

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Maario Kupp

RS 010

METSATÖÖSTUSETTEVÕTETE TULEKAHJUDE
KUSTUTAMISEKS NÕUTAVATE RESSURSSIDE
VAJADUS AS BARRUS PÕLENGU NÄITEL

Lõputöö

Juhendaja:

Peeter Randoja, MPA

Tallinn 2005

ANNOTATSIOON

Käesoleva lõputöö pealkiri on „ Metsatööstusettevõtete tulekahjude kustutamiseks nõutavate ressursside vajadus AS Barrus põlengu näitel”. Töö koosneb neljast peatükist 90. leheküljel, sisaldab 4 tabelit ja 20 joonist. Lõputöö on koostatud eesti keeles ja võõrkeelne kokkuvõtte vene keeles.

Töös kasutatud läbivateks märksõnadeks on tulekahju kustutamine, ressursside vajadus, metsatööstusettevõtte tulekahju, põlemispindala, kustutuspiindala, tuleleviku peatamine.

Uurimisobjektiks on AS Barruse tulekahju areng ning kustutamine. Uurimismeetodina kasutati tulekahju arengu matemaatilist modelleerimist ning dokumentide ja erialase kirjanduse töötlemist.

Lõputöö eesmärgiks on metsatööstusettevõtete tulekahjude kustutamiseks nõutavate ressursside vajaduse väljaselgitamine AS Barrus tulekahju näitel, kasutades tulekahju arengu matemaatilise modelleerimise meetodit.

Lõputöö eesmärgi saavutamiseks tegi autor matemaatilisi arvutusi ning töötas läbi erialaseid kirjanduslikke teoseid, määrusi ja seadusi.

Käesoleva töö tulemusena selgitati välja milline oli ressursside vajadus AS Barrus tulekahju kustutamiseks ning seda lõputööd saab kasutada operatiivteenistuses juhendmaterjalide koostamiseks ja õppematerjalidena nii Päästeteenistustes kui ka õppeasutustes.

SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	2
SISUKORD	3
TABELITE JA JOONISTE LOETELU	4
SISSEJUHATUS	5
1.METSATÖÖSTUSETTEVÕTETE TULETÕRJETAKTILINE ISELOOMUSTUS.....	6
1.1. Metsatööstusettevõtete iseloomustus.....	6
1.2. Metsatööstusettevõtete tuleohtlikkus.....	8
1.3. Tulekahjude kustutamine metsatööstusettevõttes.....	10
2. AS BARRUS TULEKAHJU KUSTUTAMISE ISEÄRASUSED	14
3. AS BARRUS TULEKAHJU MATEMAATILINE MODELLEERIMINE	17
3.1. Sorteerimistsehhi tulekahju areng ja ressursside vajadus.....	19
3.2. Sorteerimisliini tsehhi tulekahju areng ja ressursside vajadus	36
3.3. Saetööstuse tsehhi tulekahju areng ja ressursside vajadus	60
4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	78
4.1. Järeldused	78
4.2. Ettepanekud	79
KOKKUVÕTE	81
PEZYME.....	82
VIIDATUD KIRJANDUS	83
Lisa 1	84
Lisa 2	85
Lisa 3	86
Lisa 4	87

TABELITE JA JOONISTE LOETELU

Joonis nr. 1 AS Barrus territooriumil toimunud tulekahju tulekolde asukoht, lk. 18.

Joonis nr. 2 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 20. minutil, lk. 21.

Joonis nr. 3 Sorteerimistsehhi tulekahju nõutav kustutuspinde tuleleviku peatamiseks 20. minutil, lk. 23.

Joonis nr. 4 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 29,5. minutil, lk. 27.

Joonis nr. 5 Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspinde 29,5. minutil, lk. 29.

Joonis nr. 6 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 34,2. minutil, lk. 32.

Joonis nr. 7 Sorteerimistsehhi tulekahju efektiivseks kustutamiseks nõutav kustutuspinde 34,2. minutil, lk. 33.

Joonis nr. 8 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tulekolde asukoht, lk. 37.

Joonis nr. 9 Esimeste jõudude paigutus AS Barrus tulekahjul, lk. 41.

Joonis nr. 10 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju põlemispindala viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel, lk. 44.

Joonis nr. 11 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspinde viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel, lk. 46.

Joonis nr. 12 Jõudude paigutus AS Barrus tulekahjul kaheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel, lk. 50.

Joonis nr. 13 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju põlemispindala 43. minutil, lk. 53.

Joonis nr. 14 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspinde 43. minutil, lk. 55.

Joonis nr. 15 Saetööstuse tsehhi tulekahju tulekolde asukoht, lk. 61.

Joonis nr. 16 Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala kaheistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel, lk. 63.

Joonis nr. 17 Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspinde kaheistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel, lk. 65.

Joonis nr. 18 Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala 23,5. minutil, lk. 70.

Joonis nr. 19 Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspinde 23,5. minutil, lk. 72.

Joonis nr. 20 AS Barrus tulekahju põlemispindala 126,25. minutil, lk. 77.

Tabel nr. 1 Metsatööstusettevõtete ja Päästeteenistuste komandode suhe maakonniti, Lisa 1.

Tabel nr. 2 Metsatööstusettevõtete liigitus tootmisprotsessi järgi, Lisa 2.

Tabel nr. 3 AS Barrus tulekahju meeskondade väljasõitude ja sündmuskohale jõudmise ajahetked, Lisa 3.

Tabel nr. 4 AS Barrus tulekahju põlemispindala meeskondade väljasõidu ja kohalejõudmise ajahetkedel, Lisa 4.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on metsatööstusettevõtete tulekahjude kustutamiseks nõutavate ressursside vajaduse väljaselgitamine AS Barrus tulekahju näitel, kasutades tulekahju arengu matemaatilise modelleerimise meetodit.

Lõputöö kirjutamine osutus vajalikuks mitmetel põhjustel. Eestis on väga palju metsatööstusettevõtteid ning kahjuks ei ole ka nendes esinevad tulekahjud harvad. Neid tulekahjusid iseloomustab eelkõige see, et kahju ulatus on väga suur ning ettevõtete vara suudetakse vähe päästa. 2003. aastal toimunud AS Barrus tulekahju tagajärjel põles maha kolm tootmishoonet kogupindalaga 4439,8 m². Samuti on puudulikud õppevahendid, mis käsitlevad metsatööstusettevõtete tulekahjude kustutamist.

Autor püstitas hüpoteesi, et tulekahju tuleleviku peatamiseks ei olnud AS Barrus tulekahjul vajalikke ressursse.

Püstitatud hüpoteesi tõestamiseks ja eesmärgi saavutamiseks tegi autor tulekahju arengu ja ressursside vajaduse arvutusi AS Barruse põlengu näitel, töötas läbi erialase kirjanduse teoseid ja viis läbi eravestlusi Võru Päästeteenistuse juhtivate operatiivtöötajatega ning sündmuskohal olnud päästetööde juhiga.

Töö esimeses peatükis antakse ülevaade metsatööstusettevõtete üldarvust Eestis, nende liigitusest ja tuleohtlikkusest. Samuti ka tulekahjude kustutamisest metsatööstusettevõtetes.

Teises peatükis iseloomustatakse AS Barrus tulekahju kustutamisel toimunut, tulekahju levikut ning tulekahju kustutamise iseärasusi.

Kolmandas peatükis on toodud ära koos joonistega tulekahju arengu ja ressursside vajaduse arvutused AS Barrus põlengul.

Neljandas peatükis on ära toodud uurimuse järeldused ning nende põhjal tehtud autori omapoolsed ettepanekud tulekahjul esinenud probleemide leevendamiseks.

1.1. Metsatööstusettevõtete iseloomustus

Eestis on hetkel 498 metsatööstusettevõtet (edaspidi: ettevõtte), mis tegelevad puidu tootmisega, - töötlemisega või – ladustamisega erineval kujul. Kõige rohkem ettevõtteid asub Harjumaal, millele järgnevad Pärnumaa ja Tartumaa. Kõige vähem ettevõtteid asub Hiiumaal ja Järvamaal. Ettevõtete jaotus maakonniti ja suhe Päästeteenistuste komandodega on ära toodud tabelis nr. 1 (vt. Lisa 1).

Ettevõtted võivad üksteisest erineda tooraine kasutamise, tootmisprotsessi käigus valmiva toodangu, ettevõtte suuruse ja tootmisprotsessi poolest. Ettevõtted liigitatakse saekaatriteks, mööblivabrikuteks, puitplaadi tootmisteks ja puidujääkide töötlemise ettevõteteks.(7: 361)

Eksisteerib ka kompleksse tootmisega ettevõtteid ning ettevõtteid, mis on orienteeritud ainult puidu erineval kujul ladustamisele (ümarpalk, saelauad jne.) ja vahendamisele.

Enimlevinumad ettevõtted Eestis on saekaatrid. Ettevõtete liigitus nende tootmisprotsessi järgi ja hulk Eestis on ära toodud tabelis nr. 2 (vt. Lisa 2). Saekaater võib olla mistahes tulepüsivusklassiga hoones ning tootmisega saab tegeleda ka suuri kulutusi tegemata (8: 239). Sellest tingituna on Eestis palju väikseid saekaatreid, kus töötajate arv on alla 10. inimese.

Sageli määrab ära ettevõtte suurus selle, mitme tootmisprotsessiga seal tegeletakse. Suuri ettevõtteid iseloomustab eelkõige kompleksne tootmine, milleks on materjali saagimine, sorteerimine, kuivatamine ja töötlemine.

Kompleksne metsatööstusettevõtte koosneb tavaliselt saeveskist, puidukuivatist ja puidutöötlemiskompleksist, neile lisanduvad veel puidu täielikuks ärakasutamiseks mõeldud puitlaastplaatide ja teiste toodete tsehhid. Ettevõtete koosseisu võivad kuuluda veel ka ümar- ja saepuidulaod. Tootmisjäätmete edasiseks töötlemiseks kokku kogumisel kasutatakse

pneumotranspordiseadmeid, mille torud on paigaldatud estakaadidele ja põrandaalustesse kanalitesse või kinnitatud lae külge. Ettevõtted paiknevad üldjuhul ühe- või kahekorruselistes ükskõik millise tulekindlusastmega hoonetes. Ühekorruseliste tootmistsehide ja ladude (kraana kasutusega) kõrgus on 10-15 m, mitmekorruseliste hoonete korruse kõrgus on 4,8-6m. Tavaliselt rajatakse suuremate ettevõtete territooriumitele elukondlik ja tuletõrje- veektorustik ning tsehhidesse paigaldatakse tuletõrjekraanid. (8: 239)

Ladustamisega tegelevad ettevõtted jaotatakse vastavalt ladustatavale toote liigile. Eristatakse saematerjalide-, ümarpalkide-, virnadesse kuhjatud jääkproduktide-, liistude- ja seapuru ladusid. (7: 347)

Seamaterjalide ladude pindala võib olla 100 ha ja rohkem. Saematerjale hoitakse virnades, mille pikkus ja laius on ruudu kujulise aluse korral võrdne sama aluse parameetritega. Kui alus on ristküliku kujuline, siis aluse laius on võrdne laua pikkusega, kuid aluse pikkus on mitu korda sellest suurem. Virnade kõrgus ladustamisel on 5-18 m. Virnad moodustavad rühmad pindalaga kuni 1200 m², kvartalid pindalaga 4-4,5 ha ja piirkonnad pindalaga mitte üle 12 ha. Vahemaa virnade rühmade vahel puitmaterjalide ladustamisel koos varikatustega ja ilma nendeta on 10 m töölabisõitude jaoks ja 6 m teisteks juhtudeks. Kui virnade kõrgus on kuni 5 m, eraldatakse kvartalid teineteisest kaugusega 85 m. Kui virnade kõrgus on 5-10 m, siis on kauguseks 40 m ja 10-12. m kõrguste virnade puhul vastavalt 50 m. Piirkondade vahel on ette nähtud tuleohutustsoonid laiusega 100 m, mille sees paiknevad mitu kaitseotstarbelist metsaliini (on istutatud lehtpuud) laiusega 25 m. (7: 347)

Eestis nii suure mastaabiga ladustamisega tegelevaid ettevõtteid ei leidu ning seetõttu ei kasutata ka materjalide ladustamist nii suurtel maa- aladel.

Ladustamistöõde mehaniseerimise võimaldamiseks kasutatakse viimastel aastatel saematerjalide ladudes materjalide hoidmiseks pakettmeetodit. Paketid paigaldatakse puitaluste peale, kaetakse veekindla kahekihilise kraftpaberiga ja kinnitatakse aluste külge rihmadega. (7: 347)

Ümarpalgi ladudes säilitatakse palki kuival või niiskel meetodil. Kuiva säilitamise puhul hoitakse kooritud palkide read virnades tihendite peal, tänu millele õhk pääseb vabalt virna sisse.

Niiske meetodi kasutamisel jäetakse palgile peale koor kui kaitsekiht ning kompaktse palkide ladustamise puhul kastetakse (piserdatakse) palgid märjaks. (7: 347,348)

Puidujäätmeid hoitakse virnades kõrgusega kuni 30 m, aluse laiusega kuni 90 m ja mahtuvusega kuni 250 000 m³. Lao mahtuvusega 1 milj. m³ ja enam. Liistusid ja saepuru hoitakse hunnikutes kõrgusega kuni 30 m ja mille diameeter ei ületa 90 m. (7: 350)

1.2. Metsatööstusettevõtete tuleohtlikkus

Ettevõtted on tuleohtlikud, kuna nendes kasutatakse palju põlevmaterjali puidu näol. Puit koosneb peamiselt tselluloosist (~ 50 %), hemitselluloosist (~ 25 %), ligniinist (~ 25 %) ja sisaldab ka neeldunud niiskust. Puuliigiti on nende ainete koostis protsentuaalselt erinev. Puidu põlemise intensiivsus sõltub peamiselt sellest, kui palju neeldunud niiskust ta sisaldab. (14: 210)

Puidu töötlemise protsessi tagajärjel tekivad ettevõtetes omakorda veel laastud ja saepuru, mida mööda võib tuli levida kiirusega kuni 9 m/min (8: 239,240). Laastud võivad süttida ka pisimast tuleallikast ja saepuru hakkab kokkupuutest tuleallikaga väga kergesti hõõguma ning võib mõne aja möödudes üle minna põlemiseks.

Ohtu kujutavad endast ka ettevõtete tsehhide hargnenud ventilatsiooni- ja tolmuemaldussüsteemid, mida mööda võib tuli tulekahju korral kiiresti levida (7: 361). Tule levikul mööda ventilatsiooni- ja tolmuemaldussüsteeme võivad olla väga halvad tagajärjed, sest tuli levib varjatud õõnsustes ning selle levikut on raske peatada. Samuti on tulel kergem levida kõrvalruumidesse.

Seoses suure hulga põlevmaterjalide olemasoluga toimub ka intensiivne põlemine. Tuli levib väga kiiresti mööda põlevaid ehitusmaterjale, mööda galeriisid, transportööre ning samuti

mööda valmis toodangut ja tööstusjääke. Ruumid täituvad kiiresti põlemisproduktidega, mis liiguvad edasi ventilatsioonisüsteemidesse ja läbi nende teistesse ruumidesse. (8: 240)

Komplekteerimis- ja viimistlustsehhide tuleohtlikkust suurendab liimikeetmiseseadmete kasutamine, viimistlustsehhide laki ning kergestisüttivate värvilahustite (atsetoon, bensool, neptanool jt.) kasutamine ja kuivatuskambrite kütteseadmed (7: 361). Erinevate lakkide ja kergestisüttivate vedelike kasutamine ettevõtetes võib tulekahjude korral tekitada plahvatusi, põhjustada tulekahju väga kiiret levikut ja intensiivset põlemist.

Kõige sagedamini puhkevad tulekahjud saekaatrites. Saekaatrid võivad asuda muust tööstusest eraldi, kuid sageli on nad ühendatud teiste ehitistega estakaadide või galeriide kaudu. Need aga kujutavad endast soodsaid teid, mida mööda tuli levib sorteerimisplatsidele, jäätmekogujatesse, katelseadmetesse jm. Saekaatrites võib tuli levida ka keldritesse, kus tavaliselt hoitakse laastusi. (8: 240)

Kaasaegsetes mööblivabrikus kasutatakse suurel määral uusi materjale: paberikihilised plastikud, vaiguga immutatud paberikiled, polümeerkiled, plastmassid, löögikindlad polüsteroolid, kõrge tiheduse polüetüleen, polüpropüleen, penopolüsterool ning jäik penopolüretaan. Paljud nendest materjalidest põlevad hästi ja eraldavad põlemisel toksilisiprodukte, mis muudab olukorra tulekahjul keerulisemaks. (7: 361)

Selliste materjalide põlemine tekitab tulekahjul paksu suitsu, mis vähendab oluliselt tuletõrjajate- päästjate nähtavust ja muudab ka kustutamise keeruliseks. Samuti tekitab suits palju kahjustusi tulest puutumata jäävatele ruumidele.

Tulekahjude tekkimise vältimiseks inimeste hooletuse või kuritahtliku käitumise tagajärjel on olulisteks meetmeteks elektroonika ja arvutitehnika kasutamine (11: 5). Ettevõtete tuleohutuse tagamiseks paigaldatakse nendesse automaatselt töötavad tuletõrje- vesikustutussüsteemid, milleks on sprinkler- ja drentšerseadeldised (12: 35). Need süsteemid ei lase tulekahjul kiiresti levida ja ulatuslikke mõõtmeid võtta.

Ettevõtetesse planeeritakse ka kustutusaine tagamiseks veevarustus- ja tuletõrjeveevõrk (hüdrandid, tuletõrjepumbad), tsehhidesse tuletõrjekraanid. Tulekahjude kustutamiseks

vajaliku vee saamiseks kasutatakse ka ettevõtete läheduses asuvaid tööstusbasseine ning tuletõrje- ja looduslikke veehoidlaid. (7: 362)

Ladustamisega tegelevate ettevõtete territooriumitele paigaldatakse kõrgsurve veetorustik ja tehakse veevõrk koos veevõtukohtadega. Veevõrk peab võimaldama lafettjoatorude toite võimalusega käivitada veepumbad mitmes erinevas punktis, mis asuvad ladude territooriumil. Ettenähtud veekulu veesüsteemis on 30- 130 l/s ja igas veevõtukohas peab olema vett vähemalt 250 m³. (7: 351)

1.3. Tulekahjude kustutamine metsatööstusettevõttes

Tulekahju kustutamise all mõistetakse tuletõrjajate- päästjate võitlustegevust, mille eesmärgiks on põlemise levimise piiramine ja selle täielik katkestamine (9: 104).

Tulekahju kustutustööd alustatakse arenemise ajal ning seepärast on oluline tulekahju olukorra hindamisel tulekahju arenemise olemuse õige ja põhjalik mõistmine. Seda on tarvis õigete otsuste vastuvõtmiseks, mis võimaldavad kustutada tulekahju nendes piirides, nagu ta oli esimese päästemeeskonna saabumise ajal. (9: 38)

Tulekahju olukorda aitab lühema aja jooksul hinnata ja ette näha selle muutusi tulekahju arenemisel väljasõidupiirkonnas paiknevate objektide operatiiv- taktikalise iseloomustuse eelnev tundmaõppimine.(9: 141)

Tulekustutus- päästetööde juht (edaspidi: päästetööde juht) määrab luure esmaste tulemuste põhjal tulekahju kustutamise otsustava suuna (4: 6,7). Luurega peab kindlaks määrama tulekahju koha, põlemispindala, tuleleviku teed, tuule suuna ja tugevuse ning ümbritsevaid hooneid ähvardava ohu suuruse (4: 6,7). Luure tulemusena määrab päästetööde juht tehnika ning jõudude algse paigutamise kohad. Arenenud tulekahju korral moodustatakse koheselt staap. Tulekustutustööd organiseeritakse kooskõlas operatiivplaanis olevate ettepanekutega. Tulekahju kustutustööde juhtimine ja organiseerimine peab olema asjatundlik. Päästetööde juht peab olema suuteline tulekahju mistahes etapil lühikese aja jooksul analüüsima tulekahju

arenemise protsessi, et ette näha tulekahju võimalikku arengut ja määrata kõige ohtlikumad suunad. Ta peab suutma endale ette kujutada tulekahju arenemise dünaamikat ja olukorra muutust põhjustavaid tegureid ning rakendada meetmeid ebasoovitavate tagajärgede ja ilmingute vältimiseks. Päästetööde juht peab oskama sõltuvalt olukorrast arvestada jõude ja vahendeid ning organiseerima nende õigeaegse koondamise sündmuskohale. Väga oluline on, et ta kasutaks neid võimalikult sihipäraselt kustutustööde ajal. Seoses tulekahju kiire levikuga eriti tugeva tuule korral tuleb eelnevalt kindlaks määrata lähtekohad juhuks, kui on vaja jõudusid ja vahendeid ümber paigutada seoses meeskondadele tekkiva ohuga tule lõikudest läbimurdmise puhul. (9: 141)

Päästetööde juht peab tulekahjul, kui teostatakse suitsusukeldumist, läbi mõtlema ka meeskondade võimaliku väljavahetamise ja aparaatide õhuga täitmise. (14: 18)

Tulekahjul on päästemeeskondade esmaseks ja põhiliseks ülesandeks tulekahju arenemise tõkestamine ehk lokaliseerimine võimalikult lühikese aja jooksul. Lokaliseerimise all mõistetakse meeskondade võitlustegevust, mille eesmärgiks on põlemise levimise piiramine. Kui sündmuskohale on võimalik kutsuda lisajõude ja – vahendeid, siis hakkavad esimesena saabuvad meeskonnad tuld kustutama levimisrinde vastassuunas ning hiljem kohalejõudvad meeskonnad teiste suundades. (9: 104)

Selleks, et tulekahju lokaliseerimine oleks edukas, tuleb luua tingimused, mis võimaldavad küllaldases koguses tuldkustutatavat ainet viia vahetult tulekahjutsooni põlevale pinnale. (9: 108)

Üks tuletõrjajate esimesi ülesandeid ning tähtsamaid tegevusi seoses tulekahju kiire levikuga mööda toodangut, jääkmaterjale ja ehituskonstruksioone, on tuletõrjeautode kohene paigaldamine lähimatele veevõtukohtadele. Tuletõrje veevõtukohtadena kasutatakse tuletõrjeveehoidlaid, ettevõtete sorteerimisbasseine ning läheduses asuvaid looduslikke veekogusid. (7: 365)

Seejärel laffetjugade ning „A” ja „B” jugade andmine tulekahju kustutamiseks selle levikuteedel. Et tagada algstaadiumis vajaliku veeandmise intensiivsus $0,1- 0,25 \text{ l/s} \times \text{m}^2$. Kui veeandmisel pole tagatud antud intensiivsus, siis levib tuli edasi mittepõlevatesse

ruumidesse või ruumi osadesse. Lafettjugadele valitakse sellised lähtekohad, kus on kõige mugavam jugasid suunata, ilma, et neid peaks ümber paigutama, seda eriti tuleleviku suundadel. Joa positsioonide kindlaks määramisel nähakse ette joajuhtide kaitse pihustavate jugadega ja joajuhtidele näidatakse kätte lähtekohad, kuhu nad peavad taganema ohu korral, kui peaks tekkima tuletorm. (8: 241)

Tuletormideks võivad muutuda ulatuslikud tulekahjud, mis tarbivad suurel hulgal hapnikku. Tuletormist tekkinud õhuvool on suuteline inimesi ja loomi endasse tõmbama. (10: 63)

Tulekahjudel teevad sageli meeskonnad suure taktikalise vea: annavad esimesed joad tsisternidest ilma autosid veevõtukohtadele paigutamata. Selle tagajärjel lastakse õige aeg tuleleviku peatamiseks mööda minna, mistõttu lisajõudude saabumise ajaks on tulekahju jõudnud võtta suure ulatuse. Teiseks iseloomulikuks veaks on väikese võimsusega jugade kasutamine. See ei kaitse tugeva soojuskiirguse eest ega võimalda joajuhil põlemiskoldele läheneda ja tagajärjekalt kustutada. Sageli ei jõua nõrgad joad üldse ettenähtud kohta. (7: 351)

Päästeautode veevõtukohtadele paigutamise jaoks peavad tuletõrje- veehoidlate, -veevõtukohtade ja hüdrantide juurde viivad teed ning läbipääsukohad peavad olema igal aastaajal juurdepääsetavad. Päästetööde tagamiseks peab meeskonnal olema tagatud ehitisele piisav juurdepääs tulekahju kustutamiseks ettenähtud päästevahenditega. (2: 102)

Kompleksse tootmisega ettevõtete saekaatri tulekahju puhul seisneb joajuhtide ülesanne eelkõige veejugade suunamises estakaadide ja galeriide kaudu leviva tule rindele vastu, seejärel aga vastvalt jõudude lisandumisele põlemise peakoldesse ja naaberhoonete katustele, et ära hoida uute põlemiskollete tekkimist laialilenduvatest sädemetest ja tukkidest. (8: 240)

Kui tulekahju tekib kuivatuskambris, kasutatakse põlemise likvideerimiseks statsionaarset aurkustutusseadet, veejugasid ja ülirohket vahtu. (8: 240)

Mööbli- vineeri-, taara- ja laudsepatses his levib tuli kiiresti mööda pooltooteid, puidujäätmeid ning seintele ja lagedele kogunenud tolmu kihti, samuti pneumotranspordisüsteemi kaudu. Intensiivne põlemine suurel pindalal põhjustab temperatuuri järsku tõusu, mis kutsub esile ehituskonstruksioonide deformeerumise ja kokkuvarisemise ning tekitab rohkesti suitsu.

Veejugade kiire suunamine tule leviku teedele, tehnoloogiliste seadmete, kandekonstruktsioonide (laed, tugisambad, postid, fermid jne.) kaitseks ja põlemise peakoldesse ning ühtlasi pneumotranspordisüsteemi väljalülitamine on nendes tsehhides tekkinud tulekahjude eduka kustutamise peatingimusteks.(8: 240)

Saematerjalide ladudes levib tuli kiiresti mööda virnade pinda, pannes virnad intensiivselt põlema. Mõnikord piisab vaid 2- 3 minutist, et kogu virn on tulest haaratud. Tuul surub leegid kaldu ja need võivad ulatuda üle 10m laiuse virnadevahelise tuleohutuskujaja. Sädemed ja põlevad tukid kanduvad õhuvooluga lao territooriumile, tekitades uusi põlemiskoldeid. Mida kõrgem on virn, seda kiiremini levib tulekahju ja seda raskem on tulekahju kustutada.(7: 351)

Erilist tähelepanu tuleb pöörata metsatööstusettevõtete tulekahjude puhul isikkoosseisu ohutusele. Aktiivse rünnaku korral lähenevad joajuhid tulele võimalikult lähedale. Kuna metsamaterjalide põlemisel toimub suur soojuse eraldumine, siis on võimalik läheneda põlemiskoldele ainult individuaalsete kaitse vahendite abil. Tavaliselt kannavad joajuhid võitlusrõivaste all vattkuube ja- pükse, nagu kaitsevad orgaanilisest klaasist valmistatud soojustpeegeldavad katted või metallvõrk. Kõige kohasemad on soojustpeegeldavad ülikonnad.(8: 242)

Enim kasutatav aine metsatööstusettevõtete tulekahjude kustutamisel on vesi. Vett kasutatakse kustutamiseks kõikide arenenud tulekahjude korral. Tänu suurele soojusmahtuvusele võib ta intensiivselt neelata põlemisel eralduvat soojust (9: 55). Vee kasutamisel seisneb efektiivsus selles, et vesi jahutab põlemiskeskonda, tekitades rohkesti auru, mis pidurdab õhu juurdepääsu põlevainele. Kui veeauru on õhus üle 35 %, siis lakkab põlemine. (12: 32)

Veest efektiivsem kustutusaine on mehaaniline vaht, mis katab põleva puidu pinda, kaitstes seda leegitseva soojuse eest. Vahuainest koosnev märgaja soodustab paremat vee tungimist puidu pooridesse ja järeltule ka kiiremat temperatuuri alandamist. Vahu kiht puidul raskendab ka õhu ligipääsu seest põlevale virnale. (7: 353)

2. AS BARRUS TULEKAHJU KUSTUTAMISE ISEÄRASUSED

AS Barrus territooriumil tekkis tulekahju 12. juunil kell 20:35 sorteerimistsehhi lõunapoolse välisseina ääres, ligikaudu 10-20 m kaugusel hoone idapoolsest otsast (1: 42,184). Sorteerimistsehhi hoone oli 48,8 m pikk ja 24,4 m lai pindalaga 1190,7 m². Tulekahju avastati AS Barrus ettevõttes maanteel mööduja poolt 34. minutil peale selle tekkimist (1: 189). Esimese päästemeeskonna (edaspidi: meeskond) Võru 11 sündmuskohale jõudmise ajaks olid leegid sorteerimistsehhi katusest juba väljas ja 1190,7 m² pindalaga hoone põles täies ulatuses.(1: 43,44)

Esimeste jõudude paigutuseks sündmuskohal kasutati põhiautot Võru 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 3), paakautot Võru 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) kahte hargmikku ja veejuga A ning 2 B juga (1: 42,43). Võru 21. pealt moodustati toide Võru 11- le ning Võru 11. pealt hargneti kahe tööliiniga. Kustutamiseks anti kolm veejuga (vt. Joonis nr. 9), kaks neist sorteerimistsehhi kustutamiseks ja üks suunati saetööstuse tsehhile.

Problemaatiliseks osutus ligipääs hoonetele, kuna hoone ümber olid ladustatud laudade pakid. Nende teisaldamiseks kasutati tööliste abi ja vastavat tehnikat.

Kui sündmuskohale jõudis rohkem abi teiste meeskondade näol, siis pandi Võru 12 sorteerimistsehhist 100 m kaugusel olevale veehoidlale ja moodustati selle pealt toiteliin Võru 11- le. AS Barruse territooriumist 1 km kaugusel asus looduslik veekogu, kust hakati kolme paakautoga (Võru 21, Antsla 21 ja Mõniste 21) vett vedama sündmuskohal asuvasse veehoidlasse. Looduslikust veekogust täitis paakide pütte veega Lasva 11. Sündmuskohal tulekustutus- päästetööde juhtimiseks staapi ei moodustatud.

Lõplik jõudude paigutus tehti sündmuskohal Haanja 11 saabumise ajal (1: 44), kasutades 4. põhiautot, 4. hargmikku ja 12. veejuga (vt. Joonis nr. 12).

Tulekahju levis AS Barrus territooriumil sorteerimistsehhist sorteerimisliini tsehhi ning sealt edasi saetööstuse tsehhi, haarates hoonete siseselt enda alla põlemispindala 4439,8 m². Hoonete väliselt põlesid ka katusealused, kus hoiti saematerjale. Tulekahju lokaliseeriti 166.

minutil (1: 42). Tules hävisid hooned pindalaga 4439,8 m², päästa suudeti tootmiskompleks koos kuivati ja administratiivhoonega, mis asus sorteerimistsehhi kõrval.

AS Barruse tulekahju avastati 34 minutit peale selle tekkimist(1: 189). See on ka üheks põhjuseks, miks tulekahju võttis nii ulatuslikud mõõtmed juba esimeste meeskondade sündmuskohale jõudmise ajaks.

Tulekahju kustutamise puuduseks võib lugeda seda, et luuret teostati puudulikult. Päästetööde juht peab määrama luure esmaste tulemuste põhjal tulekahju kustutamise otsustava suuna. Luurega peab kindlaks määrama tulekahju koha, põlemispindala, tuleleviku teed, tuule suuna ja tugevuse ning ümbritsevaid hooneid ähvardava ohu suuruse (4: 6,7).

Antud tulekahju puhul ei määratud sündmuskohal kindlaks tuleleviku teid või määrati need valesti, sest veejoad anti hoone külgedelt (v. a. saetööstuse tsehh) ning tulekahju leviku tee suhtes jäid nad ka külje pealt.

Kuna luuret teostati puudulikult, siis ei olnud ka adekvaatseid andmeid otsustava suuna õigesti valimiseks. Tulekahjul on päästemeeskondade esmaseks ja põhiliseks ülesandeks tulekahju arenemise tõkestamine ehk lokaliseerimine võimalikult lühikese aja jooksul. Kui sündmuskohale on võimalik kutsuda lisajõude ja – vahendeid, siis hakkavad esimesena saabuvad meeskonnad tuld kustutama levimisrinde vastassuunas ning hiljem kohalejõudvad meeskonnad teiste suundades. (9: 104)

Kui puuduvad luureandmed, siis ei saa kindlaks määrata õigesti tulekahju leviku suunda ning seega ei saanud ebapiisava informatsiooni tõttu päästetööde juht võtta kasutusele meetmeid tuleleviku peatamiseks.

Üks tuletõrjajate esimesi ülesandeid ning tähtsamaid tegevusi tulekahjul on tuletõrjeautode kohene paigaldamine lähimatele veevõtukohtadele, et tagada vajalik kustutusaine tulekahju edukaks lokaliseerimiseks (7: 365). Tuletõrjeauto veevõtukohtale panemata jätmise kohe sündmuste alguses oli samuti üheks puuduseks, sest see ei võimaldanud alguses anda tugevat lööki tuleleviku peatamiseks. Kuna metsatööstusettevõtete tulekahjude puhul on tegemist

sündmustega, kus on väga palju põlevainet ning põlemine on intensiivne, siis on vaja suurel hulgal kustutusainet.

Selleks, et tulekahju lokaliseerimine oleks edukas, tuleb luua tingimused, mis võimaldavad küllaldases koguses tuldkustutatavat ainet viia vahetult tulekahjutsooni põlevale pinnale. (9: 108)

3. AS BARRUS TULEKAHJU MATEMAATILINE MODELLEERIMINE

Järgnevalt käsitletakse AS Barrus tulekahju arengut ja kustutamiseks nõutavaid ressursse hoonete siseselt leviva tulekahju kustutamiseks ja sellest lähtuvalt tehakse ka vastavad järeldused. Arvutuste käigus selgitatakse välja erinevatel ajahetkedel tulekahju kustutamiseks nõutavad miinimumressursid. Arvutused ei sisalda territooriumi katusealuste ning väljaspool hooneid ladustatud materjalide tulekahju arengut ja põlemispindala.

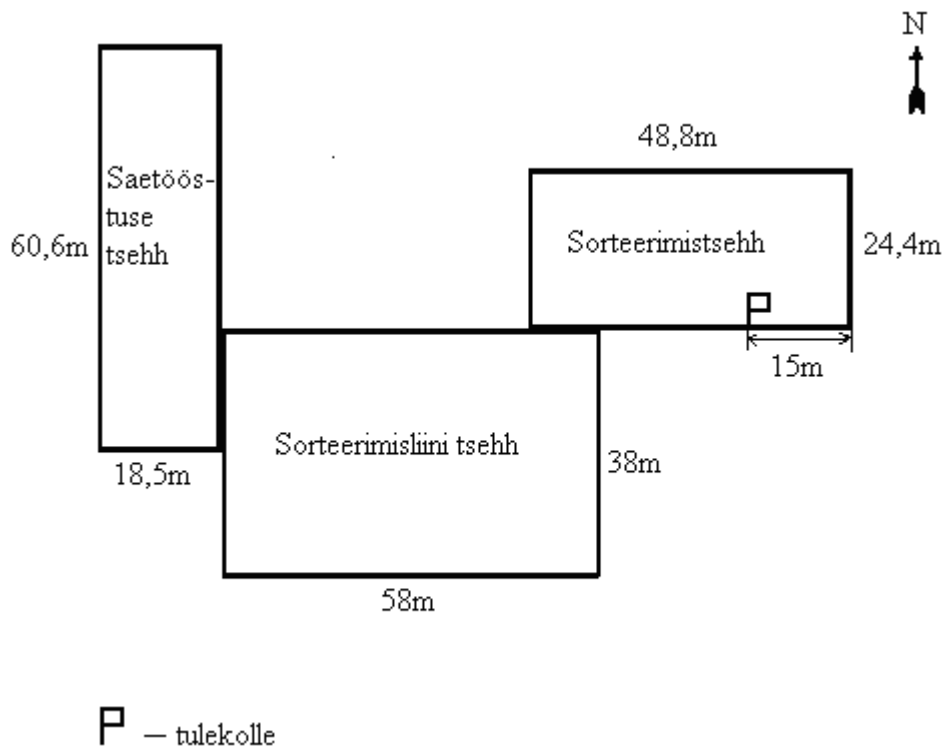
Hoonete tulekahju põlemispindala erinevatel ajahetkedel näitab põleva pinna projektsiooni hoone põranda suhtes.(9: 8)

Tulekahju põlemispindala suurenemiskiirust iseloomustab selle suurenemine ajaühiku jooksul, mis määratakse kindlaks põlemispindala geomeetrilise kuju järgi. Sõltuvalt põlemispindala geomeetrisest kujust jaotatakse tulekahju arenemine nurk-, ring- ja külgarenemiseks.(9: 43)

Tulekahju kustutuspindala on põlemispindala osa, millele tagavad joajuhid tuldkustutava aine andmise. Joatoru puhul tootlikkusega 10 l/s on kustutuspindala 10 m, sest tulekahju kustutamisel kasutatakse efektiivselt ära ligikaudu üks kolmandik veejoa pikkusest ning kiirgussoojus ei võimalda liikuda põlemiskolde vahetusse lähedusse.(9: 111)

Kuna vastavalt suitsusukelduseeskirjale tohib suitsusukeldumist teostada kahest suitsusukeldujast koosnev suitsusukeldumispaar, siis arvestab autor nõutavate päästemeeskondade arvutamisel 2 tuletõrjuja- päästjat ühele joale.(5: 2)

Võttes aluseks ekspertarvamuse määras autor tulekahju arengu matemaatilisel modelleerimisel tulekolde asukohaks sorteerimistsehhi lõunapoolse seinäärse punkti, mis asub 15 m kaugusel hoone idapoolsest otsast. Ekspertarvamuse kohaselt sai tulekahju alguse ligikaudu 10- 20 m kaugusel hoone idapoolsest seinast.(1: 184)



Joonis nr.1 AS Barrus territooriumil toimunud tulekahju tulekolde asukoht.

Ekspertiarvamuse kohaselt toimus leegitsemine enne tulekahju avastamist väliste tunnuste järgi ligikaudu 40 minutit. Tulekahju esmaavastaja nägi suitsu tõenäoliselt 6 minutit varem.(1:189)

Seega nägi tulekahju esmaavastaja suitsu tõenäoliselt siis, kui leegitsemine oli toimunud 34 minutit (τ_a). Järgnevad andmed pärinevad Elva häirekeskuse sündmuskohale väljasõidu arvestuskaardilt (3: 1). Elva häirekeskuse 12. 06. 2003. Tulekustutus- ja päästemeeskondade sündmuskohale väljasõidu protokoll- arvestuskaardi (edaspidi: väljasõidu protokoll) kohaselt teatas tulekahjust Võrus Umbsaare külas AS Barrusele kuuluvas puidutöökojas möödasõitja kell 21:09 (τ_a), seega sai tulekahju alguse tõenäoliselt kell 20:35.

Vastavalt Elva häirekeskuse väljasõidu protokollile andmetele kasutab autor oma arvutustes erinevaid ajahetki τ (minutites).

Elva häirekeskuse väljasõidu protokollile kohaselt sõitis tulekahjule välja kell 21:10 Võru 51 (τ_{vs1}), üks minut peale seda kell 21:11 sõitis välja Võru 11 (τ_{vs2}). Esimesena jõudis

sündmuskohale Võru 11 kell 21:15 (τ_{kj1}), kolm minutit hiljem jõudis sündmuskohale Võru 21 (τ_{kj2}), kümne minuti pärast jõudis sündmuskohale Vastseliina 11 (τ_{kj3}). Neljandana jõudis sündmuskohale kell 21:33 Väimela 11 (τ_{kj4}), kaks minutit hiljem jõudis sündmuskohale Võru 14 (τ_{kj5}) ning üheksa minutit hiljem kell 21:44 jõudis sündmuskohale Võru 51 (τ_{kj6}), kaks minutit hiljem jõudis sündmuskohale Võru 12 (τ_{kj7}). Kell 21:52 jõudis sündmuskohale Haanja 11 (τ_{kj8}) ja neli minutit hiljem Võru 13 (τ_{kj9}), kolm minutit hiljem saabus sündmuskohale Antsla 21 (τ_{kj10}) ning üks minut hiljem Mõniste 21 (τ_{kj11}). Kell 22:17 saabus sündmuskohale Mõniste 11 (τ_{kj12}), kell 22:48 saabus sündmuskohale Obinita 11 (τ_{kj13}) ja viimane tulekustutus- ja päästemeeskond saabus sündmuskohale kell 23:07 (τ_{kj14}). (vt. Lisa 3)

Tulekahju avastamise aeg AS Barrus territooriumil kell 21:09 ($\tau_a = 34 \text{ min.}$). Vabapõlemisaeg sündmuskohal kestis kuni esimese lahinghargnemise lõpuni ehk esimeste kustutusjuga andmiseni tulekoldesse ($\tau_{vp} = \tau_{h1}$).

Arvutuste algandmetena on kasutatud vee andmise intensiivsust, mis iseloomustab nõutavat veekoguse ühikut ruutmeetri kohta sekundis metsatõstusettevõtete tulekahjude kustutamiseks ja põlemise joonpõlemiskiirust määramaks põlemise progresseeruvat edasiliikumist põlevaine pinnal. (9: 22,52)

Joonpõlemiskiirus $v_j = 1(m/\text{min})$

Vee andmise intensiivsus $I = 0,25(l/s \times m^2)$

3.1. Sorteerimistsehhi tulekahju areng ja ressurside vajadus

Tulekahju sorteerimistsehhis areneb alguses poolringi kujuliselt, sest tulekolde asukoht on hoone lõunapoolse seina ääres 15 m kaugusel idapoolsest seinast. Sorteerimistsehhi lõunapoolne sein lõikab tulekahju leviku lõuna poole ära ning tuli levibki hoone siseselt poolringi kujuliselt.

Esimese arvutusena tehakse tulekahju põlemispindala arvutus 10. minutil pärast tulekahju algust. See arvutus on vajalik seetõttu, et tulekahju algusest kuni 10. minutini oli tulekahju areng alfaasis ning toimus aeglaselt ja peale 10. minutit kiirenes.

Arvutamisel kasutati valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{2}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{10} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10)^2}{2} = \frac{78,5}{2} = 39,25(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} = 5(m)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala oli 10. minutil $39,25 m^2$ ja tulekahju raadius oli 5 m.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala suurus 20. minutil peale tulekahju algust sorteerimistsehhis, et näha, kui palju oli tulekahju põlemispindala suurenenud järgneva 10. minutiga. Tulekahju põlemispindala arvutuste korral, mis tehakse ajahetkede kohta peale 10. minutit pärast tulekahju algust, liidetakse esialgsele valemile uus ajahetk, mis on korrutatud joonpõlemiskiirusega.

Arvutamisel kasutati valemit $S_{20} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{20-10})^2}{2}$, milles:

S_{20} - tulekahju pindala kahekümnendal minutil (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

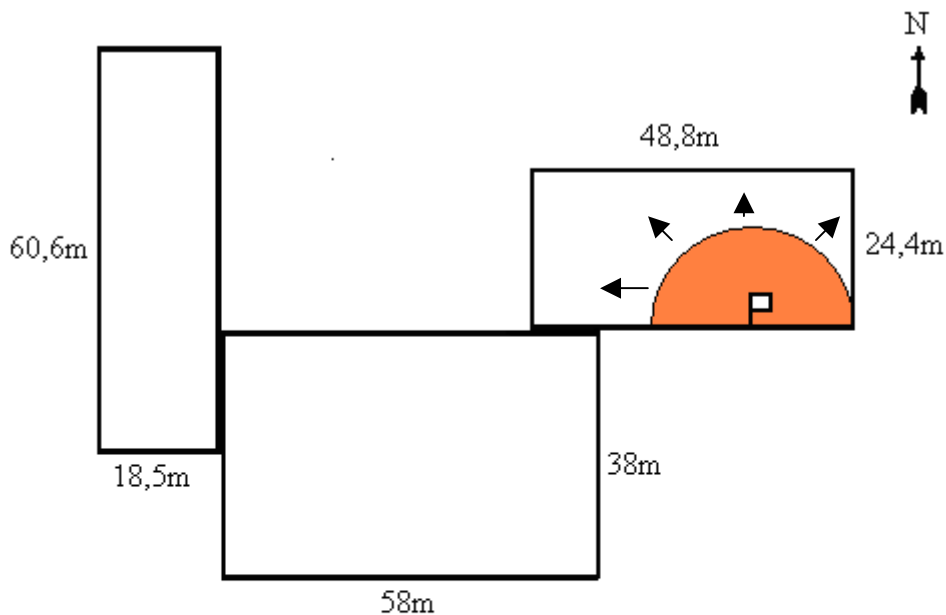
τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{20} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{20-10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 10)^2}{2} = \frac{3,14 \times 125}{2} = 196,3(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{20-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 10 = 15(m)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju 20. minutil oli põlemispindala 196,3 m² ja selle raadius on 15 m.



P – tulekolle

■ – tulekahju põlemispindala

← – tulekahju leviku suund

Joonis nr.2 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 20. minutil.

Tulekahju põlemispindala oli suurenenud võrreldes esimese kümne minutiga ligikaudu 5 korda ehk 157 m² võrra. Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala suurenemiskiiruse arvutamiseks 10. minutil kasutatakse valemit $V_s = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus antud ajahetkel (m²/min.)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurenemiskiirust arvutatakse (min.)

$$V_{S_{20}} = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau_{20} = 3,14 \times 0,5 \times 1^2 \times 20 = 31,4 \left(\frac{m^2}{\text{min}} \right)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus 20. minutil oli $31,4 \text{ m}^2/\text{min.}$

Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 20. minutil nõutava kustutuspindala

arvutamiseks kasutatakse valemit $S_k = S_1 - S_2 = \frac{\pi \times r_1^2}{2} - \frac{\pi \times r_2^2}{2}$, milles:

r_1 - tulekahju esialgse põlemispindala raadius (m)

$$r_1 = 15(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 5(m)$$

r_2 - tulekahju põlemispindala raadius kustutamise ajal (m)

h - tulekahju kustutussügavus (m)

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

S_1 - tulekahju esialgne põlemispindala (m^2)

S_2 - tulekahju põlemispindala milleni veejoad ei ulatu (m^2)

$$S_{k20} = S_{20} - S_2$$

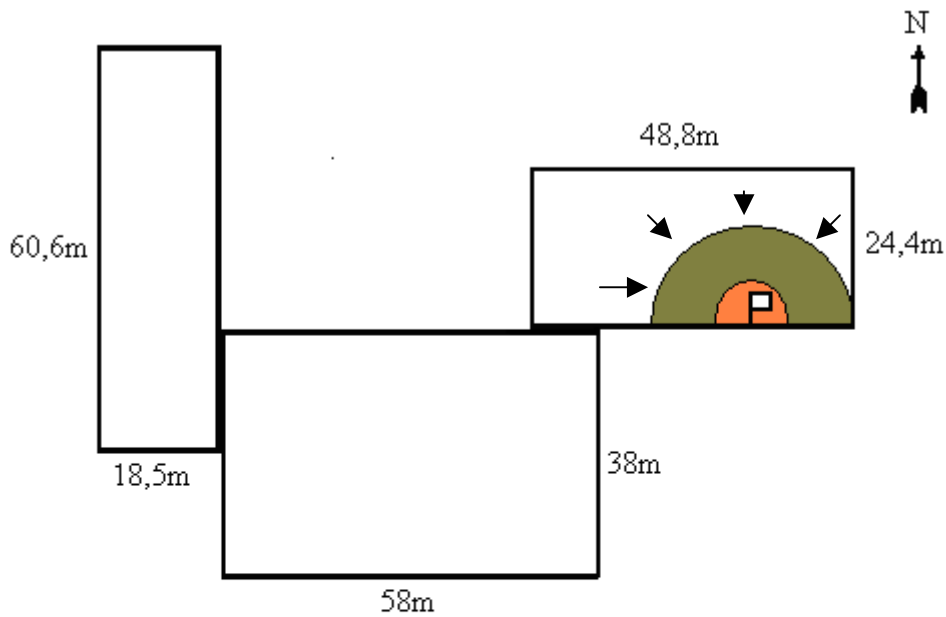
$$r_1 = 15(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 5(m)$$

$$S_2 = \frac{\pi \times r_2^2}{2} = \frac{3,14 \times 5^2}{2} = 26,2(m^2)$$

$$S_{20} = 196,3(m^2)$$

$$S_{k20} = 196,3 - 26,2 = 170,1(m^2)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 20 . minutil oli $170,1 \text{ m}^2$.



- P – tulekolle
- tulekahju põlemispindala
- tulekahju kustutuspindala
- \rightarrow – tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 3 Sorteerimistsehhi tulekahju nõutav kustutuspindala tuleleviku peatamiseks 20. minutil.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 20. minutil kasutades valemit $Q = S_K \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_K - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{20} = S_{K20} \times I$$

$$Q_{20} = 170,1 \times 0,25 = 42,5(l/s)$$

Arvutuste kohaselt on 20. minutil sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 42,5 l/s. Võttes aluseks ühe veejoo tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejugade arv kasutades valemit $N_j = \frac{Q}{q_j}$, milles:

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joo veekulu (l/s)

$$N_{j20} = \frac{Q_{20}}{q_j}$$

$$N_{j20} = \frac{42,5}{10} = 4,25 \text{ juga} \approx 5 \text{ juga}$$

Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 20. minutil oli nõutav veejugade arv 5 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju 20. minutil. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit Järgnevalt selgitatakse välja mitu tulekustutus- päästemeeskonda (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) oli vaja sündmuskohale kahekümnendaks minutiks, et peatada tulelevik sorteerimistsehhis. Kuna üks tulekustutus- päästemeeskond (edaspidi meeskond) on saab andma kustutamiseks 2 juga, siis kasutatakse arvutamisel valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mk20} = \frac{N_{j20}}{2}$$

$$N_{mk20} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ meeskonda} \approx 3 \text{ meeskonda}$$

Komakohad ümardatakse suurenemise suunas täisarvudeks. Seega 20. minutil on nõutav meeskondade arv 3. Vastavalt nõutavale veekulule 42,5 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pa20} = \frac{Q_{20}}{40}$$

$$N_{pa20} = \frac{42,5}{40} = 1,06 \text{ põhiautot} \approx 2 \text{ põhiautot}$$

Selle arvutuse korral peab jällegi ümardama nõutava päästemeeskondade arvu auto pumba tootlikkuse järgi suurenemise suunas, sest muidu jääb nõutava veehulga tagamine täitmata.

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 2. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks oli nõutav jugade arv 5 ja meeskondade arv 3. Kui sündmuskohal oleks 20. minutil 2 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 5. juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks sorteerimistsehhis 20. minutil sündmuskohale 3 meeskonda.

AS Barrus tulekahju nõutav kustutuspindala tuleleviku peatamiseks 20. minutil oli 170,1 m² ja nõutav veekulu 42,5 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 5 ja meeskondade arv 3.

Kahjuks selgub uurimismaterjalidest, et kahekümnendaks minutiks ei olnud tulekahju AS Barrus territooriumil veel avastatud ning seetõttu ei saanud ka päästemeeskonnad sellele reageerida ja omaniku vara päästa sel ajahetkel.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala sorteerimistsehhis 30. minutil kasutades

valemit $S_{30} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{30-10})^2}{2}$, milles:

S_{30} - tulekahju pindala kolmekümnendal minutil (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{30} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{30-10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 20)^2}{2} = \frac{3,14 \times 425}{2} = 667,6(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{30-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 20 = 25(m)$$

Arvutuse kohaselt oli tulekahju põlemispindala raadius sorteerimistsehhis kolmekümnendal minutil 25 m. Kuna tulekolde asukoht oli sorteerimistsehhis lõunapoolse seina ääres 15 m kaugusel hoone idapoolsest seinast ning idapoolse seina pikkus oli 24,4 m, siis tulekahju põlemispindala raadius ei saanud olla poolringi kujulisel arenemisel üle 24,4 m. Järelikult toimus tulekahju põlemispindala arengu üleminek külharenguks ja põlemispindala arenes edasi hoone pikisuunas. Seega ei ole eelnevalt tehtud põlemispindala arvutus kolmekümnenda minuti kohta sorteerimistsehhis tõene. Järgnevalt leitakse ajahetk millal hakkas tulekahju põlemispindala külhareng. Selleks kasutatakse võrrandit $r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_x$, milles:

r - põlemispindala maksimaalne raadius (m)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ_x - otsitav ajahetk, millal hakka põlemispindala külhareng ($min.$)

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_x$$

$$24,4 = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times \tau_x$$

$$24,4 = 5 + \tau_x$$

$$\tau_x = 19,4$$

$$\tau_x = 19,4 + 10 = 29,4 \approx 29,5(min.)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala külhareng hakkas 29,5 minutil. Selleks, et teada saada põlemispindala suurus 29,5. minutil kasutatakse valemit $S\tau = (a + c) \times a$, milles:

S_{τ} - põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

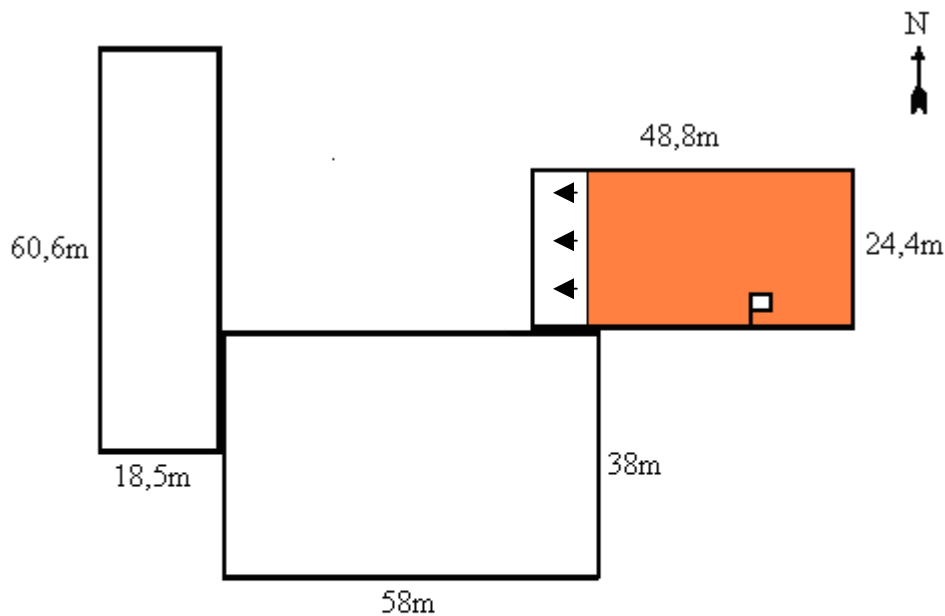
a - sorteerimistsehhi lühema külje pikkus (m)

c - kaugus tulekoldest kuni sorteerimistsehhi idapoolse seinani (m)

$$S_{29,5} = (a + c) \times a$$

$$S_{29,5} = (24,4 + 15) \times 24,4 = 39,4 \times 24,4 = 961,4 (m^2)$$

29,5. minutil oli sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala $961,4 m^2$. Tulekahju levis hoones edasi pikisuunas ning seda iseloomustab alljärgnev joonis.



□ — tulekolle

■ — tulekahju põlemispindala

← — tulekahju leviku suund

Joonis nr. 4 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 29,5. minutil.

Järgnevalt arvutatakse sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus 29,5. minutil. Põlemispindala suurenemiskiiruse arvutamiseks tulekahju külgairengu korral kasutatakse valemit $V_s = n \times a \times v_j$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus ($m^2/\text{min.}$)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

$$V_{s29,5} = n \times a \times v_j$$

$$V_{s29,5} = 2 \times 24,4 \times 1 = 48,8(m^2/\text{min})$$

Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus 29,5. minutil on $48,8 m^2/\text{min.}$

Tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutava kustutuspindala arvutamiseks 29,5. minutil sorteerimistsehhis kasutatakse valemit $S_k = n \times a \times h$, milles:

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

n - külgede arv

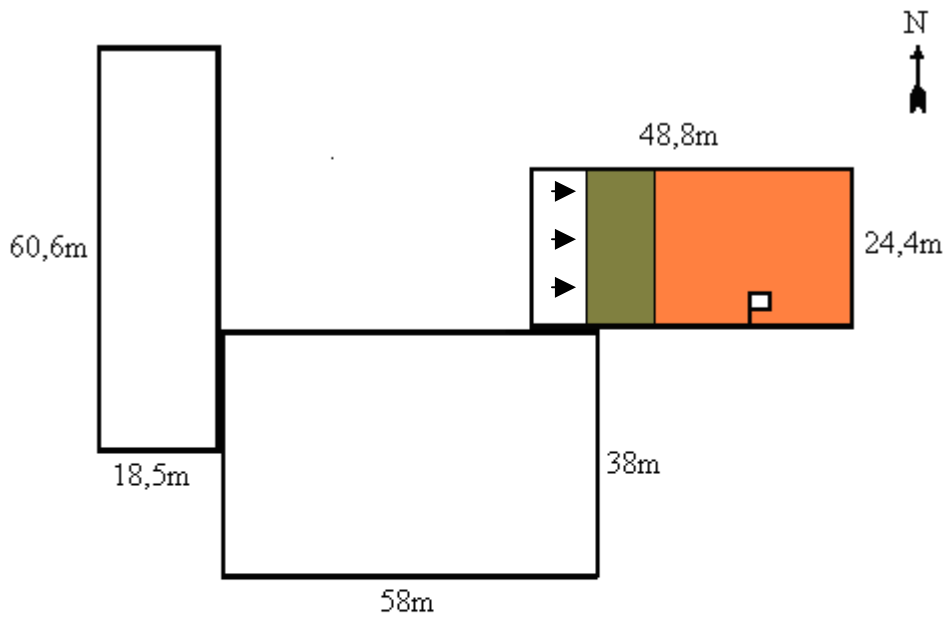
a - külje pikkus (m)

h - kustutussügavus (m)

$$S_{k29,5} = n \times a \times h$$

$$S_{k29,5} = 2 \times 24,4 \times 10 = 488(m^2)$$

Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 29,5. minutil on $488 m^2$. Tulekahju arenedes pikihoonet kustutuspindala ei muutu, sest tulekahju piirid jäävad samaks.



- tulekolle
 — tulekahju põlemispindala
 — tulekahju kustutuspindala
 — tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 5 Sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 29,5. minutil.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 29,5 minutil kasutades valemit $Q = S_K \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_K - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{29,5} = S_{K29,5} \times I$$

$$Q_{29,5} = 488 \times 0,25 = 122(l/s)$$

Arvutuste kohaselt on 29,5. minutil sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 122 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejugade arv kasutades valemit $N_j = \frac{Q}{q_j}$, milles:

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joa veekulu (l/s)

$$N_{j29,5} = \frac{Q^{29,5}}{q_j}$$

$$N_{j29,5} = \frac{122}{10} = 12,2(juga) \approx 13(juga)$$

Nõutav jugade arv tootlikkusega 10 l/s tulekahju peatamiseks 29,5 minutil on 13 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju 29,5 minutil. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mk29,5} = \frac{N_{j29,5}}{2}$$

$$N_{mk29,5} = \frac{13}{2} = 6,5meeskonda \approx 7meeskonda$$

Tulekahju tuleleviku peatamiseks sorteerimistsehhis 29,5. minutil on nõutav meeskondade arv.

Vastavalt nõutavale veekulule 42,5 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pa29,5} = \frac{Q_{29,5}}{40}$$

$$N_{pa29,5} = \frac{122}{40} = 3,05 \text{ põhiautot} \approx 4 \text{ põhiautot}$$

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 4. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks oli nõutav jugade arv 13 ja meeskondade arv 7. Kui sündmuskohal oleks 29,5. minutil 4 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 13 juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks sorteerimistehhis 29,5. minutil sündmuskohale 7 meeskonda.

AS Barrus tulekahju tuleleviku peatamiseks 29,5. minutil oli nõutav kustutuspindala 488 m² ja veekulu 122 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 13 ja meeskondade arv 7.

Tulekahju AS Barrus territooriumil 29,5. minutiks ei olnud veel avastatud, seega ei saanud päästemeeskonnad reageerida ja vara päästa.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala sorteerimistehhis 34,2. minutil. Selleks kasutatakse valemit $S_{34,2} = S_{29,5} + n \times a \times v_j \times \tau_{34,2 - 29,5}$, milles:

$S_{34,2}$ - tulekahju põlemispindala 34,2. minutil (m²)

$S_{29,5}$ - tulekahju põlemispindala 29,5. minutil (m²)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

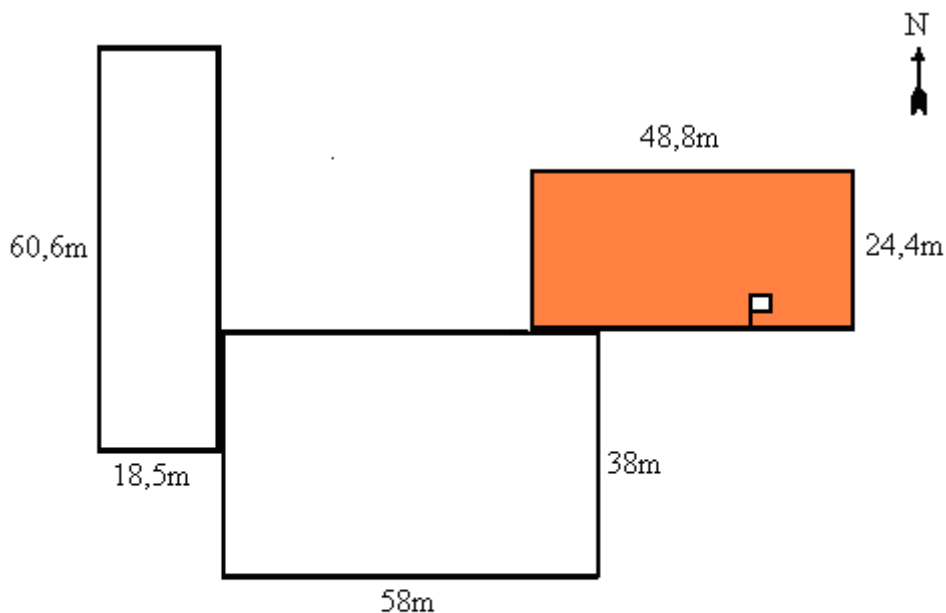
v_j - joonpõlemiskiirus (m/min.)

τ - neli koma seitse (min.)

$$S_{34,2} = 961,4 + n \times a \times v_j \times \tau_{34,2} - 29,5 = 961,4 + 2 \times 24,4 \times 1 \times 4,7 = 961,4 + 229,4 = 1190,8(m^2)$$

Sorteerimistsehhi pindala on: $S = 24,4 \times 48,8 = 1190,7(m^2)$

Kuna sorteerimistsehhi pindala on $1190,7 m^2$ ja arvutuste kohaselt oli 34,2. minutil tulekahju pindala sorteerimistsehhis $1190,8 m^2$, siis 34,2. minutil oli kogu hoone tulest haaratud.



□ – tulekolle

■ – tulekahju põlemispindala

Joonis nr. 6 Sorteerimistsehhi tulekahju põlemispindala 34,2. minutil.

Järgnevalt arvutatakse nõutav kustutuspindala tulekahju efektiivseks kustutamiseks sorteerimistsehhis 34,2. minutil kasutades valemit $S_{K34,2} = 2h(a + b - 2h)$, milles:

$S_{K34,2}$ - tulekahju nõutav kustutuspindala 34,2. minutil (m^2)

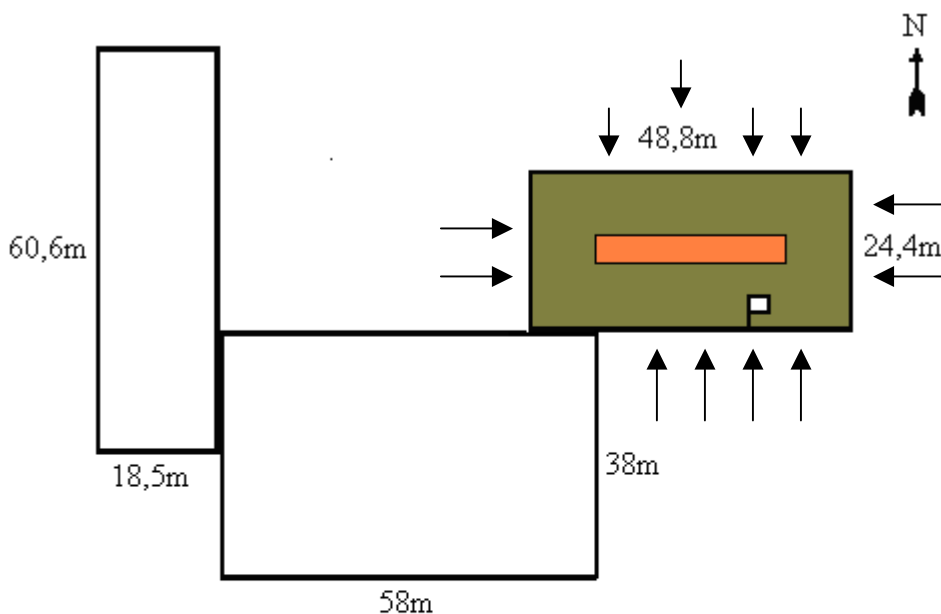
h - kustutussügavus (m)

a - hoone lühema külje pikkus (m)

b - hoone pikema külje pikkus (m)

$$S_{K34,2} = 2h(a + b - 2h) = 2 \times 10(24,4 + 48,8 - 2 \times 10) = 20(73,2 - 20) = 20 \times 53,2 = 1064(m^2)$$

Arvutusest selgus, et tulekahju efektiivseks kustutamiseks 34,2. minutil on nõutav kustutuspindala 1064 m², seega on põlemispindala samal ajahetkel 126,7 m², mis on kustutuspindalast ligikaudu 8,4 korda väiksem.



- — tulekolle
- — tulekahju põlemispindala
- — tulekahju kustutuspindala
- — tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 7 Sorteerimistsehhi tulekahju efektiivseks kustutamiseks nõutav kustutuspindala 34,2. minutil.

Praktikas sellist kustutamise varianti ei kasutata, kuna ressursid on piiratud. Säärase tulekahju ulatuse puhul on peaeesmärgiks tuleleviku peatamine ning kõrvalhoonete kaitsmiseks veejuga andmine. Tulekahju arengu ja ressursside vajaduse selgitamine 34,2. minutil on tehtud näitena selle kohta, kui palju ressursse läheks vaja tulekahju efektiivselt kustutamiseks.

Järgnevalt määratakse nõutav veekulu 34,2. minutil, mis tagaks kustutuspinna suurusega 1064 m² kasutades valemit $Q = S_K \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_K - tulekahju kustutuspinna (m²)

I - veeandmise intensiivsus (l/s × m²)

$$Q_{34,2} = S_{K34,2} \times I$$

$$Q_{34,2} = 1064 \times 0,25 = 266 \text{ (l/s)}$$

Arvutuste kohaselt on 29,5. minutil sorteerimistehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 122 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejuga arv kasutades valemit $N_j = \frac{Q}{q_j}$, milles:

N_j - nõutav joga arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joga veekulu (l/s)

$$N_{j34,2} = \frac{Q_{34,2}}{q_j}$$

$$N_{j34,2} = \frac{266}{10} = 26,6 \text{ joga} \approx 27 \text{ joga}$$

Sorteerimistehhi tulekahju efektiivselt kustutamiseks 34,2. minutil nõutav joga arv on 27.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju 34,2 minutil. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mk34,2} = \frac{N_{j34,2}}{2}$$

$$N_{mk34,2} = \frac{27}{2} = 13,5 \text{ meeskonda} \approx 14 \text{ meeskonda}$$

Selleks, et anda sündmuskohal 34,2. minutil 27 juga tootlikkusega 10 l/s on vaja 14 meeskonda.

Vastavalt nõutavale veekulule 266 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pa34,2} = \frac{Q_{34,2}}{40}$$

$$N_{pa34,2} = \frac{266}{40} = 6,7 \text{ põhiautot} \approx 7 \text{ põhiautot}$$

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 7. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tulekahju efektiivseks kustutamiseks oli nõutav jugade arv 27 ja meeskondade arv 14. Kui sündmuskohal oleks 34,2. minutil 7 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 27 juga tulekahju efektiivseks kustutamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tulekahju efektiivseks kustutamiseks sorteerimistsehhis 34,2. minutil sündmuskohale 14 meeskonda.

AS Barruse tulekahju efektiivseks kustutamiseks 34,2. minutil oli nõutav kustutuspindala 1064 m² ja veekulu 266 l/s. Kustutamiseks nõutav veejuga arv oli 27 ja meeskondade arv 14.

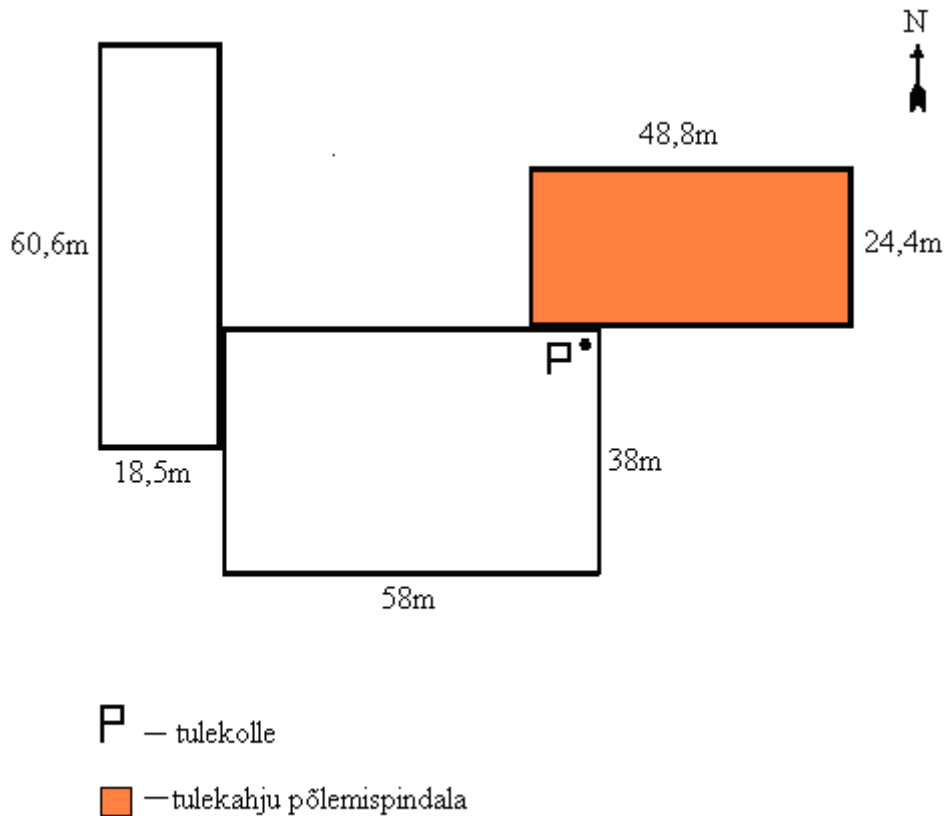
Tulekahju AS Barrus territooriumil avastati 34. minutil, seega oli 34,2. minutiks tulekahju küll avastatud, kuid päästemeeskonnad ei saanud veel reageerida ega vara päästa.

3.2. Sorteermisliini tsehhi tulekahju areng ja ressurside vajadus

Kuna 34,2 minutil oli kogu sorteermistsehh tulest haaratud, siis hakkas sellest hetkest alates tuli levima ka sorteermisliini tsehhi. Seega arvestab autor 34,2. minuti sorteermisliini tsehhi tulekahju arengu algusajaks ehk nullajaks ($\tau_0 = 34,2$ minutit).

Kuna sorteermisliini tsehhi kõige ligem punkt sorteermistsehhile on hoone kirdepoolne nurk, siis autor eeldab, et tulekolle asub selles nurgas ning sellest lähtuvalt tehakse ka järgnevad arvutused.

Tulekahju sorteermisliini tsehhis areneb alguses veerandringi kujuliselt, sest tulekolde asukoht on hoone kirdepoolses nurgas ning hoone idapoolne ja põhjapoolne sein lõikavad tulekahju põlemispindala leviku ida ja põhja suunas ära- tulekahju levib hoone siseselt.



Joonis nr. 8 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tulekolde asukoht.

Järgnevalt tehakse sorteerimisliini tsehhi tulekahju arvutus eismese meeskonna sündmuskohale väljasõidu ajahetke kohta. Et teada saada tulekahju arengu ajad sorteerimisliini tsehhi kohta lahutatakse nullaeag ($\tau_0 = 34,2$ minutit) vastava arvutuse jaoks kasutatavast ajahetkest (näiteks: $\tau_{vsl} = 35 - 34,2 = 0,8$). Arvutamiseks kasutati valemit

$$S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{4}, \text{ milles:}$$

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{vs1} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{0,8})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 0,8)^2}{4} = \frac{3,14(0,25 \times 0,64)}{4} = \frac{3,14 \times 0,16}{4} = 0,13(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{0,8} = 0,5 \times 1 \times 0,8 = 0,4(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis esimese meeskonna sündmuskohale väljasõidu ajahetkel oli 0,13 m² ja põlemispindala raadius oli 0,4 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis teise meeskonna sündmuskohale väljasõidu ajahetkel kasutades valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{4}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m²)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus (m/min.)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{vs2} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{1,8})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 1,8)^2}{4} = \frac{3,14(0,25 \times 3,24)}{4} = \frac{3,14 \times 0,81}{4} = 0,64(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{1,8} = 0,5 \times 1 \times 1,8 = 0,9(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis teise meeskonna sündmuskohale väljasõidu ajahetkel oli 0,64 m² ja põlemispindala raadius oli 0,9 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis esimese meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{4}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m²)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus (m/min.)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj1} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{5,8})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 5,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 8,41}{4} = 6,6(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{5,8} = 0,5 \times 1 \times 5,8 = 2,9(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis esimese meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $6,6 m^2$ ja põlemispindala raadius oli $2,9 m$.

Elva häirekeskuse väljasõidu protokollis kohaselt teatab esimesena sündmuskohale jõudnud meeskonna (Võru 11) pealik Võru P11 , et puidutöökoda on lausleegis ja $20 m$ pikkune hoone põleb täies ulatuses (viide).

Kuna tulekahju uurimismaterjalidest ei selgunud, mis kellaaegadel tehti lahinghargnemised sündmuskohal ning kui kaua nende teostamine aega võttis, siis autor kasutab arvestusliku lahinghargnemise kestvuse ajana 3 . minutit($\tau_{lh1} = 43$ min.). Kuna teise päästemeeskonna sündmuskohale jõudmise aeg oli ka 43 . minut pärast tulekahju algus, siis:

$$\tau_{vp} = \tau_{lh1} = \tau_{kj2} = 43$$

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis esimese lahinghargnemise ajahetkel kasutades valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{4}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju pindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{hl1} = S_{vp} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{8,8})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 8,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 19,36}{4} = 15,2(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{8,8} = 0,5 \times 1 \times 8,8 = 4,4(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis esimese lahinghargnemise ajahetkel oli 15,2 m² ja põlemispindala raadius oli 4,4 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 10. minutil. See arvutus on vajalik seetõttu, et kuni 10. minutini on tulekahju areng algfaasis ning see areneb aeglaselt ja peale 10. minutit kiireneb. Järgnevatel arvutustel ei võeta arvesse esimese lahinghargnemisega kaasnevat aeglustavat koefitsienti 0,5, sest veejoad olid paigutatud tulekahjul selliselt, et nad ei aeglustanud tulekahju arengut hoonetes.

Arvutamisel kasutati valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{4}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju pindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

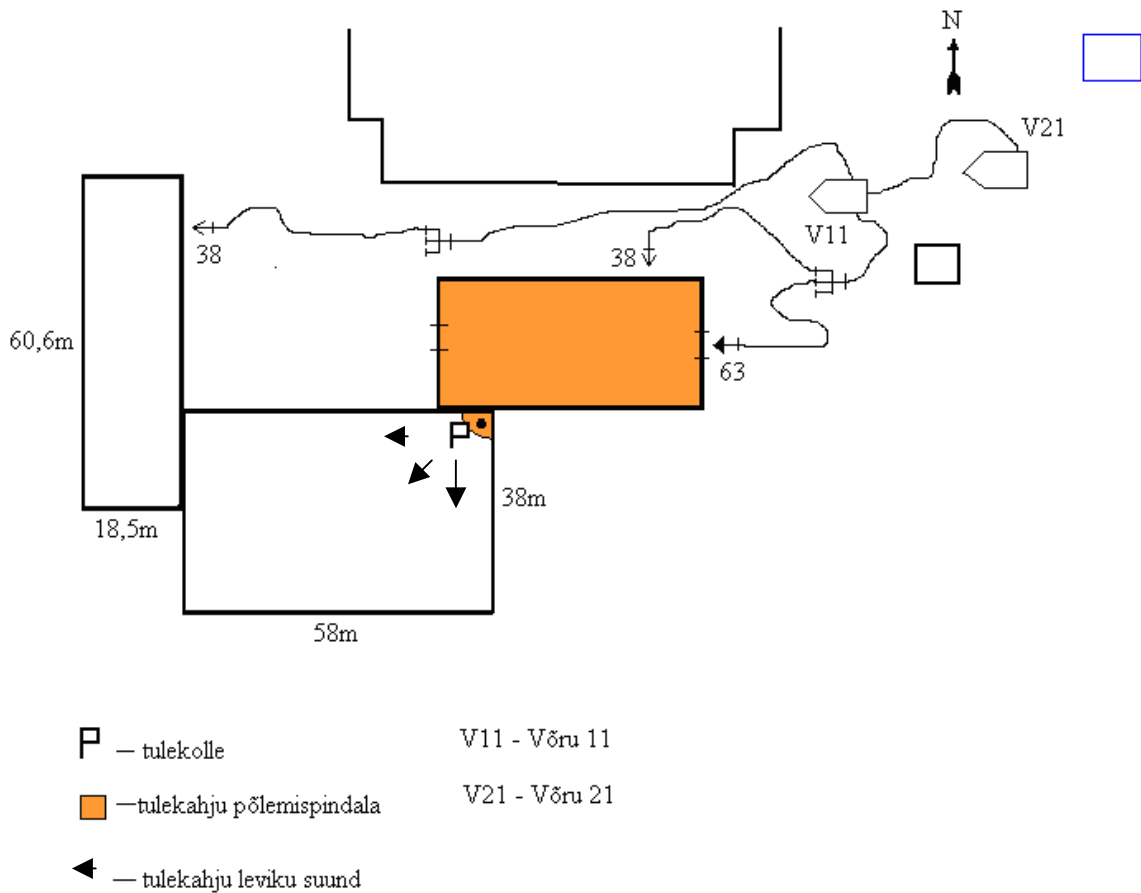
τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{10} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10)^2}{4} = \frac{3,14 \times 25}{4} = 19,6(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} = 0,5 \times 1 \times 10 = 5(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 10. minutil oli 19,6 m² ja põlemispindala raadius oli 5 m. Esimeste jõudude paigutus sündmuskohal 10. minutil Võru 11 ja Võru 21 näol on ära toodud alljärgneval joonisel.



Joonis nr. 9 Esimeste jõudude paigutus AS Barrus tulekahjul (1: 43)

Ülalpool olevalt jooniselt on näha, et esimesi veejugasid ei suunatud tulelevikule mitte vastu, vaid kõige suurema tootlikkusega juga paigutati tuleleviku suunas, soodustades sellega omakorda tuleleviku kiiremat arenemist sorteerimisliini tsehhis.

Esimesena sündmuskohale jõudnud meeskonnad hakkavad tuld kustutama levimise rinde vastassuunas, kui on võimalik kohale kutsuda lisajõude- ja vahendeid, ning hiljem kohalejõudnud meeskonnad teistes suundades.(9: 105)

Samuti ei paigaldatud päästeautot veevõtukohtale.

Tulekahjudel teevad sageli meeskonnad suure taktikalise vea: annavad esimesed joad tsisternidest ilma autosi veevõtukohtadele paigutama. Selle tagajärjel lastakse õige aeg mööda minna, mistõttu lisajõudude saabumise ajaks on tulekahju jõudnud võtta suue ulatuse. Teiseks

iseloomulikuks veaks on väikese võimsusega jugade kasutamine. See ei kaitse tugeva soojuskiirguse eest ega võimalda joajuhil põlemiskoldele läheneda ja tagajärjekalt kustutada. Sageli ei jõua nõrgad joad üldse ettenähtud kohta. (7: 351)

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kolmanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel. Tulekahju põlemispindala arvutuste korral, mis tehakse ajahetkede kohta peale kümnendat minutit pärast tulekahju algust, liidetakse esialgsele valemile uus ajahetk, mis on korrutatud joonpõlemiskiirusega.

Arvutamisel kasutati valemit $S_{kj3} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{18,8 - 10})^2}{4}$, milles:

S_{kj3} - tulekahju põlemispindala kolmanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel (m^2)

k - konstant

vj - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj3} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{18,8 - 10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 8,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 102,44}{4} = 80,5(m^2)$$

$$r = k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{18,8 - 10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 8,8 = 13,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kolmanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 80,5 m^2 ja põlemispindala raadius oli 13,8 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis neljanda meeskonna

sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj4} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{23,8 - 10})^2}{4}$,

milles:

S_{kj4} - tulekahju põlemispindala neljanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj4} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{23,8-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 13,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 215,44}{4} = 169,2(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{23,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 13,8 = 18,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis neljanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $169,2 m^2$ ja põlemispindala raadius oli $18,8 m$.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis viienda meeskonna

sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj5} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{25,8-10})^2}{4}$,

milles:

S_{kj5} - tulekahju põlemispindala viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

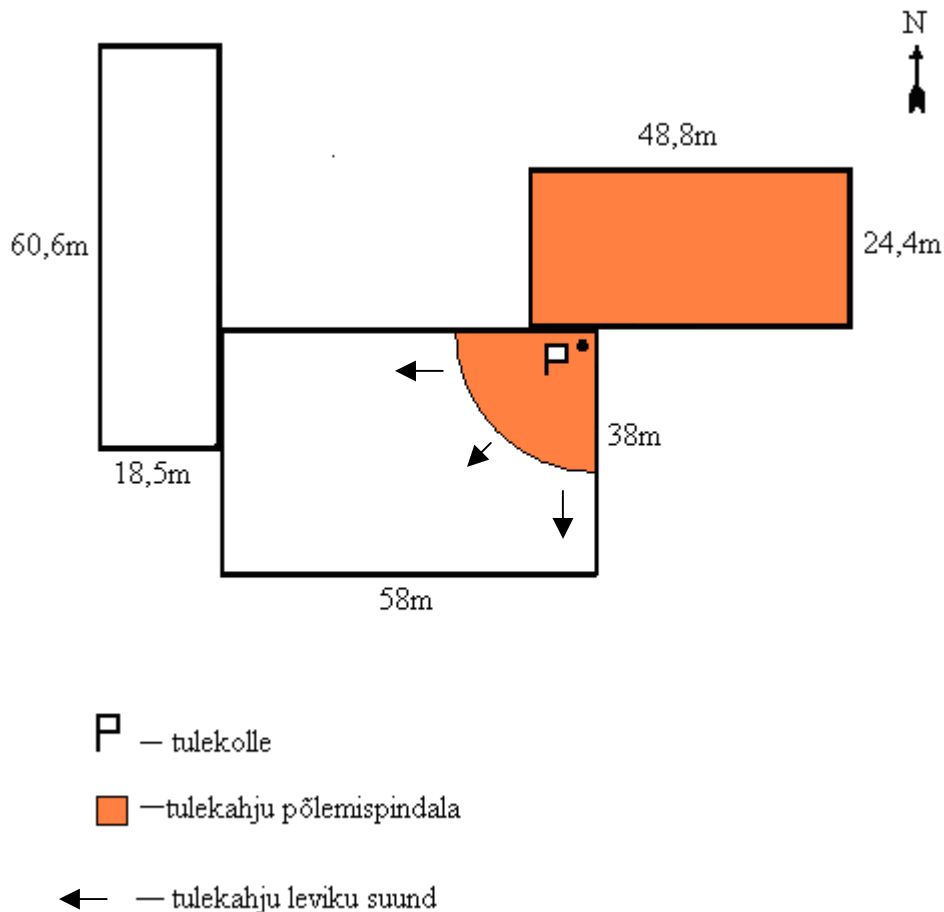
τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj5} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{25,8-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 15,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 274,64}{4} = 215,7(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{25,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 15,8 = 20,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis neljanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $215,7 m^2$ ja põlemispindala raadius oli $20,8 m$.



Joonis nr. 10 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju põlemispindala viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel.

Tulekahju põlemispindala suurenemiskiiruse arvutamiseks viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutatakse valemit $V_s = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus antud ajahetkel ($m^2/\text{min.}$)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurenemiskiirust arvutatakse (min.)

$$V_{skj5} = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau_{25,8} = 3,14 \times 0,5 \times 1^2 \times 25,8 = 40,5 \left(\frac{m^2}{\text{min}} \right)$$

Tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus viienda päästemeeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel sorteerimisliini tsehhis oli $40,5 \text{ m}^2/\text{min.}$

Sorteerimisliini tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel arvutatakse kasutades valemit

$$S_k = S_1 - S_2 = \frac{\pi \times r_1^2}{4} - \frac{\pi \times r_2^2}{4}, \text{ milles:}$$

r_1 - tulekahju esialgse põlemispindala raadius (m)

$$r_1 = 20,8(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 20,8 - 10 = 10,8(m)$$

r_2 - tulekahju põlemispindala raadius kustutamise ajal (m)

h - tulekahju kustutussügavus (m)

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

S_1 - tulekahju esialgne põlemispindala (m^2)

S_2 - tulekahju põlemispindala milleni veejoad ei ulatu (m^2)

$$S_{K_{k5}} = S_{k5} - S_2$$

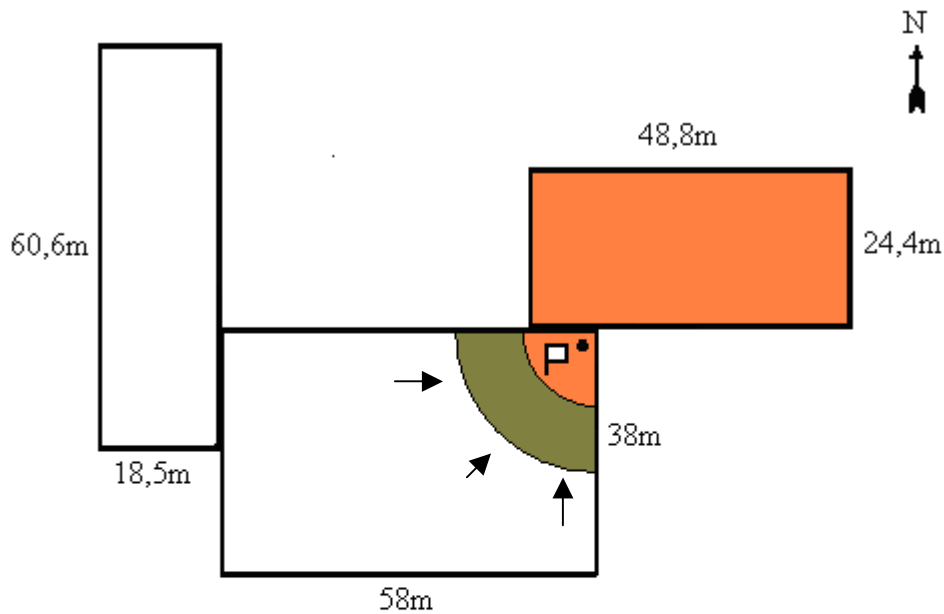
$$r_1 = 20,8(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 20,8 - 10 = 10,8(m)$$

$$S_2 = \frac{\pi \times r_2^2}{4} = \frac{3,14 \times 10,8^2}{4} = 91,6(m^2)$$

$$S_{k5} = 215,7(m^2)$$

$$S_{K_{20}} = 215,7 - 91,6 = 124,1(m^2)$$

Tulekahju nõutav kustutuspindala viienda päästemeeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel sorteerimisliini tsehhis oli 124,1 m^2 .



- — tulekolle
- — tulekahju põlemispindala
- — tulekahju kustutuspindala
- — tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 11 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel.

Järgnevalt määratakse kui palju oli nõutav veekulu $124,1 \text{ m}^2$ kustutuspindala tagamiseks kasutades valemit $Q = S_K \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_K - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{kj5} = S_{Kkj5} \times I$$

$$Q_{kj5} = 124,1 \times 0,25 = 31(l/s)$$

Arvutuste kohaselt oli viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 31 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejuga arv kasutades valemit

$$N_j = \frac{Q}{q_j}, \text{ milles:}$$

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joa veekulu (l/s)

$$N_{jkj5} = \frac{Q_{kj5}}{q_j}$$

$$N_{jkj5} = \frac{31}{10} = 3,1(juga) \approx 4(juga)$$

Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veejuga arv viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 4 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mkkj5} = \frac{N_{jkj5}}{2}$$

$$N_{mkkj5} = \frac{4}{2} = 2 \text{ meeskonda}$$

Selleks, et anda sorteerimisliini tulekahjul viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel 4 juga tootlikkusega 10 l/s, oli vaja 2 meeskonda.

Vastavalt nõutavale veekulule 31 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Kuna põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s, siis oli sündmuskohal nõutav põhiautode arv 1. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks on nõutav jugade arv 4 ja meeskondade arv 2. Kui sündmuskohal oleks viienda meeskonna kohalejõudmise ajahetkel 1 meeskond, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 4 juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks sorteerimistsehhis sündmuskohale 2 meeskonda.

Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks viienda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli nõutav kustutuspindeala 124,1 m² ja veekulu 31 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 4 ja meeskondade arv 2.

Sellel ajahetkel oli sündmuskohal kolm meeskonda ja üks paakauto. Meeskonnad olid Võru 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 3), Vastseliina 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Väimela 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1) ja paakauto Võru 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1). Seega oli sündmuskohal üks päästetööde juht ja vähemalt 7 inimest kustutustööde teostamiseks. Tulekahju tuleleviku peatamiseks oli nõutav meeskondade (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) arv 2 ehk mõlemalt autolt 4 tuletõrjuja- päästjat (edaspidi tuletõrjuja) kustutustööde teostamiseks, järelikult ei piisanud sündmuskohal olnud 7. tuletõrjujast tuleleviku peatamiseks, sest nad suudaksid anda kustutamiseks ainult 3 veejuga. Nõutud veejugade arv oli 4.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kuuenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj6} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{34,8 - 10})^2}{4}$, milles:

S_{kj6} - tulekahju põlemispindala kuuenda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m²)

k - konstant

vj - joonpõlemiskiirus (m/min.)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj6} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{34,8-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 24,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 640,04}{4} = 502,7(m^2)$$

$$r = k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{34,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 24,8 = 29,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kuuenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 502,7 m² ja põlemispindala raadius oli 29,8 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis seitsmenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj7} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{36,8-10})^2}{4}$,

milles:

S_{kj7} - tulekahju põlemispindala seitsmenda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m²)

k - konstant

vj - joonpõlemiskiirus (m/min.)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj7} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{36,8-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 26,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 743,24}{4} = 583,7(m^2)$$

$$r = k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{36,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 26,8 = 31,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis seitsmenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 583,7 m² ja põlemispindala raadius oli 31,8 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kaheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj8} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{42,8-10})^2}{4}$,

milles:

S_{kj8} - tulekahju põlemispindala kaheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m²)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus (m/min.)

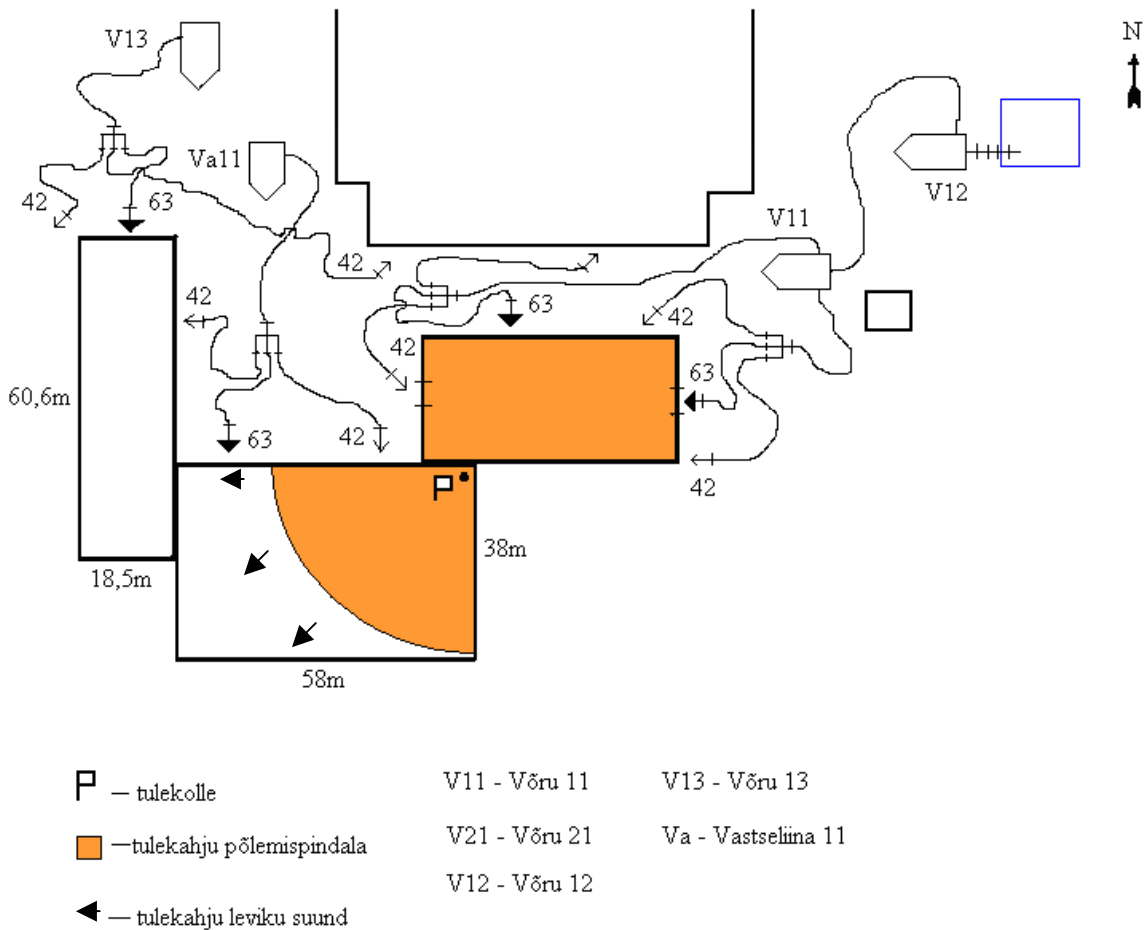
τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj8} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{42,8-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 32,8)^2}{4} = \frac{3,14 \times 1100,84}{4} = 864,6(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{42,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 32,8 = 37,8(m)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kaheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 864,6 m² ja põlemispindala raadius oli 37,8 m.



Joonis nr. 12 Jõudude paigutus AS Barrus tulekahjul kaheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel (1: 44)

Joonisel on näha jõudude paigutus AS Barrus tulekahjul ning tulekahju põlemispindala antud hetkel. Samuti on ära näidatud põlemispindala leviku suund. Jõudude paigutamisel on kasutatud 4 põhiautot, 4. hargmikku ja 12. veejuga. Jooniselt on näha, et veejoad anti tulekahjul tuleleviku suhtes külje pealt, mitte vastu. Veejugadena kasutati 4. A- juga ja 8. B- juga.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 44. minutil kasutades valemit

$$S_{44} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{44-10})^2}{4}, \text{ milles:}$$

S_{44} - tulekahju põlemispindala 44. minutil (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurust arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{44} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{44-10})^2}{4} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 34)^2}{4} = \frac{3,14 \times 1181}{4} = 927,6(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{44-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 34 = 39(m)$$

Arvutuse kohaselt oli tulekahju põlemispindala raadius sorteerimisliini tsehhis 44. minutil 39 m. Kuna tulekolde asukoht oli sorteerimisliini tsehhis kirdepoelses nurgas, siis tulekahju põlemispindala raadius ei saa olla veerandringi kujulisel arenemisel üle 38 m, sest hoone laius on 38 m. Järelikult toimus tulekahju põlemispindala arengu üleminek külgarenguks ja põlemispindala arenes edasi hoone pikisuunas. Seega ei ole eelnevalt tehtud põlemispindala arvutus 44. minuti kohta sorteerimisliini tsehhis tõene. Järgnevalt leitakse ajahetk millal hakkab tulekahju põlemispindala külgareng. Selleks kasutatakse võrrandit $r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_x$, milles:

r - põlemispindala maksimaalne raadius (m)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ_x - otsitav ajahetk millal hakkas põlemispindala külgareng (min.)

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_x$$

$$38 = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times \tau_x$$

$$38 = 5 + \tau_x$$

$$\tau_x = 33$$

$$\tau_x = 33 + 10 = 43(\text{min.})$$

Järelikult algas tulekahju põlemispindala külgareng sorteerimisliini tsehhis 43. minutil.

Põlemispindala arvutamiseks sorteerimisliini tsehhis 43 minutil kasutatakse valemit

$S_{43} = a \times a$, milles:

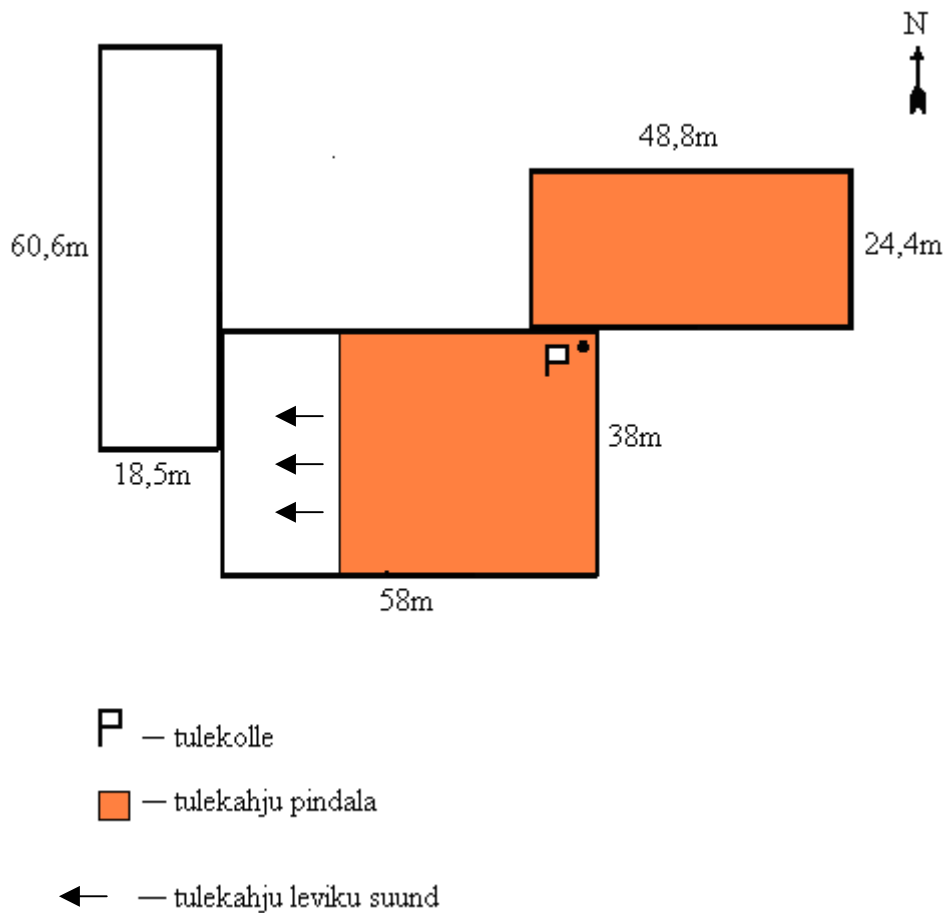
S_{43} - tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 43. minutil (m^2)

a - sorteerimisliini tsehhi lühema külje pikkus (m)

$$S_{43} = a \times a$$

$$S_{43} = 38 \times 38 = 1444(m^2)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 43. minutil oli 1444 m².



Joonis nr. 13 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju põlemispindala 43. minutil.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus sorteerimisliini tsehhis 43. minutil kasutades valemit $V_s = n \times a \times v_j$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus ($m^2/min.$)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

$$V_{S29,5} = n \times a \times v_j$$

$$V_{S29,5} = 2 \times 38 \times 1 = 76(m^2/min)$$

Tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus sorteerimisliini tsehhis oli 43. minutil $76 m^2/min.$

Sorteerimisliini tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 43. minutil arvutatakse kasutades valemit $S_k = n \times a \times h$, milles:

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

n - külgede arv

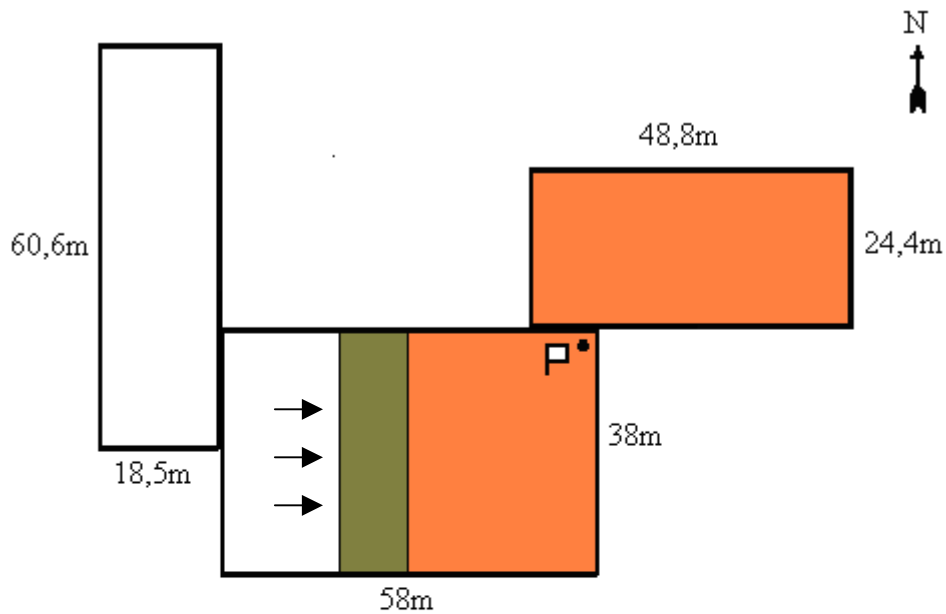
a - külje pikkus (m)

h - kustutussügavus (m)

$$S_{k43} = n \times a \times h$$

$$S_{k29,5} = 2 \times 38 \times 10 = 760(m^2)$$

Tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala sorteerimisliini tsehhis 43. minutil oli $760 m^2$.



- ☐ – tulekolle
- – tulekahju pindala
- – tulekahju kustutuspindala
- – tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 14 Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 43. minutil.

Järgnevalt määratakse kui palju oli nõutav veekulu 760 m^2 kustutuspindala tagamiseks kasutades valemit $Q = S_K \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_K - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{43} = S_{K43} \times I$$

$$Q_{43} = 760 \times 0,25 = 190(l/s)$$

Arvutuste kohaselt oli 43. minutil sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 190 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejugade arv kasutades valemit $N_j = \frac{Q}{q_j}$, milles:

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joa veekulu (l/s)

$$N_{j43} = \frac{Q_{43}}{q_j}$$

$$N_{j43} = \frac{190}{10} = 19 \text{ juga}$$

Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veejugade 43. minutil oli 19 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju 43. minutil. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mk43} = \frac{N_{j43}}{2}$$

$$N_{mk43} = \frac{19}{2} = 9,5 \text{ meeskonda} \approx 10 \text{ meeskonda}$$

Selleks, et anda sündmuskohal 43. minutil 19 juga tootlikkusega 10 l/s oli vaja 10 meeskonda.

Vastavalt nõutavale veekulule 190 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pa43} = \frac{Q_{43}}{40}$$

$$N_{pa43} = \frac{190}{40} = 4,75 \text{ põhiautot} \approx 5 \text{ põhiautot}$$

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 5. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks oli nõutav jugade arv 19 ja meeskondade arv 10. Kui sündmuskohal oleks 43. minutil 5 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 19 juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks sorteerimistsehhis 43. minutil sündmuskohale 10 meeskonda.

Sorteerimisliini tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 43. minutil oli nõutav kustutuspindeala 760 m² ja veekulu 190 l/s. Kustutamiseks nõutav veejugade arv oli 19 ja meeskondade arv 10.

43. minutil oli sündmuskohal 6 meeskonda, paakauto ja juhtimisauto. Meeskonnad olid Võru 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 3), Võru 12 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Võru 14 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1), Vastseliina 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Haanja 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Väimela 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), paakauto Võru 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) ja juhtimisauto Võru 51 (meeskonnaliikmete arv 1 + 0). Nõutav meeskondade arv 43. minutil tulekahju tuleleviku peatamiseks oli 10, seega ei olnud täidetud nõutav meeskondade arv ning sündmuskohal ei olnud piisavalt ressursse tulekahju tuleleviku peatamiseks.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis üheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj9} = S_{43} + n \times a \times v_j \times \tau_{46,8 - 43}$, milles:

S_{kj9} - tulekahju põlemispindala üheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m^2)

S_{43} - tulekahju põlemispindala 43. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - kolm koma kaheksa ($min.$)

$$S_{kj9} = 1444 + n \times a \times v_j \times \tau_{46,8 - 43} = 1444 + 2 \times 38 \times 1 \times 3,8 = 1444 + 288,8 = 1732,8(m^2)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis üheksanda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 1732,8 m^2 .

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj10} = S_{43} + n \times a \times v_j \times \tau_{49,8 - 43}$, milles:

S_{kj10} - tulekahju põlemispindala kümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m^2)

S_{43} - tulekahju põlemispindala 43. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - kuus koma kaheksa ($min.$)

$$S_{kj10} = 1444 + n \times a \times v_j \times \tau_{49,8 - 43} = 1444 + 2 \times 38 \times 1 \times 6,8 = 1444 + 516,8 = 1960,8(m^2)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis kümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 1960,8 m^2 .

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala sorteerimisliini tsehhis üheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_{kj11} = S_{43} + n \times a \times vj \times \tau_{50,8 - 43}$, milles:

S_{kj11} - tulekahju põlemispindala üheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise hetkel (m^2)

S_{43} - tulekahju põlemispindala 43. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

vj - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - seitse koma kaheksa (min.)

$$S_{kj11} = 1444 + n \times a \times vj \times \tau_{50,8 - 43} = 1444 + 2 \times 38 \times 1 \times 7,8 = 1444 + 592,8 = 2036,8(m^2)$$

Tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis üheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $2036,8 m^2$.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus sorteerimisliini tsehhis 52. minutil kasutades valemit $S_{52} = S_{43} + n \times a \times vj \times \tau_{52 - 43}$, milles:

S_{52} - tulekahju põlemispindala 52. minutil (m^2)

S_{43} - tulekahju põlemispindala 43. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

vj - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - üheksa (min.)

$$S_{52} = 1444 + n \times a \times vj \times \tau_{52 - 43} = 1444 + 2 \times 38 \times 1 \times 9 = 1444 + 684 = 2128(m^2)$$

Sorteerimisliini tsehhi pindala:

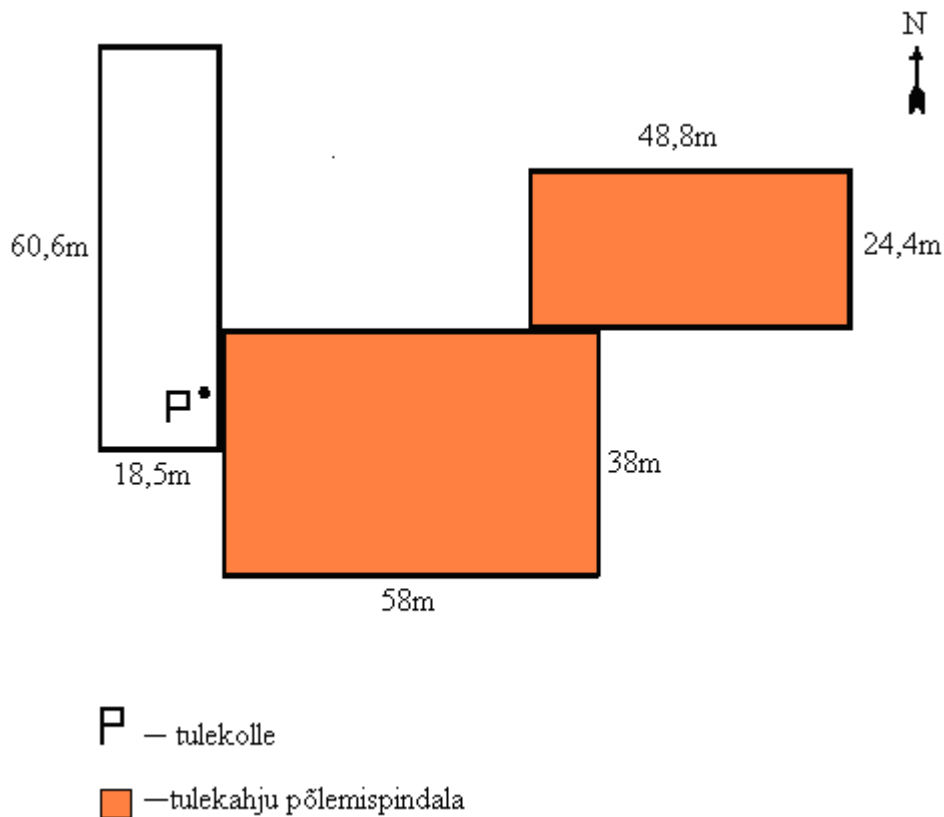
$$S = 38 \times 56 = 2128(m^2)$$

Kuna sorteerimisliini tsehhi pindala oli 2128 m² ja arvutuste kohaselt oli 52. minutil tulekahju põlemispindala sorteerimisliini tsehhis 2128 m², siis sorteerimisliini tsehhi tulekahju 52. minutil oli kogu hoone tulest haaratud.

3.3. Saetööstuse tsehhi tulekahju areng ja ressursside vajadus

Saetööstuse tsehh oli idapoolse seinaga ühendatud sorteerimisliini tsehhiga. Kuna uurimismaterjalidest ei selgunud, mitme meetri ulatuses saetööstuse tsehh oli ühendatud sorteerimisliini tsehhiga, siis vastavalt jooniste mõõtmetele (viide) võttis autor arvestuslikuks saetööstuse tsehhi idapoolse seinaga ja sorteerimisliini tsehhi läänepoolse seinaga ühenduse laiuseks 18 m saetööstuse tsehhi lõunapoolse seinaga äärest põhjapoolse seinaga suunas.

Kuna saetööstuse tsehh ja sorteerimisliini tsehh olid omavahel ühendatud saetööstuse tsehhi idapoolse seinaga ja sorteerimisliini tsehhi läänepoolse seinaga 18m ulatuses, siis autor eeldab, et saetööstuse tsehhi tulekolde asukoht, sorteerimisliini tsehhi tulest täieliku haaramise korral, oli ühenduskoha keskpunkt ehk 9 m kaugusel saetööstuse tsehhi lõunapoolsest seinast idapoolse seinaga ääres.



Joonis nr. 15 Saetööstuse tsehhi tulekahju tulekolde asukoht.

Arvutuste kohaselt oli 86,2. minutil kogu sorteerimisliini tsehh tulest haaratud ning sellest hetkest hakkas tulekahju edasi levima saetööstuse tsehhi. Seega võtab autor saetööstuse tsehhi tulekahju pindala arvutamisel tulekahju arvestuslikuks algusajaks ehk nullajaks $\tau_0 = 86,2(\text{min.})$.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala saetööstuse tsehhis kümnenadal minutil. See arvutus on vajalik seetõttu, et kuni kümnenada minutini on tulekahju areng algfaasis ning see areneb aeglaselt ja peale kümnenadat minutit kiireneb. Arvutamiseks kasutatakse valemit

$$S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{2}, \text{ milles:}$$

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{10} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10)^2}{2} = \frac{3,14 \times 25}{2} = 39,3(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} = 0,5 \times 1 \times 10 = 5(m)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala oli 10. minutil 39,3 m² ja raadius 5 m.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala saetööstuse tsehhis kaheteistkümnenenda meeskonna

sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau)^2}{2}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m²)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus (m/min.)

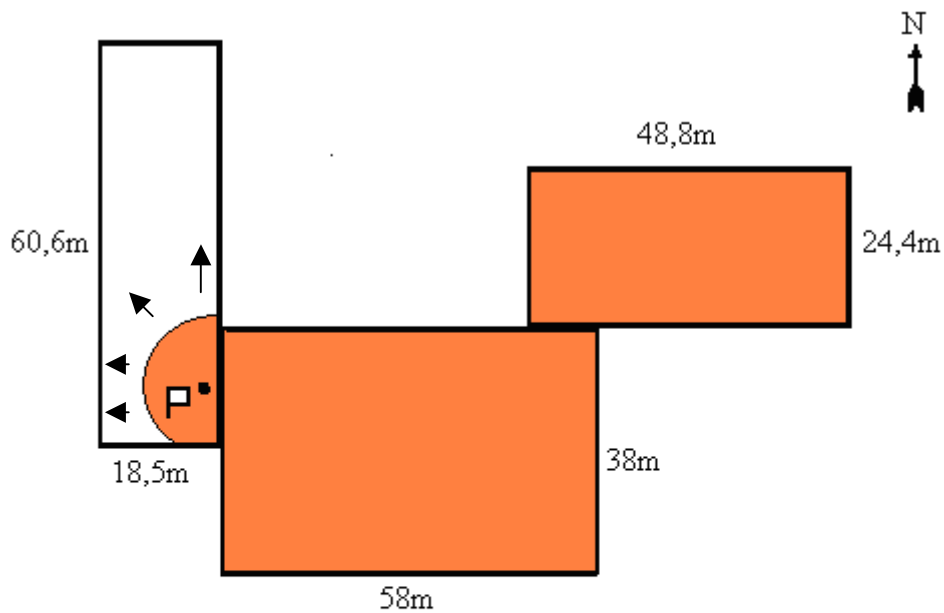
τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse (min.)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{k/12} = \frac{\pi(k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{15,8-10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 5,8)^2}{2} = \frac{3,14 \times 58,64}{2} = 92,1(m^2)$$

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_{15,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 5,8 = 10,8(m)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala oli kaheteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel 92,1 m² ja raadius 10,8 m.



- P – tulekolle
 – tulekahju põlemispindala
← – tulekahju leviku suund

Joonis nr. 16 Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus saetööstuse tsehhis kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit

$V_s = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus antud ajahetkel ($m^2/\text{min.}$)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala suurenemiskiirust arvutatakse (min.)

$$V_{Skj12} = \pi \times k \times v_j^2 \times \tau_{15,8} = 3,14 \times 0,5 \times 1^2 \times 15,8 = 24,8 \left(\frac{m^2}{\text{min}} \right)$$

Tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus saetööstuse tsehhis kaheteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $24,8 \text{ m}^2/\text{min}$.

Saetööstuse tsehhi tulekahju nõutava kustutuspindala arvutus kaheteistkümnenenda meeskonna

sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S_K = S_1 - S_2 = \frac{\pi \times r_1^2}{2} - \frac{\pi \times r_2^2}{2}$,

milles:

r_1 - tulekahju esialgse põlemispindala raadius (m)

$r_1 = 10,8(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 10,8 - 10 = 0,8(m)$

r_2 - tulekahju põlemispindala raadius kustutamise ajal (m)

h - tulekahju kustutussügavus (m)

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

S_1 - tulekahju esialgne põlemispindala (m^2)

S_2 - tulekahju põlemispindala milleni veejoad ei ulatu (m^2)

$$S_{K_{12}} = S_{k_{12}} - S_2$$

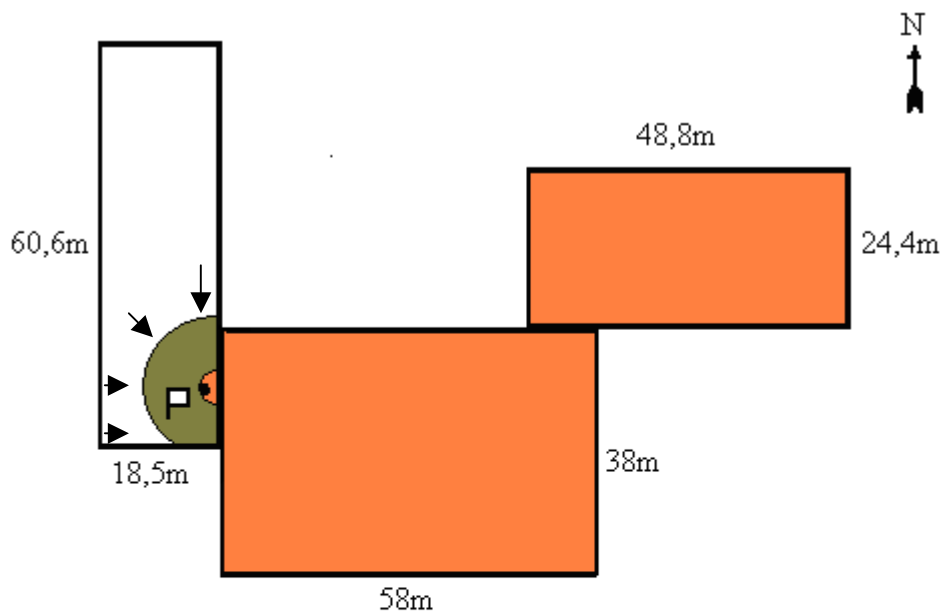
$r_1 = 10,8(m) \triangleright h = 10(m) \Rightarrow r_2 = r_1 - h = 10,8 - 10 = 0,8(m)$

$$S_2 = \frac{\pi \times r_2^2}{2} = \frac{3,14 \times 0,8^2}{2} = 1(m^2)$$

$$S_{k_{12}} = 92,1(m^2)$$

$$S_{K_{20}} = 92,1 - 1 = 91,1(m^2)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju nõutav kustutuspindala kaheteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli $91,1 \text{ m}^2$.



P – tulekõlle

– tulekahju põlemispindala

– tulekahju kustutuspindala

\rightarrow – tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 17 Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel.

Järgnevalt määratakse kui palju oli nõutav veekulu $91,1 \text{ m}^2$ kustutuspindala tagamiseks kasutades valemit $Q = S_k \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{kj12} = S_{kj12} \times I$$

$$Q_{kj12} = 91,1 \times 0,25 = 23(l/s)$$

Arvutuste kohaselt oli kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel sorteerimistsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 23 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejuga arv kasutades valemit

$$N_j = \frac{Q}{q_j}, \text{ milles:}$$

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joa veekulu (l/s)

$$N_{jkj12} = \frac{Q_{kj12}}{q_j}$$

$$N_{jkj12} = \frac{23}{10} = 2,3 \text{ juga} \approx 3 \text{ juga}$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veejuga arv kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 3 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{pm} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mkkj12} = \frac{N_{jkj12}}{2}$$

$$N_{mkkj12} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ meeskonda} \approx 2 \text{ meeskonda}$$

Selleks, et anda saetööstuse tsehhi tulekahjul kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel 3 juga tootlikkusega 10 l/s oli vaja 2 meeskonda.

Vastavalt nõutavale veekulule 23 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pakj12} = \frac{Q_{kj12}}{40}$$

$$N_{pakj12} = \frac{23}{40} = 0,6 \text{ põhiautot} \approx 1 \text{ põhiauto}$$

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 1. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks oli nõutav jugade arv 3 ja meeskondade arv 2. Kui sündmuskohal oleks kaheteistkümnenda meeskonna kohalejõudmise ajahetkel 5 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 3. juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks saetööstuse tsehhis kaheteistkümnenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel 2 meeskonda.

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks kaheteistkümnenda päästemeeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel on nõutav kustutuspinnaala 91,1 m² ja nõutav veekulu 23 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks on 3 ja meeskondade arv 2.

Sellel ajahetkel oli sündmuskohal 7 meeskonda, 3 paakautot ja juhtimisauto. Meeskonnad olid Võru 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 3), Võru 12 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Võru 13 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) Võru 14 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1), Vastseliina 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Haanja 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Väimela 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), paakautod Võru 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1), Antsla 21 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Mõniste 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) ja juhtimisauto Võru 51 (meeskonnaliikmete arv 1 + 0). Sündmuskohal oli kaheteistkümnenda meeskonna kohalejõudmise ajahetkel tulekustutus- päästetööde juht ja vähemalt 16 tuletõrjujat.

Nõutav meeskondade (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) arv saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks kaheteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel oli 2 meeskonda s. o. 8 tuletõrjujat veejugade andmiseks. Järelikult oli saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks kaheteistkümnenenda meeskonna kohalejõudmise ajahetkel sündmuskohal piisavalt ressursse.

Saetööstuse tsehhi tulekahju nõutava kustutuspindala arvutus kolmeteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel kasutades valemit $S\tau = \frac{\pi(k \times vj \times \tau)^2}{2}$, milles:

$S\tau$ - tulekahju põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

k - konstant

vj - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ - ajahetk, mille kohta tulekahju põlemispindala arvutatakse ($min.$)

r - põlemispindala raadius (m)

$$S_{kj13} = \frac{\pi(k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{46,8-10})^2}{2} = \frac{3,14(0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 36,8)^2}{2} = \frac{3,14 \times 58,64}{2} = 2166,5(m^2)$$

$$r = k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_{46,8-10} = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times 36,8 = 41,8(m)$$

Arvutuse kohaselt oli tulekahju põlemispindala raadius saetööstuse tsehhis kolmeteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetkel 41,8 m. Kuna tulekolde asukoht oli saetööstuse tsehhis idapoolse seina ääres, siis tulekahju põlemispindala raadius ei saa olla poolringi kujulisel arenemisel üle 18,5 m, sest hoone laius on 18,5 m. Järelikult toimus tulekahju põlemispindala arengu üleminek külgarenguks ja põlemispindala arenes edasi hoone pikisuunas. Seega ei ole eelnevalt tehtud põlemispindala arvutus kolmeteistkümnenenda meeskonna sündmuskohale jõudmise ajahetke kohta saetööstuse tsehhis tõene. Järgnevalt leitakse ajahetk millal hakkab tulekahju põlemispindala külgareng. Selleks kasutatakse võrrandit $r = k \times vj \times \tau_{10} + vj \times \tau_x$, milles:

r - põlemispindala maksimaalne raadius (m)

k - konstant

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

τ_x - otsitav ajahetk millal põlemispindala poolringi kujuline areng läheb üle külgarenguks ($min.$)

$$r = k \times v_j \times \tau_{10} + v_j \times \tau_x$$

$$18,5 = 0,5 \times 1 \times 10 + 1 \times \tau_x$$

$$18,5 = 5 + \tau_x$$

$$\tau_x = 13,5$$

$$\tau_x = 13,5 + 10 = 23,5(min.)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala külgareng hakkas 23,5 minutil. Selleks, et teada saada põlemispindala suurus 23,5. minutil kasutatakse valemit $S\tau = (a + c) \times a$, milles:

$S\tau$ - põlemispindala antud ajahetkel (m^2)

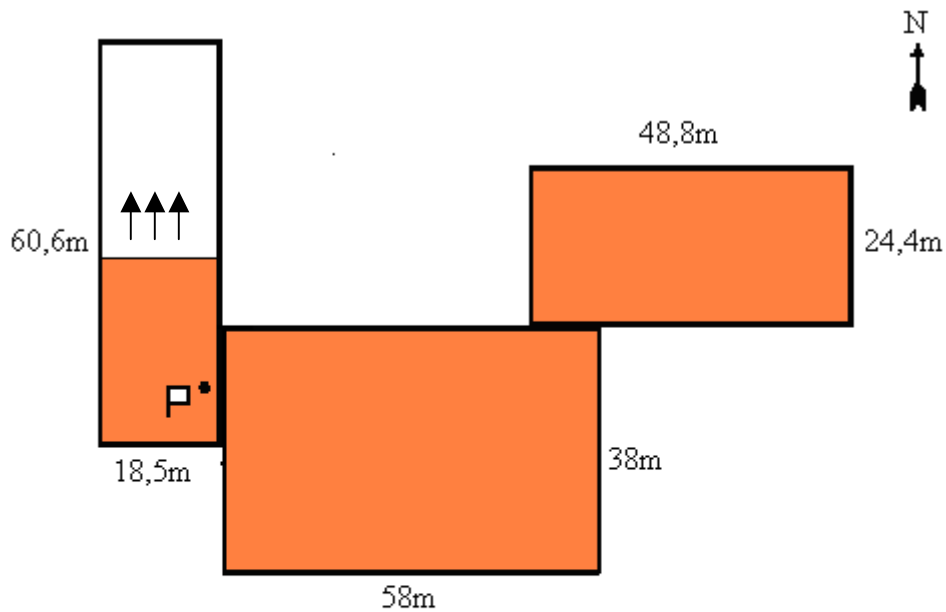
a - saetööstuse tsehhi lühema külje pikkus (m)

c - kaugus tulekoldest kuni saetööstuse tsehhi lõunapoolse seinani (m)

$$S_{23,5} = (a + c) \times a$$

$$S_{23,5} = (18,5 + 9) \times 18,5 = 27,5 \times 18,5 = 508,8(m^2)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala 23,5. minutil oli 508,8 m^2 .



P — tulekõlle

■ — tulekahju põlemispindala

← — tulekahju leviku suund

Joonis nr.18 Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala 23,5. minutil.

Järgnevalt arvutatakse tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus saetööstuse tsehhis 23,5. minutil kasutades valemit $V_s = n \times a \times v_j$, milles:

V_s - tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus ($m^2/min.$)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/min.$)

$$V_{S23,5} = n \times a \times v_j$$

$$V_{S23,5} = 2 \times 18,5 \times 1 = 37(m^2/min)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala suurenemiskiirus 23,5. minutil on $37 m^2/min$.

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutava kustutuspindala arvutus 23,5. minutil kasutades valemit $S_k = n \times a \times h$, milles:

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

n - külgede arv

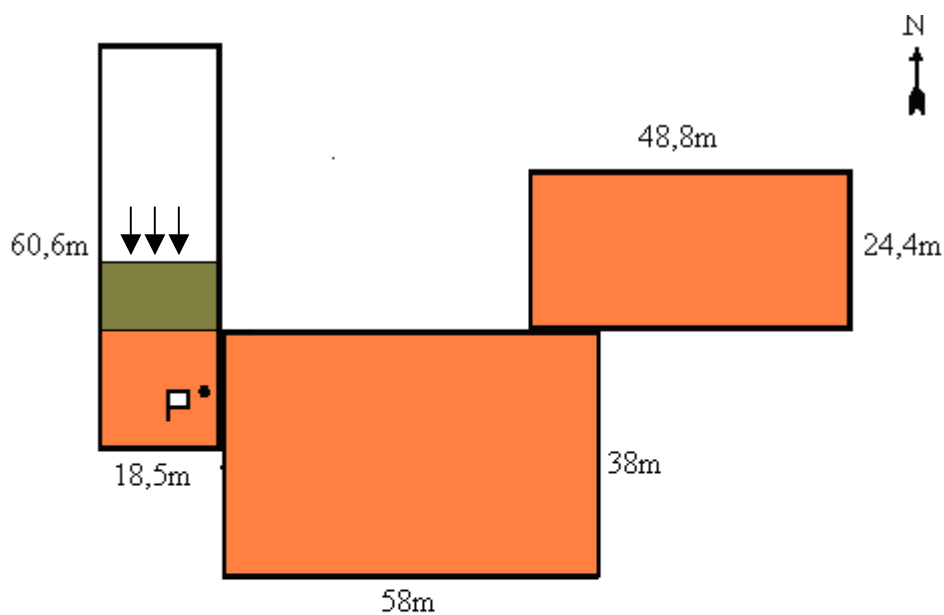
a - külje pikkus (m)

h - kustutussügavus (m)

$$S_{k23,5} = n \times a \times h$$

$$S_{k23,5} = 2 \times 18,5 \times 10 = 370(m^2)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 23,5. minutil oli 370 m².



P – tulekolle

■ – tulekahju põlemispindala

■ – tulekahju kustutuspindala

→ – tulekahju kustutussuund

Joonis nr. 19 Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav kustutuspindala 23,5. minutil.

Järgnevalt määratakse kui palju oli nõutav veekulu 370 m^2 kustutuspindala tagamiseks kasutades valemit $Q = S_k \times I$, milles:

Q - nõutav veekulu (l/s)

S_k - tulekahju kustutuspindala (m^2)

I - veeandmise intensiivsus ($l/s \times m^2$)

$$Q_{23,5} = S_{k23,5} \times I$$

$$Q_{23,5} = 370 \times 0,25 = 92,5(l/s) \approx 93(l/s)$$

Arvutuste kohaselt oli 23,5. minutil saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veekulu 93 l/s. Võttes aluseks ühe veejoa tootlikkuseks 10 l/s on võimalik määrata nõutav veejugade arv kasutades valemit $N_j = \frac{Q}{q_j}$, milles:

N_j - nõutav jugade arv

Q - nõutav veekulu (l/s)

q_j - joa veekulu (l/s)

$$N_{j23,5} = \frac{Q_{23,5}}{q_j}$$

$$N_{j23,5} = \frac{93}{10} = 9,3 \text{ juga} \approx 10 \text{ juga}$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks nõutav veejugade arv 23,5. minutil oli 10 juga.

Järgnevalt arvutatakse nõutav meeskondade arv (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) jugade andmiseks tulekahju 23,5. minutil. Üks meeskond suudab anda 2 juga. Arvutamisel kasutatakse valemit $N_{mk} = \frac{N_j}{2}$, milles:

N_{mk} - meeskondade arv

N_j - nõutav jugade arv

$$N_{mk23,5} = \frac{N_{j23,5}}{2}$$

$$N_{mk23,5} = \frac{10}{2} = 5 \text{ meeskonda}$$

Selleks, et anda saetööstuse tsehhi tulekahjul 23,5. minutil 10 juga tootlikkusega 10 l/s oli vaja 5 meeskonda.

Vastavalt nõutavale veekulule 93 l/s määratakse nõutav arv põhiautosid. Põhiauto pumba tootlikkus on 40 l/s. Arvutuses kasutatakse valemit $N_{pa} = \frac{Q}{40}$, milles:

N_{pa} - nõutav põhiautode arv

Q - nõutava veekulu (l/s)

$$N_{pa23,5} = \frac{Q_{23,5}}{40}$$

$$N_{pa23,5} = \frac{93}{40} = 2,3 \text{ põhiautot} \approx 3 \text{ põhiautot}$$

Arvutuse tulemusena selgus, et nõutav põhiautode arv oli 3. Kuid eelnevatest arvutustest selgub, et tuleleviku peatamiseks oli nõutav jugade arv 10 ja meeskondade arv 5. Kui sündmuskohal oleks 23,5. minutil 3 meeskonda, siis ei oleks võimalik anda vajalikke 10. juga tuleleviku peatamiseks, sest üks meeskond saab anda 2 juga. Järelikult oli vaja tuleleviku peatamiseks saetööstuse tsehhis 23,5. minutil 10 meeskonda.

Saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 23,5. minutil oli nõutav kustutuspindeala 370 m² ja veekulu 93 l/s. Nõutav veejuga arv kustutamiseks oli 10 ja meeskondade arv 5.

Sellel ajahetkel oli sündmuskohal 8 meeskonda, 3 paakautot ja juhtimisauto. Meeskonnad olid Võru 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 3), Võru 12 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Võru 13 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) Võru 14 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1), Vastseliina 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Haanja 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), Väimela 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Mõniste 11 (meeskonnaliikmete arv 1 + 2), paakautod Võru 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1), Antsla 21 (meeskonnaliikmete arv 1 + 1), Mõniste 21 (meeskonnaliikmete arv 0 + 1) ja juhtimisauto Võru 51 (meeskonnaliikmete arv 1 + 0). Sündmuskohal oli 23,5. minutil tulekustutus- päästetööde juht ja 19 tuletõrjujat.

Nõutav meeskondade (meeskonnaliikmete arv 1 + 4) arv saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 23,5. minutil oli 5 meeskonda s. o. 20 tuletõrjujat veejuga

andmiseks. Järelikult ei olnud saetööstuse tsehhi tulekahju tuleleviku peatamiseks 23,5. minutil sündmuskohal piisavalt ressursse.

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala saetööstuse tsehhis 30. minutil kasutades valemit

$S_{30} = S_{23,5} + n \times a \times v_j \times \tau_{30 - 23,5}$, milles:

S_{30} - tulekahju põlemispindala 30. minutil (m^2)

$S_{23,5}$ - tulekahju põlemispindala 23,5. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - kuus koma viis (min.)

$$S_{30} = 508,8 + n \times a \times v_j \times \tau_{30 - 23,5} = 508,8 + 2 \times 18,5 \times 1 \times 6,5 = 508,8 + 240,5 = 749,3(m^2)$$

Saetööstuse tsehhi tulekahju põlemispindala 30. minutil oli 749,3 m^2 .

Järgnevalt arvutatakse põlemispindala saetööstuse tsehhis 40,05. minutil kasutades

$S_{40,05} = S_{23,5} + n \times a \times v_j \times \tau_{40,05 - 23,5}$, milles:

$S_{40,05}$ - tulekahju põlemispindala 40,05. minutil (m^2)

$S_{23,5}$ - tulekahju põlemispindala 23,5. minutil (m^2)

n - lühemate külgede arv

a - lühema külje pikkus (m)

v_j - joonpõlemiskiirus ($m/\text{min.}$)

τ - kuusteist koma viiskümmend viis (min.)

$$S_{40,05} = 508,8 + n \times a \times v_j \times \tau_{40,05 - 23,5} = 508,8 + 2 \times 18,5 \times 1 \times 16,55 = 508,8 + 612,35 = 1121,2(m^2)$$

Saetööstuse tsehhi pindala:

$$S = 18,5 \times 60,6 = 1121,1(m^2)$$

Kuna saetööstuse tsehhi pindala oli 1121,1 m² ja arvutuste kohaselt oli 40,05. minutil tulekahju põlemispindala saetööstuse tsehhis 1121,2 m² , siis saetööstuse tsehhi tulekahju 40,05. minutil oli kogu hoone tulest haaratud.

Autor võttis saetööstuse tsehhi tulekahju arvutustes arvestuslikuks tulekahju algusajaks ehk nullajaks $\tau_{86,2}$. Kogu saetööstuse tsehh oli tulest haaratud 40,05 minutil, seega arvestades kogu tulekahju algusajast AS Barrus territooriumil:

$$\tau = 86,2 + 40,05 = 126,25$$

$$\tau = 126,25(\text{min.})$$

Seega oli arvutuste kohaselt 126,25. minutil alates tulekahju algusest AS Barrus territooriumil tulest haaratud sorteerimistsehh, sorteerimisliini tsehh ja saetööstuse tsehh kogupindalaga:

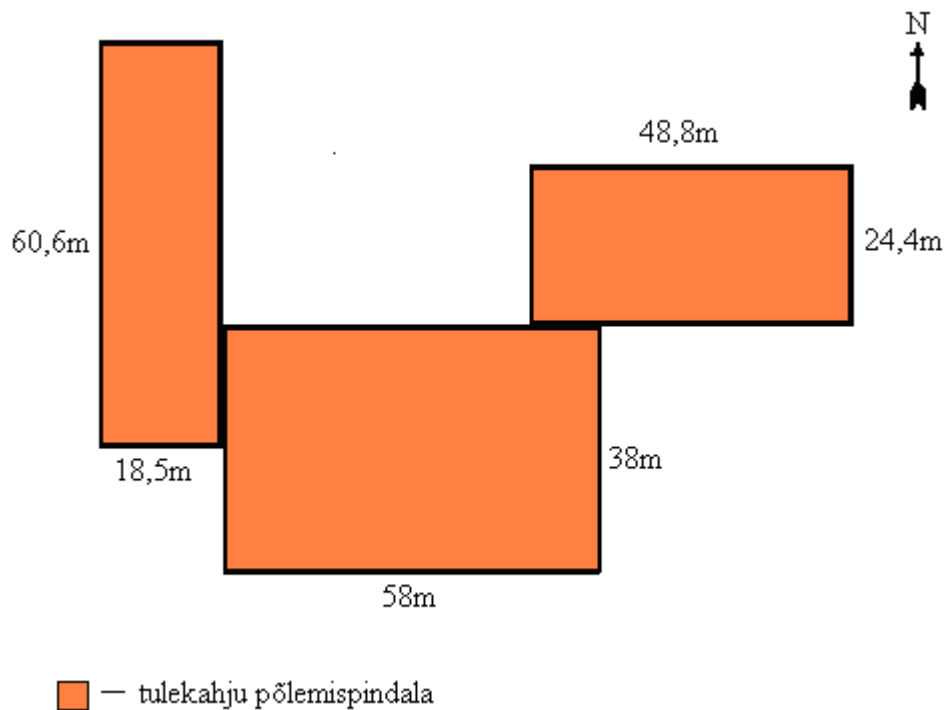
$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 1190,7 + 2128 + 1121,1 = 4439,8(m^2)$$

S - AS Barrus tulekahju kogu põlemispindala (m^2)

S_1 - sorteerimisliini tsehhi põlemispindala (m^2)

S_2 - sorteerimisliini tsehhi põlemispindala (m^2)

S_3 - saetööstuse tsehhi põlemispindala (m^2)



Joonis nr. 20 AS Barrus tulekahju põlemispindala 126,25. minutil.

Tulekahju kustutamiseks nõutavate ressursside vajaduse arvutused erinevatel ajahetkedel τ tegi autor tulekahjul hävinud hoonete kohta, arvutused ei sisalda katusealuste pindalaid ning väljaspool hoonet ladustatud materjalide kogust.

4. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

4.1. Järeldused

Peamised põhjused, miks AS Barruse tulekahju nii ulatuslikud mõõtmed võttis olid:

- põlengu hiline avastamine
- tulekahju kustutamisel luure puudulik teostamine
- otsustavat suunda ei valitud õigesti
- tuletõrjeauto kohese veevõtukohale panemata jätmine ei võimaldanud anda alguses tugevat lööki tuleleviku peatamiseks
- ressursside vähesus sündmuskohal

Tulekahju arengu ja ressursside vajaduse järeldused:

- Tulekahju nõutav kustutuspindala tuleleviku peatamiseks 20. minutil oli 170,1 m² ja nõutav veekulu 42,5 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 5 ja meeskondade arv 3. Selleks ajahetkeks ei olnud tulekahju veel avastatud.
- Tulekahju tuleleviku peatamiseks 29,5. minutil oli nõutav kustutuspindala 488 m² ja veekulu 122 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 13 ja meeskondade arv 7. Selleks ajahetkeks ei olnud tulekahju veel avastatud.
- AS Barruse tulekahju efektiivseks kustutamiseks 34,2. minutil oli nõutav kustutuspindala 1064 m² ja veekulu 266 l/s. Kustutamiseks nõutav veejugade arv oli 27 ja meeskondade arv 14. Tulekahju AS Barrus territooriumil avastati 34. minutil, meeskonnad ei saanud veel reageerida.
- Tuleleviku peatamiseks sorteerimisliini tsehhis 60. oli nõutav kustutuspindala 124,1 m² ja veekulu 31 l/s. Nõutav veejugade arv kustutamiseks oli 4 ja meeskondade arv 2. Sellel ajahetkel ei piisanud sündmuskohal olnud ressurssidest tuleleviku peatamiseks.
- Tuleleviku peatamiseks sorteerimisliini tsehhis 77,2. minutil oli nõutav kustutuspindala 760 m² ja veekulu 190 l/s. Kustutamiseks nõutav veejugade arv oli 19 ja

meeskondade arv 10. Sellel ajahetkel ei olnud sündmuskohal piisavalt ressursse tuleleviku peatamiseks.

- Tulekahju tuleleviku peatamiseks saetööstuse tsehhis 102. minutil oli nõutav kustutuspinnaala 91,1 m² ja nõutav veekulu 23 l/s. Sellel ajahetkel oli tulekahju tuleleviku peatamiseks sündmuskohal piisavalt ressursse ning nende jõududega oleks saanud peatada tuleleviku saetööstuse tsehhis.
- Tulekahju tuleleviku peatamiseks saetööstuse tsehhis 109,7. minutil oli nõutav kustutuspinnaala 370 m² ja veekulu 93 l/s. Nõutav veejuga arv kustutamiseks oli 10 ja meeskondade arv 5. Tulekahju tuleleviku peatamiseks ei olnud 23,5. minutil sündmuskohal piisavalt ressursse.

4.2. Ettepanekud

Kuna suuri tulekahjusid metsatööstusettevõtetes ei esine nii sageli, et päästetööde juhid saaks regulaarselt juhtida suuri sündmusi, mis arendavad vilumust, siis tuleks neile läbi viia sündmuste juhtimise harjutusi.

Harjutamise all mõistetakse mitmesuguste oskuste ja võtete õppimist ning vilumuse kujundamist nende korduva kasutamise teel. Üheks juhtimise efektiivseimaks harjutamise viisiks on situatsiooniülesande lahendamine. Situatsiooniülesande puhul antakse ette osalejale ette olukorra kirjeldus või probleeme sõlmiv stsenaarium. Ülesande lahendamise tulemusena saab osaleja senisest erinevaid kogemusi, õpib koguma fakte ja arvestama mitmesuguseid tegureid töö sujuvamaks muutmiseks. (13: 163)

Eelnevast lähtudes teeb autor järgnevad ettepanekud:

- Viia läbi pidevat koolitust operatiivtöötajatele vastavalt aastaplaanile väljaõppe raames.
- Viia läbi praktilisi harjutusi suuretevõtetes vastavalt koostatud aastaplaanile.
- Korraldada juhtivatele operatiivtöötajatele, kaasaarvatud operatiivkorrapidajatele vähemalt kord viie aasta jooksul koolitus Sisekaitseakadeemia Päästekolledžis.

KOKKUVÕTE

Hetkel on Eestis registreeritud 498 metsatööstusettevõtet, millest kõige enam asub Harjumaal, Pärnumaal ja Tartumaal. Metsatööstusettevõtete näol on tegemist tuleohtlike objektidega, kus asub väga palju põlevmaterjali (puit). Ettevõtjate seas levinud mõtlemismalli, võimalikult palju panustada tootmisele, tõttu on ettevõtete tuleohutuse seisukord halb ning seetõttu esineb palju tulekahjusid.

Töö eesmärgi saavutas autor tulekahju arengu matemaatilise modelleerimise ja eravestluste läbiviimisega juhtivate operatiivtöötajatega.

Lõputöös osutus kõige suuremaks probleemiks tulekahju mõõtmete kasvades ressurside vähesus ning sellest tingitud piiratud võimalused tuleleviku peatamiseks. Seepärast on tähtis, et tulekahju avastataks võimalikult varajases staadiumis. Selgus, et kõige olulisem on sündmuskohal teostada põhjalik luure ning määrata otsustav suund. Ilma selleta ei ole reaalne tulelevikut peatada. Autor leidis, et kuna juhtimine on määrav selliste tulekahjude puhul, siis tuleks viia läbi operatiivtöötajatele praktilisi harjutusi ning korraldada juhtivatele operatiivtöötajatele koolitus vähemalt kord viie aasta jooksul Sisekaitseakadeemia Päästekolledžis.

Käesolevat lõputööd on võimalik rakendada operatiivteenistuses juhendmaterjalide koostamiseks ja õppematerjalina nii Päästeteenistustes kui ka õppeasutustes.

РЕЗУМЕ

Заглавие данной работы « Надобность ресурсов для тушения лесопромышленных предприятий, на примере пожара АО Баррус ». Дипломная работа состоит из 4 глав и 85 страниц. В работе 4 таблиц и 20 рисунков. Работа составлена на эстонском языке и иноязычное заключение на русском языке.

За основу данной дипломной работы взяты такие существенные понятия как: тушение пожаров, надобность ресурсов, пожар лесопромышленного предприятия, площадь горения, площадь тушения, предотвращение развития пожара.

Объектом исследования являлось тушения пожара на АО Баррус . Методом исследования использовали математическое модулирование развития пожара, а также, проработку соответствующих правовых актов, законов, постановлений и специализированных литературных произведений.

Целью работы является выявление надобности ресурсов для тушения лесопромышленных предприятий, на примере пожара АО Баррус, используя метод математического модулирования развития пожара.

Для достижения цели, данной дипломной работы, автор проработал соответствующие правовые акты, законы, постановления, специализированные литературные произведения и составил математические расчеты. А также, автор провёл частные беседы с руководящими работниками спасательной службы.

Результатом данной работы является выяснение надобности ресурсов на тушение пожара АО Баррус. Данную дипломную работу можно использовать для составления инструктажного и учебного материала в учебных заведениях и спасательных службах.

VIIDATUD KIRJANDUS

1. Politseiamet, Võru Politseiprefektuur, Kriminaalasi nr. 03286000536, AS Barrus Tulekahju, Karistusseadustik § 205, algatatud 12 juuni 2003, lõpetatud 12 november 2003.
2. TEN TEAM OÜ, 2005, Tuleohutuse käsiraamat, Tallinn.
3. Siseministri määrus 15.07.2004 Nr.48, Päästemeeskondade sündmuskohale väljasõitude ja sündmuste arvestamise kord, 30.07.2004 – RTL 2004, 100, 1599.
4. Siseministri määrus 15.07.2004 Nr. 48, Päästetööde üldeeskiri, 30.07.2004 – RTL 2004, 100, 1599, RTL 2004, 150, 2278.
5. Siseministri määrus 15.07.2004 Nr. 48, Päästetööde suitsusukeldumise eeskiri, 30.07.2004 – RTL 2004, 100, 1599, RTL 2004, 150, 2278.
6. Drysdale,D., 2003, Tulekahju dünaamika, Tallinn: Sisekaitseakadeemia kirjastus.
7. Кимстач,И., 1984, Пожарная тактика, Москва.
8. Šuvalov, V., 1977, Tuletõrje alused, Tallinn.
9. Danilov, M., Devlišev, F., Jevtjuškin, N., Kimstatš, I., 1976, Tuletõrje taktika I osa, Tallinn: Valgus.
10. Rootsi Päästeamet, Eesti Päästeamet, 1993, Ohtude piirkondlik määratlemine ja hindamine, Riskianalüüs, tehniline ettekanne nr. 12, Ühinenud rahvaste organisatsiooni koolitusprogramm, tööstus- ja keskkonnaprogramm/algatuskeskus.
11. Tallinna Tehnikaülikooli Käitismajanduse instituut, 1997, Katastroofi ja riskiõpetuse aktuaalseid probleeme, Tallinn.
12. Tartu Ülikool Töö- ja kodanikukaitse osakond, 1994, Ekstremaalsituatsioonid Eesti Vabariigis, Vabariigi kodanikukaitse II, Tartu: Tartu Ülikooli kirjastuse trükikoda.
13. Suurkivi, T., Marvet, T., 2000, Tuletõrjuja- päästja ABC, MP Safety OÜ.
14. Rootsi Päästeamet, Eesti Päästeamet, 1993, Suitsukolesse sukeldumine, Käsiraamat Päästeameti koolidele.
15. Päästeteenistused 28.03.2005, <http://www.rescue.ee/index.php?page=147>
16. PUISUTÖÖSTUS ja saeveskid 21.03.2005, <http://www.eniro.ee/eniro/eniro.php?lang=et&adv=on&parentid=P470A&tab=firma>

Lisa 1

Tabel nr. 1 Metsatööstusettevõtete ja Päästeteenistuste komandode suhe maakonniti

Maakond	Metsatööstus- ettevõtete arv	Komandode arv
Harjumaa	81	11
Lääne- Virumaa	48	6
Ida- Virumaa	25	8
Raplamaa	26	4
Võrumaa	36	4
Tartumaa	53	7
Pärnumaa	58	6
Viljandimaa	41	5
Saaremaa	18	4
Hiiumaa	5	2
Põlvamaa	34	4
Valgamaa	23	4
Jõgevamaa	29	4
Järvamaa	6	4
Läänemaa	15	4

Tabeli koostamiseks kasutas autor ENIRO internetiportaalis ja Päästeameti koduleheküljel olevaid andmeid.

Lisa 2

Tabel nr. 2 Metsatööstusettevõtete liigitus tootmisprotsessi järgi

Ettevõtte liik	Ettevõtete arv Eestis
Saekaater	179
Kombineeritud tootmine	47
Puidu kuivatus	4
Hakkpuidu tootmine	2
Puidu hõõveldamine	10
Liimpuidu tootmine	6
Puidu ladustamine	9
Muud	67
Andmed puuduvad	174

Tabeli koostamiseks kasutas autor ENIRO internetiportaali ja telefonivestluste (463) andmeid.

Lisa 3

Tabel nr. 3 AS Barrus tulekahju meeskondade väljasõitude ja sündmuskohale jõudmise ajahetked

Meeskond	Väljasõidu aeg	Ajahetk τ (min.)	Saabumine sündmuskohale	Ajahetk τ (min.)	Meeskonnaliikmete arv
Võru 11	21:11	$\tau_{vs2} = 36$	21:15	$\tau_{kj1} = 40$	4
Võru 21	21:12		21:18	$\tau_{kj2} = 43$	1
Võru 13	21:50		21:56	$\tau_{kj9} = 81$	1
Võru 12	21:37		21:46	$\tau_{kj7} = 71$	3
Võru 51	21:10	$\tau_{vs1} = 35$	21:44	$\tau_{kj6} = 69$	1
Võru 14	21:13		21:35	$\tau_{kj5} = 60$	1
Vastseliina 11	21:16		21:28	$\tau_{kj3} = 53$	
Haanja 11	21:30		21:52	$\tau_{kj8} = 77$	3
Rõuge 11					4
Väimela 11	21:23		21:33	$\tau_{kj4} = 58$	2
Antsla 21	21:25		21:59	$\tau_{kj10} = 84$	2
Mõniste 21	21:33		22:00	$\tau_{kj11} = 85$	1
Obinitsa 11	21:42		22:48	$\tau_{kj13} = 133$	2
Lasva 11					2
Mõniste 11	21:45		22:17	$\tau_{kj12} = 102$	3
Tõrvandi 21	22:23		23:07	$\tau_{kj14} = 152$	2

(1: 42)

Lisa 4

Tabel nr. 4 AS Barrus tulekahju põlemispindala meeskondade väljasõidu ja kohalejõudmise ajahetkedel

Meeskond	Väljasõidu aeg	Ajahetk τ (min.)	Põlemispindala	Saabumine sündmuskohale	Ajahetk τ (min.)	Põlemispindala	Meeskonnaliikmete arv
Võru 11	21:11	$\tau_{vs2} = 36$	1191,3m ²	21:15	$\tau_{kj1} = 40$	1197,3m ²	4
Võru 21	21:12			21:18	$\tau_{kj2} = 43$	1205,9m ²	1
Võru 13	21:50			21:56	$\tau_{kj9} = 81$	2923,5m ²	1
Võru 12	21:37			21:46	$\tau_{kj7} = 71$	1774,4m ²	3
Võru 51	21:10	$\tau_{vs1} = 35$	1190,8m ²	21:44	$\tau_{kj6} = 69$	1693,4m ²	1
Võru 14	21:13			21:35	$\tau_{kj5} = 60$	1406,4m ²	1
Vastseliina 11	21:16			21:28	$\tau_{kj3} = 53$	1271,2m ²	2
Haanja 11	21:30			21:52	$\tau_{kj8} = 77$	2055,3m ²	3
Rõuge 11							4
Väimela 11	21:23			21:33	$\tau_{kj4} = 58$	1359,9m ²	2
Antsla 21	21:25			21:59	$\tau_{kj10} = 84$	3150,7m ²	2
Mõniste 21	21:33			22:00	$\tau_{kj11} = 85$	3227,5m ²	1
Obinitsa 11	21:42			22:48	$\tau_{kj13} = 133$		2
Lasva 11							2
Mõniste 11	21:45			22:17	$\tau_{kj12} = 102$	3410,8m ²	3
Tõrvandi 21	22:23			23:07	$\tau_{kj14} = 152$		2

Tabeli koostamiseks kasutas autor Elva häirekeskuse väljasõidu protokollid ja töö kolmandas peatükis tehtud arvutuste tulemusi.