



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Virumaa kolledž

**ESTONIA KAEVANDUSE AUTOMAATNE
VENTILATSIOONISÜSTEEM**

Automatic ventilation system for Estonia mine

MASINAEHITUS- JA ENERGIATEHNOLOOGIA PROTSESSIDE JUHTIMISE
ÕPPEKAVA LÕPUTÖÖ

Üliõpilane: Aleksei Taranov

Üliõpilaskood: 178740

Juhendaja: Tatjana Baraškova

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2021.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2021.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2021... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

TalTech Inseneriteaduskond Virumaa kolledž

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Aleksei Taranov, 178740

Õppekava, peeriala: EDJR16/17, Masinaehitus-ja energiatehnoloogia protsesside juhtimise
õppekava, peeriala-Mäendus

Juhendaja(d): Vanem Lektor, Tatjana Baraškova, tatjana.baraskova@taltech.ee

Konsultant: Sergei Bobylev Tehnoloog

Estonia kaevandus, +372 56343533, sergeibobylev85@gmail.com

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Estonia kaevanduse automaatne ventilatsioonisüsteem

(inglise keeles) Automatic ventilation system for Estonia mine

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Lõputöö eesmärgiks on Estonia kaevanduse jaoks nõutava õhu voluhulga arvutamine. Ventilatori võimsuse ja ventilatsioonisüsteemi arvutamine
2. Ventilatsioonisüsteemi automatiseerimise ettepanekute väljatöötamine. Õhumasside voolu, temperatuuri ja õhuniiskuse reguleerimine

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Estonia kaevanduse ventilatsioonisüsteemi ülevaade	22.02.2021
2.	Erinevate olevate automaatsete ventilatsioonisüsteemide võrdlus ja analüüs. Automaatse ventilatsioonisüsteemi tehniliste parameetrite määramine (tüüp, mõõtmed, võimsus jne)	10.03.2021
3.	Estonia kaevanduse jaoks nõutava õhu voluhulga arvutamine. Ventilatori võimsuse ja ventilatsioonisüsteemi arvutamine	30.03.2021
4.	Ventilatsioonisüsteemi automatiseerimise ettepanekute väljatöötamine. Õhumasside voolu, temperatuuri ja õhuniiskuse reguleerimine	02.04.2021
5.	Ventilatsioonisüsteemi tehniliste jooniste koostamine	23.04.2021
6.	Töö vormistamine	12.12.2021

Töö keel: eesti Lõputöö esitamise tähtaeg: “12”detsembriks 2021a

Üliõpilane: Aleksei Taranov “.....”..... 2021a

/allkiri/

Juhendaja: Tatjana Baraškova “.....”..... 2021a

/allkiri/

Konsultant: Sergei Bobylev “.....”..... 2021a

/allkiri/

Programmijuht: Veronika Shirokova“.....”..... 2021a

SISUKORD

EESSÕNA.....	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. VENTILATSIOONISÜSTEEMIDE ÜLEVAADE.....	8
1.1 Tuulutamine Estonia kaevanduses.....	8
1.2 Õhu koostis kaevanduses ning kahjulike ainete lubatud normed.....	9
1.3 Gaasianalüsaatorite tüübid ning nende kasutamine.....	10
1.4 Ventilatsioonisüsteemi krossingud.....	11
1.5 Kohaliku ventilatsiooni VKT-8 ventilaatorite tööpõhimõte ja põhiosad.....	13
1.5.1 VKT-8, ventilaatori tehnilised andmed ja paigaldusjuhised.....	16
1.6 Peamised kaevanduse ventilaatorid VOD-30.....	17
1.6.1 VOD-30 Hooldus ja seadistamine.....	18
1.7 VOD-30 Ventilaatorite Tööpõhimõte ja ehitus.....	19
2. ARVUTUS VAJALIKKU ÕHKU KOGUSE KAEVANDUSES.....	24
2.1 Õhu koguse arvutused kambriploki kohta.....	24
2.2 Õhu koguse arvutused läbinduste jaoks.....	27
3.AUTOMATISEERIMINE.....	29
3.1 Automaatne juhtimine PVP (peamine ventilaatori paigaldus), VTK SCADA programmi abil.....	29
3.2 Automaatne juhtimine PVP.....	31
4. KASUTAMINE ESTONIA KAEVANDUSE KOMBINEERITUD VENTILATSIOONISÜSTEEMIS.....	34
4.1 Uus meetod ventilatsiooni kulude vähendamiseks.....	36
4.2 Sunniviisiline ventilatsioon.....	36
4.3 Praktiline osa.....	38
4.4 Ventilaatorite seadega ja automaatne juhtimine.....	41
KOKKUVÕTE.....	44
SUMMARY.....	45
LISAD.....	46
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	52

EESÕNA

Lõputöö teema on „ESTONIA KAEVANDUSE AUTOMAATNE VENTILATSIOONISÜSTEEM “. Lõputöö teema on pakutud „Erialapraktika II” käigus ja selle teema pakkus välja selleks, et paigaldada kaasaegset automaatset ventilatsiooni. See teema aitab lahendada probleeme, mis on seotud kaevanduse ventilatsioonisüsteemi halva tööga. See võimaldab saavutada ventilatsioonisüsteemi maksimaalse efektiivsuse koos minimaalse ressurside kulutamisega. Töö käigus oli kogutud vajalik informatsioon ja uuritud seadmete dokumentatsiooni ning kogutud kõik vajalikud mõõtmised. Peale selle töös oli tehtud Estonia kaevanduse jaoks nõutava õhu vooluhulga, ventilaatori võimsuse, ventilatsioonisüsteemi arvutamine.

Lõputöö autor soovib tänada juhendajat Tatjana Baraškovat ja Kaevanduse peatehnoloog lõputöö koostamise, abistamise, toetuse ja innustuse eest.

Võtmesõnad: sunniviisiline ventilatsioon, kolmemõõtmeline aseseem, ventilatsioonisüsteem
diplomitöö

SISSEJUHATUS

Eesti kirdeosas asuv maailma suurim põlevkivikaevandus Estonia käivitati 28. detsembril 1972. Ettevõtte kaevandab põlevkivi 40-70 m sügavusel. Põlevkivist toodetakse põlevkivikütteõli, mitmesuguseid põlevkiviõlisid, põlevkivibensiini ja põlevkivigaasi. Põlevkivi kaevandatakse selleks, et elektrijaamad ja naftatöötlemistehased saaksid energiat toota. Suurema osa kaevandatud põlevkivist tarbivad ära soojuselektrijaamad (80-82%), keemiatööstus (15-17%) ja tsemenditööstus (2-3%). Suurema osa riigile vajalikust elektrienergiast annavad Ida-Virumaa elektrijaamad. Kaevanduse mäeeraldise kogupindala on 141 km². Aastakümneid on kaevandust laiendatud igas suunas. Temperatuur kaevanduses on stabiilselt 6 °C ringis.

Ettevõtte asub Eesti kirdeosas Ida-Virumaal Väike-Pungerja külas. Kaevandus kuulub Eesti Energia kontserni kuuluvale aktsiaseltsile Enefit Kaevandused. Kontserni tegevus ulatub Balti riikidesse, Soome, Jordaaniasse ja USA-sse. Sisepääs Estonia kaevanduse territooriumile toimub isikustatud elektroonilise loaga kaardi kujul. Kõigi maa all ja maa peal töötavate töötajate järelevalvet teostatakse rakenduse abil, mis jälgib ja fikseerib aja, mil inimene kaevandusest väljub.

Alates 2004. aastast toimub liikumine Estonia kaevanduses diiselsõidukitega. Enne seda kasutati raudteid, millel liikusid elektrivedurid. Maa-alune teedevõrk on ligikaudu 120 km pikk ning varustatud teeviitade ja liiklusmärkidega. Vähetähtis pole ka see, et aastat 2017. aasta juunist on kaevanduses kasutusel mobiilsidevõrk. Mobiilsidevõrgu leviala on umbes 40 km. See suurendab tootmisprotsesside tõhusust ja tööohutuse taset. Meie juhtumi puhul toimub maavarade kaevandamine maa-alusel meetodil, põlevkivikihi kaevandatav paksus on 2,2-3,8 m. Hetkel on aastane toodang 4,6 miljonit tonni. Põlevkivi kaevandamisel moodustab 25-40% protsenti lubjakivi. Praegu on tootmine kõrgete CO₂ maksude tõttu tugevas languses.

Estonia kaevanduses kasutatakse põlevkivi kaevandamiseks kamberkaevandamissüsteemi, mille suur miinus on maavara kadu 35%. See kadu asub tervikutes. Tervikuks nimetatakse kaevandamisel järele jäetud kivimikihte, millel on ristkülikukujuline samba kuju mõõtmetega 6-7 m mis on tugi, mis hoiab ära kaeveõõne lae (kõik kihid maapinnani välja) sissevarisemise. Šaht ise on jagatud mitmeks paneeliks, mis jagunevad omakorda kambriplokkideks. Neis toimuvad koristustööd ehk peamised tööd põlevkivi kaevandamisel. Kambriplokkide mõõtmed on ligikaudu 300-400 m laiusesse ja 600-2000 m pikkusesse.

Põlevkivi kaevandatakse puurimise ja lõhkamise teel. Padrunitena lõhkeaineid kasutatakse juhtpindadel ja vedelemulsioonilõhkeaineid kambriplokkidel. Läbindusetes kasutatakse lõhkepadroneid, kambriplokkides aga vedelat emulsioonilõhkeainet. Lõhkeaine tarnija on ettevõtte Orica. [1]

Mäemassi laadimine etes toimub laaduritega koos edasise ümberlaadimisega kalluritele, mis veavad kivimi välja ja laadivad konveierile. Kivimi transport ja purustamine toimub kraapkonveierite abil ning antakse seejärel edasi lintkonveieritele, mis transpordivad kivimi rikastusvabrikusse.

1 ÜLEVAADE VENTILATSIOONISÜSTEEMIDEST

1.1 Tuulutus Estonia kaevanduses

Kaevandamise ajal saastub kaevanduste õhku üsna tugevasti kahjulike ainetega, mis on eelkõige ohtlikud inimeste tervisele. Samuti takistavad need edasist tööprotsessi, kuna nende tekkimisel kulub kaevandamise tööpiirkonna (tööala) tuulutamisele palju aega. Värske õhuvoolu sisenemisel kahjulikud ained veelduvad, mis alandab nende kontsentratsiooni.

Kahjulike gaaside ja lisandite kontsentratsiooni taseme mõõtmiseks kaevanduses antakse igaühele andur (gaasianalüsaator). Samuti on andurid ka hapnikutaseme mõõtmiseks, kuna kaevanduses kasutatakse diiselmootoriga tehnikat, mis nõuab märkimisväärsel hulgal õhku.

Kui rääkida kaevanduse ventilatsioonisüsteemist, siis see kujutab endast kooslust arvukatest kaeveõõntest, mis erinevad üksteisest mitmesuguste parameetrite poolest. Esiteks on selleks kaeveõõnte ebatasasus, mis mõjutab neisse siseneva õhu aerodünaamikat koos õhuvoo edasise liikumisega. Teine on õõnsuste läbimõõdu erinevus, mis aitab kaasa ka õhu liikumisele, kuna see loob täiendava rõhu ja takistuse õhu liikumisele. Lisaks tekib ka õhudepressioon ehk erineva rõhuga õhuvoolude erinevus. Kaevanduse enda ventilatsioon kaeveõõntes toimub survemeetodil.

Survemeetodi plussid:

- ventilatsioonivõrk on tagatud ühe või mitme ühises võrgus töötava ventilatsiooniseadme tööga
- lihtne kasutamine ja reguleerimine
- ventilatsiooniseadmete pikk kasutusiga tänu puhta õhu liikumisele nende kaudu

Survemeetodi miinused:

- probleemid õhuvarustusshahtil oleva šahtihoone (enamasti kongi) hermeetilisuse tagamisega või peastollile paigaldatud lüüside teostuse ja tööga
- vajadus paigaldada võimas suure deebiti ja depressiooni reguleerimise vahemikuga põhiventilaator
- varuventilaatori paigaldamise vajadus
- probleemid õhuvarustusega talvisel ajal (tugev külm)

Õhu sissesurve toimub 8 ventilatsiooniseadme abil, mis on paigaldatud otse pinnale. Kui vaadata kambriplakkide tuulutust, saame öelda, et neid ventileeritakse tagasivoolu skeemi järgi. Väljuv, s.t tarvitatud õhk eemaldatakse läbindusetest ja kambriplaki etest mööda ventilatsioonistrekki ning seejärel läbi vertikaalsete kaeveõõnte ehk šurfide maapinnale. Šurfiks nimetatakse maapinnale avanevat ümara läbimõõduga vertikaalset kaeveõõnt, mille sügavus meie juhtumi puhul on umbes 40 m. Samuti kasutatakse tupikkaeveõõnte, st läbindusetest ja kambriplakkide ventileerimiseks, kus on vaja täiendavat ventilatsioonisüsteemi, VMP-8 tüüpi kohtventilaatoreid. Seega toimub õhu sissesurve 8

VOKD-24 ja VOD-30 ventilatsioonipaigaldise abil. Tehnilises mõttes on need üsna sarnased, kuid näitajatelt erinevad. Nende töörežiim sõltub sellest, kui palju tuleb võrku õhku suruda. See tähendab, et õhuhulk võrgus võrdub osavõimsuste summaga.

1.2 Õhu koostis kaevanduses ning kahjulike ainete lubatud normid

Kaevanduse atmosfäär

See on segu atmosfääriõhust ja kaevanduses eralduvatest gaasidest, looduslikest gaasidest – väävelvesinikust ja tehnoloogilistest gaasidest – lõhkamissaadused, heitgaasid, tolm.

Hapnik

Gaas on värvitu, lõhnatu ja maitsetu. Keemiliselt aktiivne, oksüdeerib hästi orgaanilisi aineid. Tavaliselt hingab inimene sisse atmosfääriõhku, mille hapnikusisaldus on umbes 21% ja välja õhku hapnikusisaldusega 17%. Intensiivse töö käigus tarbib inimene 130 liitrit õhku minutis, mis on 16 korda rohkem kui tavaseisundis. Meie tingimustes ei tohiks hapnikutase olla alla 20%.

Maa-alustes tingimustes põhjustab õhu hapnikusisaldus alla 17% õhupuudust, 12% sisalduse korral saabub kiiresti surm.

Väävelvesinik:

Värvitu iseloomuliku mädamuna haisuga gaas. Kui selle sisaldus õhus on 6%, moodustub plahvatusohtliku mürgise segu.

Lämmastiku oksiidid :

Tumepruuni värvi terava lõhnaga mürgised gaasid, mille allikaks on lõhkamistööd.

Inimeste jaoks, kellel on vaja kaevanduskäikudes viibida, nähakse ette ranged nõuded kaevanduse atmosfääri koostisele – gaaside maksimaalne lubatud kontsentratsioon kaevanduse atmosfääris ja muutlik õhuniiskus 15-100%.

Tabel 1.1 Gaaside lubatud kontsentratsioonid [2]

Gaasi nimetus	Sisaldus, %
Hapnik	20
Vingugaas	0,0017
Lämmastikoksiid	0,00026
Väävelvesinik	0,00071

1.3 Gaasianalüsaatorite tüübid ning nende kasutamine

Üldmõisted:

- Gaasianalüsaatoreid kasutatakse õhu koostise kontrollimiseks töökohtadel kaevanduskäikudes
- Lubatud piirkontsentratsioon (LPK) – kahjuliku gaasi kontsentratsiooni maksimaalne lubatud keskmine väärtus tööpiirkonna õhus 8 töötunni jooksul väljendatuna miljondikes (1 ppm = 0,0001%). (Tabel 2)
- Lühiajaline lubatud kontsentratsioon (LLK) – kahjuliku gaasi kontsentratsiooni maksimaalne lubatud keskmine väärtus tööpiirkonna õhus 15 minuti jooksul
- Kõik töötajad, kes saavad kaevanduses töötades gaasianalüsaatorid allkirja vastu, peavad seda alati koos pealambiga enda küljes hoidma ja kasutama ranges vastavuses kasutusjuhendiga

Valveanalüsaatorid asuvad lambiruumis ja väljastatakse lambiruumi töötaja poolt kaevandusinseneridele ja teiste üksuste töötajatele allkirja vastu koos žurnaalis registreerimisega.

Tabel 1.2 [Error! Reference source not found.]

Gaasianalüsaator				Tegevus häire korral	Töötajatele gaasianalüsaatori väljastamise kord
Gaas	Seisund	Hoiatus			
		Tähendus ppm	Signaali tüüp		
CO	Pidevalt sisse lülitatud	50	A1	Madala intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Teha kindlaks saasteallikas. Kui signaal kõlab jätkuvalt, lahkuge ohualast 30 minuti jooksul
		100	A2	Kõrge intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	
NO ₂	Lülitub ise sisse ja välja	2	A1	Madala intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Teha kindlaks saasteallikas. Kui signaal kõlab jätkuvalt, lahkuge

				vibratsioonisignaal	ohualast 15 minuti jooksul	puurkaevu põhjast üles sõitmiseks, kaevandajad ning laaduri- ja veoautojuhid tupikus töötamisel
		5	A2	Kõrge intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Lahkuge ohualast ja tuvastage saasteallikas	
O ₂	Pidevalt sisse lülitatud	Kuni 19%	A1	Madala intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Lahkuge ohualast ja tuvastage saasteallikas	
		Kuni 23,5 %	A2	Kõrge intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal		
H ₂ S	Püsivalt väljas	5	A1	Madala intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Teha kindlaks saasteallikas. Kui signaal kõlab jätkuvalt, lahkuge ohualast 30 minuti jooksul	Töögaasi analüsaatori peavad võtma kaevandajad, LHD operaatorid, kaevandusmeistrid, puurplatvormide operaatorid, lõhke- ja maaaluste tööde tegijad
		10	A2	Kõrge intensiivsusega heli-, valgus- ja vibratsioonisignaal	Teha kindlaks saasteallikas ja lahkuda ohtlikust piirkonnast 15 minuti jooksul	

Tabel 1.3 Kahjulike gaaside maksimaalne lubatud kontsentratsioon kaevanduses [**Error! Reference source not found.**]

		Maksimaalne lubatud määr, ppm		Lühiajaline lubatud määr, ppm		Maksimaalne lubatud määr diiselmootorite töötamise ajal, ppm	
Gaas		CO	NO ₂	CO	NO ₂	CO	NO _x
Tööpiirkonna õhus	Pärast LT	35	2	100	5		
	Diislikütusel töötamise ajal	20	1	-	-		
Diiselmootori heitgaasis						800	700

1.4 VENTILATSIOONISÜSTEEMI KROSSINGUD

Koos uute tehnoloogiate kasutuselevõtuga on vaja rohkem õhku, kuna iseliikuv tehnika on varustatud diiselmootoritega. Nagu eespool mainitud, eemaldatakse tarvitatud õhk ventilatsioonistreki kaudu. Kuid see läbib ka kül- ja kogumisstreke, mida läbib ka värske õhk. Vältimaks tarvitatud ja värske õhu ristumist kaeveõõnte ristumiskohal, on ette nähtud ventilatsioonikrossingute ehitamise süsteem.

Ettevalmistustööd krossingu ehituseks:

- Krossingu ehituskoha ülevaatus
- Ettevalmistustööd krossingu ehituseks
- Krossingu ehituskoha ülevaatus

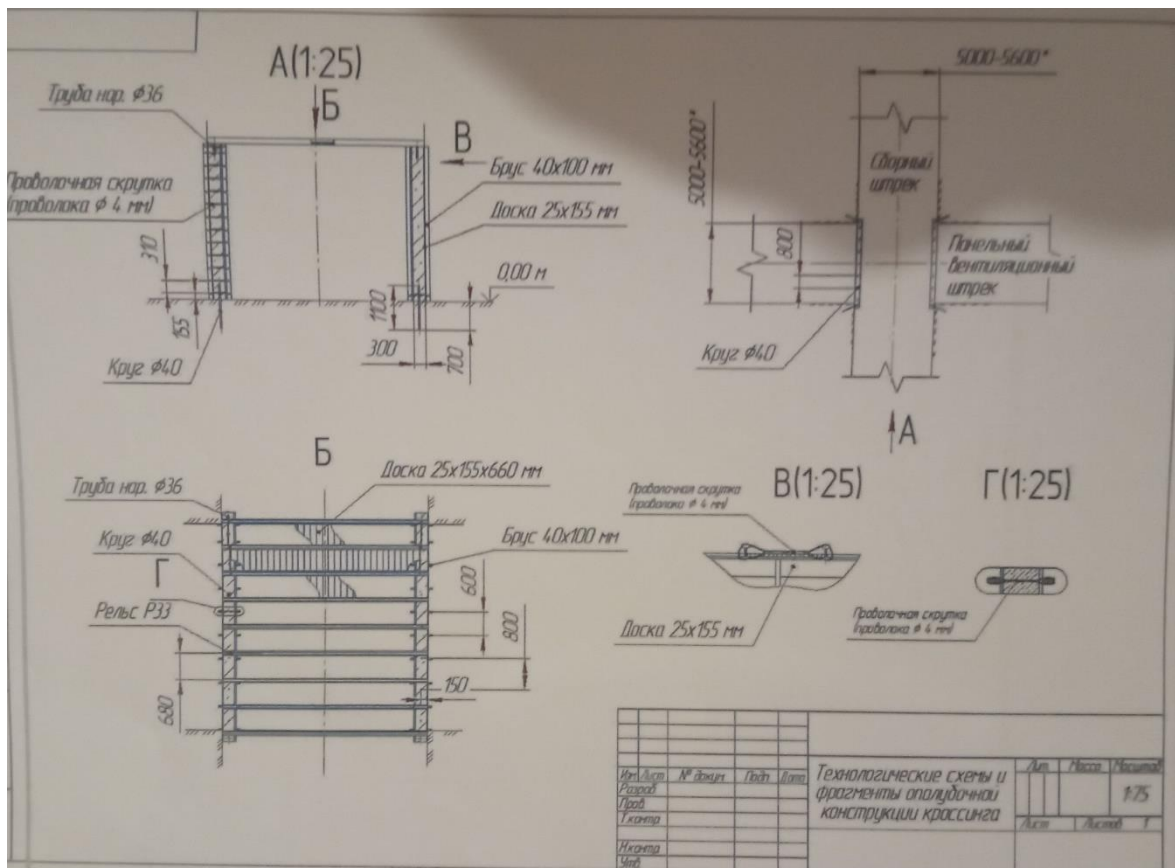
1. Kaeveõõne ettevalmistus (koorimine, puhastamine)
2. Ehitusmaterjalide kohalevedu
3. Karkassi paigaldamine ja kindlustamine enne betoneerimist
4. Puurimistööd kaeveõõne otstesse laenguaukude tegemiseks (700 mm), kuhu paigaldatakse armatuur pikkusega 1100 mm ja läbimõõduga 40 mm. Sama tehakse puuraugu alumises osas kogu seina pikkuses
5. Paigaldatakse raketis laudadega mõõtudega 25x155 ja püstpruss 40X100 iga 600 mm tagant. Pruss seotakse lauaga, kasutades 4 mm traati
6. Krossingu betoneerimiseks valmisoleku kontrollimine.

Betooni valamine toimub teisaldatava betoonisegisti mark PAUS UNIVERSA 50-4 abil. Üldjuhul valatakse ainult pool seina ja teine 24 tunni möödudes.

Krossingu ülemise osa katmiseks kasutatakse rööpaid tüüp P-33-5700 mm. Nende rööbaste paigaldamiseks kasutatakse teleskooplaadurit.

Ka rööbastele kinnitatakse lauad betooni kinnihoidmiseks ja vajaliku vormi hoidmiseks.

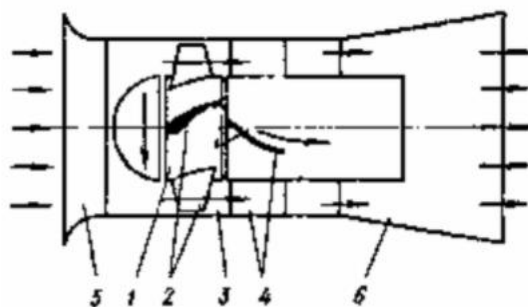
Pärast kõigi ehitustööde lõppu määratakse erikomisjon, kes teeb ülevaatusse ja koostab tehtud tööde akti [3].



Joonis 1.1 Konstruksiooni ja selle krossingu mõõtude tehnoloogiline skeem [Error! Reference source not found.]

1.5 KOHALIKU VENTILATSIOONI VKT-8 VENTILAATORITE TÖÖPÕHIMÕTE JA PÕHIOSAD

VKT-tüüpi ventilaatoreid kasutatakse õhu andmiseks tupikkaeveõõntesse ja töökohtadesse, kus on vaja lisaventilatsiooni. Seega on need ajutised ja abistavad. Ventilaatorite erilised näitajad – väiksed mõõdud ning väike võimsus ja jõudlus. VMP-tüüpi ventilaatorid on labadega ja töötavad survežiiimil. Ventilaator liigutab õhku tänu sellele, et Electra mootori liikuv osa ehk rootor tekitab pöörlemisel potentsiaalset ja kineetilist energiat. Õhku võttev ja suruv tööratas (tiivik) koosneb mitmest selle külge kinnituvast labast. Tööratas ja Electra mootor on paigaldatud silindrilisse korpusesse. Ees asub staatilistest labadest sirgendusseade, mis tagab õhu liikumise õiges suunas. Tööratas ja labad on valmistatud terasest. Korpuses asuv mootor paigaldatakse jäigale rauast raamile. Raami peal on ka käivitusseade, mis on ühendatud Electra elektrivõrku. Käivitusseade on varustatud ventilaatori mootori juhtimise süsteemi ja kaitsega. Kõik seadmed on maandatud.



Joonis 1.2 Aksiaalventilaator VKT-8 [**Error! Reference source not found.**]

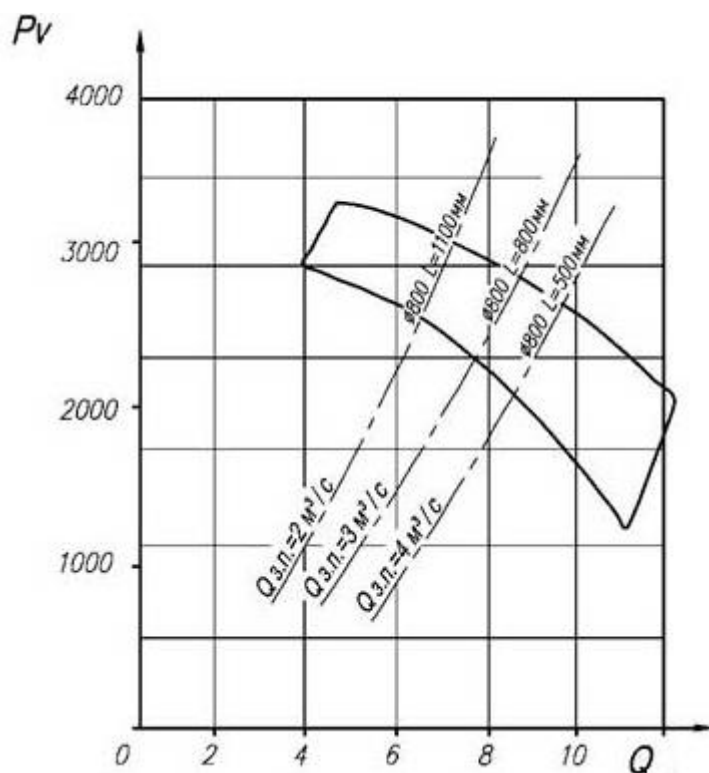
Joonisel: 1 – tiivik, 2 – tiiviku labad, 3 – kere, 4 – sirgendusseade, 5 – kollektor, 6 – difuusor

Kui konstruktiivselt mõelda, näeme, et ventilaatoril on kaks voolundit, mis on mõeldud vähendama aerodünaamilisi parameetreid ehk õhukadu õhu liikumise kiiruse järsul muutmisel. Esimene voolundi paigaldatakse kollektori sissepääsuava ette ja teine difuusori ette. Õhuvoolu liikumine on täielikus kooskõlas tööratte pöörlemisega, mis tähendab, et imeb kollektori kaudu õhku, mis liigub tiiviku labade vahelt läbi, siseneb sirgendusseadmesse, seejärel difuusorisse ja liigub siis presendist ventilatsioonikanalisse.

Table 1.4 VKT-8 tüüpi ventilaatori tehnilised andmed [**Error! Reference source not found.**]

Tööratta läbimõõt, mm	704
Tööratta pöörlemissagedus, min ⁻¹	2980
Õhuvarustus m ³ /s	10
Nominaalne üldrõhk, Pa	3150
Maksimaalne kasutegur	0,69
Elektrijami võimsus, kW	45
Pinge, V	660/380, 660/1140

Pikkus	1210, 2210
Laius	960
Ventilaatori kaal, kg	640
Kõrgus	1075



Joonis 1.3 VKT-8 aerodünaamilised omadused [**Error! Reference source not found.**]

Kohttuulutusventilaatoritele kehtivad oma tingimused ja nõuded ohutusreeglitele ja konstruktsioonile. Need peavad olema väikesed, kuna paigaldatakse kaevandusõõntesse, millesse on selleks ette nähtud nišid. Nišsideks nimetatakse kahte lõhkekambrit. Ventilaatorite jõudlus võib ulatuda kuni 10 m³/s ja õhutoru diameeter on 800 mm. Sellest ka lühend VKT-8 – V – ventilaator, K – kohalik, T – tuulutus, viimane number aga tähendab difuuserist väljuva õhujoa diameetrit ja difuuseri läbimõõtu.

Ette juhitava õhu hulk jääb stabiilseks ja seda muudetakse ainult juhul, kui on vaja liini läbiva õhu hulka suurendada. See oleneb eesoleva ee kaugusest ja õhulõõr liigub selle tagant ette, kuid õhukanali ja tööpaiga vahel on ohutu vahemaa, mis on 20 m. See on

seotud sellega, et tehakse lõhketöid, mille käigus võib see viga saada. Õhu andmise kiirust ei reguleerita, see on püsiv. Varem kasutati VMP-6 tüüpi ventilaatoreid, kuid need on varustatud nõrgemate mootoritega ega ole mõeldud õhu andmiseks nii pikkade vahemaade taha, kuna kaevanduskäigud olid varem 200 m lühemad. Seadmed töötasid suuremalt osalt elektrimootoritega ja tänu sellele oli kaevandusõhus tunduvalt vähem kahjulikke gaase. Seoses uute tehnoloogiate kasutuselevõtuga on vaja rohkem õhku, kuna iseliikuv tehnika on varustatud diiselmootoritega. Nagu eelnevalt öeldud, eemaldatakse tarvitatud õhk ventilaatoristreki kaudu, aga see läbib ka külj- ja kogumisstrekke, millest liigub läbi värske õhk. Vältimaks tarvitatud ja värske õhu ristumist nende töökohtade ristumiskohas, on ette nähtud ventilatsioonikrossingute ehitamise süsteem.

1.5.1 VENTILAATORI VKT-8 TEHNILISED ANDMED JA PAIGALDUSJUHISED

Paigaldamine

Selles ettevõttes kasutatakse Prantsusmaa tootja COGEMACOUSTIC ventilaatoreid VKT-8. Enne ventilaatori paigaldamist tuleb paigalduskoht hoolikalt ette valmistada. Nagu ülalpool öeldud, paigaldatakse need eraldi kambrisse, kus on teostatud kõik ettevalmistustööd, s.t kaeveõõne osade toestamine, lae tugevdamine ja paigalduskoha puhastamine. Ventilaatorite paigutus kantakse täpselt ventilatsioonipassi. Sademete (piisad, veenired) tekkimisel kaeveõõne laest geoloogiliste häirete (pragude) tõttu tehakse vee ärajuhtimiseks varikatused, enamasti tsingitud lehtmetailist.

Seadmed transpordivad kohale operaatorid abilaaduritega (Manitou) ja sama operaator on ka seadmete paigaldaja, hooldaja ja remontija.

Hooldamine

Visuaalne ja kuulmise järgi kontrollimine, mis hõlmab:

- häired mootori ja tööratte pöörlemises
- seadme osade logisemine, s.t erinevate osade ühendused on pisavalt pingutamata (labad, käivitusseadme raam ja selle osad)
- võõrkehad (kaltsud, papp, present jms)
- korpuse ja mootori baariruumi (klemmid, voolujuhtivad osad, isolaatorid) vahel olevate tihendite kontrollimine
- ventilaatori korpuse ja tagakülje kaitsevõre ülevaatus pragude, mõlkide ja korrosiooni suhtes
- ventilaatori töötamise ajal kostuv kõrvaline müra tööratte ja laagrite lõtku tõttu
- käivitusseadme kõigi ühenduste pingutus (võimalik on tugev vibratsioon)

Määrimine

Mootori laagreid on soovitatav määrida iga 3300 töötunni järel, määrde kogus ei tohi olla üle 25 g [5].

Ettevalmistus rikete kõrvaldamiseks:

- Lülitada välja ventilaatorit toitva liini automaatne pealüliti
- Blokeerida juurdepääs automaatlülitele ja panna välja silt «Mitte sisse lülitada, inimesed töötavad»
- Kontrollida mõõteseadmega (voltmeeter, multimeeter), et liin ei oleks pinges all
- Pärast eeltoodud toimingute tegemist võib asuda riket kõrvaldama
- Mootori kinnituse ja tsentreeringu kontrollimine
- Tööratta ja mootorivõlli vahelise kinnituse kontrollimine
- Tööratta labade kinnituse kontrollimine
- Labade ja korpuse sisemuse puhastamine tahmast ja kõrvalistest osakestest

Ettevalmistus ventilaatori käivitamiseks enne tööd:

- Kontrollida, et tööratas pöörleb määratud suunas (korpusel on selleks näidik)
- Kontrollida elektrimootori sisse- ja väljalülitust
- Mõõta tarbitavat voolu
- Veenduda maanduskontuuri tervikluses ja paigalduses

Ventilaatori elektrimootori tehnilised andmed:

- Õhuvoog – 10 m³/s
- Õhuvoo survejõud – 3200 Pa
- Mootori võimsus – 55 kWh
- Tööpinge – 400/690 V (sõltuvalt sellest, kas kasutada kolmnurk- või tähtühendust, meie juhtumi puhul teine variant)
- Mootori nimivool – 45,8 A
- Mootori maksimaalne pöörete arv – 3000 p/min
- Sagedus 50 Hz – kahepooluseline

1.6 Kaevanduse põhiventilaatorid VOD-30

VOD-30 on kaevanduse üldises ventilatsioonisüsteemis ühed olulisemad paigaldised, mis on põhilised kaevanduse õhuga varustajad, tagades kaevanduses töötamise ohutuse, kuid samas on nad üsna energiakulukad, kuna nende jõudlustegur on päris suur.

Ventilatsiooni põhiseade puutub kokku igasuguste välistingimustega – niiskus, tolmu, järsud temperatuurikõikumised jms. Kui nende parameetrite numbrid lähevad skaalast välja, on vajalik jooksevremont kord kuus, kui õhuniiskus on >85% ja tolmusus 120 mg/m³ [5].

Kasutusaja jooksul läbivad ventilaatoriüksused terve rea tehnohooldusi ja remonte, mille arv ja järjekord koos remonditsükliga moodustavad hooldustsükli struktuuri. Ventilaatoripaigaldise puhul kasutatakse järgmist hooldustsükli struktuuri:

1 – tehnohooldus pärast igat vahetust

2 – igapäevane tehnohooldus

3 – tehnohooldus iga kahe nädala tagant

Paigaldised vajavad õigeaegset hooldust ja reguleerimist, sest sellest sõltub ventilaatorite tõhusus ja kasutusiga. Sellega tegeleb kord kahe aasta järel spetsiaalselt koolitatud brigaad.

1.6.1 VTK-30 HOOLDUS JA SEADISTAMINE

Seadistustööde käigus on peamine tuvastada ja kõrvaldada erineva iseloomuga vead, mis võivad mõjutada paigaldiste edasist tööd.

Kontrollida tuleb kõiki paigaldiste põhisõlmi ja määrata ettevõtte, kes hakkavad vigu kõrvaldama:

- Paigaldise sõlmede töövõime kontrollimine
- Paigaldise avariideta ja pideva töö kontrollimine
- Paigaldise tööea pikendamine
- Kokkuvõid paigaldise kuludelt (energiakulu ja amortisatsioon)
- Vundamendi plaatide konstruktsiooni kontrollimine (kandekonstruktsioon)
- Laagrite määrimise süsteemi kontrollimine
- Ventilaatorite pidurisüsteemi kontrollimine
- Ventilaatorirootorite tasakaalustuse kontrollimine
- Elektrimootorite ja nende kaitse kontrollimine

Enne paigaldiste remondi- ja hooldustööde alustamist tuleb teha ettevalmistustööd

- Põhitööde kohta teabe hankimine
- Tehniliste andmete ja kasutusjuhendiga tutvumine
- Tutvumine õhuandmise juhtimissüsteemi ja selle reeversiga
- Tuletõrjesüsteemi kontrollimine
- Toiteliini (elektrimootorite) täielik väljalülitamine
- Piduri- ja blokeerimissüsteemi käivitamine

Peale korraldustöid ja rikete kõrvaldamist tuleb teha kaks kontrollmõõtmist ning kanda mõõtmisandmed hooldusraamatusse.

Tabel 1.5 Ventilatori VTK-30 paigaldise tehnilised andmed [**Error! Reference source not found.**]

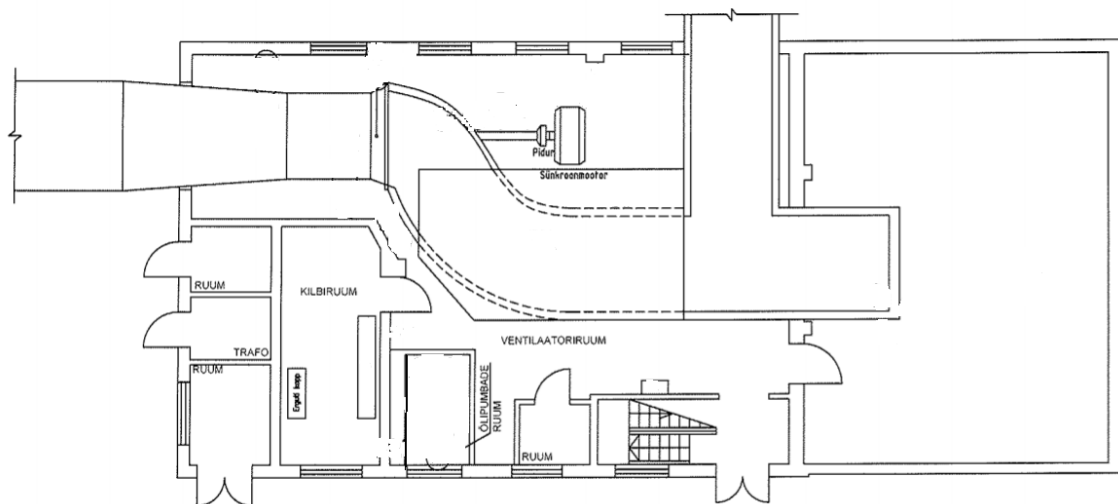
Pikkus, mm	18340
Laius, mm	3400
Kõrgus, mm	3430
Kogukaal, kg	46000
Mootori kaal, kg	9380
Maksimaalne kasutegur	0,81
Pöördeid	500
Mootori pinge, V	6000
Mootori võimsus, kW	800
Tööratta läbimõõt, mm	3000
Nimirõhk, daPa	270
Tööpiirkonnas, daPa	80-350
Õhupalling, m ³ /min	5700
Labade arv, tk	12

1.7 VTK-30 VENTILAATORITE TÖÖPÕHIMÕTE JA EHTUS

Selle paigaldise jaoks rajati mitmest ruumist koosnev hoone (vt joonist). Masinaruumis asuvad paigaldise põhiajam, automaatjuhtimikilp ja vintsid autode juhtimiseks. Samuti on masinaruumis talakraana Electra mootori vahetamiseks või muude konstruktsioonide demonteerimiseks.

Hoone seinte konstruktsioon, kuhu on paigutatud suur osa paigaldisest, s.t difuuser ja võll ventilatori tööratastega, on polsterdatud helisummutavate tuhaplokkidega ja kasutades raudbetoonkarkassi.

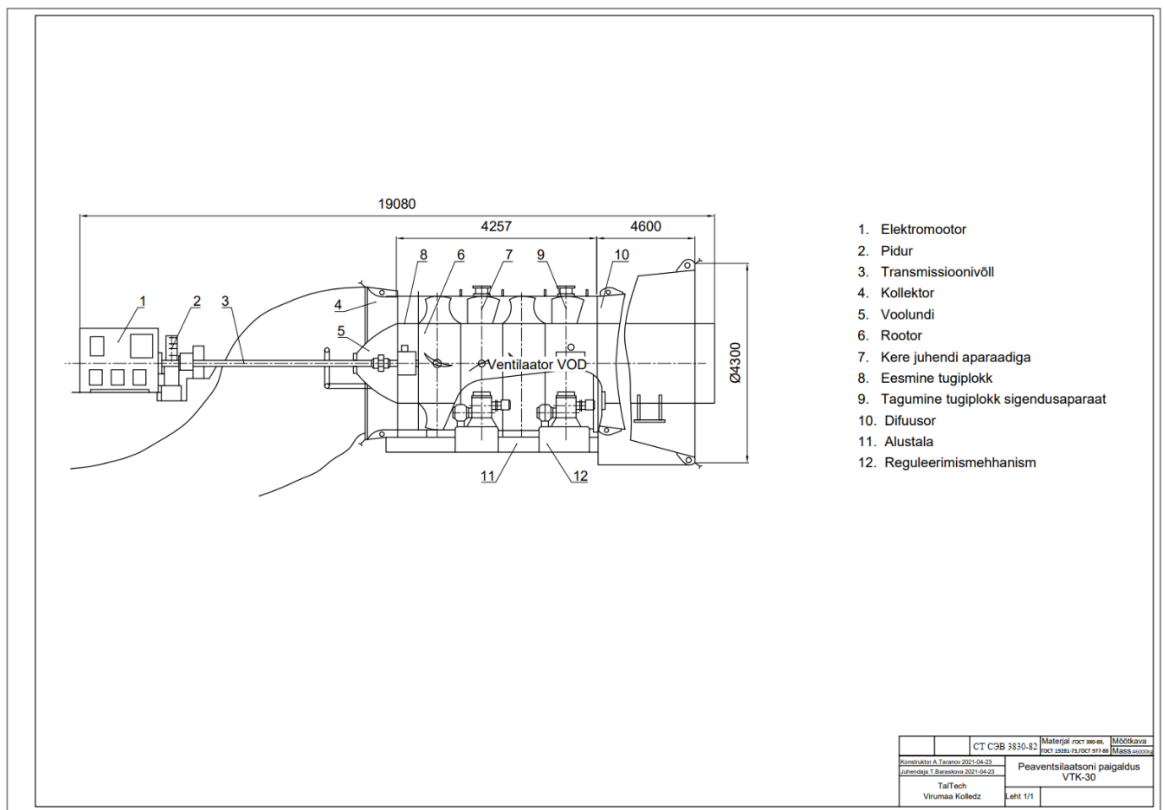
Kanali ristkülikukujuline väljalaskeosa on varustatud mürasummutajaga, mis koosneb peenpoorsest materjalist pikivaheseintest.



Joonis 1.4 Ruumi üldplaan VTK-30

Ventilaatoripaigaldis koosneb järgistest osadest: **[Error! Reference source not found.]**

1. Elektrimootor
2. Transmissioonivõll
3. Kok (propelleri kaitsekate)
4. Kollektor
5. Esiplokk
6. Kaks reguleeritavate labadega tiivikut
7. Tagumine plokk
8. Difuusor
9. Esiosa laienduse difuusor
10. Raam
11. Pidurisüsteem (klots)



Joonis 1.5 PVP-VTK-30 üldjoonis

Laagrite õlitusjaam VTK-30

Süsteem koosneb kahest Electra mootorist, millest üks on varumootor, aparatuurist ja kahest toititorust, mis tagavad õlitussüsteemis tsirkulatsiooni. Need paiknevad määrdeosade suhtes madalamal tasemel ja on tehtud äravooluks. Samuti on õlitusjaamas 200 l õlivann töövedeliku hoidmiseks. Õlivanni pehme osa on varustatud kütteelementidega, et hoida õli temperatuuri, eriti talvel. Õlitussüsteemis kasutatakse BG11-22A tüüpi pumpi jõudlusega 12 l/min, kaitseklapi ja filtritega. Õlikulu sõltub ventilaatori töörežiimist, kõrgete depressioonide korral on see näiteks 3–5 l/min. Õli vahetatakse õlivannis iga 6 kuu tagant. Samuti viiakse läbi õlitussüsteemi puhastus. Segatakse kokku õli ja petrooleum vahekorras 50÷50 ja lastakse 30 minuti vältel läbi kogu süsteemi. Pärast neid protseduure valatakse vanni värske õli. Lubatud õlileke kuus on kuni 10 l. Filtrit vahetatakse kord kuus. Laagrite lubatud kuumenemistemperatuur on 70° [7].



Joonis 1.6 VTK-30 õlitusjaam Estonia kaevanduses

VTK-30 õlitusjaama juhtimine

Erinõudeks on, et enne õlitusjaama käivitamist tuleb veenduda selle hermeetilisuses. Õlitusjaam lülitatakse sisse 5 minutit enne ventilaatori mootori sisselülitamist. Erilist tähelepanu tuleb pöörata rõhuandurite näitudele, süsteemi rõhulanguse korral 0,3 atmosfäärini tuleks käivitada varuõlipump ja operaatorile kuvatakse hoiatussignaal varupumba sisselülitamiseks. Kui rõhk tõuseb 2,5 atmosfäärini, peab süsteem õlitusjaama ja ventilaatori mootori välja lülitama.

Laagrite määrimiseks kasutatakse hüdroõli HLP-46. Seda tüüpi õli on universaalne. See valmistatakse hüdrorafineeritud baasõlide baasil ja lisatakse lisandid. See on korrosiooni- ja oksüdeerumisvastaste, demulgeerivate, depressor-, kulumis- ja vahutamistvastaste omadustega.

Tabel 1.6 Õli HLP-46 spetsifikatsioon [8]

Kinemaatiline viskoossus +40 ° C, mm ² /s	46
Kinemaatiline viskoossus +100 ° C, mm ² /s	6,7
Viskoossusindeks	97
Leekpunkt avatud tiiglis, °C	226
Kukkumispunkt tilkuse, °C	-25
Happearv, mg KOH/g	0,5
tuhasisaldus, %	0,17
Tihedus temperatuuril +15 ° C, g/sm ²	0,880
Filtreeritavus ilma veeta	160
Filtreeritavus 2% veega	250

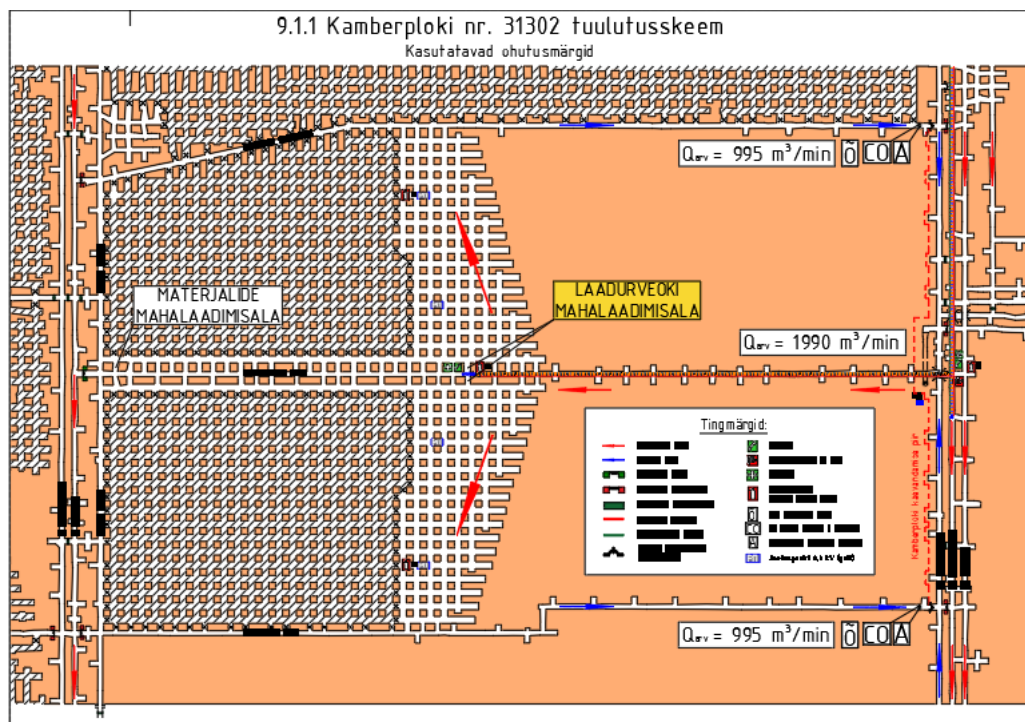
2. KAEVANDUSES VAJALIKU ÕHUHULGA ARVUTUS

2.1 ÕHUHULGA ARVUTUSED KAMBRIPLOKI KOHTA

Näiteks on võetud kambriplokk, mis asus kaevandusvälja 39 paneelil

Estonia kaevandus. Kambriplokki 31302 ventileeritakse värske õhu joaga, mida antakse piki konveieristrekki 313 paneelilt piki kogumisstrekki.

Väljuv õhujuga suunatakse mööda külgstreкке ventilatsiooni paneelil 313 ja seejärel läbi šurfi. Seega on kirjeldatud värske ja tarvitatud õhu joa liikumist. Joonis 5 [2]



Joonis 2.1 Õhuvoolu suuna skeem (kambriploki kohta) [10]

Kambriplokis oleva õhuhulga arvutused sõltuvad järgmistest teguritest:

- Ees töötavate inimeste arv
- Kahjulike gaaside kontsentratsioon pärast lõhketöid
- Diiselmootorite heitgaaside kontsentratsioonitase

Valem õhu ja selle vajaliku hulga arvutamiseks tööpiirkonnas:

Q_{esi} – sissepuhkeõhu hulk

i – inimeste arv tööalas

q – nõutav sissepuhkeõhu hulk ühe inimese kohta

$$Q_{im} = i \cdot q (m^3/min)$$

Arvutamisel võetakse maksimaalne väärtus, s.t $i = 12$ inimest, $q = 6 \text{ m}^3/\text{min}$

$$Q_{im} = 12 \cdot 6 = 72 \text{ m}^3/\text{min}$$

Vajaliku õhuhulga arvutamine gaaside järgi pärast lõhkamistöid

Nõutav õhuhulk sõltub lõhkeainekulust ja järgmistest parameetritest:

P – kaeveõõne pikkus

L – lõhkeaine hulk

k – kihindi kõrgus

t – tuulutusaeg pärast lõhketöid

Andmed arvutuseks:

$$P = 150 \text{ m}$$

$$L = 318 \text{ kg}$$

$$k = 3,8 \text{ m}$$

$$t = 60 \text{ min}$$

Valem arvutuseks:

$$Q_{lõ.t} = \frac{11,3}{t} \cdot P \sqrt{L \cdot k} (\text{m}^3/\text{min})$$

$$Q_{lõ.t} = \frac{11,3}{60} \cdot 150 \sqrt{318 \cdot 3,8} = 995 \text{ m}^3/\text{min}$$

Diiselmootoriga masinate jaoks vajaliku õhuhulga ja kahjulike gaaside heitkoguste arvutuse leiab tabelist.

Valem diiselmootoriga masinate heitgaaside veeldamiseks vajaliku õhuhulga arvutuseks:

$$Q_{esi} = g \cdot T (\text{m}^3/\text{min})$$

Valem diiselmootoriga tehnika heitgaaside arvutuseks:

$$g = n \cdot V (\text{m}^3/\text{min})$$

g – heitgaaside kogus m^3/min

V – diiselmootori silindri maht, m^3

Valem mürgiste gaaside arvutuseks:

$$T = \frac{\sum k_i C_i}{C_{luba}}$$

k_i – kahjuliku gaasi lubatud kontsentratsiooni teisendustegur süsinikoksiidi tinglikuks lubatud kontsentratsiooniks, süsinikoksiidi puhul $CO = 1$, lämmastikoksiidi puhul $NO_2 = 6,5$

c_i – kahjuliku gaasi sisaldus heitgaasides, %

c_{luba} – vingukaasi lubatud kontsentratsioon (0,002142%)

Tabel 2.1

Nimetus	n p/min	V m ³	g m ³ /min	C ₁ % CO)	C ₂ % NO ₂	T	Q _{esi} (m ³ /min)
LH-514L (138)	1900	0,012130	23,05	0,0061	0,0053	18,93	436,3
LH-410 (136)	2100	0,009366	19,67	0,0046	0,0014	6,40	125,8
							562

Tabel 2.2

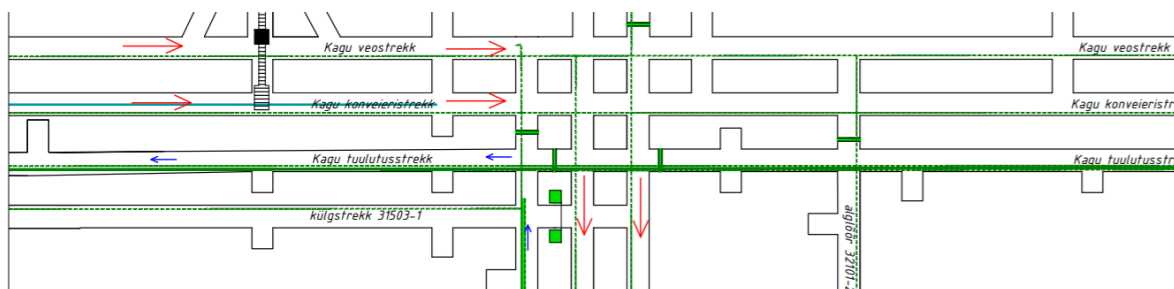
Nimetus	n p/min	V m ³	g m ³ /min	C ₁ % CO)	C ₂ % NO ₂	T	Q _{esi} (m ³ /min)
ST1030 428	2000	0,009000	18,00	0,0264	0,0021	18,70	336,6
ST1030 427	2000	0,009000	18,00	0,0262	0,0015	16,78	302,1
							639

Tabel 2.3

Nimetus	n p/min	V m ³	g m ³ /min	C ₁ % CO)	C ₂ % NO ₂	T	Q _{esi} (m ³ /min)
LH-514L 138	1900	0,012130	23,05	0,0061	0,0053	18,93	436,3
ST1030 42	2000	0,009000	18,00	0,0264	0,0021	18,70	336,6
							773

2.2 ÕHUKOGUSE ARVUTUSED LÄBINDUSTE KOHTA

Läbinduste tuulutamine toimub kohaliku ventilatsiooni ventilaatoritega. Põhimõte on järgmine: veostreki ja konveieristreki läbib värske õhu vool, mille VMP-8 ventilaator imeb ja seejärel õhulõõri kaudu ette juhatakse. Tarvitatud õhk aga liigub mööda tuulutustreki ja väljub seejärel läbi šurfi maapinnale.



Joonis 2.2.1 Õhuvoolu suuna skeem (läbinduse kohta) [10]

Läbinduste õhuhulga arvutused sõltuvad järgmistest teguritest:

- Ees töötavate inimeste arv
- Kahjulike gaaside kontsentratsioon pärast lõhketöid
- Diiselmootoriga masinate heitgaaside kontsentratsioon

Valem läbinduses töötavate inimeste õhu arvutuseks:

$$Q_{im} = i \cdot q (\text{m}^3/\text{min})$$

Arvutuseks võetakse maksimaalne väärtus, s.t $i = 5$ inimest, $q = 6 \text{ m}^3/\text{min}$

$$i = 5 \text{ inimest}, \quad q = 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{im} = 5 \cdot 6 = 30 \text{ m}^3/\text{min}$$

Vajaliku õhuhulga arvutus gaaside järgi pärast lõhketöid:

$$Q_{esi} = 2.25 \cdot \frac{S}{t^3} \cdot \sqrt{L \cdot g \cdot \varphi \cdot \frac{L^2}{p^2} \cdot S} \text{ (m}^3\text{)}$$

Nõutav õhuhulk sõltub lõhkeainekulust ja järgmistest parameetritest:

$$S = 21 \text{ m}^2 - \text{kaeveõõne ristlõige}$$

$$t \geq 30 \text{ min} - \text{ee tuulutuse aeg}$$

$$L = 108 \text{ kg} - \text{lõhkeaine kogus}$$

$g = 41,7 \text{ l/kg}$ - lõhkeaine gaasisaldus

$\varphi = 0,6$ - veeldumistegur kaeveõõnes

$P_{\text{leke}} = 1,37$ - lekketegur õhulõõri 1 m kohta

$$Q_{\text{esi}} = 2,25 \cdot \frac{21}{30^3} \cdot \sqrt{108 \cdot 41,7 \cdot 0,6 \cdot \frac{4502}{1,372} \cdot 21} = 378,5 \text{ m}^3$$

Valem diiselmootoriga tehnika heitgaaside arvutuseks:

$$g = n \cdot V (\text{m}^3 / \text{min})$$

Valem diiselmootoriga tehnika heitgaaside veeldamiseks vajaliku õhuhulga arvutuseks:

$$Q_{\text{esi}} = g \cdot T (\text{m}^3 / \text{min})$$

Valem mürgiste gaaside arvutuseks:

$$T = \frac{\sum k_i C_i}{C_{\text{luba}}}$$

k_i - kahjuliku gaasi lubatud kontsentratsiooni teisendustegur süsinikoksiidi tinglikuks lubatud kontsentratsiooniks

c_i - kahjuliku gaasi sisaldus heitgaasides (%)

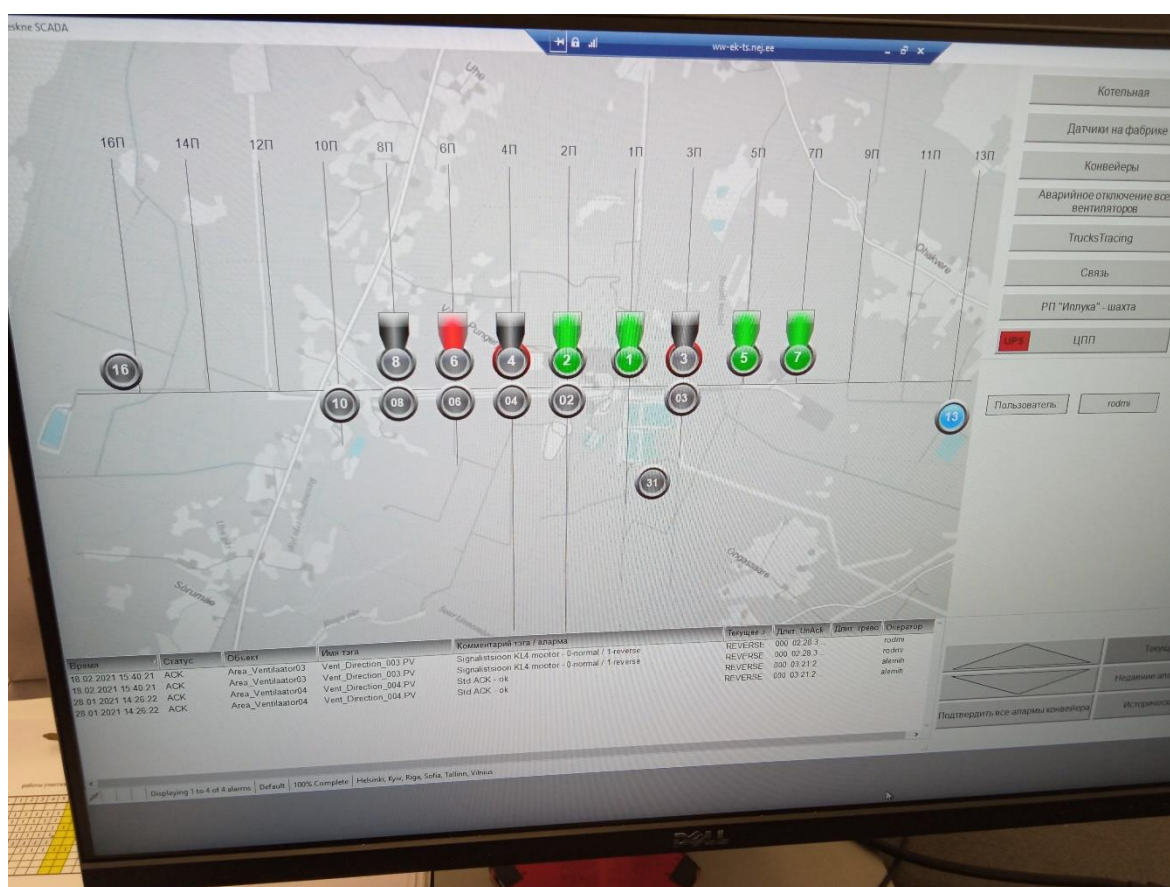
C_{luba} - süsinikoksiidi lubatud kontsentratsioon (CO%)

3. AUTOMATISEERIMINE

3.1. AUTOMAATNE JUHTIMINE PVP-VTK-30 PROGRAMMI SCADA ABIL

See programm on mõeldud ventilaatori peaseadme (VPS) töörežiimi juhtimiseks, kontrollimiseks ja reguleerimiseks. See võimaldab juhtimise ja seire abil ennetada avariilukordi. Kõigi tähtsaimate tehnoloogiliste parameetrite seire ja juhtimine toimub reaalajas, mille tulemusena saab teenindav personal pidevalt õigeaegset ja tõepärast teavet seadmete tööseisukorra kohta.

See programm võimaldab jälgida mitte ainult ühte paigaldist, vaid kõiki paigaldisi, sealhulgas isegi kaevandussüsteemi vee äravooluvõrku.



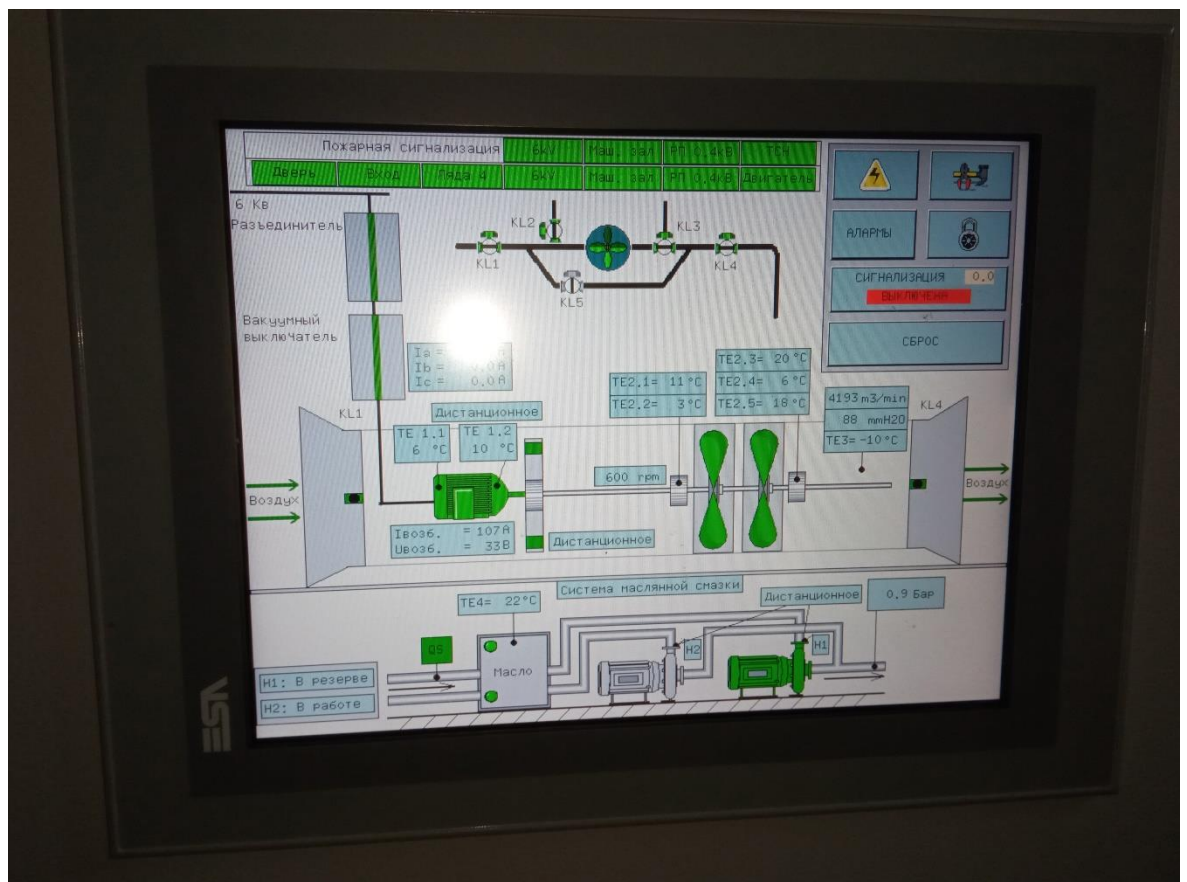
Joonis 3.1 Programmi SCADA ülevaade [8]

See programm võimaldab meile järgmisi toiminguid:

- PVP kaugjuhtimine ja -reguleerimine
- Lada asendi, s.t šurfi läbiva õhuvoo reguleerimine
- Reerversi võimalus
- Laagrite temperatuuri kontroll

- Depressiooni, st õhuvoo jälgimine
- PVP mootori avariiseiskamine
- Õhuvarustuse kontroll
- PVP veovõlli kaugpidurdus
- Automaatse õlijaama kontroll
- Elektrivarustusseadmete töö jälgimine

Juhtimispuul on varustatud ka märgutulede ja juhitava monitoriga, mis võimaldab paigaldist juhtida, aga ka tuvastada vigu töö käigus ilmnevate probleemide korral.



Joonis 3.2 Programmi SCADA ülevaade [8]

3.2 AUTOMAATNE JUHTIMINE PVP

Süsteemi enda ajam tootjalt ABB-HVAC, mark ACH 580-07. See mudel on ette nähtud vahelduvvooluajamitele võimsusvahemikuga 0,75-500 kWh.

See ajam võimaldab juhtida mis tahes mootorit, kuid parem on kasutada kõrgefektiivset mootorit, see võimaldab meil elektrienergiat säästa [9].



Joonis 3.2.1 Sagedusmuundurid [**Error! Reference source not found.**]

Need ajamid on ette nähtud kütte-, ventilatsiooni- ja kliimasüsteemide jaoks. Korpused kaitseastmega IP55-UL TÜÜP 12. Toide 3-faasiline, tööpinge 380/480 V. Väline toiteallikas 24 V, 1,5 A-AC/DC. Sagedus 48-63 Hz, võimsustegur 0,98. Töötemperatuur -40 kuni +70 kraadi [9].

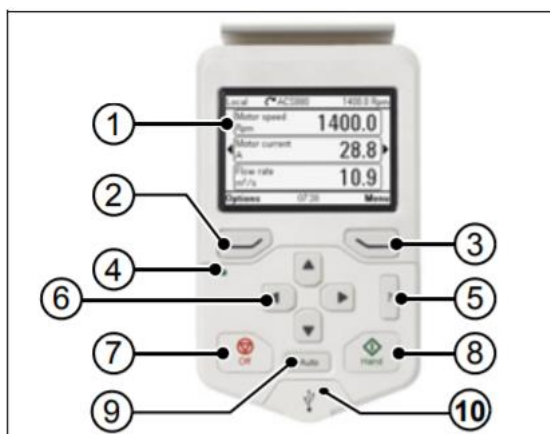
Võimaldab kontrollida järgmist:

- Pinge kontroll
- Pinge lekke kontroll
- Mootori ülekuumenemise kaitse kontroll
- Ülekoormuse kontroll (voolu järgi)
- Pinge puudumise kontroll
- Signaalide kadumise kontroll



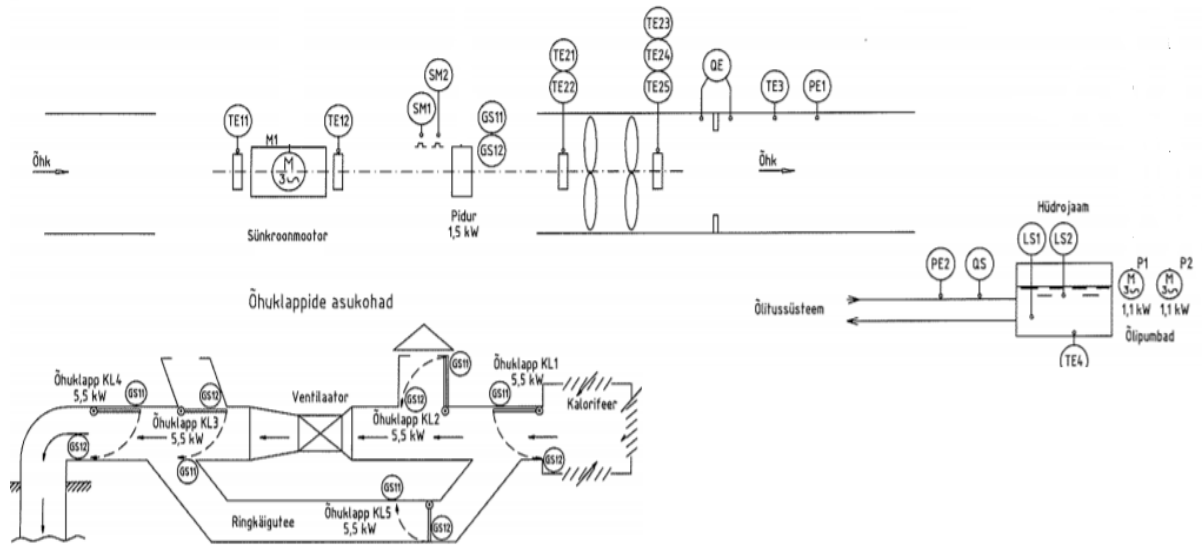
Joonis 3.2.2 Sagedusmuundur [Error! Reference source not found.]

See mudel on väga lihtne ja töökindel ning selle kaitseastet arvestades võime öelda, et see on mõeldud kasutamiseks väga karmides tingimustes. Konstruktsioon meenutab ventilatsioonivõredega kappi, mis võimaldabki tänu õhu läbipääsule loomulikku jahutussüsteemi.



Joonis 3.2.3 Juhtpaneel [Error! Reference source not found.]

1. Juhtkuva ekraani paigutus
2. Vasak funktsiooninupp
3. Õige funktsionaalsus
4. Märkutuli
5. Teade
6. Automaatrežiim
7. Käsirežiim
8. Automaat- või käsirežiimi ümberlülitamine
9. USB-pistik

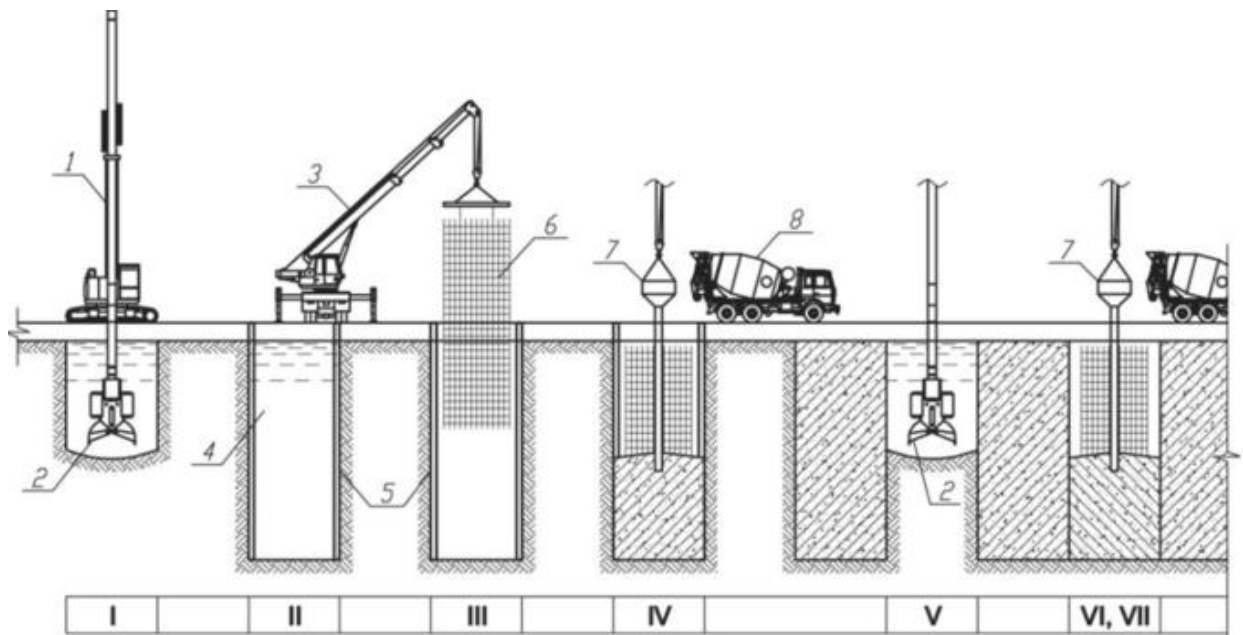


Joonis 3.2.4 PVP funktsionaalne skeem ja selle struktuur

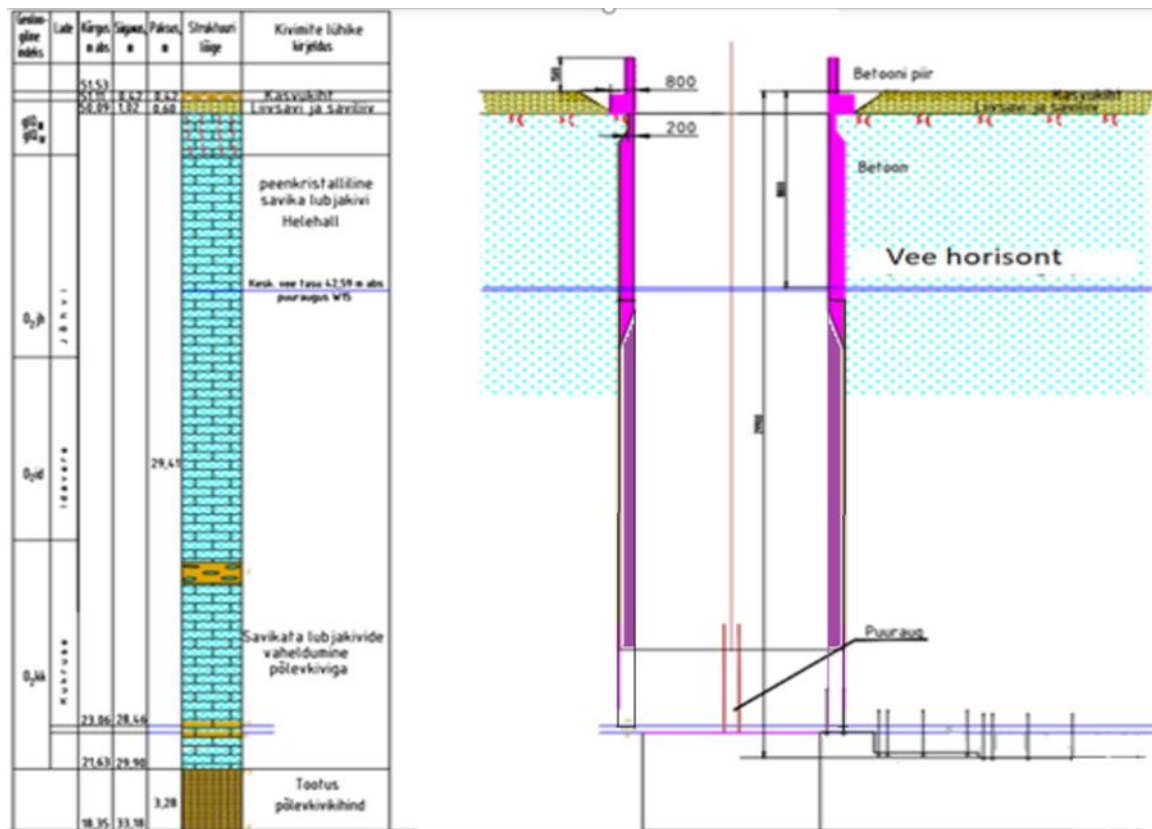
TE11	Mootori laagri temperatuur 1		
TE12	Mootori laagri temperatuur 2		
TE21	Mootori laagri temperatuur 3		
TE 22	Mootori laagri temperatuur 4	GS 11 lahti,kinni	Õhuklapp KL1, KL2, KL3, KL4, KL5
TE 23	Mootori laagri temperatuur 5	GS 12 lahti,kinni	Õhuklapp KL1, KL2, KL3, KL4, KL5
TE 24	Mootori laagri temperatuur 6	QE	Ventilaatori õhukulu
TE 25	Mootori laagri temperatuur 7	TE 3	Temperatuur õhukanalis
SM 1	Ventilaatori kiiruse andur	PE 1	Rõhk õhukanalis
SM 2	Ventilaatori kiiruse andur	PE 2	Õli rõhk
Q 5	Õlikulu	TE 4	Õlitemperatuur paagis
LS 1	Õlipaagi ülemine avariinivoo	LS 2	Õlipaagi ülemine avariinivoo
P 1	Tööolek	P2	Tööolek

4. KASUTAMINE ESTONIA KAEVANDUSE KOMBINEERITUD VENTILATSIOONISÜSTEEMIS

Esiteks tuleb kõrvaldada üks puudus, mis on tingitud sellest, et talvel šurfi seinad külmuvad ja see kitsendab õhuvarustuskanali avasid. Lahenduseks on šurfi seinte täielik betoneerimine, kandes betooni karkassiks olevale raudkonstruktsioonile. Sel viisil kaitseme šurfi sisemist osa põhjavee eest.



Joonis 4.1. šurfi betoneerimine ja selle ettevalmistamine (<https://studfile.net/preview/2903186/>)



Joonis 4.2. šurfi projekt [10]

Kaevanduse ventilaatoripaigaldiste paigaldamise asemel langes valik Prantsuse tootjale Cogemacoustic. Ventilaator töötab pingel 660 V ja suudab toota 6000 m³/min, mootori võimsus on 500 kW.

Ventilaatori paigalduskohas näidatud kohas toimub värske õhu sisseimemine maapinnalt, šurf nr 1.

Šurfi nr 2 paigaldatakse ventilaator samasse kohta, kuid see teostab vastupidist protsessi ehk surub, seega tekitab õhudepressiooni, mis loob eelkõige tõhusama õhuvahetuse. Antud hetkel on ventilaatorid paigaldatud maapinnale ja teostavad ainult surveprotsessi, tekitades seega ainult õhukompressiooni.

4.1. UUS MEETOD VENTILATSIOONI KULUDE VÄHENDAMISEKS

Arvestades, et kaevanduses esinevad erinevaid ohte, hõlmab ohutu ventilatsioon kaevanduses teatud õhuvooluhulga säilitamist. Õhuvoolu kiirust ja õhu koostist tuleb ventilatsioonivõrgus reguleerida peamiste ventilaatorite töö abil. Teiselt poolt tuleks ventilatsioonikulud minimeerida. Seega on optimaalne lahendus olemas, kui on ühelt poolt vajalikud ohutustingimused täidetud ja teiselt poolt on ventilaatorite võimsus minimeeritud kuid on piisav. Estonia kaevanduses õhuvoolud on ühendavad peamiste ventilaatorite alamvõrgud. Antud töös esitatakse selliste õhuvooge sisaldavate ventilatsioonivõrkude uuringu tulemused ja esitatakse uus meetod ventilatsiooni kulude vähendamiseks. Meetod põhineb algoritmil, mis võimaldab määrata ventilatsiooni süsteemi peatumistakistuse, pea õhuvooluhulga, rõhu väärtuse millega on õhujaotus optimaalne. Selle tulemusena on ventilaatorite koguvõimsus on madalaimal tasemel, mis toob kaasa madalamad ventilatsioonikulud.

4.2 Sunniviisiline ventilatsioon

Majanduslikult parempoolne võrgus õhu jaotamine tuleb siis, kui ventilaatorite väljundvõimsuse on kõige madalam. See nõuab vajaliku õhu jaotamist, ventilaatori rõhu reguleerimist ja õhuvooluhulga kontrollimist. Joonisel 3 on esitatud pakutatud kaevandusele ventilatsiooni süsteemi kolmemõõtmelise aseseem. Põhiventilaatorid on kaks: W1 ja W2. Tööpiirkond A on esitatud sõlmede 3 ja 4 vahel ja tööpiirkond B on esitatud sõlmede 3 ja 5 vahel. Tööpiirkonnad varustatakse õhuga läbi harud 1-2 ja 2-3. Seejärel õhk jaotatakse sõlmes 3 kaheks ahelateks. Tagastatakse õhuvoolud ventilaatoritesse W1 ja W2. Tagastuva õhuvoolu kogum sõltub haru 4-5 olemasolust, see on selle võrgu eripära. Selline haru ühendab omavahel ventilaatorite W1 ja W2 alamvõrku ja võimaldab tagasivooluõhku jaotamist. Selle jaotuse saab saavutada peatuste protsesse seadistamisega, valides õhuvoolu tee vastavates harudes. Ahelad 1-2 ja 2-3 on omavahel seotud järjestikusest; diagrammil olemas punktid, millel pole õhutakistust (1, 6 ja 7), need sõlmepunktid asuvad atmosfääris. Haru 1 ühendab omavahel kahe ventilaatorite alamvõrku [14].

Kus V_i –õhu maht

Õhu maht ahelas $\bar{0}$ võrdub õhu mahtude summaga ahelates A ja B, kus nende väärtused on teatavad.

Ventilaatorite W1 ja W2 rõhkude vahe saab määrata valemiga (3) ja (4) vastavalt, nimelt:

$$\Delta p_{W1} = R_0 \cdot (V_0)^2 + R_B \cdot (V_B)^2 + R_1 \cdot V_1 \cdot |V_1| + R_2 \cdot (V_2)^2 \quad (3)$$

$$\Delta p_{W2} = R_0 \cdot (V_0)^2 + R_B \cdot (V_B)^2 + R_3 \cdot (V_3)^2 \quad (4)$$

Kus R_i -Aerodünaamilised takistused

Õhu mahu absoluutväärtused sõltuvad õhu suunast ahelas $\bar{1}$. Õhu liikumise suunad ahelates $\bar{2}$ ja $\bar{3}$ määratakse eksperimentaalsed.

Ventilaatorite väljundvõimsused määratakse võrrandite kohaselt, nimelt:

$$N_{uW1} = \Delta p_{W1} \cdot V_2 = (R_0 \cdot (V_0)^2 + R_B \cdot (V_B)^2 + R_1 \cdot V_1 \cdot |V_1| + R_2 \cdot (V_1 + V_A)^2) \cdot (V_1 + V_A) \quad (5)$$

$$N_{uW2} = \Delta p_{W2} \cdot V_3 = (R_0 \cdot (V_0)^2 + R_B \cdot (V_B)^2 + R_3 \cdot (V_B - V_1)^2) \cdot (V_B - V_1) \quad (6)$$

Võrrandite (5) ja (6) lahendades, saab määrata ventilaatorite W1 ja W2 summaarne võimsus, mis sõltub ainult V_1 õhu mahust, nimelt:

$$N_{uW1,W2} = (R_2 - R_3) \cdot (V_1)^3 + (3 \cdot R_2 \cdot V_A + 3 \cdot R_3 \cdot V_B) \cdot (V_1)^2 + (3 \cdot R_2 \cdot (V_A)^2 - 3 \cdot R_B \cdot (V_B)^2) \cdot (V_1) + R_1 \cdot (V_1)^2 \cdot |V_1| + R_1 \cdot V_A \cdot V_1 \cdot |V_1| + R_B \cdot V_B^2 \cdot V_A + R_2 V_A^3 + R_B \cdot V_B^3 + R_3 \cdot V_B^3 + R_0 \cdot (V_A + V_B)^3 \quad (7)$$

Lihtsustame võrrand (7), tähistades:

$$a = (R_2 - R_3),$$

$$b = (3 \cdot R_2 \cdot V_A + 3 \cdot R_3 \cdot V_B),$$

$$c = (3 \cdot R_2 \cdot (V_A)^2 - 3 \cdot R_B \cdot (V_B)^2),$$

$$d = R_B \cdot V_B^2 \cdot V_A + R_2 V_A^3 + R_B \cdot V_B^3 + R_3 \cdot V_B^3 + R_0 \cdot (V_A + V_B)^3 \quad (8)$$

Nüüd saame:

$$N_{uW1,W2} = a \cdot (V_1)^3 + b \cdot (V_1)^2 + c \cdot (V_1) + R_1 \cdot (V_1)^2 \cdot |V_1| + R_1 \cdot V_A \cdot V_1 \cdot |V_1| + d \quad (9)$$

On tarvis määrata esimese ja teise tuletiste võimsusest õhumahu järgi, nimelt:

$$\frac{dN_{uW1,W2}}{dV_1} = 3a \cdot V_1^2 + 2b \cdot V_1 + c + 3 \cdot R_1 \cdot V_1^2 + 2 \cdot R_1 \cdot V_A \cdot V_1 \quad (10)$$

$$\frac{d^2 N_{uW1,W2}}{dV_1^2} = 6 \cdot a \cdot V_1 + 2 \cdot b + 6 \cdot R_1 \cdot V_1 + 2R_1 \cdot V_A \quad (11)$$

Lahendades max-min ülesanne, võrrandist (10) saab leida ekstremaalne õhumaht V_1 .

4.3 Praktiline osa

Esitame tabelisse 1 lähteandmed ning arvestame, et ahelas A toimunud peatuste protsessid, siis saab leida V_1 .

$$2 \cdot V_1^2 = 1,5 \cdot V_A^2 - 0,2 \cdot V_B^2$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 8,7^2 - 0,2 \cdot 4,4^2}{2}} = 7,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 1 Töötavate seadmete jaoks õhuhulgade omadused

Nimetus	Ruumala, m ³	sagedus, min ⁻¹	Vooluhulk, m ³ /min	NO ₂	CO	C _i	C _{lub} (CO)	T	V _{esi} m ³ /min
Sandvik LH-307	0,0051	2300	11,73	0,0025	0,0174	0,0397	0,002	16,83	197,4
Scania P250	0,0093	600	5,58	0,0084	0,0625	0,1171	0,002	58,55	326,7
Face Master 1,7R(2,3R)	0,004038	2300	9,29	0,0026	0,0071	0,0342	0,002	12	111,4
Manitow MLT 627T	0,0044	2200	9,68	0,0032	0,0098	0,0391	0,002	15,3	148,1

Tabel 2. Õhu liikumiste jaoks ahelate omadused

Ahela number	Aerodünaamilised takistused, kg/m ⁷	Õhu maht, m ³ /s	Seletamine
0	0,3		
1	2,0		
2	0,3		
3	1,0		
4	0		atmosfäär
5	0		atmosfäär
6	0		atmosfäär
A	1,5	8,7	tööruumala
B	0,2	4,4	tööruumala

$$a = (R_2 - R_3) = 0,3 - 1 = -0,7 \text{ kg/m}^7$$

$$b = (3 \cdot R_2 \cdot V_A + 3 \cdot R_3 \cdot V_B) = 3 \cdot 0,3 \cdot 8,7 + 3 \cdot 1 \cdot 4,4 = 21,03 \text{ kg/m}^4\text{s}$$

$$c = (3 \cdot R_2 \cdot (V_A)^2 - 3 \cdot R_B \cdot (V_B)^2) = 3 \cdot 0,3 \cdot 8,7^2 - 3 \cdot 0,2 \cdot 4,4^2 = 56,5 \text{ kg/ms}^2$$

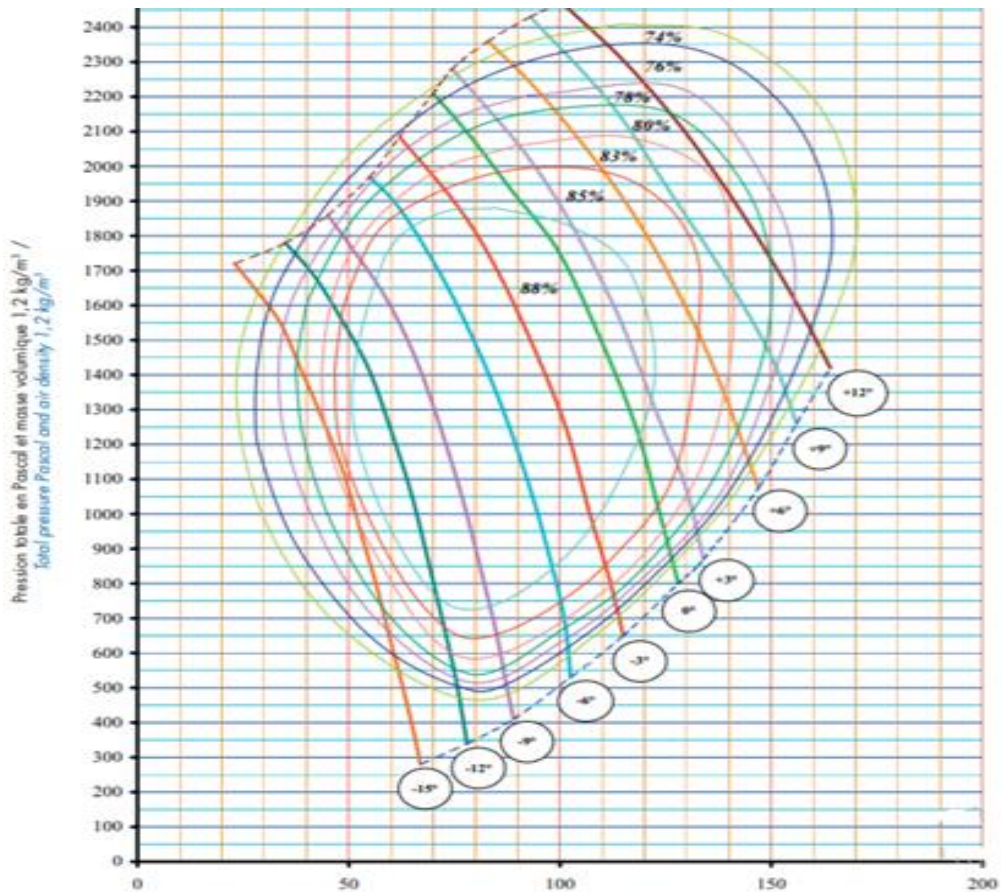
$$d = R_B \cdot V_B^2 \cdot V_A + R_2 V_A^3 + R_B \cdot V_B^3 + R_3 \cdot V_B^3 + R_0 \cdot (V_A + V_B)^3 = 0,2 \cdot 4,4^2 \cdot 8,7 + 0,3 \cdot 8,7^3 + 0,2 \cdot 4,4^3 + 1 \cdot 4,4^3 + 0,3 \cdot (8,7 + 4,4)^3 = 337,4 \text{ W}$$

$$N_{uW1,W2} = a \cdot (V_1)^3 + b \cdot (V_1)^2 + c \cdot (V_1) + R_1 \cdot (V_1)^2 \cdot |V_1| + R_1 \cdot V_A \cdot V_1 \cdot |V_1| + d = -0,7 \cdot 7,4^3 + 21,03 \cdot 7,4^2 + 56,5 \cdot 7,4 + 2 \cdot 7,4^3 + 2 \cdot 7,4^2 \cdot 8,7 + 337,4 = 3419,6 \text{ W}$$



Joonis 4.5 Ventilatsioon T 2 ø 2250 COGEMACOUSTIC [Error! Reference source not found.]

Seda tüüpi ventilaatoriga saab kasutada sagedusmuundurit (joonis 4.5) VACON-NXC, see on üsna kompaktne ja suudab töötada ka meie karmides tingimustes, tänu oma kaitsele ip54. Seda tüüpi sagedusmuundureid kasutatakse mäetööstus. See tüüp töötab 690-voldise pingega ja suudab juhtida seadmeid võimsusega 110–2000kW.



Joonis 4.6 Aerodünaamilised omadused [**Error! Reference source not found.**]

4.4 PEAVENTILAATORSEADME T2 Ø 2250 COGEMACOUSTIC AUTOMAATNE JUHTIMINE

Nagu öeldud, juhitakse ja kontrollitakse kogu automaatset süsteemi eemalt Scada rakenduse abil, kuid see võimaldab ka kaugjuurdepääsu, võimalikest hädaolukordadest teavitamist ja juhtimist. See toimub digitaalse teavitusega nutitelefonis või arvutis ehk otseühendusena interneti või võrguoperaatori kaudu, olenevalt lepingu sõlmimisest. Estonia kaevanduses on operaatori Telia interneti- ja sidevõrk.

Sellel süsteemil hakkavad olema samad võimalused kui praegusel juba olemasoleval ja mille kohta on juba kirjutatud. Vana süsteem jääb reservi. Süsteemil on 3 töörežiimi. Esimene režiim on kompleksne režiim, kus seadmestik töötab täielikult tänu automaatsüsteemile. Teine režiim on nii-öelda käsirežiim. Ja kolmas režiim on varurežiim vana süsteemi sisselülitamiseks seniks, kuni uue süsteemi rike on kõrvaldatud. Ainus, mida süsteem ette ei näinud, on õhu koostise kontroll väljumisel ja ventilaatori töötamine täistöörežiimis, see tähendab, et puudub ventilaatorite mootorite tööaja reguleerimine. Puuduvad õhukiiruse andurid kaeveõntes.

Selleks varustatakse süsteem kaevanduses õhujuhtimisandurite ja õhukiiruse anduritega. Kasutame mitme kanaliga gaasianalüsaatoreid AO2000, EL3000, ACX – õhukvaliteedi kontrollisüsteemi.



Joonis 4.1. Gaasianalüsaator AO2000, EL3000, ACX [*Error! Reference source not found.*]

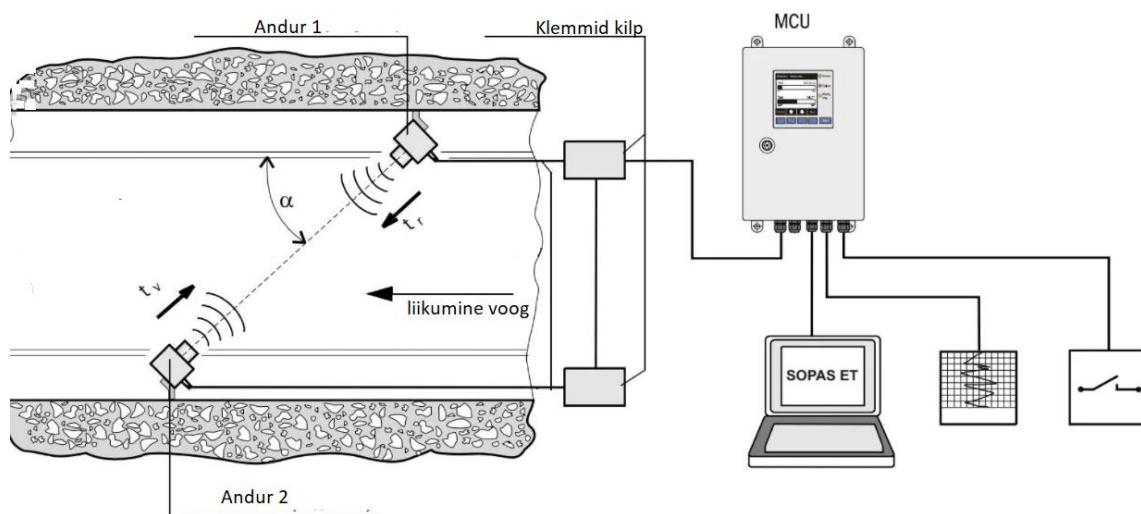
Seda tüüpi gaasianalüsaatoritel on võime töötada kaevanduses töö ajal moodustuvate kahjulike gaaside sisalduse mõõtmiseks pidevas automaatrežiimis.

Õhu kiiruse kontrollimiseks kaeveõntes paigaldatakse õhu surve- ja imemisavade juurde ultraheli voolumõõturid FLOWSIC 200. Seadme töömeetod seisneb ultrahelimeetmises ja see suudab arvutada õhukiiruse keskmise väärtuse kogu kaeveõõne laiuse ulatuses. Samuti

suudab see seade kaevanduses tulekahju korral suitsu püüda ja võimaldab seeläbi ventilatsioonisüsteemi reguleerida.



Joonis 4.2 Ultraheli voolumõõturid gaasi [11]



Joonis 4.3 Põhimõtteline skeem [11]

Õhu pidev jälgimine kaevanduses

Joonisel 25 on universaalne ülitäpne õhukvaliteedi andur, mis püüab kinni mitte ainult gaase, vaid ka tolmu! See on tõepoolest kasulik asi, mis võimaldab jälgida õhukvaliteeti kaevanduse igas kohas, kuna suudab teavet edastada nii optilise kaabli kui Wi-Fi ning rahuldab ka meie tehniliste parameetrite tingimusi ja kaitseklassi IP65, mis tähendab

kaitset tolmu ja vee eest. Ja mis kõige tähtsam, see seade töötab programmiga SCADA, mida me selles ettevõttes kasutame.



Joonis 4.4 Kõrgtehnoloogiline õhuseireandur Smart Environment PRO Libelium [12]

Kaevandusse siseneva ja sealt väljuva õhu juhtimiseks kasutame tuuleandureid.

(Joonise 4.5) Registreerib tuule kiiruse väärtuse ultrahelimeetmisega, mis annab üsna täpsed näitajad. Töötab pingetel 6 kuni 60DC ja 24AC-vool



Joonis 4.5 Tuuleandur Lambrecht LA-1647 [12]

KOKKUVÕTE

Lõputöö teemaks on automaatne õhukontroll põlevkivi kaevandamisega tegelevas Enefit Poweri kaevanduses. Esimeseks eesmärgiks oli ventilatsioonisüsteemi tundma õppida, arvutada vajalik õhuhulk vajuvates läbindustes ja kambriplokkides ning tutvuda seadmete ja olemasoleva tarkvaraga (SCADA). Teiseks eesmärgiks oli probleemide lahendamine ehk pidev seire, et kontrollida kaevandusse sisse ja sealt välja liikuva õhu kvaliteeti ja kvantiteeti. Samuti parandada seda õhukontrolli kõikjal kaevanduses. Selle probleemi lahendamiseks oli vaja valida seadmed, mis suudaksid selle ülesandega toime tulla ja seeläbi ebasoodsate tingimuste ja olukordade korral luua ohutu töökeskkonna. Seadmete valikul lähtuti olemasolevast Telia võrgust.

Töö käigus sain kasulikke teadmisi ning tutvusin ventilatsioonisüsteemi ja seadmetega, leidsin mitmeid lahendusi suuruselt teisele probleemile ehk õhušurfide seinte külmumisele. Kuid see on ainult teoreetiline ja ma loodan, et suudan tulevikus oma idee ellu viia tegelikkuses ja lahendada kõik ventilatsiooniprobleemid.

SUMMARY

This thesis topic is automatic air control in a mine at Enefit Power, which is engaged in the extraction of oil shale. The first goal was to study the ventilation system, make calculations of the required amount of air in the sinking faces and on the chamber blocks, and get acquainted with the equipment and existing software (SCADA). The second goal was to find solutions to the problems, that is, constant monitoring to control the quality and quantity of air supplied to and from the mine. Also establish this control anywhere in the mine. To solve this problem, I had to choose equipment that would cope with this task and thereby create a safe working environment in the event of adverse conditions and situations. The equipment was selected based on the existing Telia network.

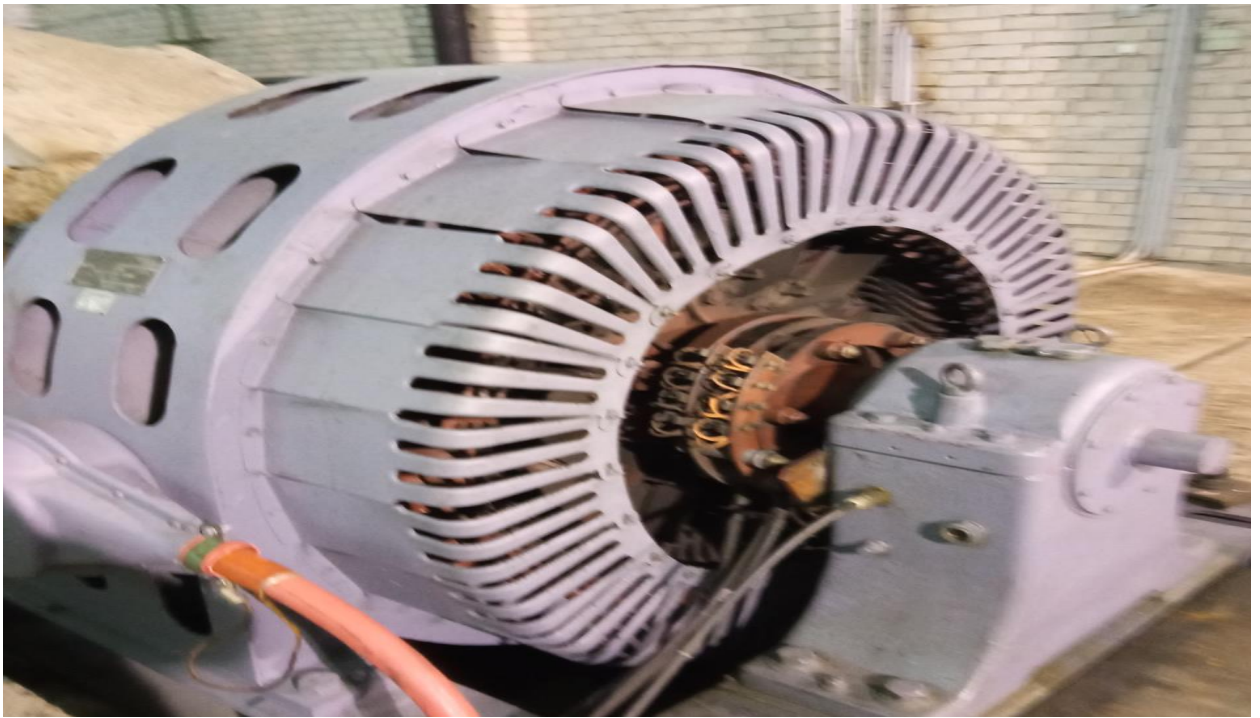
In the course of my work, I gained useful knowledge, got acquainted with the ventilation system, studied the equipment, found several solutions to problems for the second largest problem, that is, frostbite in the pits. But this is only theoretically, and I hope that in the future there will be an opportunity to conduct practical exercises that will help me prove my theory.

LISAD



Lisa Joonis 1 Pea hoone PVP





Lisa Joonis 3 elektrimootor PVP

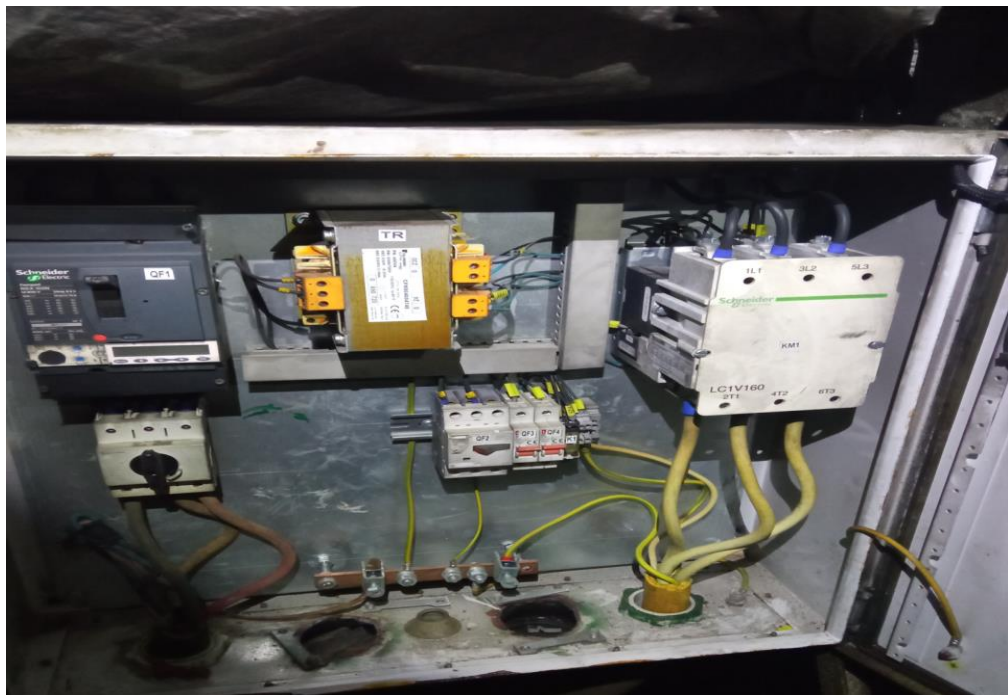


Lisa Joonis 4 peamine juhtimikilp

Lisa Joonis 5 ventilaator



Lisa Joonis 5 ventilaator



Lisa Joonis 6 elektrikilp



Lisa Joonis 7 Piduriklotsid VTK-30

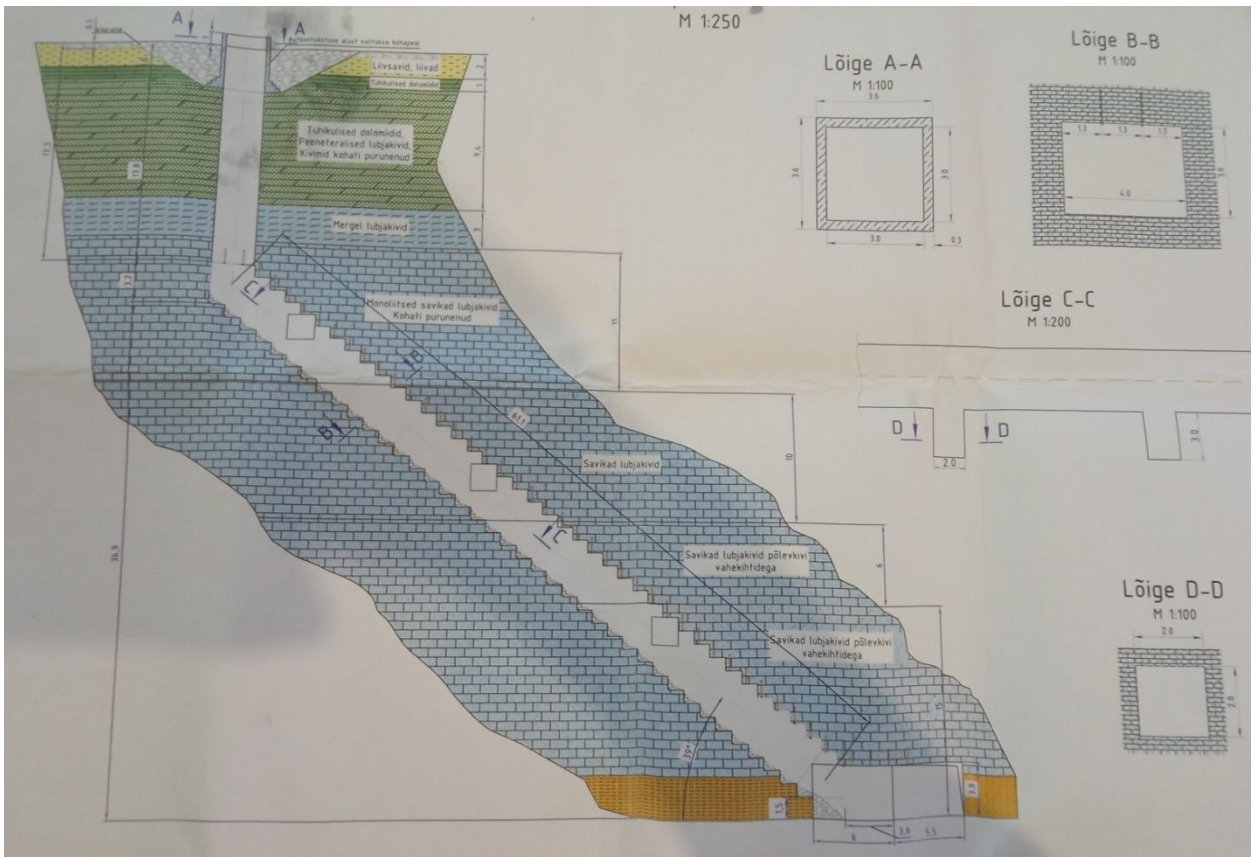
Lisa Joonis 8 juhtlaba reguleerimismehhanism



Lisa Joonis 8 juhtlaba reguleerimismehhanism



Lisa Joonis 9 radiaatorid



Lisa Joonis 10 skeem šurfi

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Enno Reinsalu, Eesti mäendus. Tallinn 2011
2. Juhend, Eesti Energia Kaevandus
3. Eesti Energia Kaevandus projekt, B 1.1-0.5
4. Aksiaalventilaatori-VKT-8
<https://masters.donntu.org/2015/fimm/skorikov/diss/indexe.htm>
5. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту ГВУ , Всесоюзный научно-исследовательский институт горной механики им. М. М. Федорова Москва 1983
6. Б.Ф.Братченко, Стационарные установки шахт, Москва 1977
7. Г.А.Бабак, К.П.Бочаров, А.Т.Волохев, А.Т. и др. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания Москва 1982
8. HLP-46 õli spetsifikatsioonid-<https://sintec-masla.ru/gidravlichesкое-maslo/hlp-46-tehnicheskie-harakteristiki/>
9. Sagedusmuundurid-
https://www.tesli.com/upload/iblock/550/ru_ach580_drives_for_hvac.pdf
10. Skeemjadiagrammhttps://anbmachinery.kz/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2020/07/CATALOGUE-cogemacoustic_ventilation_2012-4bqa0i.pdf
11. Gaasianalüsaator/ Aerodünaamilised omadused <https://all-pribors.ru/opisanie/79593-20-ao2000-el3000-acx>
12. Õhuseireandur/ Tuuleandur <https://datchiki.com/product/smart-environment-pro/>
13. <https://www.evs.ee/et/search?query=ISO%2014644&page=2&filtertype=filter&committeeoption=1&onlysuggestedproducts=false&onlyNewEstonianLanguageProduct=false>
14. Arch. Min. Sci. 63 (2018), 1, 43-60 Electronic version (in color) of this paper is available:
<http://mining.archives.pl> DOI 10.24425/118884