

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2025

Juuso Korvela

Kanaviston massalaskentatyökalu

– Hinnoittelua varten



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2025 | 24 sivua

Juuso Korvela

Kanaviston massalaskentatyökalu

- Hinnoittelua varten

Tämä opinnäytetyö on tehty TM System Finland Oy:lle. Opinnäytetyön aiheena oli tuottaa laskentatyökalu kanavistojen massoille. Työssä tärkeänä osana oli kanavistojen standardointi. Työn tavoitteena oli selvittää ja toteuttaa tarkka ja varma tapa erilaisten kanavatyypin massojen laskentaan ja niiden hallintaan.

Työn valmistuksessa käytettiin apuvälineinä yrityksen menneiden projektien datatietoja, teoretietoja eri kanavistojen prosesseista, sekä keskusteluja asiantuntijoiden kanssa. Massojen laskennassa käytettiin apuna suunnitteluohjelmistoja, sekä matematiikkaa geometrinen kanavakappaleiden massojen laskemiseen. Työssä perehdyttiin syvästi yrityksen kanavastandardeihin ja laskentatyökalu toteutettiin toimimaan niiden ohjauksen alaisesti.

Työ hyödyttää yritystä yleisellä kanavien standardoinnilla, jolloin kaikki yritykseen kuuluvat osastot toimivat samojen sääntöjen ohjeistuksilla. Työkalun toiminta nopeuttaa projektien myyntivaiheen toteutumista huomattavasti ja vähentää eroavaisuuksia myyntityötä tekevien henkilöiden välillä. Tämä tehostaa ja helpottaa koko projektin läpivientiä ja loppuun viemistä.

Asiasanat:

Kanavisto, standardointi, modulointi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2025 | Total number of pages 24

Juuso Korvela

Mass calculation tool for ducting systems

- For pricing

This thesis was commissioned by TM System Finland Oy. The objective of the thesis was to produce a calculation tool for masses of ducts. An important part of the thesis was standardization of ducts. The goal was to find and implement an accurate and reliable way to calculate and manage the masses of different duct types.

The thesis was prepared using data from the company's past projects theoretical information about the processes of different ducts and discussions with experts. Design software and mathematics for calculating the masses of geometric duct pieces were used to calculate the masses. The company's duct standards were studied in detail and the calculation tool was implemented to operate under their control.

The thesis benefits the company with general duct standardization, whereby all departments in the company operate with the same rules and instructions. The tool's operation speeds up the implementation of the sales phase of projects considerably and reduces differences between different sales members. This makes the entire project more efficient and easier to complete.

Keywords:

Ducting, standardization, modulation

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Kanavisto	8
2.1 Hitsattu kanava	8
2.2 Kierresaumakanava	9
2.3 Kiinnikkeet ja kannatukset	9
3 Prosessit yleisesti	12
3.1 Viiraosa ja viiraosan poisto	12
3.2 Pulpperi ja pulpperin poisto	12
3.3 Ajettavuuslaatikot	13
3.4 Huuvan korvausilma	14
3.5 Huuvan poistoilma	15
3.6 Konesalin korvausilma	16
3.7 Konesalin poistoilma	17
3.8 Trimvac	18
4 Työkalun toteutus	19
4.1 Lähtökohta	19
4.2 Toteutuksen aputyökalut	19
4.3 Makrot	20
4.4 Tulokset	20
5 Päätelmä	22
Lähteet	23

Kuvat

Kuva 1. Kanavan valintaprosessi.	8
Kuva 2. Hitsattua kanavaa (TM Systems n.d. c).	9
Kuva 3. Kanavan kannakointi kierretangoilla (IVAeris Oy 2024).	10
Kuva 4. Kanava panta (LVI-tavara n.d.).	11
Kuva 5. Ajettavuuslaatikoita yksiviiraviennissä (Karlsson 2009, 510).	13
Kuva 6. Stabiloivia taskutuuletuslaatikoita kaksiviiraviennissä (Karlsson 2009, 510).	14
Kuva 7. Kaksiviiraviennin taskutuuletus (TM Systems n.d. m).	15
Kuva 8. Konesalin ilmanvaihto (TM Systems n.d. r).	16
Kuva 9. Huuvan korvausilma ja huuvan poistoilmakanavisto (Karlsson 2009, 440).	17

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehtiin selvityksenä TM System Finland Oy:n myyntiosaston henkilöstölle. Aihe oli valittu, sillä perusteina oli yrityksen hyötyminen projekteissaan opinnäytetyön tuloksesta. Aihe sisälsi teknisiä kokonaisuuksia, joiden hallittavuus työkalun avulla auttaisi yritystä. Työssä keskeisimpänä materiaalina käytettiin teknillisen alan matemaattisia teoriapohjia laskentatyön avuksi ja dataa yrityksen aiemmista projekteista sekä toimintatavoista kanavistojen myynnissä, suunnittelussa sekä valmistuksessa.

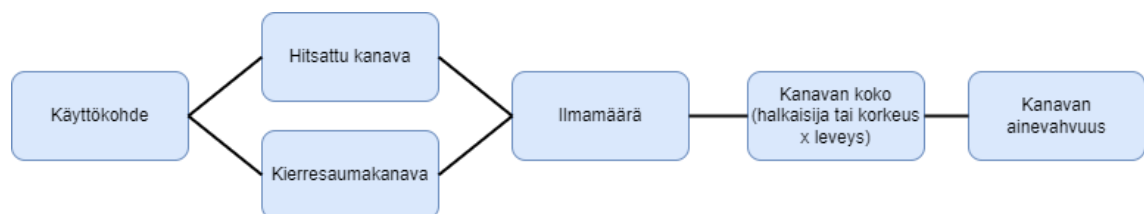
Työhön vaaditaan selvitys myyntityöskentelyn nykyisistä käyttömenetelmistä, joiden kautta niitä voidaan parantaa mahdollisimman tarkkojen massojen selvittämiseksi. Kanavien niin sanottujen teoreettisten massojen tarkkuus kanavien todellisiin massoihin verrattuna on tärkeää, koska tällöin heti tarjousvaiheessa pystytään jo hinnoittelemaan raaka-aineisiin meneviä kustannuksia. Massojen avulla saadaan myös selville valmistuspajaan kuluvat kustannukset vertaamalla materiaalien kilomääriä valmistuspajojen läpivientitilastoihin. Tällöin saadaan jo projektin tarjousvaiheessa tarkka yleiskäsitys kanavistoihin kuluviin kustannuksiin. Tärkeänä tuloksena pidetään myös yhtenäisten hinnoittelumenetelmien käyttöä, jolloin päädytään aina samoihin päätöksiin ja vältytään suurelta vaihtelulta eri muuttujien kautta saatuihin tuloksiin.

Työn tavoitteeksi määriteltiin työkalun luonti, jolla saisi myyntivaiheessa myyntilayoutista mahdollisimman helposti materiaalien määrät ja sitä kautta niiden hinnat. Luotiin Excel-pohjainen työkalu, joka mahdollistaa käyttäjäystävällisesti kaikkien eri prosessien kanavistojen massojen laskemisen. Työkalu noudattaa yrityksen myynnin, suunnittelun ja muun projektiosaston toimintatapoja ja preferenssejä, jotka vaikuttavat massan määrittelyyn kanavakohtaisesti. Lopullisia laskentatuloksia verrattiin jo valmistettuihin kanavakappaleisiin, josta saatiin käytännön dataa. Massalaskujen apuna on yrityksen käytössä olevia suunnittelutyökaluja, joilla voi mallintaa tuotteita ja saada varsin helposti osakohtaisia massoja vertailua varten. Suurin hyöty

työkalusta saadaan pitämällä mielessä työkalun helppokäyttöisyys, jolloin sen käyttöönotto onnistuu pienellä kynnyksellä ja myös säilyy kaikkien käytössä.

2 Kanavisto

Ilmanvaihtokanavisto koostuu useista eri kanavakappaleista. Sijoituskohteen geometriasta johtuen, kanavakappaleita voi olla lukuisia erilaisia yhdessä kanavistossa. Prosessikohtaisesti, sijoituskohteisiin valitaan kanaviston kappaleet pääsääntöisesti kahden eri kanavatyyppin väliltä, joissa molemmissa on vielä lukuisia variaatioita. Kanaviston valintaprosessissa määritetään ilmamäärän kautta laskemalla kanavan koko, eli pyöreissä kanavissa halkaisijakoko tai suorakulmaisissa korkeus kertaa leveys-koko. Tästä ulkomitasta päästään kiinni tarvittavaan ainevahvuuteen, eli kanavan pintapellin paksuuteen (Kuva 1). (TM Systems n.d. a.)



Kuva 1. Kanavan valintaprosessi.

2.1 Hitsattu kanava

Hitsatuilla kanavilla tarkoitetaan kanavatyyppiä, joka valmistetaan pintapellistä hitsaten se pyöreäksi rullaksi haluttuun halkaisijakokoon. Pintapeltiin lisätään laippayhteet, jolloin kanavat voidaan liittää toisiinsa ja saadaan tuotettua halutun mukainen kanavisto (Kuva 2). (TM Systems n.d. b.)



Kuva 2. Hitsattua kanavaa (TM Systems n.d. c).

2.2 Kierresaumakanava

Kierresaumakanava on nimensä mukaisesti valmistettu pintapelistä taittaen sitä kiertämällä kanavan muotoiseksi. Kierresaumakanavan tyypillisimmät käyttökohteet ovat koneistetut ilmanvaihdot. Esimerkiksi konesalin korvausilma- sekä poistokanavistot. Kanavien aineenvahvuus on usein hitsattua kanavaa heikompaa ja täten myös paljon niitä kevyempiä ratkaisuja. (Alnor 2024 a.)

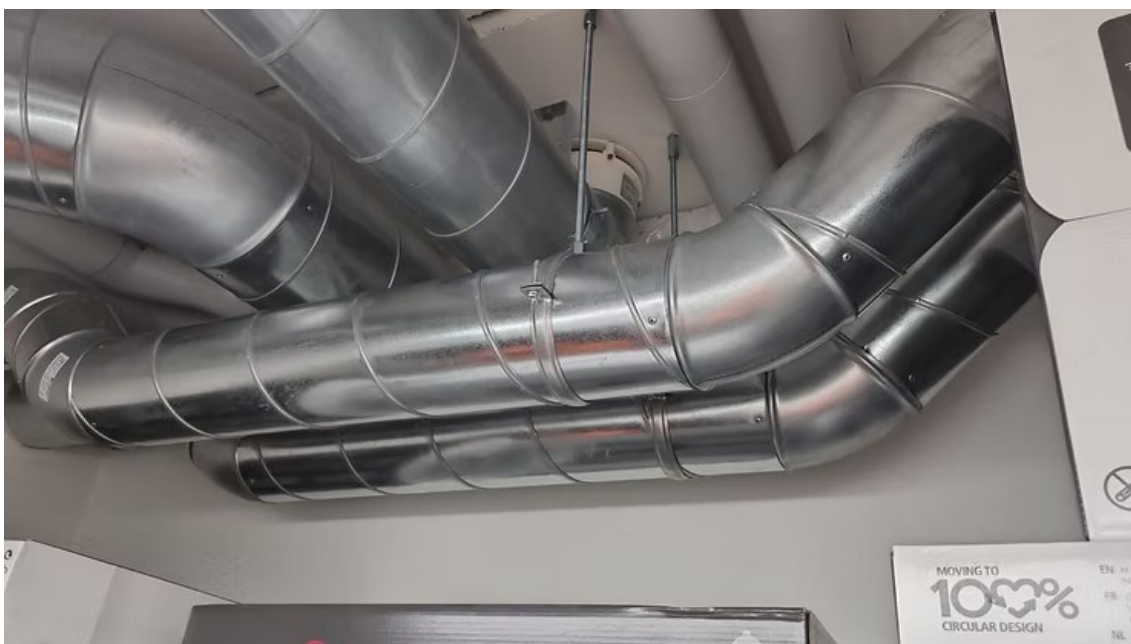
Yleisellä tasolla kierresaumakanavat valmistetaan usein galvanisoidusta tai ruostumattomasta teräksestä tai alumiiniseoksista eri aineenvahvuuksilla, riippuen halutun kanavan koosta ja käyttökohteesta teollisuusjärjestelmiin. (Alnor 2024 b.)

2.3 Kiinnikkeet ja kannatukset

Kanavisto vaatii asennukseen ja kasassa pysyäkseen kiinnikkeitä ja kannatuksia. Näillä tarkoitetaan laippayhteiden pultteja ja muttereita, sekä

mahdollisia tukirunkorakenteita, joilla kanavat saadaan pysymään esimerkiksi katon rajassa. Laippayhteiden kiinnitysten määrään ja massaan vaikuttaa käytännössä pelkästään kanavan koko. Kanavan koon ollessa suurempi, on sen yhdelaipatkin suurempia ja sisältävät enemmän asennusreikiä laipoissaan ja täten vaaditaan enemmän pultteja ja muttereita. (TM Systems n.d. d.)

Prosessikohteen sijainnilla on suuri merkitys kannakointien määrään. Geometrisesti hankaliin kohteisiin kuluu luonnollisesti enemmän materiaalia kanavien kannakointiin, jolloin myös näiden massa kasvaa. Kannakointi on otettava huomioon kanavistojen massalaskennoissa materiaalien kokonaismassan selvittämiseksi. Yleisimpiä kannakointisysteemejä ovat kierretangot (Kuva 3) ja putkipannat (Kuva 4), sekä putkipantoihin kiinnitetyt runkorakenteet, jotka yleisesti toteutetaan valmiilla teräsprofileilla. (TM Systems n.d. e.)



Kuva 3. Kanavan kannakointi kierretangoilla (IVAeris Oy 2024).



Kuva 4. Kanava panta (LVI-tavara n.d.).

3 Prosessit yleisesti

Myytävien prosessien ja kanavistojen kohteet ovat pääsäännöllisesti paperi- ja sellukoneistoja. Paperikoneeseen mahtuu monia eri kanavistoprosesseja ja useita kanavavaihtoehtoja. Prosessista riippuen päätetään minkä tyyppistä kanavaa käytetään. Hitsattujen ja kierresaumakanavien lisäksi huomioidaan prosessissa kulkeva ilma, vesi tai massa, jotka vaikuttavat esimerkiksi kanaviston vaadittavaan tiiveyteen.

3.1 Viiraosa ja viiraosan poisto

Paperi- ja kartonkikoneen viiraosan tehtävänä on käsitellä massaa ja vesisuihkuja. Näistä massa- ja vesivirroista pääsee prosessissa karkaamaan kostea ja lämmintä ilmaa. Viiraosan poistolla tarkoitetaan tämän ilman hallittua poistamista viiraosan poistoilmajärjestelmällä. (TM Systems n.d. f.)

Viiraosan ja viiraosan poiston kanavisto koostuu hitsatuista kanavista laippaliitoksilla. Prosessissa kulkevan kostean ja lämpimän ilman takia kanavien materiaali on ruostumatonta terästä. Kostea, lämmin ilma voi aiheuttaa ruostumista sen aiheuttaman kondenssin takia. Kanavistoissa kulkevan ilman vesisisältö on suunnilleen 40g H_2O / kg kuivaa ilmaa ja lämpötila noin 40 °C. (TM Systems n.d. g.)

3.2 Pulpperi ja pulpperin poisto

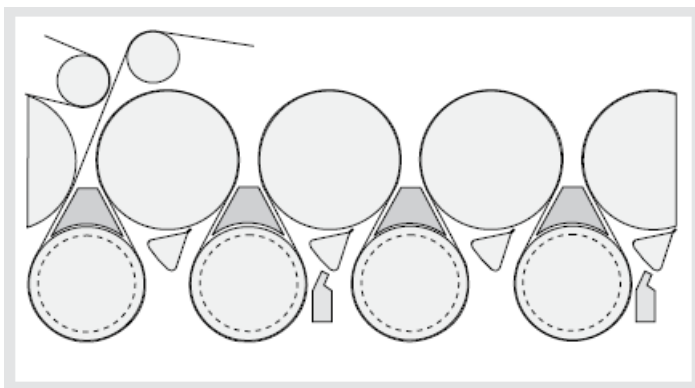
Pulpperin tehtävä on käsitellä paperi- ja kartonkikoneessa syntyvä hylkymateriaali. Koneessa syntyvä hylky ohjataan pulppereihin, jossa hylky pulpperoidaan veden ja roottorin avulla noin 4 %:n sakeuteen. Pulpperoinnin jälkeen massa ajetaan takaisin uusiokäyttöön. Pulpperin poistolla alipaineistetaan pulpperin ammeen yläosa, jotta lämmin, kostea ilma ei pääsisi karkaamaan konetasolle ruostuttamaan rakenteita. (TM Systems n.d. h.)

Pulpperiin liittyvät kanavat ovat hitsattuja laippaliitoksilla. Prosessista johtuen kanavistomateriaali on ruostumaton teräs. Kanavistoissa kulkevan ilman vesisisältö on suunnilleen 40g H_2O / kg kuivaa ilmaa ja lämpötila noin 40 °C. (TM Systems n.d. i.)

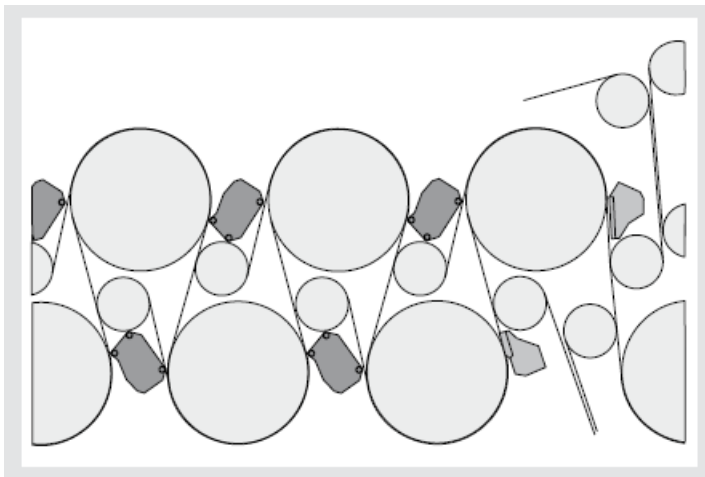
3.3 Ajettavuuslaatikot

Ajettavuuslaatikot (Kuva 5, kuva 6) ovat paperi- ja kartonkikoneen sisällä olevia ilmateknisiä prosessilaitteita, joiden avulla varmistetaan paperin radan hallittu ja tasainen kulku, jolla edesautetaan parempaa tuotantotehokkuutta. (TM Systems n.d. j.)

Ajettavuuslaatikoiden kanavat ovat hitsattuja laippaliitoksilla ja prosessista johtuen kanavistomateriaali on ruostumaton teräs. Kanavistoissa kulkevan ilman vesisisältö on suunnilleen 100-120g H_2O / kg kuivaa ilmaa ja lämpötila noin 60-70 °C. (TM Systems n.d. k.)



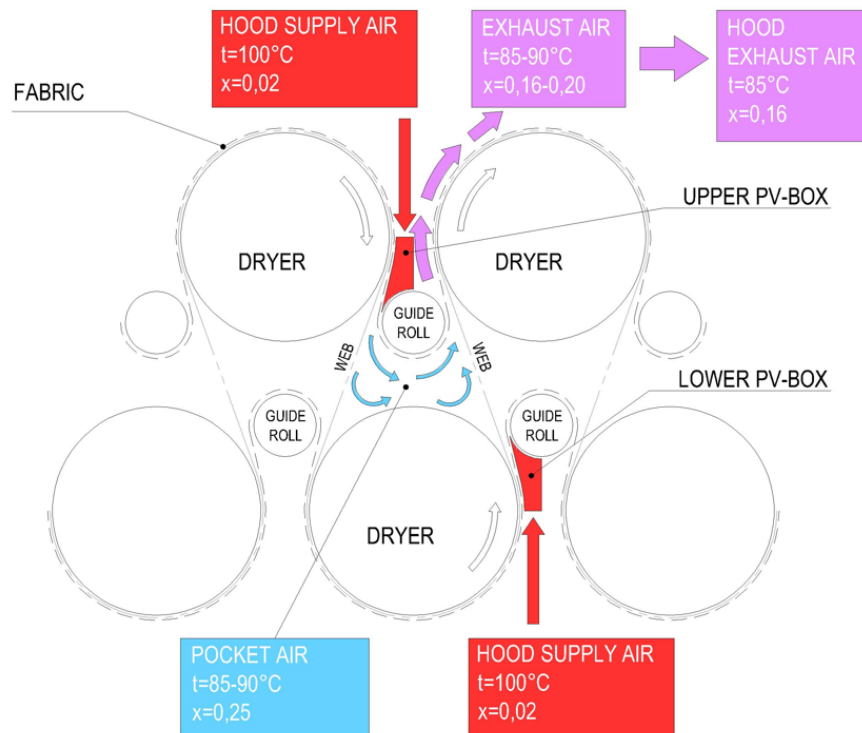
Kuva 5. Ajettavuuslaatikoita yksiviiraviennissä (Karlsson 2009, 510).



Kuva 6. Stabiloivia taskutuuletuslaatikoita kaksiviiraviennissä (Karlsson 2009, 510).

3.4 Huuvan korvausilma

Huuvan sisälle tuodaan ohjatusti kuivaa, lämmintä ilmaa määrättyihin kohteisiin (Kuva 7), joilla syrjäytetään haihdutettu kostea ilma pois paperi- tai kartonkikoneen taskuista ja tuodaan lämmintä korvausilmaa alueille, jotta vältetään paikalliselta kondensiolta. Päätelaitteena käytetään erilaisia puhalluslaatikoita. (TM Systems n.d. I.)



Kuva 7. Kaksiviraviennin taskutuuletus (TM Systems n.d. m).

Huuvan korvausilma on kuumaa, kuivaa ilmaa, jonka vesisisältö on pieni, noin $20\text{g } H_2O / \text{kg}$ kuivaa ilmaa ja lämpötila noin $100\text{ }^\circ\text{C}$. Huuvan korvausilman kanavat voivat olla joko hitsattuja laippaliitoksilla tai kierresaumakanavia. Prosessista, kosteudesta ja lämpötilasta johtuen kanavistomateriaalina käytetään AlZnk-terästä. AlZnk-teräs on halvempaa kuin esimerkiksi ruostumaton teräs, mutta sillä on suhteellisen hyvä korroosionkesto. (TM Systems n.d. n.)

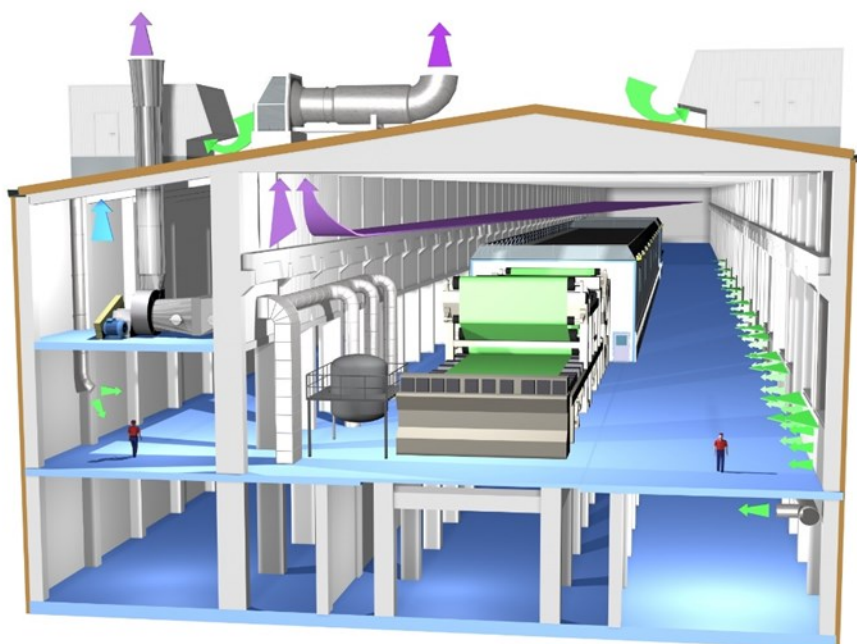
3.5 Huuvan poistoilma

Paperikoneissa paperi kuivataan kuivatusosalla. Kuivatusosan päälle on rakennettu huuva, joka estää kuumaa ja kostea ilmaa karkaamisen konesalin puolelle. Kuivatuksessa tapahtuneen haihdutuksen johdosta kostea ilma poistetaan hallitusti huuvan yläosasta poistoilmakanavaa pitkin huuvan poistoilmajärjestelmään ja sieltä ulos. (TM Systems n.d. o.)

Huuvan poistoilma ei ole kylläistä ilmaa, eli kondensoitumista ei tapahdu. Huuvan poistoilmakanavistoissa kulkevan ilman vesisisältö on noin $160\text{g } H_2O / \text{kg k.i.}$ (kuivaa ilmaa) ja lämpötila noin 80°C . Prosessista, kosteudesta ja lämpötilasta johtuen, kanavistomateriaalina käytetään joko ruostumatonta terästä tai alumiinia. Poistoilman kanavat ovat hitsattuja laippaliitoksilla. (TM Systems n.d. p.)

3.6 Konesalin korvausilma

Paperi- tai kartonkitehtaan konesaliin tuodaan ohjatusti, koneellisen ilmastoinnin avulla, korvausilmaa ensisijaisesti työskentelyalueille (Kuva 8). Konesalin korvausilman vesisisältö vastaa ulkoilman vesisisältöä, noin $5\text{-}30\text{g } H_2O / \text{kg k.i.}$ (kuivaa ilmaa) ja lämpötila noin 20°C . Prosessista, kosteudesta ja lämpötilasta johtuen, kanavistomateriaalina käytetään joko sinkittyä terästä tai AlZnk terästä. Konesalin korvausilman kanavat ovat pääsääntöisesti kierresaumakanavia, joiden suorakulmaisissa kanavissa käytetään listaliitoksia. (TM Systems n.d. q.)

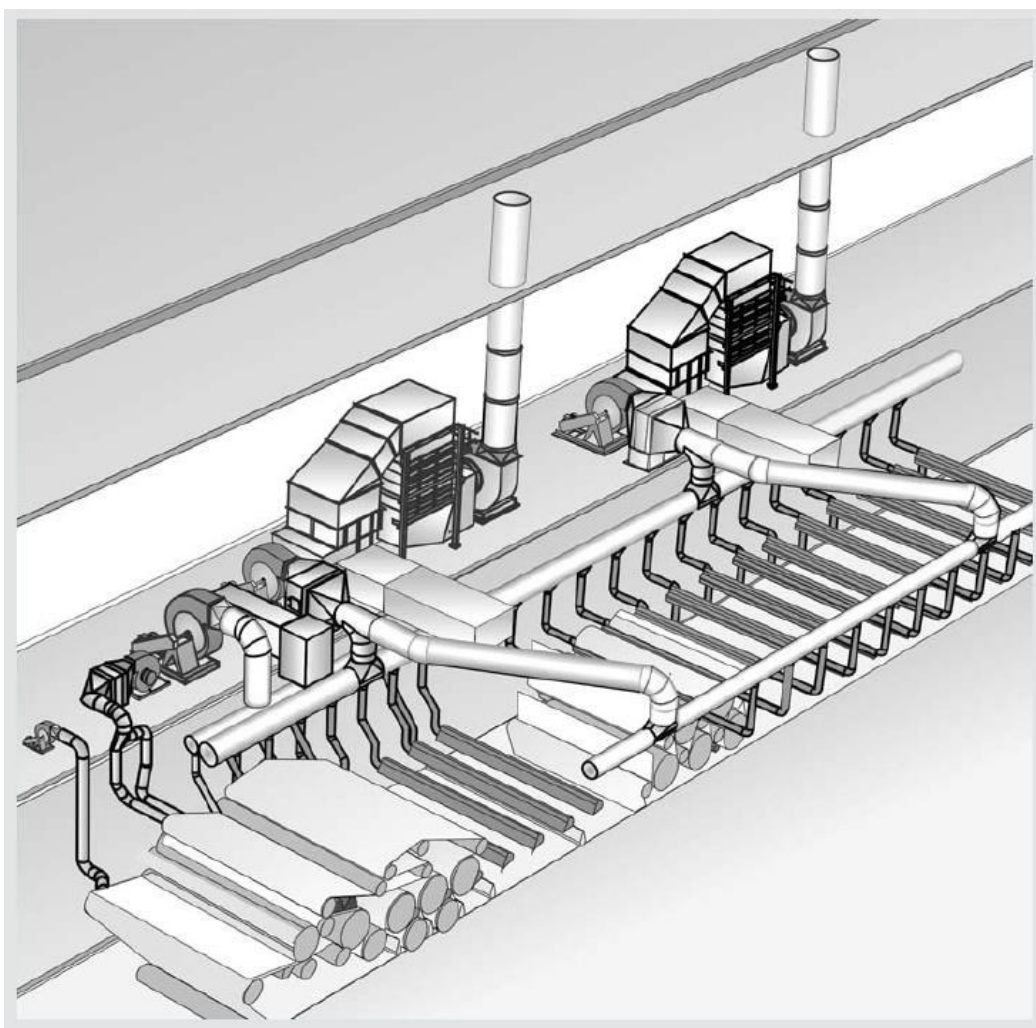


Kuva 8. Konesalin ilmanvaihto (TM Systems n.d. r).

3.7 Konesalin poistoilma

Paperi- tai kartonkitehtaan konesalista poistetaan poistopuhaltimien kautta poistoilmaa. Poistopuhaltimet yleisesti sijoitetaan paperi- tai kartonkikoneen käyttöpuolelle, isoimpien kosteus- ja lämmönlähteiden alueille (Kuva 9).

Konesalin poistoilman vesisisältö on noin $40\text{g } H_2O / \text{kg k.i.}$ (kuivaa ilmaa) ja lämpötila noin 40°C . Prosessista, kosteudesta ja lämpötilasta johtuen konesalin poistoilman kanavistomateriaalina käytetään ruostumatonta terästä. Kanavat ovat hitsattuja laippaliitoksilla. (TM Systems n.d. s.)



Kuva 9. Huuvan korvausilma ja huuvan poistoilmakanavisto (Karlsson 2009, 440).

3.8 Trimvac

Paperi- tai kartonkikoneen pituusleikkurissa asiakasrullan ulkoreunat leikataan suoriksi. Tätä leikattua osaa kutsutaan trimmiksi, eli reunanauhaksi.

Reunanauhaa ajetaan suuttimien kautta kanavistoon ja sieltä trimvac-erottimelle eli syklooniin, josta se ohjataan prosessin avulla pulpperiin pulpperoitavaksi.

(TM Systems n.d. t.)

Trimvac järjestelmä on TM Systemsin kehittämä ja patentoima tuote.

Järjestelmä on asennettu yli 700 koneeseen. Trimvac toimii alhaisella energiankulutuksella ja se voidaan liittää nykyaikaisiin nopeisiin kelauskoneisiin.

(Trimvac n.d.)

Trimvac poistoilman vesisisältö ennen erotinta on noin $20\text{g } H_2O / \text{kg k.i.}$ (kuivaa ilmaa) ja lämpötila noin 25°C . Erottimen jälkeen vesisisältö muuttuu ja on noin $40\text{g } H_2O / \text{kg k.i.}$ (kuivaa ilmaa) ja lämpötila noin 40°C . Prosessista, kosteudesta ja lämpötilasta johtuen, kanavistomateriaalina ennen erotinta käytetään AlZnk terästä. Erottimen jälkeisissä kanavissa käytetään ruostumatonta terästä.

Trimvac järjestelmän kanavat ovat hitsattuja laippaliitoksilla. (TM Systems n.d. u.)

4 Työkalun toteutus

4.1 Lähtökohta

Työn alkuvaiheessa tehtiin selkeäksi toimeksiantajan kanssa yleiskuvaus ja tavoitteet, jotka työkalun tulisi kattaa. Tärkeäksi koettiin, että kaikki toimeksiantajan asiakkailleen myytävien prosessien kanavatyyppit voisi sisällyttää työkaluun ja täten hallinnoida lukuisia komponentteja yhtä työkalua käyttäen. Todettiin myös, että työkalusta olisi paljon hyötyä yrityksen projektien myyntivaiheessa helpottaen joka projektissa käytäviä toimenpiteitä. Prosessien määrittelyn jälkeen tuli selvittää, kuinka tähän asti myyntivaiheessa on toimittu massojen selvittämiseksi ja ilmoittamiseksi. Pohdittiin eri toteutusvaihtoehtoja työkalun pohjaksi, johon valittiin makroja käyttävä Excel, koska Excelin todettiin olevan tutuin ympäristö kaikille ja tämän takia helpommin lähestyttävä.

4.2 Toteutuksen aputyökalut

Lopulliseen työkaluun sisältyi paljon dataa sekä yrityksen omista, että alan standardeista ja laskentaa. Laskentatarkkuuden varmistamiseksi, tuli kaikki mahdollinen laskenta verrata todellisiin referensseihin. Yrityksen toteutuneista projekteista saatua tietoa ja dataa avuksi käyttäen saatiin hyviä vertailuja massojen selvittämiseksi ja laskemiseksi. Lukuisista projekteista saatiin varmistunutta tietoa kanavien massojen käyttäytymisestä geometrian tai materiaalin muuttuessa.

Toisena suurena aputyökaluna toimi suunnitteluohjelmistot. 3D-mallinnusohjelmalla sai helposti laadittua lukuisia konfiguraatioita erilaisista kanavatyypeistä ja kerättyä niiden massatiedot. Parametrisilla kanavatyypeillä geometrian muuttaminen on varsin nopeaa ja tietoa massoista saadaan täten varsin nopeasti. Käytössä oleva 3D-ohjelmisto oli Autodesk Inventor, joka toimii ammattilaistasolla suunnittelutehtävissä maailmanlaajuisesti.

4.3 Makrot

Työkalu toimii Excelissä olevien makrojen avulla. Makrot ovat komentoja, joita voisi itse suorittaa perinteisin tavoin klikkaamalla haluttua toimintoa, mutta tehden sen joko sille asetetusta ohjausnapista tai laukaisten automaattisesti sille määritellyn toimen tai tapahtuman seurauksesta. Makro on toimintoja sisältämä koodi, joka nopeuttaa hiirellä manuaalisesti toteuttamia tapahtumia. (Microsoft n.d.)

Makroiin voidaan tallentaa lukuisia eri toimintoja, jotka automatisoivat ja helpottavat yleistä käyttöä. Jotta makrot saadaan Excelissä käyttöön, on ne hyväksyttävä ja asetettava tiedostotyyppiä makrot salliva-tiedostotyyppi. (GeeksForGeeks 10.4.2025.)

Opinnäytetyössä tehdyn työkalun makrot toimivat täysin automaattisesti ja eri käskyt tapahtuvat käyttäjän eri valintojen pohjalta. Makrojen koodaukseen on sisällytetty lukuisia eri vaihtoehtoja, kuinka käyttäjä valitsee eri arvoja ja toteuttaa näiden pohjalta eri makrojen kokonaisuuksia.

4.4 Tulokset

Työkalun laskemia kanavamassoja verrattiin yrityksen toteutuneiden projektien kanavien massoihin. Laskentaan sisällytettiin kaikki kanavatyytit, joihin työkalu on luotu. Toteutuneiden projektien massat poimittiin osaluettelosta.

Toteutuneessa projektissa A, kanavistojen massojen eroavaisuus työkalun laskentaan oli noin 5 %. Projektin A kanavien massat olivat 5 % painavampia, kuin työkalun ilmoittama massa. Eroavaisuus johtuu projektissa käytetyistä kanavien kokoluokista, jotka eivät kuulu yrityksen nykystandardikokoihin. Täten työkalu käyttää lähimpiä mahdollisia kokoarvoja ja eroavaisuus kasvaa kappalemäärien kasvaessa.

Toteutuneessa projektissa B, kanavistojen massojen eroavaisuus työkalun laskentaan oli noin 3 %. Projektin B kanavien massat olivat 3 % painavampia,

kuin työkalun ilmoittama massa. Projektissa käytetyissä kanavissa, ei oltu käytetty yrityksen nykystandardeja tai suunnitteluosaston valmiiksi mallinnettuja kanavakappaleita, jolloin massoihin syntyy eroavaisuuksia. Kilomäärällisesti eroavaisuudet ovat hyvin pienet ja häviävät pyöristyksissä.

Työkalua käyttämällä todelliset kanavamassat saadaan huomattavasti nopeammin ja aiemmassa vaiheessa projektia, kuin ennen työkalun olemassaoloa. Jo myynti- tai tarjousvaiheessa voidaan käyttää laskettuja massoja, eikä vasta suunnitteluvaiheessa, jolloin massat saadaan 3D-mallinnusohjelmistojen avulla. Toteutuneista projekteista on otettava huomioon kanavien suunnittelutapa, joka on voinut muuttua ajan myötä yrityksen tekemien linjauksien takia.

Työkalun ansiosta myyntilayoutin, eli asiakkaalle luodun kuvan yrityksen myytävästä tai tarjoamasta prosessista, luominen nopeutuu entisestä toimintatavasta. Asiakkaille tuotettujen raporttien hinnoittelutarkkuus paranee, koska työkalu ilmoittaa myytävien kanavien massat tarkasti ja samoin valmistusstandardein kaikille. Työkalun tärkeimpiä tuloksia ovat yrityksen sisäisen standardoinnin kehitys uudelle tasolle, sekä kanavakappaleiden modularisoiminen.

5 Päätelmä

Massalaskentatyökalun avulla mahdollistetaan kaikkien eri kanavatyypin massojen laskenta yhdestä paikasta ja samoilla arvoilla. Käyttäjakohtaisilta eroavaisuuksilta vältytään käytettäessä yhtä ja samaa hallinnoitua työkalua ja toimintatapaa. Myynti- ja tarjousvaiheessa olevien projektien kanavistojen massojen laskentaa saadaan nopeutettua huomattavasti, joka säästää työtunteja sekä kustannuksia ja täten tehostaa kyseisiä vaiheita. Hinnoittelutarkkuutta saadaan parannettua, sekä projektin läpiviennin aikana on helpompi seurata ja ymmärtää mitä on asiakkaille myyty.

Työkalun on vahvasti sidonnainen yrityksen modulaarisuuteen ja komponenttien standardointiin, joka edesauttaa tulevien projektien kokonaisuuksien rakentumista. Modularisoinnilla ja standardoinnilla voidaan vähentää virhemarginaaleja, sillä komponentit ovat jo ennalta suunniteltu ja määritellyt. Yrityksen myynti-, projekti-, suunnitteluosasto, sekä valmistus toimivat samojen sääntöjen ja standardien mukaisesti.

Työkalu otettiin virallisesti yrityksessä käyttöön tammikuussa 2025, jota ennen työkalun tuleville käyttäjille, eli myyntiosastolle pidettiin koulutustilaisuus siitä, kuinka työkalua tulisi käyttää. Ennen koulutusta se annettiin osalle myyntiosaston henkilöstöä testattavaksi ja tutustuttavaksi. Kyseisistä testeistä työkalu on saanut varsin hyvää palautetta ja koulutuksen jälkeisistä kommentteista heräsi paljon mielenkiintoa työkalua kohtaan.

Työkalua voisi jatkokehittää sisällyttämällä siihen kanavistojen lisäksi muita yrityksen myymiä komponentteja ja kokonaisuuksia. Olisi myös mahdollista liittää mitoitukseen liittyviä laskelmia eri prosesseihin ja täten yhä suurempaa osaa yrityksen teknillisestä puolesta saataisiin hallinnoitua yhdestä ja samasta paikasta.

Lähteet

Alnor 2024 a. Spiral duct part 1. Viitattu 28.11.2024.

<https://www.ventilation-alnor.co.uk/index/support/alnor-knowledge-base/ventilation/spiral-ductwork.html>

Alnor 2024 b. Spiral duct part 1. Viitattu 28.11.2024.

<https://www.ventilation-alnor.co.uk/index/support/alnor-knowledge-base/ventilation/spiral-ductwork.html>

Geeks for geeks 2025. Macros in excel. Viitattu 10.4.2025.

<https://www.geeksforgeeks.org/macros-in-excel/>

IVAeris Oy 2024. Viitattu 28.11.2024.

<https://www.aeris.fi/post/vaestonsuojan-ilmanvaihto>

Karlsson, M. 2009 Papermaking part 2, Drying. Paper Engineers' Association. Paperi ja Puu Oy. Viitattu 10.4.2025.

LVI-tavara n.d. Viitattu 28.11.2024.

<https://lvi-tavara.fi/tuote/ilmastointisanka-zn-onnline-160mm/>

Microsoft support. Pikaopas: makron luominen. Viitattu 14.4.2025.

<https://support.microsoft.com/fi-fi/office/pikaopas-makron-luominen-741130ca-080d-49f5-9471-1e5fb3d581a8>

TM Systems n.d. a. Duct dimensioning. Kanavan mitoitus. Viitattu 22.3.2025.

TM Systems n.d. b. Duct dimensioning. Kanavan mitoitus. Viitattu 22.3.2025.

TM Systems n.d. c. Prosessimateriaalia. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. d. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. e. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. f. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. g. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. h. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. i. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. j. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. k. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. l. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. m. Prosessimateriaalia. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. n. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. o. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. p. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. q. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. r. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. s. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. t. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems n.d. u. Koulutusaineisto. Viitattu 10.4.2025.

TM Systems, Trimvac - trim handling n.d. Viitattu 22.4.2025.
<https://tmsystems.com/trimvac-trim-handling/>