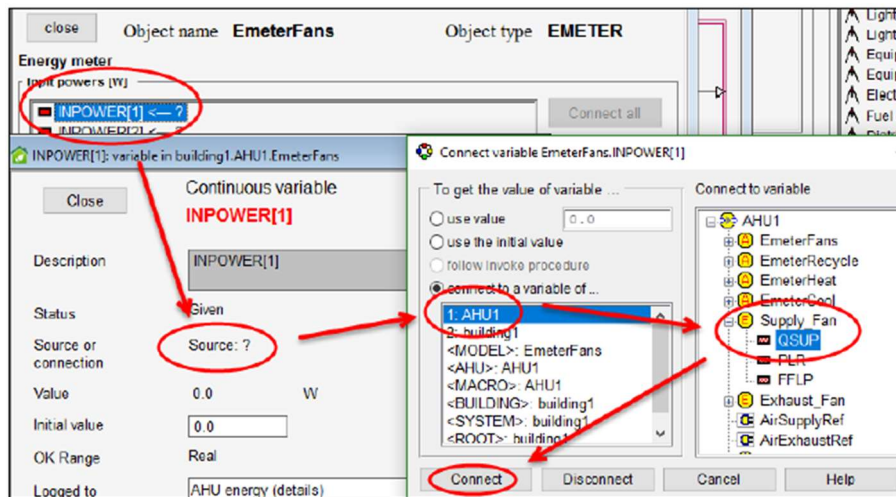
**Joonis 14. Näide elektriarvesti ühendamisest.**



**Joonis 15. Soojus-, jahutus- ja elektriavestite ühendamine.**

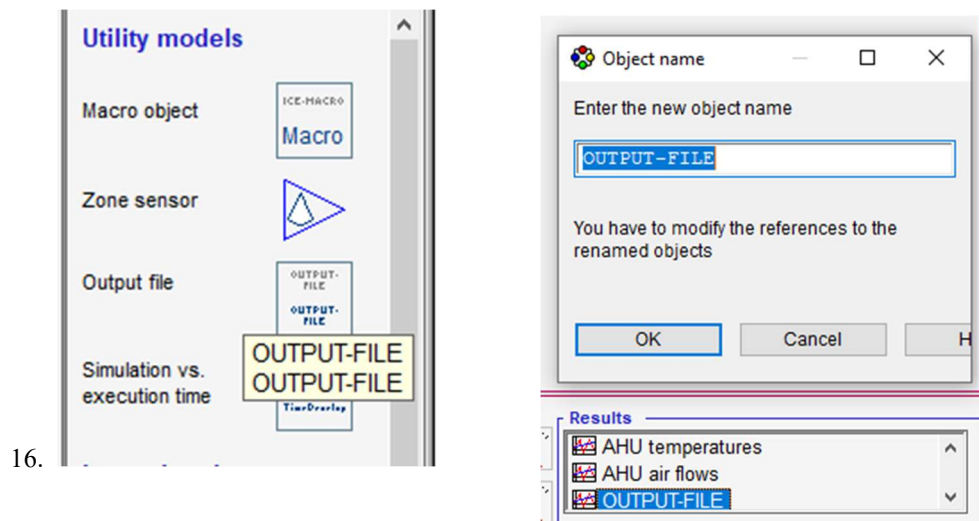
11. Sama protseduuri tuleb korrata ka soojus- ja jahutusenergia mõõturitega („EmeterHeat“ ja „EmeterCool“). Seda on vajalik teha selleks, et saaksime lahti ühendamata objektidest, mis võiksid põhjustada vea matemaatilise mudeli loomisel simulatsiooni jaoks. Samas võib ühenduste teostamisel teostada ka valiku „kasuta väärtust: 0“.
12. Neljast mõõturist jääb antud näite puhul alles ainult üks, mis on „EmeterFans“. Ventilaatorite elektritarbimist mõõtev „EmeterFans“ tuleks avada ja ühendada Inpower[1] ja [2] kahe ventilaatori QSUP muutujaga. QSUP muutuja näitab ventilaatori kasutatavat võimsust ja mõõtur arvutab nüüd ventilaatorite energiatarbimist simulatsiooni kestuse jooksul. Kirjeldatud elektriavesti seadistamine ventilaatorite elektritarbimise mõõtmiseks on toodud Joonis 16. Siinkohal tuleb mainida, et hoidla ventilatsiooniseadme loomise hilisemates etappides on vajalik siiski nii soojusenergiat, soojustagastuse käigus tagastatavat soojust kui ka jahutusenergiat eraldi mõõta ja seega võib soovi korral andurite kustutamise ja taasühendamise ka vahele jätta.





**Joonis 16. Sissepuhkeventilaatori elektritarbimise määrtamise seadistamine elektriarvestis.**

13. Järgnevalt tuleks teostada simulatsiooni töötamise kontroll. Selleks on mugav võimalus käivitada jahutuskoormuse simulatsioon ja kui simulatsioon tööle läheb, siis on teostatud ühendused suure tõenäosusega korrektselt teostatud.
14. Kui ventilatsiooniseade töötab matemaatilises mõttes, tuleks veenduda, et see töötab ka logides teavet, nagu õhu vooluhulk ja temperatuur. Sellised logid on hädavajalikud, et veenduda süsteemi toimimises. Kuna standardseadme kustutamisel kustutati kõik objektid, mille muutujad varasemalt logiti, pead tuleb need logid uuesti luua.
15. Andmete logimiseks tuleb „Utility“ vahelehel (vt Joonis 17 vasakul) valida väljundfaili objekt (Output file) ja nimetada see soovi korral ümber kasutades selleks parema hiireklõpsuga avatavat menüüd (vt Joonis 17 paremal). Objekt ilmub tulemuste nimekirja AHU skeemi paremas alanurgas.

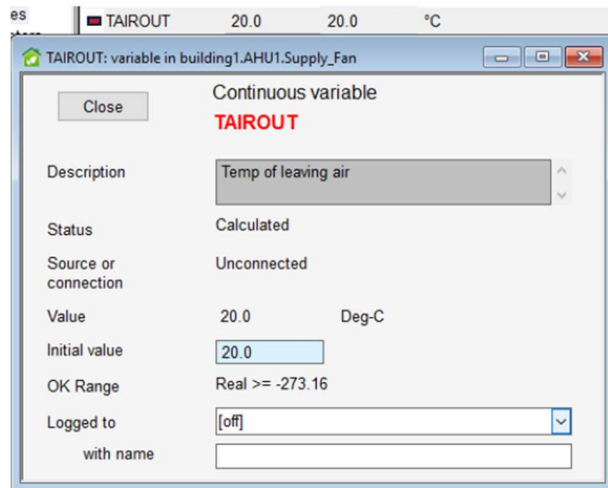


16.

**Joonis 17. Tulemuste faili valik „Utility“ menüüst (vasakul) ja andmete salvestama paneel (paremal).**

17. Avada topeltklõpsuga sissepuhkeventilaatori vaheleht (vt Joonis 18). Vasakult menüüst leiab ventilaatorite muutujate andmed. Järgmisena tuleb topeltklõpsuga avada muutuja „TAIROUT“. Sellest menüüst saab muutuja arväärtuseid logida varasemalt lisatud tulemuste väljundfaili.



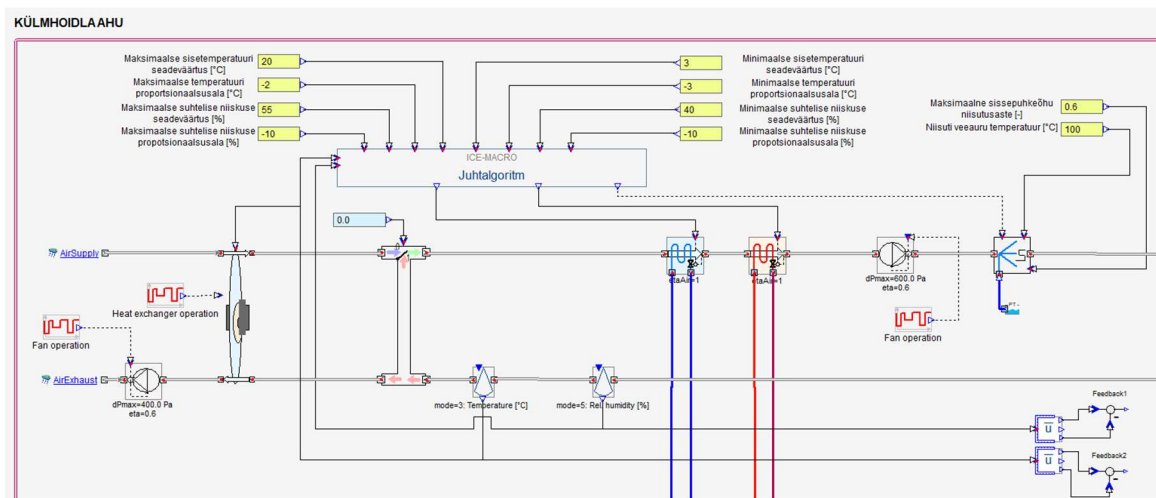


Joonis 18. Andmete salvestama panek.

18. Logi ka „VOLFLOW“ muutuja ja käivita simulatsioon, et näha, kas need töötavad.
19. Kui on soov antud ventilatsiooniseadet (AHU) ka teistes mudelites kasutada, paremklopsa sellel ja vali „salvesta paletti“.

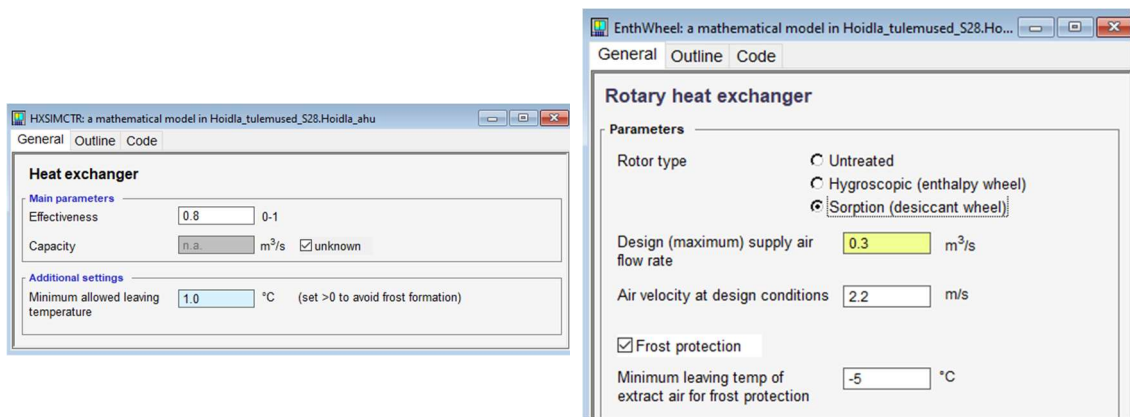
### 2.1.2 Üldhoidla õhutöötlusseadme koostamine

Eelnenud peatükis vaatlesime õhutöötlusseadme koostamise alusprintsipi ja alustasime esimeste seadme komponentide lisamisega. Järgnevalt lisame hoidla ventilatsiooniseadmele juba kõik vajalikud komponendid, mida vastava õhutöötlusprotsessi puhul tarvis läheb. Õhutöötlusseadme lõplikul valmimisel peaks vastava seadme kuva simulatsioonimudelil olema analoogne Joonis 19 toodule.



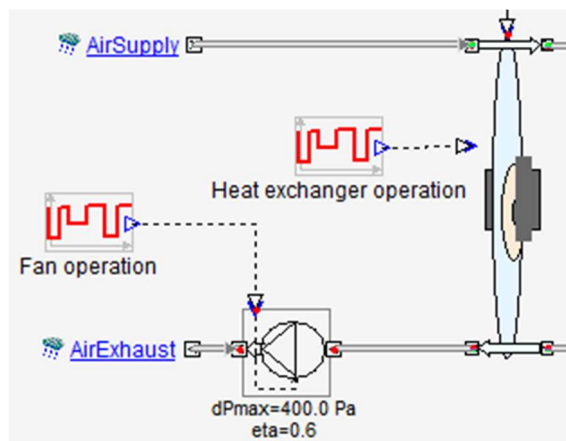
Joonis 19. Üldhoidla konditsioneerimissüsteemi mudel.

1. Seadme koostamise esimeses faasis lisame hoidla õhutöötlusseadmele vasakul paiknevat „Ahu“ paletist välisõhu õhuvahetuse tagamiseks soojustagasti. Soojustagasti valik sõltub sellest, kas tegu on vaid ilmset soojust tagastava süsteemiga (vt Joonis 20 vasakul) või tagastatakse ka varjatud soojust (hügrokoopne või sorptsioon rootorsoojustagasti) (Joonis 20 paremal). Lisaks soojustagasti temperatuuri suhtarvule tuleb kindlasti määratleda ka soojustagasti minimaalne lubatud heitõhu temperatuur (Minimum allowed leaving temperature). Hügrokoopse ja sorptsioon tüüpi rootorsoojustagasti korral tuleb soojus- ja niiskustagastuse suhtarv määratleda nominaalse õhuvooluhulga ja õhu liikumise kiiruse defineerimisega.



Joonis 20. Soojustagasti tüübi valik: ainult ilmset soojust tagastav soojustagasti (vasakul) ja hügrokoopne rotorsoojustagasti (ilmne, hügrokoopne, sorptsioon) (paremal).

2. Pärast soojustagasti lisamist on kindlasti vajali lisada ka selle juhtalgoritm. Seda saab teha näiteks „kalendergraafiku“ alusel (vt Joonis 21). Selleks tuleks minna „Utility“ vahelehele ja luua kalendergraafiku objekt. Vaikimisi on kalendergraafiku seade ”Alati sees”.



Joonis 21. Soojustagasti ja selle tööloa juhtimise lisamine mudelisse.

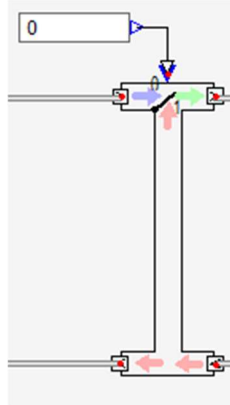
3. Soojustagasti temperatuuri- ja niiskustagastuse suhtarvude logimiseks tuleb vajadusel soojustagasti komponendi „HXSIMCTR“ või „Entalphy wheel“ muutujate aknast valida korrektsed soojustagasti efektiivsust kajastavad parameetrid (vt Joonis 22).

Name	Value	Start	Unit	Connected to	Logged to	Description
RH_EXHIN	0.4631		di...		[off]	Relative humidity of entering exhaust air to th...
RH_SUPIN	0.835		di...		[off]	Relative humidity of entering supply air to the ...
RH_SUPOUT	0.5675		di...		[off]	Relative humidity of supply air outlet of the wh...
RH_EXHOUT	0.7001		di...		[off]	Relative humidity of leaving exhaust air of the ...
ETAS	0.7595		di...		Rotor	Supply side sensible effectiveness
ETAS_FROST	1.0		di...		[off]	Supply side required sensible effectiveness for ...
ETAS_TSET	1.0		di...		[off]	Supply side required sensible effectiveness for ...
ETAS_FSPD	0.7595		di...		[off]	Supply side required sensible effectiveness in ...
ETAW	0.8236		di...		Rotor	Supply side humidity effectiveness at capacity

Joonis 22. Hügrokoopse ja sorptsioonrootori temperatuuri- ja niiskustagastuse suhtarvude logimine.

4. Retsirkulatsiooniseksiooni lisamiseks süsteemi tuleb see valida vasakul paiknevast „Ahu“ menüüst. Juhendis toodud näites on retsirkulatsiooniseksiooni tüübiks valitud välise juhtsignaali alusel juhitud retsirkulatsiooniseksioon „Mixing box with external Control“ (vt Joonis 23). Teostatud simulatsioonid näitavad, et kõige otstarbekam on retsirkulatsiooniseksioon

kasutada aastaringsest konstantse väärtusega värsket õhu vooluhulka. Sellest lähtuvalt võib retsirkulatsiooniklapi asendit juhtida aastaringsest konstantse signaali alusel, mis tähendab, et mudelis peab klapi asend olema aastaringsest „0“. Seega on viidatud klapp kogu perioodi vältel „retsirkulatsiooni asendis“. See, et klapp on kogu aja „retsirkulatsiooni“ asendis ei tähenda aga seda, et retsirkulatsiooniõhku värsket õhku üldse ei segata. Värsket õhu koguse, mis on aastaringsest sama, saab kõige lihtsamini määratleda muutes segamissektsiooni parameetrite kuvast parameetri „MFRESHMIN“, väärtuse vastavaks soovitud värsket õhu vooluhulgale (vt Joonis 24). Kindlasti tuleb tähele panna, et parameetri „MFRESHMIN“, väärtus tuleb sisestada massivooluhulgana ja kasutades ühikut „kg/s“.



**Joonis 23. Retsirkulatsioonisektsiooni valik ja konstantse juhtsignaali määramine.**

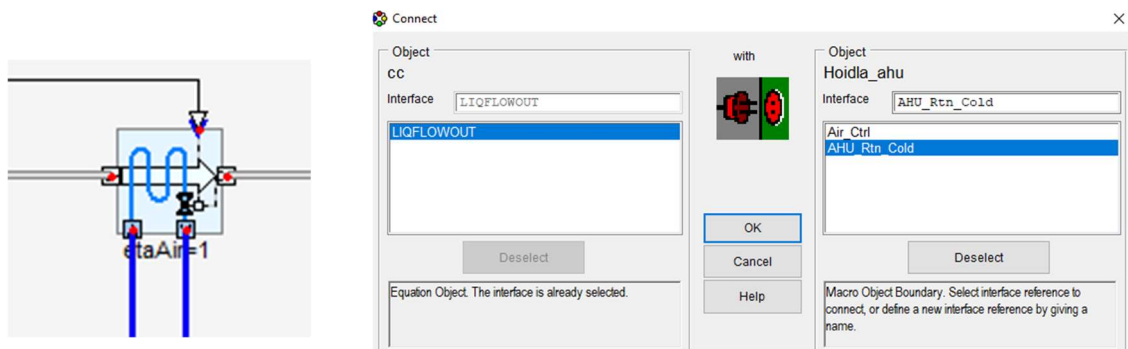
MIXBOX: a mathematical model in Hoidla\_tulemused\_S1.Hoidla\_ahu

General Outline Code

Name	Value	S.	Unit	C.	L.	Description
MFRESHPAR	-1.0		kg/s			Wanted fresh air massflow = MFreshPar*MFreshOn
MFRESHMIN	0.018		kg/s			Minimum wanted fresh air massflow
MFRESHMAX	1.0E9		kg/s			Maximum wanted fresh air massflow
TAU	30.0		di...			Time constant for switching Fresh air On / Off (sec)

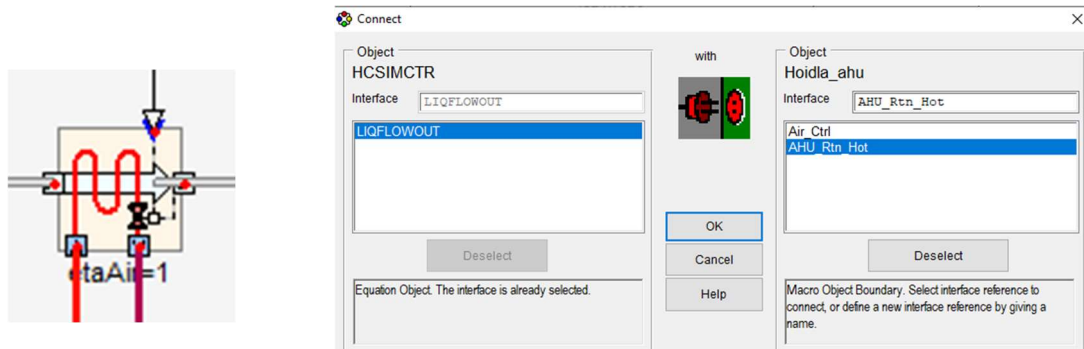
**Joonis 24. Värsket õhu massivooluhulga sisestamine retsirkulatsioonisektsiooni parameetrite menüüs.**

- Jahutuspatarei lisamiseks tuleb vasakul paiknevast „Ahu“ menüüst valida integreeritud segamissõlmega ja piiramatult võimsusega jahutuspatarei „Cooling coil, size free“ (vt Joonis 25 vasakul). Jahutuskandja torustiku ühendamiseks hoonemudeli jahutussõlmega tuleb nii patarei peale- kui ka tagasivoolutorustiku puhul teha vastavad ühendused. „AHU\_Rtn\_Cold“ objekti ühenduslink tuleb ühendada jahutuspatarei „LIQFLOWOUT“ lingiga (vt Joonis 25 paremal). Järgmisena tuleb ühendada „AHU\_Sup\_Cold“ objekti link jahutuspatarei „LIQFLOWIN“ ühendusega.



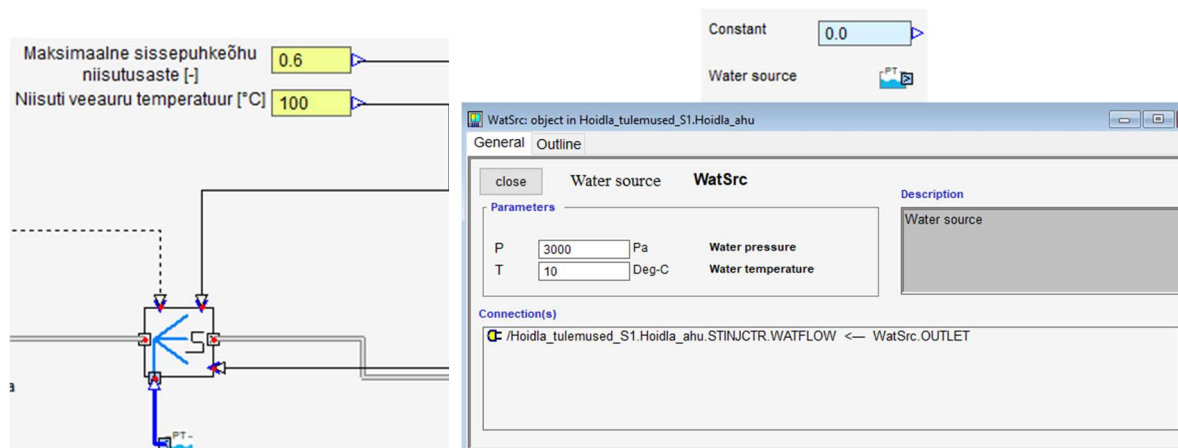
**Joonis 25. Jahutuspatarei lisamine hoidla õhutötlusseadmele (vasakul) ja näide jahutuskandja torustiku ühendusest mudeli jahutussõlmega (paremal).**

6. Küttekalorifeeri lisamiseks tuleb vasakul paiknevast „Ahu“ menüüst valida integreeritud segamissõlmega ja piiramatu võimsusega küttekalorifeer „Heating coil, size free“ (vt Joonis 26 vasakul). Küttekalorifeeri torustiku ühendamiseks hoonemudeli küttesõlmega tuleb nii kalorifeeri peale- kui ka tagasivoolutorustiku puhul teha vastavad ühendused. Esmalt ühendada AHU\_Rtn\_Hot“ objekti link küttekalorifeeri „LIQFLOWOUT“ lingiga (vt Joonis 26 paremal). Järgmisena tuleb teostada „AHU\_Sup\_Hot“ objekti ühendus jahutuspatarei „LIQFLOWIN“ lingiga.



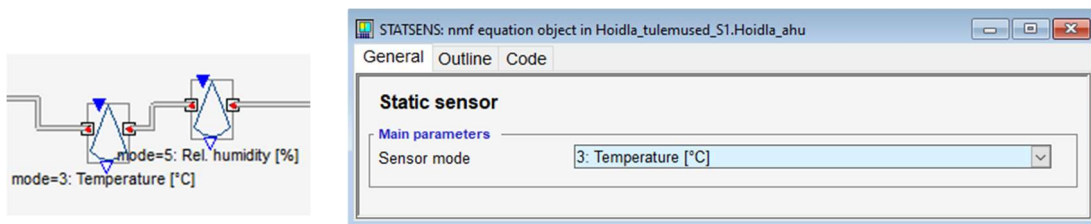
**Joonis 26. Küttekalorifeeri lisamine hoidla õhutõõtlusseadmele (vasakul) ja näide küttekandja torustiku ühendusest mudeli küttesõlmega (paremal).**

7. Aurniisuti lisamiseks tuleb vasakul paiknevast „Ahu“ menüüst valida aurniisuti nimetusega „Steam humidifier“ (vt Joonis 27 vasakul). Lisaks tuleb aurniisuti sisenditena ära määratleda maksimaalne sissepuhkeõhu niisutusaste („RHLINK“) ja niisuti düüsidest tuleva veeauru temperatuur (STEAMTEMP). Antud ühendused on käesolevas juhendis teostatud vasakus „Utility“ menüüs oleva konstandi (CONSTANT) abil. Niisuti külma vee ühenduse loomiseks on vajalik kasutada vasakul paiknevast „Utility“ menüüst komponenti „Water source“. Veesisendi komponendis määratleda süsteemi algpunkti kogurõhk ja sisendvee temperatuur (vt Joonis 27 paremal).



**Joonis 27. Aurniisuti lisamine õhutõõtlemissaadmele (vasakul) ja aurniisuti parameetrite muutmine (paremal).**

20. Erinevate õhu parameetrite mõõtmiseks tuleb vasakul paiknevast „Ahu“ menüüst valida andur (STATSENS). Klõkkides sensori ikoonil on võimalik avanevas aknas muuta selle mõõterežiimi (vt Joonis 28 paremal). Kõige lihtsamal käsitluses on üldhoidla simuleerimisel vajalik mõõta väljatõmbeõhu temperatuuri ja suhtelist niiskust. Selleks tuleb süsteemi valida kaks sensorit, mille puhul üks töötab temperatuuri mõõtmise režiimis ja teine on seadistatud suhtelise niiskuse mõõtmise režiimi (vt Joonis 28 vasakul).

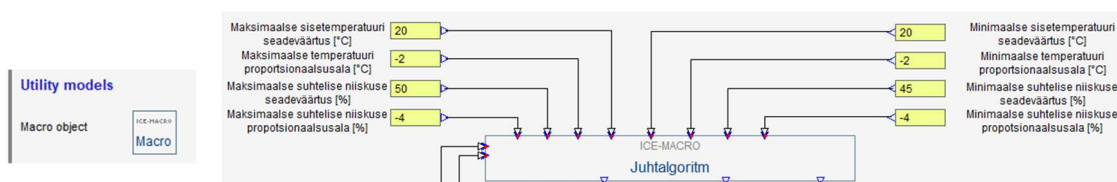


**Joonis 28. Andurite lisamine (vasakul) ja anduri mõõtmisrežiimi valik (paremal).**

### 2.1.3 Ventilatsiooniseadme juhtimisalgoritm

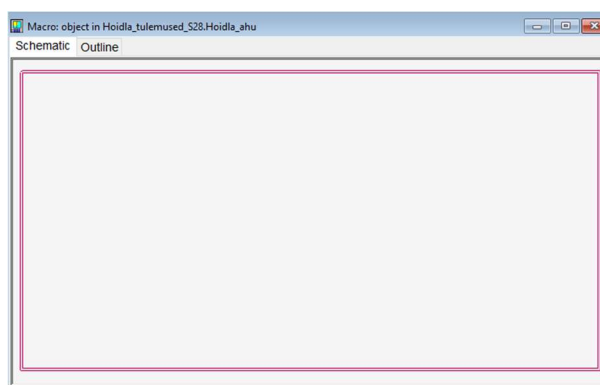
Juhendmaterjal käsitleb selguse mõttes õhutöötlusprotsessi juhtimisalgoritmi eraldi IDA ICE makro „Macro“ objektina. Praktikas võib seadme juhtimislahenduse teostada ka ilma makro objekti kasutamata. Õhutöötlusseadme juhtimisalgoritmi kokkupanekuks ja seadistamiseks on vajalik teostada järgmised sammud:

1. IDA ICE makro objekti saab lisada vasakpoolsest „Utility“ menüüst. Makro objekt tuleb hiirega lohistada hoidla õhutöötlusseadme mudelisse (vt Joonis 29).



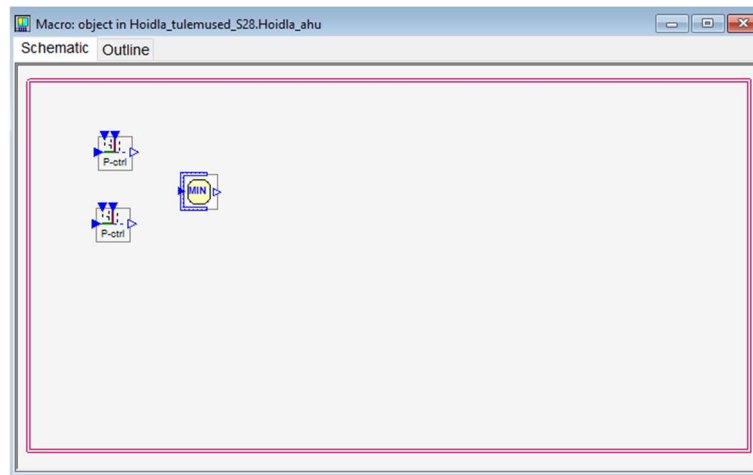
**Joonis 29. Makro objekti lisamine mudelisse (vasakul) ja näidislahenduse juhtimismakro koos sisenditeks olevate seadeväärtuste ja makro väljunditega (paremal).**

2. Järgmisena tuleks tühi makro objekt hiireklikiga avada (vt Joonis 30) ja hakata sellesse õhutöötlusseadme juhtalgoritmi ülsse ehitama.



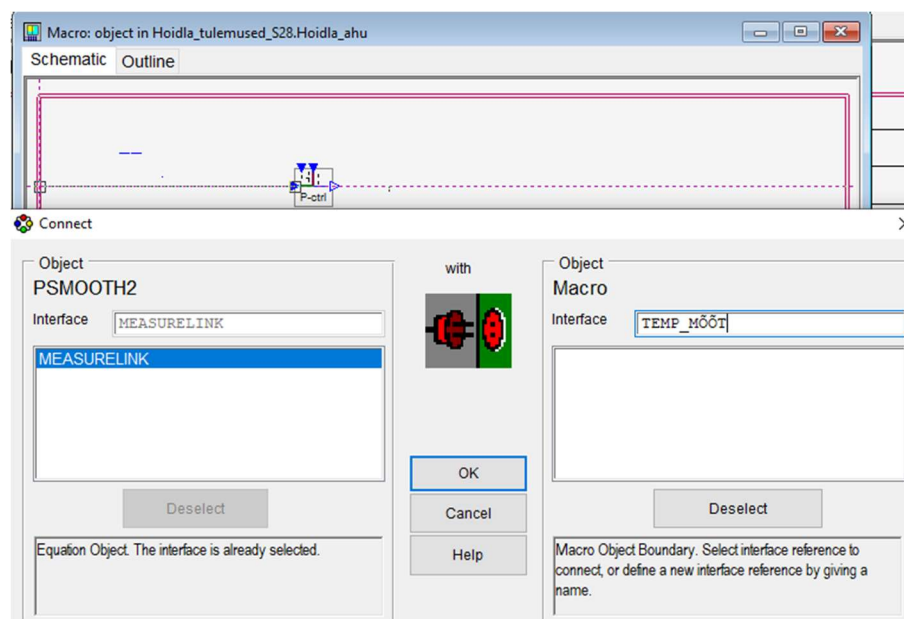
**Joonis 30. Avatud tühi makro objekt**

3. Jahutuspatarei juhtimiseks lisame vasakpoolsest „Control“ menüüst makrosse hiirega lohistamise teel 2 proportsionaalset regulaatorit (PSMOOTH2) ja erinevatest sisendsignaalidest minimaalset/maksimaalset väärtust väljundina valiva loogikaelemendi (MINMAXD) (vt Joonis 31).



**Joonis 31. Jahutuspatarei juhtimiseks makrosse lisatud komponendid.**

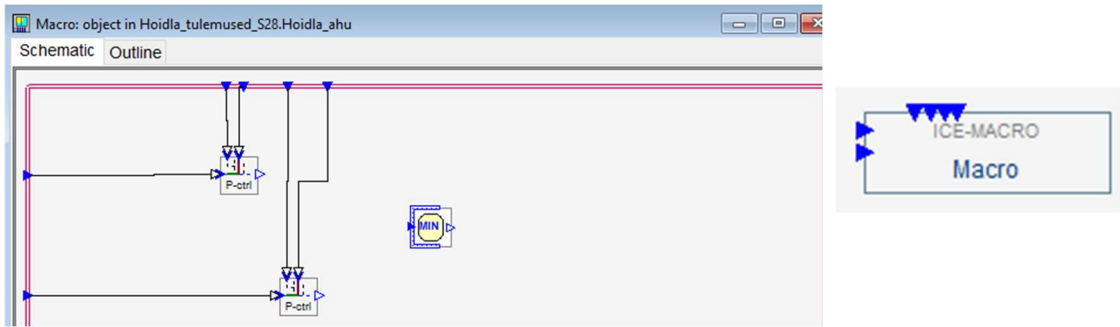
4. Järgmisena on jahutuspatarei juhtalgoritmi viimistlemisel vajalik luua makro objektile vajalikud sisendid ja väljundid. Selleks kasutame vasakpoolset hiire nuppu ja loome selle abil proportsionaalse regulaatori temperatuurisisendi ja makro sisendi vahelise ühenduse. Selle protsessi käigus tekib automaatselt ka väline makro elemendi ühenduslink, kuhu saame hiljem ühendada vajaliku sisendsignaali. Joonis 32 toodud näites on makro objekti temperatuurisisendile antud uus nimetus „TEMP\_MÕÖT“. Lõplikult saab viidatud ühenduse loomine teostatud kui muljuda Joonis 32 toodud ühenduse loomise aknas „OK“ nupule.



**Joonis 32. Proportsionaalse regulaatori ja temperatuurimõõtmise sisendi vahelise ühenduse loomine makro objektis.**

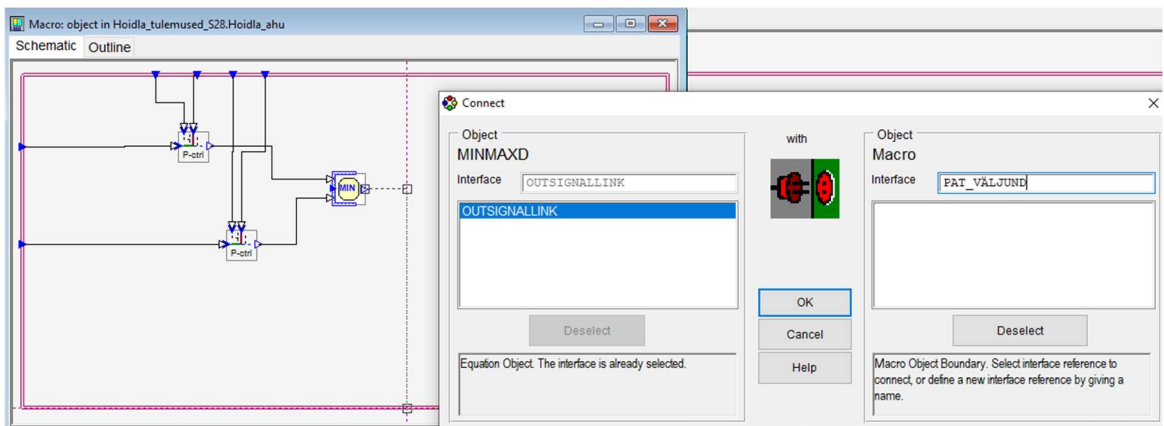
5. Jätkates eelmises punktis toodud juhendi kohast tegevust, tuleb analoogselt luua lisaks temperatuurühendusele ka ühendus suhtelise niiskuse mõõtmise sisendiks ning samuti ühendused proportsionaalsete regulaatorite temperatuuri ja suhtelise niiskuse seadeväärtusete ja proportsionaalsusalade tarvis. Pärast viidatud tegevuste sooritamist on makro objektile loodud jahutuse algoritmi toimimiseks vajalikud sisendide ühendused ja makro avamisel kuvatakse Joonis 33 toodud vaateid.





**Joonis 33. Jahutuspatarei makro juhtimisalgoritmi ülesehitus pärast proportsionaalsete kontrolleri teostamist (vasakul) ja vastav makro välisilme Ahu mudelis (paremal).**

- Jahutuspatarei juhtalgoritmi viimistlemiseks peame teostama ühendused proportsionaalsete regulaatorite ja regulaatorite minimaalset väljundsignaali valiva (MIN) loogikaelemendi vahel. Samuti peame looma makro elemendile jahutuspatarei juhtimiseks vasava väljundi, mis lähtub (MIN) loogikaelemendist (vt Joonis 34).



**Joonis 34. Makro elemendile jahutuspatarei temperatuuri juhtsignaali väljundi loomine.**

- Järgmisena on vajalik teostada jahutuspatarei juhtalgoritmi temperatuuri ja suhtelise niiskuse regulaatorite parameetrite lõppseadistamine. Kuna käesolevas juhendmaterjalis kasutati jahutuspatareina integreeritud segamissõlmega lahendust, siis on vajalik jahutuspatarei võimsuse juhtimiseks sellele anda sisendsignaalina antud ajahetkel vajalik sisendtemperatuur. Sellest lähtuvalt anname nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse regulaatorile maksimaalseks väljundtemperatuuri väärtuseks näiteks 21 °C ja minimaalseks temperatuuri väärtuseks näiteks 13 °C (vt Joonis 35). Mudeldamisel tuleb arvesse võtta asjaolu, et näitena toodud maksimaalsed ja minimaalsed regulaatorite väljundväärtused võivad vastavalt hoone ja selle tehnosüsteemide tehnilistele näitajatele varieeruda ning seega võib olla vajalik olenevalt hoone näitajatest neid väärtuseid muuta.

PSMOOTH3: a mathematical model in Hoidla_tulemused_S28.Hoidla_ahu.Juhtalgoritm							
General Outline Code							
	Name	Value	S.	U.	C.	L.	Description
	HILIMIT	21.0					High limit for OutSignal
	LOLIMIT	13.0					Low limit for OutSignal
	TAU	0.0					Time contant on insignal
	CONV_UNIT	1.0		d.			Unit conversion factor for sens...

**Joonis 35. Jahutuspatarei temperatuuri ja suhtelise niiskuse regulaatori parameetrite sisestamine.**

8. Analoogselt jahutuspatarei juhtalgoritmi koostamisele IDA ICE makro objektis tuleb teostada samalaadne tegevus ka küttekalorifeeri juhtimiseks. Seega tuleb kalorifeeri võimsusväljastuse juhtimiseks koostada Joonis 34 toodud juhtimisalgoritmile analoogne skeem. Peamine erinevus võrreldes jahutuspatarei võimsusväljastuse juhtimisega seisneb MIN funktsioonis loogikaelemendi asendamises „MAX“ funktsioonis elemendiga. Seda saab teostada muutes elemendi „MINMAXD“ vasakus menüüs oleva „Parameters“ valiku all parameetri „Selector“ väärtuse „0“ asemel „1“ (vt Joonis 36).

Name	Value	S..	Unit	C.	L..	Description
N_IN	2		ite...			number of input links
SELECTOR	1.0					0=Min , 1 = Max
TAU	30.0		s			Time constant

**Joonis 36. Logikaelemendi (MINMAXD) „SELECTOR“ parameetri muutmine.**

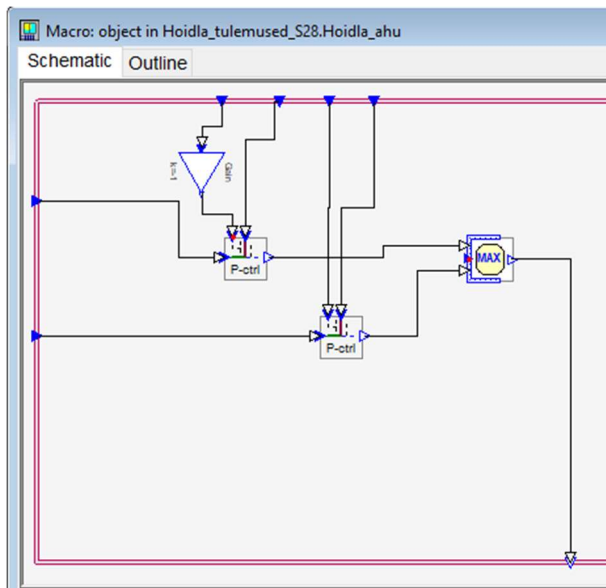
9. Ka küttekalorifeeri puhul oleme juhendmaterjali valinud integreeritud segamissõlmega variandi, mille sisendsignaalina on vajalik kasutada temperatuuri sisendväärtust. Sellest lähtuvalt tuleb nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse regulaatoris määratleda regulaatori väljundtemperatuuri minimaalne ja maksimaalne tase (vt Joonis 37). Juhendmaterjali koostamisel aluseks olnud üldhoidla puhul oli sobilik maksimaalne kalorifeeri järgne sissepuhkeõhu temperatuur 30 °C ja minimaalne temperatuur 5 °C.

Name	Value	S	U.	C..	L...	Description
HILIMIT	30.0					High limit for OutSignal
LOLIMIT	5.0					Low limit for OutSignal
TAU	0.0					Time contant on insignal
CONV_UNIT	1.0		d..			Unit conversion factor for sensed signal

**Joonis 37. Küttekalorifeeri temperatuuri ja suhtelise niiskuse regulaatori parameetrite sisestamine.**

10. Küttekalorifeeri juhtalgoritm peaks makro objektina välja nägema analoogne Joonis 38 vasakul toodule. Joonis 38 toodud küttekalorifeeri juhtalgoritmi eripära võrreldes jahutuspatarei juhtimis põhimõttega seisneb suhtelise niiskuse regulaatori proportsionaalsusala puhul sisendsignaali pöördväärtuse andmises „Gain“ elemendiga (vt Joonis 38 paremal). Propotsionaalsusala väärtus viiakse siin pöördväärtuse kujule seetõttu, et kasutada sama propotsionaalsusala sisendväärtust, mida kasutati ka jahutuspatarei puhul. Kahe regulaatori reguleerimis põhimõte on erinev aga seetõttu, et jahutuspatarei puhul muudab proportsionaalsusala ees olev miinusmärk protsessi jahutusprotsessile suunale vastavaks. Juhendis toodu näite puhul, kus jahutuspatarei suhtelise niiskuse seadeväärtus on 55% ja proportsionaalsusala on -10%, antakse jahutuspatareile minimaalse temperatuuri seadeväärtus (13 °C) juhul, kui mõõdetud suhtelise niiskuse tase jõuab väärtusele 60%. Kui mõõdetud suhtelise niiskuse tase on allapool proportsionaalsusala alampiiri (antud näite puhul 50%), siis annab regulaator jahutuspatareile sisendsignaali temperatuuriväärtuse 21 °C. Minimaalse ja maksimaalse proportsionaalsusala väärtuste vahele jäävate mõõdetud suhtelise niiskuse väärtuste puhul juhitakse väljundsignaali väärtust lineaarselt regulaatorisse sisestatud minimaalse ja maksimaalse väljundväärtuse vahel. Küttekalorifeeri puhul on juhendis toodu näite korral, kus küttekalorifeeri suhtelise niiskuse seadeväärtus on 55% ja proportsionaalsusala +10%, küttekalorifeeri maksimaalse temperatuuri seadeväärtus (30 °C) juhul, kui mõõdetud suhtelise niiskuse tase jõuab väärtusele 60%.



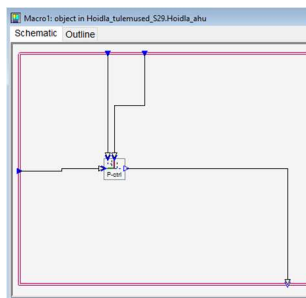


Gain: equation object in Hoidla\_tulemused\_S28.Hoidla\_ahu.Macro

Name	Value
k	-1.0

**Joonis 38. Küttekalorifeeri makro juhtimisalgoritm (vasakul) ja vastandväärtuse „Gain“ elemendi parameetrite muutmine (paremal).**

11. Aurniisuti juhtimisalgoritm on eraldi välja toodud Joonis 39 vasakul. Aurniisuti juhtimine toimub sisendväärtuste 0–1 alusel, kus 1 tähistab sisendväärtust 10% maksimaalsest (arvutuslikust) väärtusest. Joonis 39 paremal on eraldi kajastatud ka aurniisuti regulaatori minimaalse (LOLIMIT) ja maksimaalse (HILIMIT) väljundsignaali parameetri määramine aurniisuti parameetrite aknas.

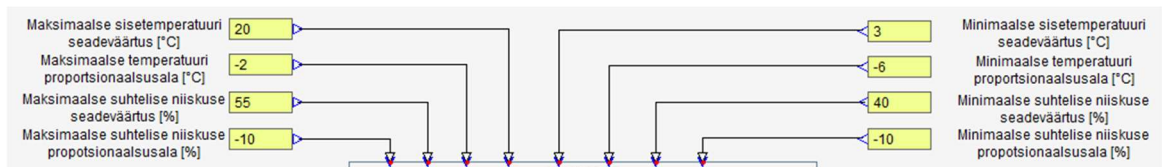


PICONTR1: a mathematical model in Hoidla\_tulemused\_S29.Hoidla\_ahu.Juhtalgoritm

Name	Value	S	U...	C...	L...	Description
HILIMIT	1.0					High limit for OutSignal
LOLIMIT	0.0					Low limit for OutSignal
TAU	0.0					Time contant on insignal
CONV_UNIT	1.0		d...			Unit conversion factor for sens...

**Joonis 39. Aurniisuti makro juhtimisalgoritm (vasakul) ja niisuti regulaatori väljundparameetrite sisestamine (paremal).**

12. Õhutootlusseadme sisendparameetrid on määratletud seadme (AHU) mudelis (vt Joonis 40) kasutades selleks vasakpoolsest menüüst „Utility“ aknast konstandi (Const) lisamise funktsiooni. Üldhoidla seadme puhul määratleme esmalt maksimaalse sisetemperatuuri seadeväärtuse (20 °C) ja maksimaalse sisetemperatuuri proportsionaalsusala (-2 °C). Järgmisena saame mudelisse lisada maksimaalse suhtelise niiskuse seadeväärtuse (55%) koos maksimaalse suhtelise niiskuse proportsionaalsusalaga (-10%). Eraldi on vajalik määratleda ka minimaalse sisetemperatuuri seadeväärtus (3 °C) koos minimaalse sisetemperatuuri proportsionaalsusalaga (-6 °C). Samuti on tarvilik õhutootlusseadme mudelis määrata ka minimaalne suhtelise niiskuse seadeväärtus (40%) ja minimaalne suhtelise niiskuse proportsionaalsusala (-10%). Juhendis kajastatud parameetrite väärtused on vaid näiteks ja konkreetse hoone ja õhutootlusseadme mudeli korral võib olla vajalik kasutada teisi lähteparameetreid.

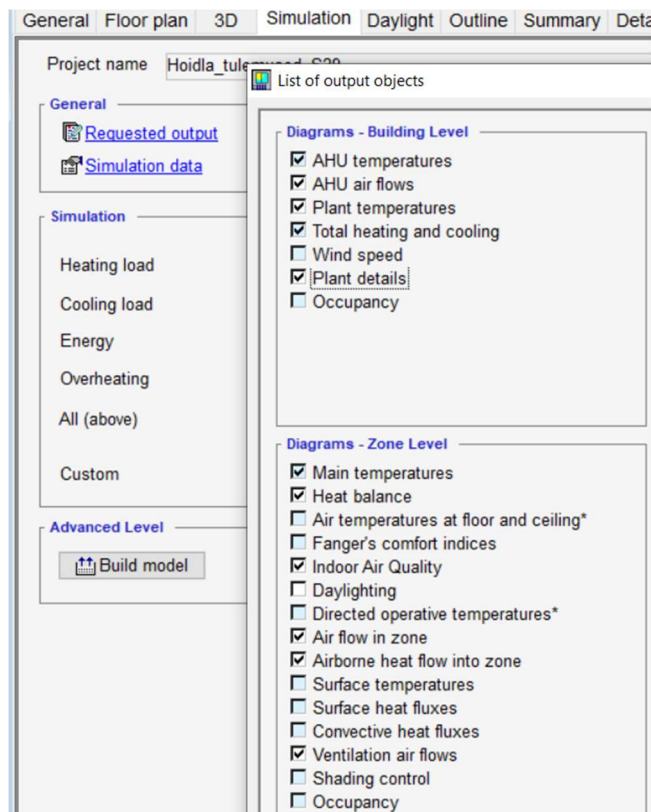


**Joonis 40. Õhutöötlusseadme sisendparameetrite määramine.**

### 2.1.4 Mudeli ettevalmistamine simulatsiooni teostamiseks

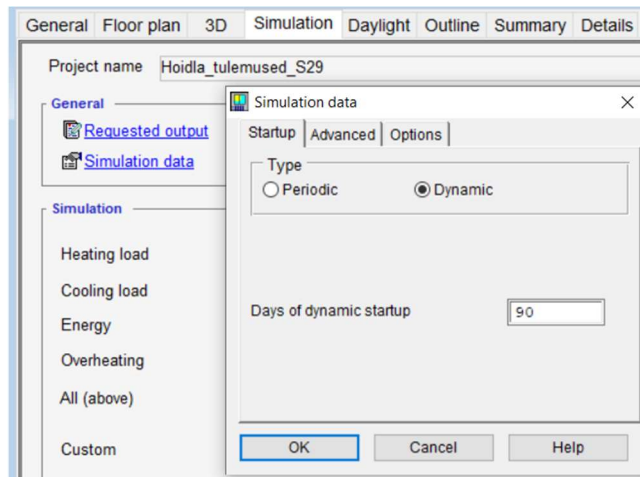
Kui geometrilise mudeli kõik parameetrid on paigas ning teostatud ka antud juhendile vastav või analoogne õhutöötlusseadme mudel, tuleks järgmisena teostada mudeli ette valmistamine simulatsioonide teostamiseks. Mudeli ettevalmistava faasi peamised etapid võiksid olla järgmised:

1. Õhutöötlusseadme mudelis tuleks kõik vajalikud temperatuuri, suhtelise niiskuse, õhuvooluhulga jne parameetrid panna andmeid logima.
2. Selleks, et simuleerimisel salvestataks ka suhtelise niiskuse tase, tuleks simuleerimise vahelehel avada lingilt „Requested output“ simulatsioonitulemuste valiku aken. Selles aknas tuleks teha valik „Indoor Air Quality“ tulemuste salvestamiseks (vt Joonis 41).



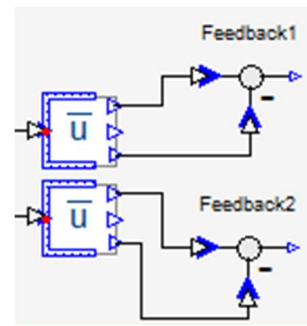
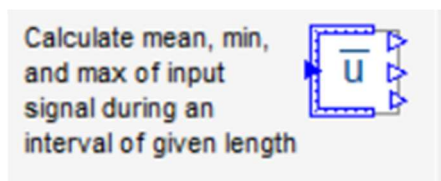
**Joonis 41. Suhtelise niiskuse tulemuste salvestamise võimaldamine erinevates simulatsioonimudeli tsoonides.**

3. Selleks, et üldhoidla kui otsese küttevajaduseta ruumi, soojusbilanss oleks simulatsiooni algfaasis võimalikult täpne, on otstarbekas täpsustada simulatsiooni eelfaasi perioodi pikkus. Seda saab teha avades simuleerimise vahelehel lingilt „Simulation Data“ erinevate simuleerimise parameetrite valiku aken ning valiku „Dynamic simulation“ puhul sisestada simulatsiooni eelfaasi pikkuseks vähemalt 90 päeva (vt Joonis 42).



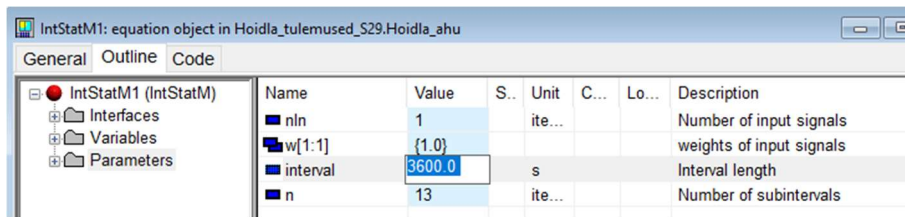
**Joonis 42. Simulatsiooni eelfaasi parameetrite määramine.**

4. Temperatuuri ja suhtelise niiskuse varieerumise nõuete kontrolliks on õhutöötlusseadme mudelis vajalik kokku panna vastav salvestusalgoritm (vt Joonis 43). Salvestusalgoritmi tegemiseks tuleb hoidla õhutöötlusseadme mudelis valida vasakul paiknevast „Utility“ menüüst signaali keskmist, minimaalset ja maksimaalset väärtust monitooriv järeltöötluse komponent „InStatM“ (vt Joonis 43 vasakul). Vastavat järeltöötluse komponenti on vaja nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse varieerumise mõõtmiseks. Viidatud järeltöötluse komponendid „InStatM“ tuleb ühendada hoidla õhutöötlusseadme mudelis olevate temperatuuri ja suhtelise niiskuse anduritega.
5. Järgmisena tuleb temperatuuri ja suhtelise niiskuse varieerumise nõuete kontrolliks valida hoidla õhutöötlusseadme mudelisse vasakul paiknevast „Math“ menüüst kahe signaali vahet näitav komponent „Feedback“ (vt Joonis 43 paremal). Kuna kontrollida on vaja nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse varieerumist, siis tuleb mainitud komponente süsteemi valida kaks tükki.
6. Järgmisena tuleb valitud „InStatM“ ja „Feedback“ komponendid omavahel nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse varieerumise mõõtmise tarvis ühendada. Komponenti „InStatM“ kõige ülemine väljund näitab määratletud pikkusega perioodil signaali maksimaalset taset ja see tuleb ühendada „Feedback“ komponendi „+“ poolele. „InStatM“ komponendi kõige alumine väljund näitab määratletud pikkusega perioodil signaali minimaalset taset ja see tuleb ühendada „Feedback“ „-“ poolele. Sama tegevust tuleb korrata nii suhtelise niiskuse kui ka temperatuuri varieerumise mõõtmisahela puhul.

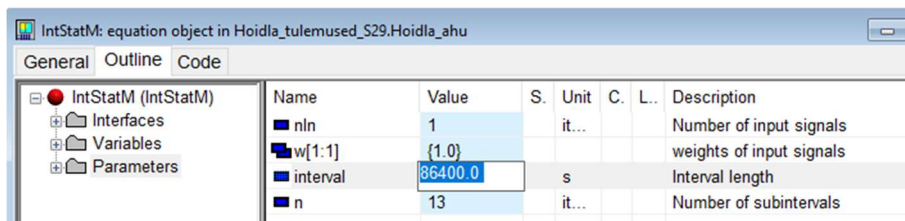


**Joonis 43. Signaali järeltöötluskomponent „InStatM“ (vasakul) ning salvestusalgoritm temperatuuri ja suhtelise niiskuse varieerumise nõuete kontrolliks (paremal).**

7. Komponenti „InStatM“ analüüsitava perioodi pikkus tuleb määratleda tehes komponendil topeltkliki ja minnes vasakult aknast parameetrite menüüsse. Parameetrite menüüs tuleb sisestada perioodi pikkus (intervall length) sekundites. Vastavalt lähteülesandele on temperatuuri varieerumist vajalik analüüsida 1 h ehk 3600 s pikkuse perioodi vältel (vt Joonis 44) ja suhtelise niiskuse varieerumist vastavalt 24 h ehk 86400 s pikkuse perioodi vältel (vt Joonis 45).

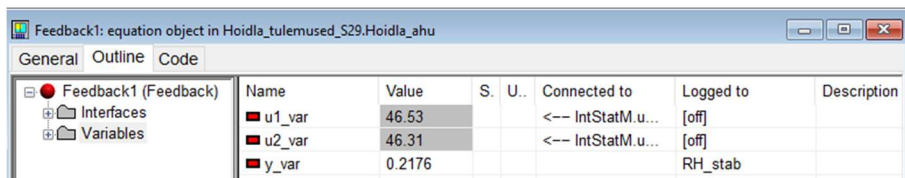


**Joonis 44. Temperatuuri varieerumise perioodi pikkuse sisestamine komponendi „InStatM“ parameetrite menüüs.**



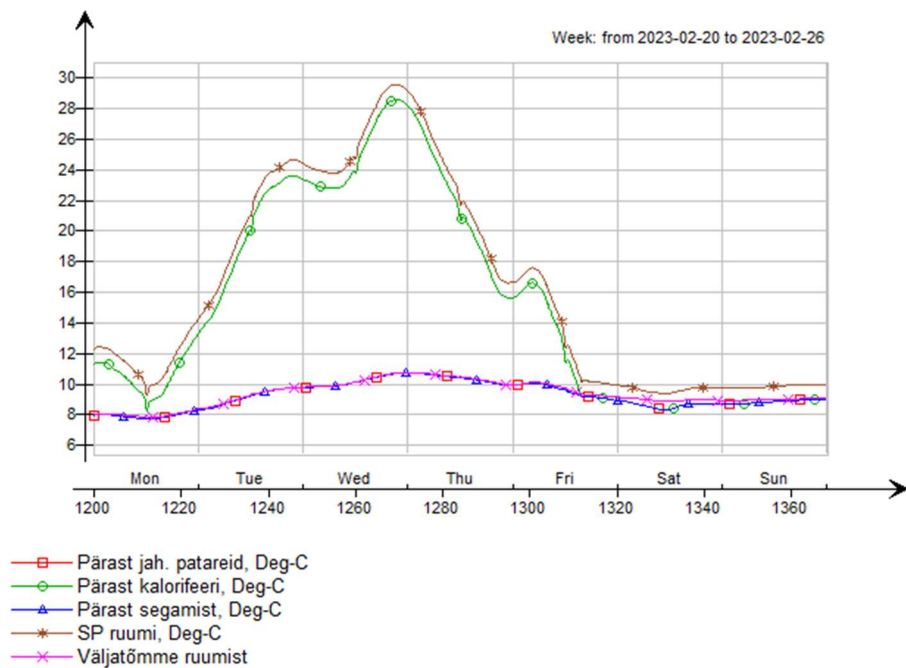
**Joonis 45. Suhtelise niiskuse varieerumise perioodi pikkuse sisestamine komponendi „InStatM“ parameetrite menüüs.**

8. Temperatuuri ja suhtelise niiskuse varieerumist mõõtev salvestusalgoritm on varasemalt kirjeldatud tegevustega loodud, kuid selleks, et soovitud tulemusi ka programmis kuvama hakataks, on vajalik soovitud muutujaid salvestada. Eelmistes punktides sisestatud pikkustega perioodide temperatuuri ja suhtelise niiskuse varieerumist saame salvestada „Feedback“ komponendile klikkides ning valides akna vasakpoolsest menüüst muutujate „Variables“ detailsed andmed. Muutuja nimi, mis tuleb nii temperatuuri kui ka suhtelise niiskuse varieerumise mõõtmisahelate puhul salvestama panna, on „y\_var“. Andmed on mugav salvestada varasemalt õhutootlusseadme alla eraldi parameetrite varieerumise mõõtmiseks loodud tulemuste faili (Output Fail). Näiteks Joonis 46 on kajastatud suhtelise niiskuse taseme salvestamist varasemalt loodud tulemust faili nimega „RH\_stab“.

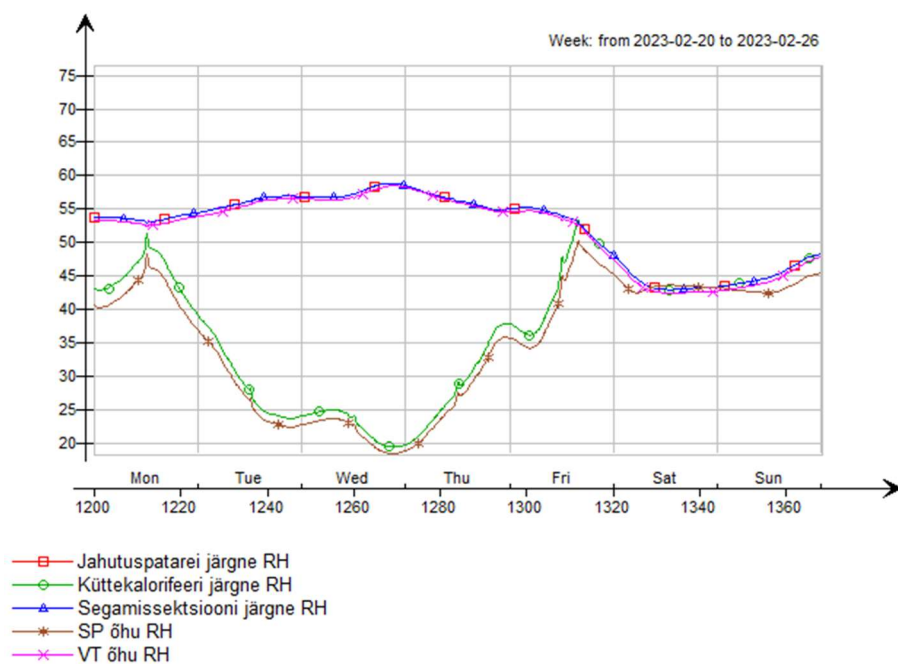


**Joonis 46. „Feedback“ komponendi muutuja „y\_var“ salvestama paneku näide.**

9. Kindlasti tasub tulemuste analüüsimisel panna salvestama ka hoidla õhutootlusseadme erinevate punktide temperatuuri ja suhtelise niiskuse parameetrid (temperatuur ja suhteline niiskus enne ja pärast seadme retsirkulatsioonisektsiooni, jahutuspatareid, küttekalorifeeri ja värsket õhu seadmes olevat soojustagastit). Selleks tuleb juhendis varasemalt kirjeldatud viisil õhutootlusseadme vahelehele luua sobivad tulemuste failid (Output Fail). Tulemuste failid võib moodustada erinevate põhimõtete alusel, kuid kindlasti tasub ühte faili salvestada sarnase y-telje skaala väärtusega tulemused. Joonis 47 on toodud ringlusõhu seadme kõigi peamiste komponentide nädalapikkuse perioodi temperatuuri salvestamise näide ja Joonis 48 on kajastatud ringlusõhu seadme kõigi peamiste komponentide nädalapikkuse perioodi suhtelise niiskuse salvestamise näide.



**Joonis 47. Hoidla ringlusõhu nädalapikkuse perioodi õhutöötlusseadme temperatuuride salvestamise näide.**



**Joonis 48. Hoidla ringlusõhu nädalapikkuse perioodi õhutöötlusseadme suhtelise niiskuse tasemete salvestamise näide.**