

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
DARBO IR GAISRINĖS SAUGOS KATEDRA

Vaidotas Purvėnas

IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI TYRIMAS
RESEARCH OF FIRE RESISTANCE OF STEEL ELEMENTS PARTIALLY EMBEDDED IN
CONCRETE

Baigiamasis magistro darbas

Saugos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62402T201

Gaisrinės ir gelbėjimo darbų saugos ir valdymo specializacija

Vadovas dr. K.Lukošius

Vilnius, 2009

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

DARBO IR GAISRINĖS SAUGOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros Vedėjas

(parašas)

(vardas, pavardė)

2009-_____

Vaidotas Purvėnas

IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI TYRIMAS
RESEARCH OF FIRE RESISTANCE OF STEEL ELEMENTS PARTIALLY EMBEDDED IN
CONCRETE

Baigiamasis magistro darbas

Saugos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 62402T201

Gaisrinės ir gelbėjimo darbų saugos ir valdymo specializacija

Vadovas _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2009

TURINYS

Paveikslų sąrašas.....	6
Lentelių sąrašas.....	7
Įvadas.....	8
1. LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI VERTINIMAS.....	10
1.1. Bendrieji gaisro plitimo ribojimo reikalavimai.....	12
1.2. Statybinių konstrukcijų atsparumo ugniai klasifikavimas.....	12
1.3. Plieninių konstrukcijų atsparumas ugniai.....	14
1.4. Gaisro poveikiai konstrukcijoms.....	20
1.5. Šilumos perdavimo mechanizmai.....	21
1.6. Sudėtinių konstrukcijų taikymo pavyzdžiai.....	23
1.7. Pirmos dalies išvados.....	25
2. IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI TYRIMO METODIKA IR OBJEKTAI.....	26
2.1. Tyrimo metodika.....	26
2.2. Skaičiuojamieji modeliai, jų deriniai.....	29
2.3. Naudojamų statybinių medžiagų savybės atliekant skaičiavimus.....	33
2.4. Antros dalies išvados.....	37
3. IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI METODIKOS PRAKTINIS PRITAIKYMAS IR ANALIZĖ.....	38
3.1. Šilumos sklidimo konstrukcijose analizė.....	38
3.2. Prognozavimo metodo praktinis pritaikymas atliekant plieninių, dalinai įbetonuotų konstrukcijų atsparumo ugniai skaičiavimus.....	55
Išvados.....	58
Literatūra.....	60
Priedai.....	62

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Statybos fakultetas

Darbo ir gaisrinės saugos katedra

ISBN ISSN

Egz. sk. 1

Data 2009-01-29

Saugos inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas: **Iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai tyrimas**

Autorius: Vaidotas Purvėnas

Vadovas dr. K. Lukošius

Kalba

☐

lietuvių

☐

užsienio

Darbo tikslas – atlikti iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai tyrimą, keičiant konstrukcijų įbetonavimo lygį ir nustatyti dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai priklausomybę nuo jų įbetonavimo lygio.

Magistro darbą sudaro trys dalys.

Pirmoje dalyje apžvelgiami statybinių konstrukcijų atsparumo ugniai bendrieji gaisro plitimo ribojimo reikalavimai, nagrinėjamas statybinių konstrukcijų atsparumas ugniai, atsparumo ugniai klasifikavimas. Apžvelgti gaisro poveikiai konstrukcijoms ir sudėtinių konstrukcijų taikymo pavyzdžiai.

Antroje dalyje atlikta iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų tyrimo metodika, skaičiuojamieji modeliai, jų deriniai. Apžvelgiamos naudojamų medžiagų savybės, kurios yra svarbios atliekant skaičiavimus.

Trečioje dalyje pateikti iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai skaičiavimai. Atliktas prognozavimo metodo praktinis pritaikymas atliekant plieninių, dalinai įbetonuotų konstrukcijų atsparumo ugniai skaičiavimus.

Darbo apimtis – 61 p. teksto be priedų, 38 paveikslai, 4 lentelės, 36 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: atsparumas ugniai, modeliavimo programa, ribinė temperatūra, plieninės konstrukcijos, stipris

Vilniaus Gediminas technical university
Faculty of Construction
Department of Labour Safety And Protection

ISBN ISSN
Copies No. 1
Date 2009-01-29

Engineering rescue service master's final work

Title: Research of fire resistance of steel elements partially embedded in concrete

Author: Vaidotas Purvėnas

dr. K. Lukošius

Thesis language

☐

Lithuanian

☐

Foreign (English)

The objective of this work is to perform the analysis of fire resistance of steel elements partially embedded in concrete by varying the levels of element embedding and to establish the dependence of fire resistance of steel elements partially embedded in concrete on their embedding levels.

This Master's Work consists of three parts.

The first part contains the survey of the general fire spreading suppression requirements for the fire resistance of construction elements. It also contains the analysis of fire resistance of construction elements and fire resistance classification.

The second part contains the analysis of the research methodology of steel elements partially embedded in concrete, there are calculation models and their combinations provided. The properties of the used materials which are relevant in performing calculations are reviewed in this part of this Master's Work.

The third part of this Master's Work contains the calculations of fire resistance of steel elements partially embedded in concrete. The practical application of the forecasting method in performing calculations of fire resistance of steel elements partially embedded in concrete is accomplished in this part.

This Master's Work contains 61 p. of text not including appendixes, 38 pictures, 4 tables and bibliographic sources.

Keywords: fire resistance, calculation program, critical temperature, steel elements, strength

Paveikslų sąrašas

- 1 pav. Gaisro poveikis neapsaugotoms plieninėms konstrukcijoms
- 2 pav. Plieno stiprio mažėjimas kylant temperatūrai
- 3 pav. Standartinė gaisro kreivė
- 4 pav. Tipinis sudėtinių konstrukcijų taikymo pavyzdys
- 5 pav. Sudėtinės plokštės
- 6 pav. Sudėtinės sijos
- 7 pav. Sudėtinės kolonos
- 8 pav. Iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai prognozavimo loginė schema
- 9 pav. Dvitėjinis profiliuotis HE 100
- 10 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 1
- 11 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 2
- 12 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 3
- 13 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 4
- 14 pav. Dalinai įbetonuotas strypas suskaidytas į mazgus
- 15 pav. Plieno savitoji šiluma
- 16 pav. Betono šilumos laidumas
- 17 pav. Betono šiluminė talpa
- 18 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 19 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 20 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 21 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 22 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 23 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 24 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių
- 25 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

26 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

27 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

28 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

29 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

30 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

31 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

32 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

33 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

34 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

35 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

36 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

37 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių (1 – 4 skaičiavimai)

38 pav. Konstrukcijos atsparumo ugniai priklausomybė nuo konstrukcijos įbetonavimo lygio

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Skaičiuojamoji matrica

2 lentelė. Plieno šiluminės savybės

3 lentelė. Mineralinės vatos šiluminės savybės

4 lentelė. Dalinai įbetonuotų konstrukcijų atsparumo ugniai palyginamieji duomenys

Ivadas

Plienas ir betonas yra plačiausiai naudojama konstrukcinių medžiagų kombinacija, kuri gali būti plačiai taikoma statybose. Iš minėtų medžiagų kombinuotų konstrukcijų statomi gyvenamieji ar pramoniniai pastatai, tiltai, kiti statiniai. Šios, praktiškai skirtingos medžiagos yra gana lengvai suderinamos ir papildo viena kitą. Šios medžiagos kylant temperatūrai beveik vienodai plečiasi, jos turi idealią stiprių kombinaciją, betono atsparumas spaudimui ir plieno atsparumas tempimui yra praktiškai lygūs. Betonas apsaugo plieną nuo korozijos bei nuo terminio poveikio gaisro metu.

Aukštos temperatūros poveikis tiek plieninėms, tiek betoninėms konstrukcijoms sukelia struktūrinių medžiagos fizinių ir mechaninių savybių pokyčių, todėl mažėja šių medžiagų stiprumo rodikliai, blogėja jų bendras darbas, didėja deformacijos ir įlinkiai. Visa tai lemia konstrukcijos laikančiosios galios sumažėjimą, o po tam tikro bendro aukštos temperatūros ir mechaninės apkrovos poveikio laiko tarpo konstrukcija suyra.

Nustatyta, kad kritinė temperatūra, kuriai esant plienas suyra nebeatlaikydamas apkrovų yra 450-550 °C, tokia temperatūra, kilus gaisrui (pagal ISO 834 kreivę) pasiekama jau po 10 minučių.

Temos aktualumas. Kilus gaisrui būti pastate, pastatytame iš plieninių konstrukcijų, yra pavojinga, todėl būtina šias konstrukcijas apsaugoti. Šiuo metu yra daug būdų, kurie padeda sumažinti temperatūros didėjimą plieninėse konstrukcijose, kilus gaisrui. Plieninės konstrukcijos yra dažomos ugniai atspariais dažais, apsaugomos gipso, ar kitų medžiagų plokštėmis, mineraline vata, tačiau vienas dažniausių plieno apsaugojimo būdų yra jo įbetonavimas.

Tam, kad būtų galima nustatyti plieninių konstrukcijų įbetonavimo būdą, jo efektyvumą, reikia atlikti natūrinius eksperimentus, bet tai yra susiję su didelėmis išlaidomis. Kitas būdas – matematinio modeliavimo taikymas.

Plėtojantis kompiuterijai, galima daug lengviau apskaičiuoti įvairių konstrukcijų atsparumą ugniai, tačiau optimalios konstrukcijos parinkimas gali būti gana ilgas procesas, nes yra dvi amžinos priešpriešos: ekonomiškumas ir efektyvumas. Tačiau kompiuterinės programos, gebančios apskaičiuoti elementų atsparumą ugniai, atsirado sąlyginai neseniai. Nežiūrint į tai, kad šiuo metu yra daug programų, kuriomis galima apskaičiuoti konstrukcijų atsparumą ugniai, kyla tam tikrų problemų, kurių atsiranda tada, kai reikia pateikti labai detalią informaciją, – tai užima labai daug laiko ir reikalauja specialių žinių.

Darbo tikslas – atlikti iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai tyrimą, keičiant konstrukcijų įbetonavimo lygį.

Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti ir išanalizuoti plieninių ir betoninių konstrukcijų atsparumą ugniai, jų panaudojimo sritis;
2. Išnagrinėti iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai nustatymo būdus;

3. Atlikti skaičiavimus skirtingai betone įmontuotiems plieniniams dvitėjiniais elementams, pagal pasirinktą metodiką;
4. Įvertinti kitų medžiagų įtaką plieninių konstrukcijų atsparumui ugniai, konstrukciją padengiant analogiškai kaip ir betonu.

Darbo metodai:

1. Mokslinė literatūros analizė;
2. Skaičiavimas naudojant kompiuterinio modeliavimo programą TASEF;
3. Atliekant skaičiavimus gautų rezultatų apdorojimas.

1. LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI VERTINIMAS

Pagal galiojančius norminius dokumentus pastatai Lietuvoje turi būti suprojektuoti ir pastatyti taip, kad kilus gaisrui statinio laikančiosios konstrukcijos tam tikrą laiką:

- 1) išlaikytų apkrovas;
- 2) būtų ribojamas ugnies bei dūmų plitimas statinyje;
- 3) būtų ribojamas gaisro plitimas į gretimus statinius;
- 4) žmonės galėtų saugiai išeiti iš statinio arba būtų galima juos gelbėti kitomis priemonėmis;
- 5) pradėtų veikti gaisrinės saugos bei gaisro aptikimo ir gesinimo sistemos;
- 6) ugniagesiai – gelbėtojai galėtų dirbti pakankamai saugiai [6].

Šie teiginiai reikalingi tam, kad būtų pakankamos sąlygos užtikrinti gaisrinę saugą statomame ar pastatytame pastate.

Konstrukcijos atsparumas ugniai – tai statybinių elementų ir konstrukcijos savybė nesuirti, neprarasti standumo (priešintis atsirasti kiaurymėms ir įtrūkiams, pro kuriuos galėtų prasiskverbti degimo produktai) ir neperkaisti iki pavojingos ribos, veikiant standartiniu bandymu ugnimi [6].

Atsparumas ugniai, arba gaisrinė sauga yra vienas iš esminių statinio reikalavimų, išdėstytų STR 2.01.01(1):1999, todėl jau projektavimo stadijoje šis reikalavimas turi būti įvykdytas.

Esminiai statinio reikalavimai yra šie:

- 1) mechaninis patvarumas ir pastovumas;
- 2) gaisrinė sauga;
- 3) higiena ir aplinkosauga;
- 4) naudojimo sauga;
- 5) apsauga nuo triukšmo;
- 6) energijos taupymas.

Pagal paskirtį konstrukcijos skiriamos į laikančiąsias ir atitvarines.

Laikančiosios konstrukcijos – tai tokios, kurios atlaiko visų rūšių apkrovas bei atsirandančius pastate jėgos pobūdžio poveikius ir perduoda juos per pamatus gruntiniam pagrindui. Jos atlaiko savosios ir į jas atremtų pastato elementų masės apkrovą, naudingą apkrovą (baldus, įrenginius, žmones ir kt.), sniego ir vėjo apkrovas, grunto slėgį bei kt. Jos suteikia pastatui erdvinį standumą ir geometrinį stabilumą, atlaiko poveikius, sukeltus gruntinio pagrindo nevienodų deformacijų, temperatūrinių deformacijų, priešinasį ardomosioms jėgoms, sukeltoms žemės drebėjimo ar avarijos [35].

Prie statinio laikančiųjų konstrukcijų, gaisro metu užtikrinančių bendrą jo pastovumą ir geometrinį nekintamumą, priskiriama: laikančiosios sienos, rėmai, kolonos, sijos, rėmsijos, santvaros, arkos, standumo diafragmos, perdangos, denginių plokštės ir kiti konstrukciniai elementai, skirti atlaikyti išorinių jėgų poveikius.

Atitvarinės konstrukcijos – tai tokios, kurios atitveria patalpas nuo išorinės aplinkos, nepageidautino poveikio, taip pat vienos patalpos aplinką nuo kitos. Jas daugiausia veikia temperatūros bei drėgmės pokyčiai, vėjas ir garsas, kuris pasireiškia įvairiu triukšmu. Atitvarinėms priskiriamos taip pat skaidriosios konstrukcijos, skirtos patalpoms natūraliai apšviesti [35].

Atitvarinės konstrukcijos turi sukurti normalias patalpų eksploatacijos sąlygas: nustatytą temperatūrą, oro drėgmę, natūralų apšvietimą, apsaugą nuo triukšmo.

Dažnai laikančiosios konstrukcijos kartu yra ir atitvarinės, ir atvirkščiai.

Pagal išdėstymą konstrukcijos skiriamos į vertikaliasias ir horizontaliasias. Vertikaliosios – tai išorinės ir vidinės sienos, laiptinių, liftų šachtų sienos, kolonos, pertvaros ir kt. Horizontaliosios – perdangos, sijos, santvaros ir kt. Pastatuose būna ir nuožulniųjų konstrukcijų, pavyzdžiui, stogo gegnės, laiptatakiai.

Vertikaliosios, horizontaliosios ir nuožulniosios konstrukcijos dažniausiai yra tiesūs ir plokšti elementai, kurie sujungti sudaro pastato erdvinę konstrukcinę sistemą, teikiančią pastatui ir jo dalims būtiną stiprumą bei standumą [35].

Pastato konstrukcinė sistema priklauso nuo pastato konfigūracijos, tarpatramių didumo, pastatų aukščio, aukštų skaičiaus, veikiančių apkrovų didumo ir pobūdžio, klimato ir daugelio kitų veiksnių, taip pat nuo pastato statybos būdo. Tai, kas racionalu mažaaukštei statybai, gali būti nepriimtina daugiaaukščiams pastatams ir kt.

Pastato pavienių dalių ir elementų sąveika sudėtinga bei įvairi. Statikos požiūriu horizontaliosios konstrukcijos dažnai būna vertikaliųjų konstrukcijų apkrova. Pavyzdžiui, sienos yra veikiamos perdangų masės ir jų apkrovų. Tačiau gelžbetoninės perdangos yra gana standus horizontalus diskas, jungiantis sienas ir varžantis horizontalius poslinkius. Šis diskas horizontaliąsias vėjo apkrovas, veikiančias išorės sienas, paskirsto ir vidinėms sienoms, kartu sumažina poveikį į išorines sienas. Ši perdangų savybė tuo reikšmingesnė, kuo didesnė vėjo apkrova, t.y. kuo aukštesnis pastatas.

Sienų ir kitų vertikaliųjų elementų apkrovos perduodamos pamatams, o pamatų – pagrindui.

Pagal tai, kaip konstrukcijos išdėstytos pirmo aukšto grindų lygio, kurį sąlygiškai priimta laikyti nuline žyme, atžvilgiu, pastato konstrukcijos ir jo dalys skirstomos į antžemines, išdėstytas aukščiau nulinės žymės ir požemines, išdėstytas žemiau nulinės žymės [27].

Pastatų konstrukcijos skirstomos ir pagal medžiagos rūšį: į medines, mūrines, plienines ir kitokias metalines, betonines ir gelžbetonines, plastmasines, kompozitines.

Civilinių pastatų konstrukcijos sudaro 70...75 % pastato statybos vertės. Todėl pastato ir jo pavienių elementų optimalios konstrukcinės sandaros nustatymas yra labai atsakingas projektavimo uždavinys [27].

Konstrukcinė sandara priklauso nuo daugelio priežasčių ir pirmiausia nuo statybos materialinės bei techninės bazės, klimato, pastato statybos būdo, jo paskirties, architektūrinės planinės sandaros, tarpatramių didumo, aukštų skaičiaus.

1.1 Bendrieji gaisro plitimo ribojimo reikalavimai

Toliau teikiami šie gaisro plitimo ribojimo reikalavimai:

- 1) konstrukciniai ir tūriniai suplanavimo sprendiniai, neleidžiantys pavojingiems gaisro veiksniams susidaryti ir išplisti patalpoje, tarp patalpų, skirtingo gaisrinio pavojingumo patalpų grupių, aukštų ir gaisrinių skyrių, taip pat tarp pastatų;
- 2) B-s1, d0 ir žemesnės klasės statybos produktų, naudojamų statinio (pastato) konstrukcijų išoriniams paviršiams padengti (tarp jų stogams ir fasadams), patalpų bei evakuacijos kelių apdailai, ribojimas;
- 3) technologinių įrenginių sprogimo bei gaisrinio pavojingumo mažinimas statiniuose (pastatuose) ir patalpose;
- 4) aprūpinimas reikiamomis gaisro gesinimo priemonėmis, tarp jų automatinėmis ir mobiliomis;
- 5) veiksmingas gaisro gesinimo priemonių panaudojimas, laiku suveikus gaisro signalizacijai bei pranešimo apie gaisrą sistemoms [6].

1.2 Statybinių konstrukcijų atsparumo ugniai klasifikavimas

Pastatų ir statinių gaisrinį saugumą lemia jų atsparumas ugniai, kuris priklauso nuo pagrindinių konstrukcijų elementų degumo.

Atsparumo ugniai riba – laiko tarpas (val.) nuo konstrukcijos kaitinimo pradžios pagal standartinį temperatūrinį režimą iki jos atsparumo ugniai praradimo, t.y. iki vieno iš ribinių būvių pasiekimo pagal atsparumą ugniai. Statybinių konstrukcijų atsparumas ugniai charakterizuojamas atsparumo ugniai riba, kurios reikšmė yra nustatoma bandymais laboratorijos ugnies krosnyse. Šiuo atveju atsparumo ugniai riba imama kaip laikas, nuo ugnies bandymo pradžios iki laikančiosios ar vientisumo arba termoizoliacinių savybių funkcijų netekimo. Laikančiosios galios netekimas arba vientisumo, termoizoliacinių savybių funkcijos netekimas charakterizuojamas konstrukcijos ribinio būvio pagal atsparumą ugniai pasiekimu.

Atsparumas ugniai apibūdinamas statinio elementų gebėjimu gaisro metu tam tikrą laiką išlaikyti apkrovas – R, vientisumą (sandarumą) – E ir izoliacines savybes I [6].

Laikančioji geba R – konstrukcinio elemento geba nustatyta laiką išlaikyti ugnies veikimą iš vieno arba daugiau šonų, esant apibrėžtiems mechaniniams veiksniams, ir nėra kiek neprarasti konstrukcijų patvarumo [6].

Neišvengiamam sugriuvimui įvertinti taikomi kriterijai skirsis atsižvelgiant į laikančiųjų elementų tipą. Jais turi būti:

a) deformacijos greitis (įlinkio greitis) ir tikrosios deformacijos (įlinkio) ribinė būseną lenkiamoms apkrovoms veikiamiems elementams, pvz., grindims, stogams;

b) deformacijos greitis (susitraukimo greitis) ir tikrosios deformacijos (susitraukimo) ribinė būseną išilginės apkrovos veikiamiems elementams, pvz., kolonom, sienoms [7].

Vientisumas E – statinio elemento, turinčio skiriamąją funkciją, geba būti atspariam ugniai tik iš vienos pusės taip, kad ugnis nebūtų pernešta į neveikiamąją pusę dėl liepsnos arba karštų dujų prasiskverbimo. Nuo jų gali užsidegti neveikiamasis paviršius arba kokia nors šalia jo esanti medžiaga.

Paprastai vientisumas turi būti įvertintas atsižvelgiant į šiuos tris aspektus:

- didesni nei nustatyto dydžio plyšiai arba angos;
- medvilninio tampono užsidegimas;
- išsilaikomasis liepsnojimas neveikiamoje pusėje.

Šiluminis izoliavimas I – statinio elemento geba išlaikyti veikimą ugnimi tik iš vienos pusės taip, kad ugnis nebūtų pernešta iš veikiamos į neveikiamą pusę dėl didelio šilumos pernešimo. Pernešimas turi būti ribojamas taip, kad neužsidegtų neveikiamasis paviršius arba labai arti jo esanti kokia nors medžiaga. Be to, elementas turi būti kliūtis šilumai, kurios pakaktų arti elemento esantiems žmonėms apsaugoti.

Jei statinio elementas buvo vertinamas pagal skirtingus atsparumo ugniai lygius, atitinkančius įvairius atskirus plotus, jo kaip viso elemento klasifikavimas turi būti pateikiamas pagal trumpiausią laiką, kurį kuriame nors atskirame plote vykdomi didžiausio arba vidutinio temperatūros padidėjimo kriterijai.

Statybos produktų gaisrinis pavojingumas apibūdinamas degimo temperatūra, masės netektimi, liepsnojimo trukme, išsiskiriančiu šilumos kiekiu, gaisro plitimo ir dūmų susidarymo sparta, liepsnos plitimo greičiu ir pan. [6].

Statinio elementų atsparumas ugniai vertinamas pagal LST EN 1363-1:2002 „Atsparumo ugniai bandymai. Bendrieji reikalavimai“.

Kompleksinių konstrukcijų projektavimą reglamentuoja: LST L ENV 1994-1-2+AC1 „Eurokodas 4. Kompleksinių plieninių ir betoninių konstrukcijų projektavimas. 1-2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų gaisrinės saugos projektavimas“ [7].

Gaisro plitimas statiniuose ribojamas degančio ploto, degimo intensyvumo ir trukmės mažinimo priemonėmis. Tai būtų:

- 1) konstrukciniai ir tūriniai suplanavimo sprendiniai, neleidžiantys pavojingiems gaisro veiksniams susidaryti ir išplisti patalpoje, tarp patalpų, skirtingo gaisrinio pavojingumo patalpų grupių, aukštų ir gaisrinių skyrių, taip pat tarp pastatų;
- 2) degių statybos produktų, naudojamų statinio (pastato) konstrukcijų išoriniams paviršiams padengti (tarp jų stogams ir fasadams), patalpų bei evakuacijos kelių apdailai, ribojimas;
- 3) technologinių įrenginių sprogimo bei gaisrinio pavojingumo mažinimas statiniuose (pastatuose) ir patalpose;
- 4) aprūpinimas reikiamomis gaisro gesinimo priemonėmis, tarp jų automatinėmis ir mobiliomis;
- 5) veiksmingas gaisro gesinimo priemonių panaudojimas, laiku suveikus gaisro signalizacijai bei pranešimo apie gaisrą sistemoms [6].

Parenkant statinio (pastato) ir gaisrinių skyrių matmenis, atstumus tarp statinių (pastatų), reikia atsižvelgti į statinio (pastato) atsparumo ugniai laipsnį, paskirtį, naudotojų skaičių, gaisrinės apkrovos tankį, taip pat į naudojamų gaisrinės saugos ir gelbėjimo priemonių veiksmingumą, priešgaisrinės gelbėjimo tarnybos (komandos) dislokacijos vietą, priešgaisrinės gelbėjimo tarnybos (komandos) technines galimybes, galimus ekonominius ir ekologinius padarinius kilus gaisrui.

1.3. Plieninių konstrukcijų atsparumas ugniai

Metalais vadinamos medžiagos, kurių pagrindiniai požymiai yra savitas blizgesys, didelis laidumas šilumai ir elektrai, plastiškumas, stiprumas, o dažnai ir didelis tankis. Apie 95 % visų pasaulyje pagamintų metalų sudaro vadinamieji juodieji metalai, t. y. geležis ir jos lydiniai – plienai.

Plienai – geležies anglies lydiniai. Juose anglies yra iki 2,3 %. Visuose plienuose dar yra priemaišų: mangano, silicio, sieros ir fosforo [20].

Pagal cheminę sudėtį plienas skirstomas į:

- anglinį (konstrukcinį ir įrankinį); be geležies ir anglies jame dar yra mangano ir silicio, tai pat žalingų priemaišų – sieros ir fosforo;
- legiruotąjį (mažai legiruotąjį, gausiai legiruotąjį); jo sudėtyje be aukščiau išvardintų komponentų gali būti legiravimo elementų (chromo, nikelio, molibdeno, volframo, vanadžio ir kt.), pastarieji pagerina plieno kokybę.

Pagal paskirtį plienas skirstomas į:

- statybinių;
- konstrukcinių;
- atsparųjų rūgštims;
- įrankinių;
- nerūdijantįjį;

- atsparųjį kaitrai;
- elektrotechninį;
- specialųjį.

Pagal išoksidinimo būdą plienas skirstomas į:

- verdančiojo stingimo;
- pusiau ramaus stingimo;
- ramaus stingimo.

Konstrukciniai plienai turi būti stiprūs, plastiški, tāsūs, lengvai kalami, šampuojami, pjaunami ir suvirinami, turi mažai deformuotis termiškai apdirbant. Tačiau atskiri plienai pasižymi tik kai kuriomis iš šių savybių. Todėl konstrukciniai plienai parenkami, atsižvelgiant į tas mechanines ar technologines savybes, kurios labiausiai pageidautinos konstrukcijai [20].

Pagal apdirbimo būdą statybiniai plienai skirstomi į tris grupes:

I – karšto valcavimo: apvalus, kvadratinis, juostinis, lygiašonis ir nelygiašonis kampiniai, lovinis ir dvitėjinis.

II – šalto traukimo: labai stipri šaltai traukta viela – apvalaus ir periodinio profilio, taip pat paprastos kokybės šaltai traukta viela;

III – kombinuoto apdirbimo: lenkti profiliai;

Kaip minėta plienai ir kiti metalai turi daug gerų techninių savybių: yra stiprūs tempiant bei gniuždant, izotropiškai, tačiau jie turi ir trūkumų. Plieniniai gaminiai rūdija, aukštoje temperatūroje deformuojasi [4].

Metalai statyboje naudojami labai plačiai. Iš jų statomi pramoninių pastatų karkasai, didelių angų perdengimai, tiltai, elektros linijų atramos.

Plienas pradėtas naudoti jau nuo viduriniųjų amžių, tačiau tik XIX amžiaus viduryje iš jo pradėtos gaminti statybinės konstrukcijos. Konstrukcijos paprastai yra erdvinės, bet kartais jos yra ir plokštuminės (plokštės, kevalai) arba net ir tiesinės (templės, lynai). Plienines konstrukcijas paprastai sudaro arba tiesiniai (pvz. santvaros), arba plokštuminiai (pvz. kvadratinio skerspjūvio sijose) elementai, arba jų deriniai [20].

Konstrukciniai plieniniai elementai gali būti tiesiniai (kai jų ilgis yra daug kartų didesnis nei skersiniai matmenys) arba plokštuminiai, kaip plokštė (kurių ilgis ir plotis yra daug didesni nei jų storis). Nors tiesiniai plieniniai elementai gali būti vientisiniai, tačiau paprastai jie yra plonasieniai, t.y. jų storis yra daug mažesnis nei kiti jų skersiniai matmenys. Plonasieniai plieniniai elementai arba valcuojami, lankstomi, presuojami, suteikiant vienokią ar kitokią skerspjūvio pavidalą, arba daromi sudėtiniai, tarpusavyje sujungiant eilę valcuotųjų skerspjūvių arba lakštų. Plieninių konstrukcijų elementai gali būti centriškai arba ekscentriškai tempiami ir gniuždomi, lenkiamieji, sukamieji – pagal tai, koku būdu jie perduoda įrašas [20].

Plieninių konstrukcijų elementai gali būti tarpusavyje sujungti įvairiais būdais bei naudojant įvairias priemones: kaiščius, smeiges, kniedes, varžtus arba virintines siūles. Be to, jungtims įrengti tarp jungiamųjų elementų gali būti naudojami antdėklai, kampinių trumpiniai ir kitokios detalės.

Didėjančios investicijos į įvairių šalių plieno lydymo ir valcavimo gamyklas sudarė galimybes sparčiai plėsti statybinio plieno gamybą, valcuoti ir šaltai formuoti tikslių matmenų, gerai išbaigtų paviršių profiluotus (įvairių skerspjūvių ilguosius gaminius). Gamybos linijose atliekamas grūdinimas įgalina geriau kontroliuoti plieno gaminių mechanines savybes. Be to, šaltai formuojami įvairiausių pavidalų itin veiksmingi ir tikslesnių matmenų plonasieniai profiluotieji [4].

Plieno konstrukcijos dabar turi platų pritaikymą įvairiems pastatams ir inžineriniams statiniams statyti, bei tiltams tiesti. Jos projektuojamos arba strypinės, arba lakštinės. Strypinės sistemos iš esmės yra sudarytos iš sijų, santvarų, centriškai ir ekscentriškai gniuždomų kolonų. Lakštinės sistemos – plonasieniai kevalai – skirtos įvairioms talpykloms, vamzdynams ir specialiesiems statiniams. Plieno konstrukcijų racionalaus taikymo sritys paprastai susijusios su jų įprastiniais pranašumais: surinkimo sparta, lengvumu, standumu ir stiprumu, tinkamumu pakartotinai naudoti, aukšta kokybe, patikimumu ir estetiškumu [4].

Tolesnė sparti ekonomiškų ir veiksmingų plieno konstrukcijų raida susijusi ir su racionalių plieno ir kitų konstrukcinių medžiagų derinimu. Tai ir veiksmingos daugiasluoksnės plonalakštės plieno konstrukcijos su apsauginiais ir dekoratyviniais sluoksniais bei efektyvia šilumine izoliacija. Tai taip pat ir naujoviškos kompozitinės plieno betono konstrukcijos, kuriose plieno elementai itin veiksmingai derinami su betoniniais bei gelžbetoniniais elementais.

Nežiūrint esminių plieno privalumų, plieninės konstrukcijos turi esminių trūkumų – tai korozija ir jautrumas kaitrai. Aukštos temperatūros poveikis plieninėms konstrukcijoms sukelia struktūrinių medžiagos fizinių ir mechaninių savybių pokyčių, todėl mažėja jų stiprumo rodikliai, blogėja jų bendras darbas, didėja deformacijos ir įlinkiai. Visa tai lemia konstrukcijos laikančiosios galios sumažėjimą, o po tam tikro bendro aukštos temperatūros ir mechaninės apkrovos poveikio laiko tarpo konstrukcija suyra [2]. (1. pav.)



1 pav. Gaisro poveikis neapsaugotoms plieninėms konstrukcijoms [Nuotraukos iš autoriaus asmeninio archyvo]

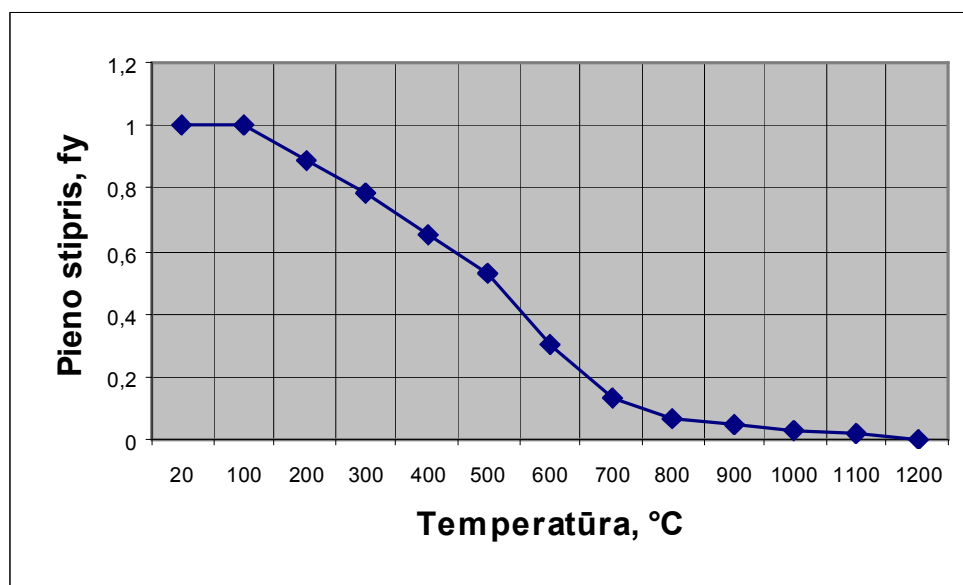
Visiškas konstrukcijos sugriuvimas priklauso nuo to, kokios apkrovos veikia konstrukciją ir koks įtvirtinimo būdas. Plieno temperatūros didėjimas priklauso nuo gaisro intensyvumo, gaisro veikiamos konstrukcijos dalies ir nuo taikomų apsaugos nuo gaisro priemonių kiekio. Yra daug būdų, kaip apsaugoti plienines konstrukcijas nuo gaisro poveikio, taigi konstrukciniai plieniniai pastatai su taikomomis apsaugos nuo gaisro poveikio priemonėmis, gali būti suprojektuoti su labai dideliu atsparumu ugniai.

Neapsaugotos plieninės konstrukcijos palyginti su betoninėmis ar medinėmis konstrukcijomis yra pačios silpniausios, gaisro atveju, tam didelės įtakos turi tai, kad dažniausiai plieninės konstrukcijos yra labai laivos. Taip pat plienas turi didesnę savitąją laidumą, nei daugelis kitų medžiagų. Neapsaugotos plieninės konstrukcijos, veikiamos gaisro gali nesugriūti tik tuo atveju kai gaisras yra labai mažas ir plienas nekaista. Plienų elementų šiluminis plėtimasis gali pakenkti visai konstrukcijai [20].

Pagrindiniai faktoriai, sąlygojantys plieninių konstrukcijų elgseną gaisro metu yra:

- aukštos temperatūros plieniniuose elementuose;
- konstrukciją veikiančios apkrovos;
- plieno mechaninės savybės;
- plieninių konstrukcijų geometrija.

Nustatyta, kad nuo liepsnos poveikio neapsaugoti plieniniai konstrukciniai elementai deformuojasi, suyra nebeatlaikydami veikiančių apkrovų, kai įkaista iki 450–550 °C [8]. Taip gali atsitikti per keliolika minučių nuo gaisro pradžios. Plienų stiprio mažėjimas kylant temperatūrai pavaizduotas 2 pav.



2 pav. Plienų stiprio mažėjimas kylant temperatūrai [pagal: LST EN 1993-1-2]

Susidomėjimą plieninių konstrukcijų priešgaisrine apsauga padidino ir tragiški įvykiai JAV. Ekspertai teigia, kad Pasaulinio prekybos centro dangoraižiai staiga griuvo ne dėl mechaninių laikančiųjų konstrukcijų pažeidimų – įsirežusių lėktuvų smūgius jie būtų atlaikę. Dramatiškas pasekmės sukėlė liepsnojantis aviacinis kuras, išlydęs tik gipso kartono plokštėmis apsaugotas metalines konstrukcijas.

Kaip matome, neapsaugotos plieninės konstrukcijos, kilus gaisrui yra nepatikimos ir pavojingos (kritinė temperatūra, kuriai esant plienas suyra nebeatlaikydamas apkrovų (450–550 °C) pasiekiamo (pagal ISO 834 kreivę) jau po 10 minučių), todėl būtina jas apsaugoti nuo gaisro poveikio [8].

Plieno apsaugos nuo gaisro būdai yra skirstomi į dvi rūšis: „sausąją“ ir „šlapiają“ apsaugą. Apsaugant plienines konstrukcijas sausaisiais metodais, naudojamos šios medžiagos:

- 1) mineralinės vatos plokštės;
- 2) vermikulitinės plokštės;
- 3) perlitinės plokštės;
- 4) kalcio silikato plokštės;
- 5) gipso plokštės;
- 6) tinko plokštės;
- 7) cemento – celiuliozės plokštės;
- 8) padengimas mūru;
- 9) lengvojo betono plytos;
- 10) mediena.

Apsaugant plienines konstrukcijas „šlapiaisiais“ metodais, jos yra padengiamos šiomis medžiagomis:

- 1) mineraliniu pluoštu;
- 2) vermikulitu;
- 3) išsipučiančia danga;
- 4) tinku;
- 5) betonu;
- 6) vandeniu (konstrukcijos užpildomos vandeniu).

Vienas iš populiariausių būdų, kuris naudojamas plieninių konstrukcijų atsparumui ugniai padidinti, yra ugniai atsparių dažų naudojimas [14].

Tokios rūšies dažai Europoje naudojami jau apie 25 metus. Šių dažų pagrindiniai komponentai yra rišamoji medžiaga ir chemikalų mišinys.

Ugniai atsparių dažų privalumai būtų tokie:

- 1) ugniai atsparių dažų storis yra santykinai plonas lyginant su kitomis medžiagomis;
- 2) patvarumas – dažai yra pakankamai ilgaamžiški;
- 3) taikomumas – konstrukcija pakankamai greitai nudažoma.

Iš ugniai atsparių trūkumų minėtini šie:

- 1) kaina – pastato kaina žymiai išauga, ypač jei pastatas turi būti aukšto ugniai atsparumo laipsnio;
- 2) gaisro apsauga – priešgaisriniai dažai apsaugo konstrukcijas 30 – 120 min;
- 3) kokybė – konstrukcija turi būti specialiai paruošta prieš dažant, taip pat sunku kontroliuoti dažų storį;
- 4) konstrukcijas reikia periodiškai atnaujinti.

Kitas, ne mažiau populiarus, plieninių konstrukcijų apsaugos būdas yra jų įbetonavimas. Betonas yra geras šilumos izoliatorius, kuris sulaiko šilumos perdavimą, gretimiesiems elementams. Didinant betono sluoksnio storį, didėja ir laikas, per kurį šiluma perduodama plienui. Betonas pasižymi patvarumu ir ilgaamžiškumu, todėl jis dažnai naudojamas, kaip plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai didinimo medžiaga [14].

Nežiūrint į tai, kad betonas yra geras šilumos izoliatorius ir yra gera priemonė plieninių konstrukcijų atsparumui didinti, jis turi ir ryškių trūkumų:

- 1) erdvės būtinumas – reikalaujamas betono storis gali priversti panaudoti daug vertingos erdvės aplink struktūrinius elementus;
- 2) montavimas užima daug laiko;
- 3) svoris – betonas yra sunkus ir gali žymiai padidinti pastato bendrą svorį;
- 4) kaina – betono kaina santykinai didelė;
- 5) patvarumas gaisro metu – betonas neatsparus trupėjimui.

Be minėtų problemų egzistuoja dar viena problema, nėra jokių rekomendacijų apie ribinius betono storius, apie įbetonavimo būdą. Nėra atlikta jokių bandymų, nustatant įbetonavimo būdus: dalinis (įbetonuojama pusė konstrukcijos); beveik visos konstrukcijos (neįbetonuota lieka tik plieninės konstrukcijos viršus). Svarbu nustatyti ar visos konstrukcijos įbetonavimas yra geriausias ir finansiniu požiūriu ekonomiškiausias. Todėl būtina atlikti skaičiavimus, kuriais būtų nustatyti ribiniai betono storiai bei įbetonavimo būdas.

Kaip ir kitų statinio elementų, taip ir plieninių konstrukcijų atsparumas ugniai apibūdinamas gebėjimu gaisro metu tam tikrą laiką išlaikyti apkrovas – R (pvz. R_{120}). Gebėjimas atlaikyti apkrovas priklauso nuo pastato paskirties, veikiančių apkrovų bei kitų faktorių [5].

Plieninių elementų atsparumas ugniai gali būti įvertinamas keletu būdų, t.y. imituojant standartinį gaisrą, atliekant bandymus specialioje krosnyje, arba naudojant kompiuterinį modelį. Pastarasis variantas šiuo metu ir yra labiausiai taikomas, nes praktiškai neįmanoma išbandyti visų galimų konstrukcijų, taip pat tai kainuotų daug lėšų. Atsiradus kompiuterinėms programoms, praktiniai bandymai vis dažniau pakeičiami kompiuteriniu modeliavimu.

1.4. Gaisro poveikiai konstrukcijoms

Gaisro poveikis konstrukcijoms išreiškiamas temperatūros priklausomybe nuo laiko ir yra standartizuotas apkrovomis. Statinio, patalpos, gaisrinio skyriaus gaisro apkrova nustatoma įvertinant jos patikimumą ir apskaičiavus galintį išsiskirti šilumos kiekį, sudegus visoms gaisro zonoje esančioms medžiagoms, tarp jų ir statybinėms konstrukcijoms bei jų apdailai.

Gaisro poveikis konstrukcijoms gali sukelti:

- 1) laikančiosios galios praradimą;
- 2) šilumą izoliuojančių savybės netekimą;
- 3) vientisumo praradimą [5].

Etaloninė temperatūros ir laiko kreivė (ISO 834)

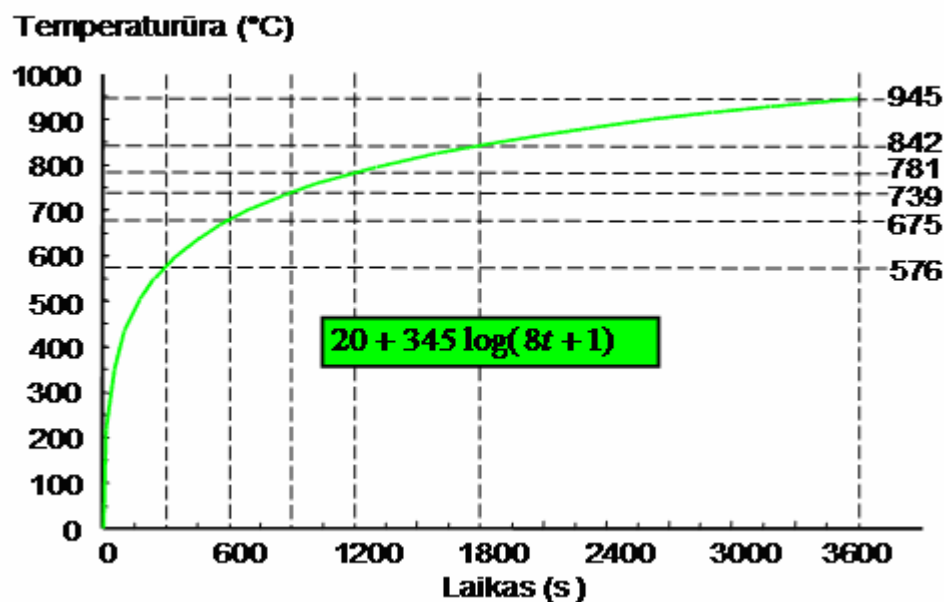
Kai bandymas grindžiamas etaloniniu temperatūros ir laiko santykiu, jis turi būti taikomas visą bandymo laiką. Santykis, modeliuojantis visišką patalpos užsiliepsnojimą, aprašomas lygtimi:

$$T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20 \quad (1)$$

Čia:

t – laikas nuo bandymo pradžios minutėmis, min;

T – vidutinė krosnies temperatūra laipsniais pagal Celsijų, ($^{\circ}\text{C}$).



3 pav. Standartinė gaisro kreivė [pagal 29 literatūros šaltinį]

Lėtojo kaitimo kreivė (smilkimas)

Lėtojo kaitimo kreivė aprašoma šiomis lygtimis:

Kai $0 < t \leq 21$

$$T = 154 t^{0.25} + 20 \quad (2)$$

Kai $t > 21$

$$T = 345 \log_{10}[(8t-20) + 1] + 20 \quad (3)$$

Čia:

t – laikas nuo bandymo pradžios, min;

T – vidutinė krosnies temperatūra, ($^{\circ}\text{C}$).

Išorinio veikimo ugnimi kreivė

Tai yra temperatūros ir laiko santykis, atitinkantis sienos išorinės pusės veikimą ugnimi, kuri gali prasiveržti per statinio langą arba atskirai savarankiškai degti lauke [14].

Kreivė aprašoma lygtimi:

$$T = 660 (1 - 0,687 \times e^{-0,32t} - 0,313 \times e^{-3,8t}) + 20 \quad (4)$$

Čia:

t – laikas nuo bandymo pradžios minutėmis, min;

T – vidutinė krosnies temperatūra laipsniais pagal Celsijų, ($^{\circ}\text{C}$).

1.5. Šilumos perdavimo mechanizmai

Gaisro intensyvumas priklauso nuo patalpoje esančio degių medžiagų kiekio (gaisro apkrova), jų degumo charakteristikų, oksidatoriaus kiekio. Yra žinomi trys šilumos perdavimo mechanizmai: laidumas, konvekcija ir spinduliavimas. Gaisro metu praktiškai pasireiškia visi trys šilumos mainų mechanizmai. Priklausomai nuo gaisro ypatybių bei aplinkybių, vienas iš šių mechanizmų yra dominuojantis [14].

Šiluminis spinduliavimas yra kūno elektromagnetinis spinduliavimas, kurį sukelia kūno sužadinti atomai arba molekulės dėl jų šiluminio judėjimo. Kūnas ne tik spinduliuoja, bet ir sugeria šiluminę spinduliuotę. Šiluminis spinduliavimas stacionarus, jei spinduliuojančiojo kūno temperatūra pastovi dėl pastovaus jo kaitinimo. Stacionarusis šiluminis spinduliavimas, vykstantis termiškai izoliuotų kūnų sistemoje, kurioje kūnai gali keistis energija tik per elektromagnetinę spinduliuotę ir sugertį, vadinamas pusiausviroju šiluminiu spinduliavimu.

Didėjant kūno temperatūrai spinduliuotės tankis didėja.

Karštos dujos bei paviršiai išskiria elektromagnetinę energiją plačiame elektromagnetinių bangų spektro diapazone, nuo ultravioletinių iki infraraudonųjų. Spinduliavimo intensyvumas labai priklauso nuo paviršiaus temperatūros, jis yra išreiškiamas Stefano – Bolcmano lygtimi:

$$\rho'' = \phi \varepsilon \delta T^4 \quad (5)$$

$$E = \varepsilon \delta T^4 \quad (6)$$

Čia: ϕ - spinduliavimo koeficientas;

E – spinduliavimo galingumas;

ε – koeficientas, nusakantis spinduliuojančių paviršių, spinduliavimo efektyvumą;

δ - Stefano – Bolcmano konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$);

T – absoliutinė temperatūra.

Pačiu idealiausiu spinduliu yra juodas kūnas, jo spinduliavimo efektyvumas $\varepsilon = 1$. Spinduliavimo efektyvumas priklauso nuo CO_2 , H_2O ir dūmų dalelių. Jei kūnas įkaista iki 550°C , tai jis spinduliuoja šilumą, matomame spindulių spektro diapazone. Keliant tokio kūno temperatūrą, kinta ir švytėjimo spalva (kinta bangų ilgis). Atsižvelgiant į degių medžiagų švytėjimą, galime nustatyti jų spinduliavimo temperatūrą.

550°C – raudona;

700°C – blankiai raudona;

900°C – bordo;

1100°C – oranžinė;

1400°C – balta.

Šilumos laidumas, tai šilumos perdavimo mechanizmas, kuriame vidinė energija pereina nuo vienos molekulės į kitą. Šilumos laidumo būdu dalį vieno kūno vidinės energijos galima perduoti kitam kūnui (kai jie susiliečia ir yra nevienodos temperatūros) arba iš vienos kūno dalies į kitą (kai šildant kurią nors jo pusę, įkaitinamas visas kūnas) [14].

Dujų fazėje, šilumos laidumo būdu, šiluma dažniausiai neperduodama, tačiau kietoms medžiagoms – tai yra pagrindinis šilumos perdavimo mechanizmas. Šilumos perdavimas laidumo būdu taip pat pasireiškia ir degant skysčiams, bet kartu su konvektyviniu šilumos perdavimu.

Konvekcinio mechanizmo įtaka ryški degant dujoms ir skysčiams. Ypač formuojantis difuzinėms liepsnoms ir fakelams.

1.6. Kombinuotų konstrukcijų taikymo pavyzdžiai

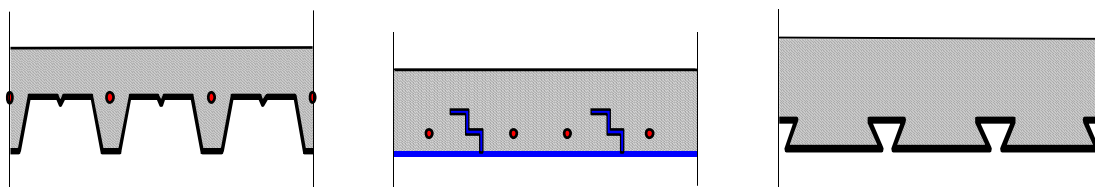
Plienas ir betonas yra plačiausiai naudojama konstrukcinių medžiagų kombinacija, kuri gali būti plačiai taikoma statybose. Iš minėtų medžiagų kombinuotų konstrukcijų statomi gyvenamieji ar pramoniniai pastatai, tiltai, kiti statiniai. Šios, praktiškai skirtingos medžiagos yra gana lengvai suderinamos ir papildo viena kitą. Šios medžiagos kylant temperatūrai beveik vienodai plečiasi, jos turi idealią stiprių kombinaciją, betono atsparumas spaudimui ir plieno atsparumas tempimui yra praktiškai lygūs. Betonas apsaugo plieną nuo korozijos bei nuo terminio poveikio gaisro metu [28].

Plienas kartu su betonu ypatingai dažnai naudojamas daugiaaukščių namų statybose, pavyzdžiui, plieniniai strypai su betoninėmis perdangomis. Projektuotojai vis dažniau projektuoja pastatus iš minėtų medžiagų, viena iš priežasčių: naudojamos kartu, šios medžiagos yra veiksmingesnės nei naudojant šias medžiagas atskirai.

Plieninių ir betoninių konstrukcijų (kombinuotų konstrukcijų) panaudojimas gali būti labai įvairus (žr. 4 – 7 pav.)



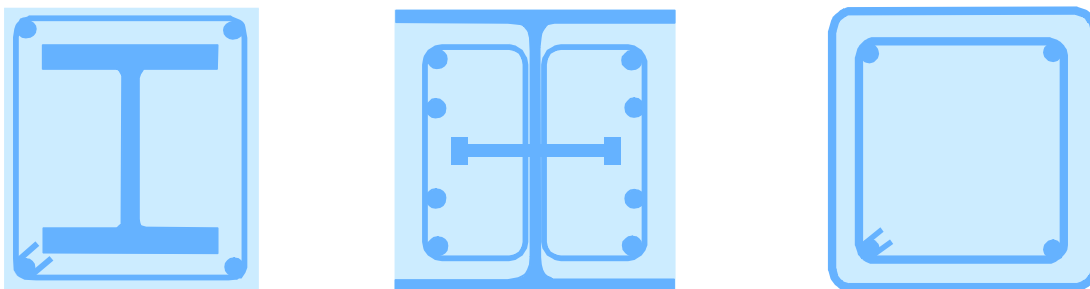
4 pav. Tipinis sudėtinių konstrukcijų taikymo pavyzdys [pagal 30 literatūros šaltinį]



5 pav. Sudėtinės plokštės [pagal 29 literatūros šaltinį]



6 pav. Sudėtinės sijos [pagal 29 literatūros šaltinį]



7 pav. Sudėtinės kolonos [pagal 29 literatūros šaltinį]

Aukštos temperatūros poveikis tiek plieninėms, tiek betoninėms konstrukcijoms sukelia struktūrinių medžiagos fizinių ir mechaninių savybių pokyčių, todėl mažėja šių medžiagų stiprumo rodikliai, blogėja jų bendras darbas, didėja deformacijos ir įlinkiai. Visa tai lemia konstrukcijos laikančiosios galios sumažėjimą, o po tam tikro bendro aukštos temperatūros ir mechaninės apkrovos poveikio laiko konstrukcija suyra [14].

Gaisrinės saugos priemonių parinkimas yra labai svarbus aspektas visame pastato projektavime. Tinkamai suprojektuotos pastato konstrukcijos bei parinktos gaisrinės saugos priemonės žymiai sumažina pavojus žmogaus gyvybei ir riboja pastato savybių netektį gaisro metu (pvz. gebėjimas išlaikyti apkrovas – R, vientisumas– E ir izoliacinės savybės I). Gaisrinės saugos projektavimo tyrimai buvo pradėti beveik prieš 80 metų (Insbergas 1928).

1.7. Pirmos dalies išvados

Plienas ir betonas yra plačiausiai naudojama konstrukcinių medžiagų kombinacija, kuri plačiai taikoma statybose. Iš minėtų medžiagų kombinuotų konstrukcijų statomi gyvenamieji ar pramoniniai pastatai, tiltai, kiti statiniai.

Aukštos temperatūros poveikis tiek plieninėms, tiek betoninėms konstrukcijoms sukelia struktūrinių medžiagos fizinių ir mechaninių savybių pokyčių, tai lemia konstrukcijos laikančiosios galios sumažėjimą.

Tam, kad būtų galima nustatyti plieninių konstrukcijų įbetonavimo būdą ir jo efektyvumą, reikia atlikti natūrinius eksperimentus, – tai yra susiję su didelėmis išlaidomis. Kitas būdas – matematinio modeliavimo taikymas. Naudojant modeliavimo programas kyla tam tikrų problemų, kurių atsiranda tada, kai reikia įrašyti labai detalią informaciją, – tai užima labai daug laiko ir reikalauja specialių žinių.

2. IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNIAI TYRIMO METODIKA IR OBJEKTAI

Iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumą ugniai galime tirti dviem metodais:

- 1) atliekant natūrinius bandymus;
- 2) taikant matematinį modeliavimą.

Natūrinių bandymų atlikimas yra susijęs su didelėmis išlaidomis, nes: reikalinga sudėtinga įranga skirta bandymams (bandymo krosnys su termoporomis ir kt.). Norint atlikti natūrinius bandymus taip pat reikalingi bandiniai. Keičiant bandymų sąlygas automatiškai didėja bandinių skaičius, tai sąlygoja dideles tyrimų išlaidas, kurios tiesiogiai priklauso nuo atliktų bandymų skaičiaus.

Šiuo metu vis labiau populiarėja statybinių konstrukcijų analizė naudojant matematinio modeliavimo programas.

Matematinio modeliavimo programos turi pranašumų prieš natūrinius bandymus. Vieną kartą suvedus bandomosios konstrukcijos duomenis į programą, galima lengvai redaguoti konstrukcijos matmenis ir bandymų sąlygas.

Atsižvelgdami į matematinio modeliavimo programų pranašumus prieš natūrinius bandymus, dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų tyrimą atliksime naudodami matematinio modeliavimo programą [24].

Yra daug matematinio modeliavimo programų, kurios leidžia analizuoti iš dalies įbetonuotas plienines konstrukcijas, tai: SUPER-TEMPCALC, BRANZ-FIRE, LOFT-FT, ASCOS, CCFM, FIRST, FIRDEMND, FPETOOL, ASET-B, ELVAC bei daugelio kitų. Išanalizavus programų galimybes ir jų duomenų atitiktį su natūrinių bandymų rezultatais, iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai tyrimui pasirinkame švedų inžinierių sukurtą kompiuterinio modeliavimo programą TASEF, kadangi nustatyta, kad labiausiai su natūriniais sutampa skaičiavimo pagal TASEF programą rezultatai.

2. 1 Tyrimo metodika

Siekiant nustatyti konstrukcijos atsparumą ugniai yra atliekami šie veiksmai:

- 1) Sudaromas aiškus konstrukcijos modelis arba principinis modelis. Šiame etape taikomos prielaidos nustatant modelio geometriją. Šiuo atveju sudarinėjau dvimatį modelį naudodamas keletą skirtingų medžiagų.
- 2) Formuojami modelio baigtiniai elementai siekiant taikyti baigtinių elementų metodą.

- 3) Parenkamos medžiagų savybės priklausančios nuo temperatūros bei nustatomi galimi gaisro poveikių scenarijai aprašyti temperatūros – laiko priklausomybėmis. Aš savo skaičiavimuose naudoju standartinio gaisro poveikį.
- 4) Atliekamas skaičiavimas su TASEF programa (aprašyta žemiau).
- 5) Gautų skaičiavimo rezultatų vertinimas. Pagrindinis užsiduotas vertinimo kriterijus buvo pasiekta medžiagos 500 °C temperatūra. Šios temperatūros pasiekimas plienui parastai reiškia laikančiosios galios netekimą remiantis galiojančia praktika Lietuvoje. Pagal normatyvinius dokumentus, jei nėra atliekami skaičiavimai, plieno kritinė temperatūra yra 500 °C. Kitų medžiagų įtaka laikančiajai galiai neįvertinta.
- 6) Priklausomai nuo pasiektos temperatūros konstrukcijoje daroma išvada apie gaminio atsparumą ugniai.

Loginė metodikos schema pateikta 8 pav.

Atliekant skaičiavimus naudota TASEF (struktūrų, veikiamų ugnies, temperatūros analizė; angl. - *Temperature Analysis of Structures Exposed to Fire*) kompiuterinė programa. Ji skirta skaičiuoti temperatūros pasiskirstymą dvimatėse ir ašiai simetriškose struktūrose, veikiamose ugnies. Programa atliekami skaičiavimai pagrindžiami baigtinių elementų metodu [26].

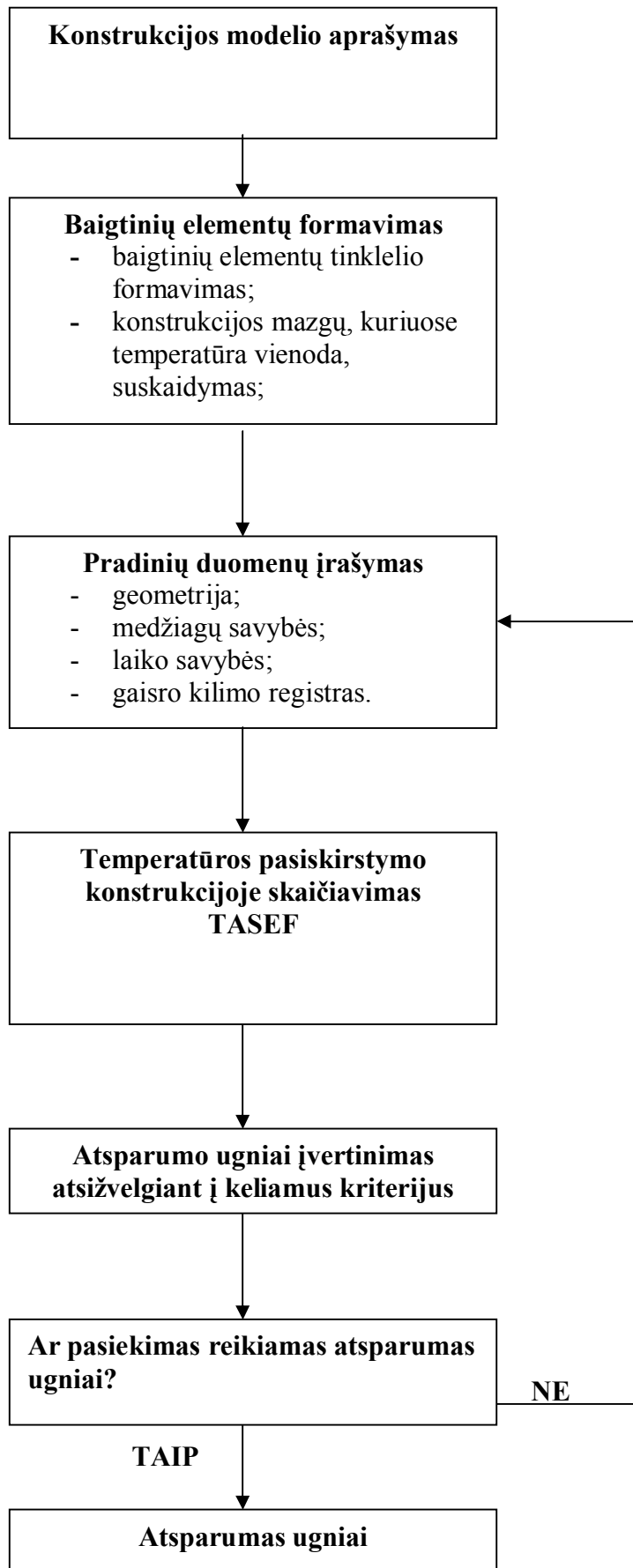
Suvedus duomenis į TASEF duomenų bazę, programa pateikia temperatūros konkrečiuose konstrukcijos mazguose priklausomybę nuo laiko, tai pateikdama skaičių lentelėmis. Lentelių pavyzdžiai pateikiami prieduose.

Pagrindinis meniu yra įrankių meniu formos. Iš jo vartotojas gali lengvai ir bet kokia tvarka pasiekti bet kurį papildomą meniu, kad įrašytų arba pakeistų duomenis. Visi duomenys, kuriuos vartotojui reikia redaguoti arba pakeisti, yra pateikti tekstiniuose langeliuose. Nuskaitant senus duomenis reikšmės yra automatiškai užpildomos tekstiniuose langeliuose. Vartotojas gali nesunkiai pakeisti reikšmes bet kokia tvarka [26].

Detalus programos TASEF aprašymas ir duomenų įvedimo tvarka pateikiama prieduose.

Programa TASEF gali būti naudojama su operacinėmis sistemomis *Windows NT*, *Windows 2000* ir *Win95/98*, taip pat *DOS*.

Iš dalies įbetonuotų, plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai prognozavimo loginė schema yra pateikta 8 paveiksle.



8 pav. Iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai prognozavimo loginė schema [pagal autorių]

2.2. Skaičiuojamieji modeliai, jų deriniai

Darbe analizuojama konstrukcija – dvitėjinis profiliuotis HE 100 (9 pav.), kurio dalis padengta izoliacine medžiaga (betonu arba mineraline vata). Konstrukcija 1 valandą bus veikiamas standartinio gaisro ISO 834.

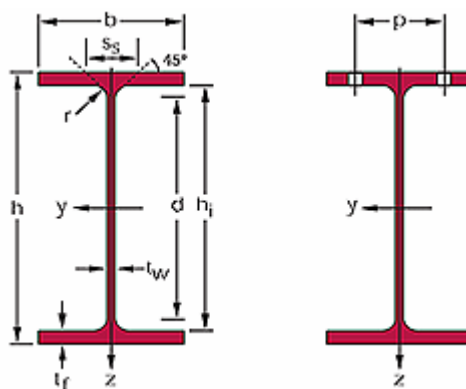
Analizuojamo elemento matmenys:

$$b = 0.1 \text{ m};$$

$$h = 0.1 \text{ m};$$

$$t_w = 0.006 \text{ m};$$

$$i_f = 0.01 \text{ m}.$$



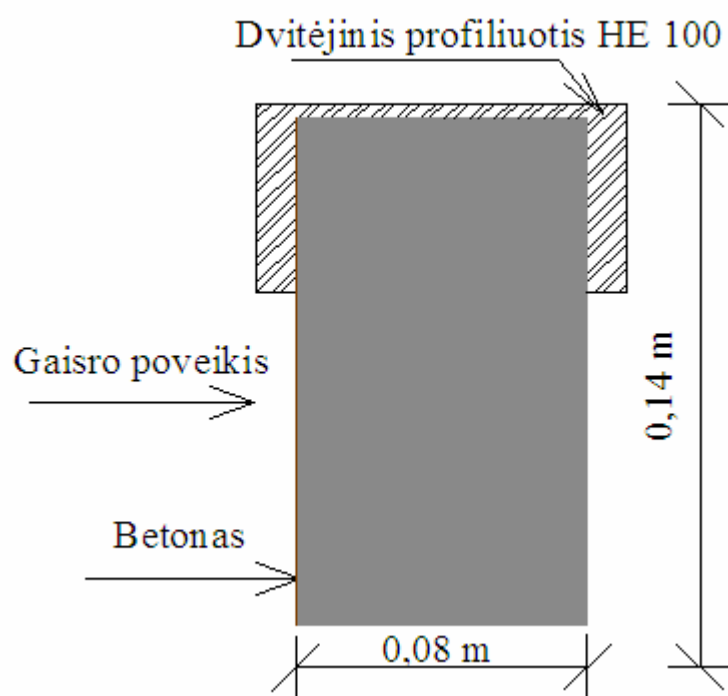
9 pav. Dvitėjinis profiliuotis HE 100

Analizuojama konstrukcija nuo gaisro bus apsaugota šiais būdais:

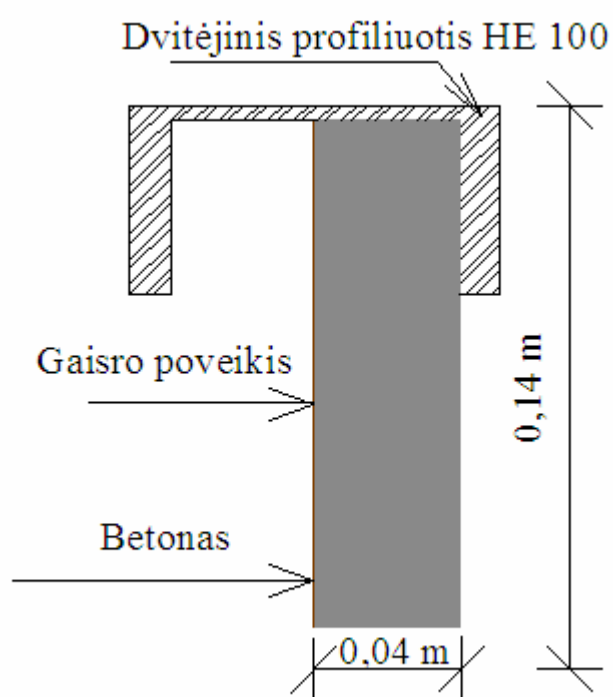
- dalinai įbetonuota;
- visiškai įbetonuota;
- dalinai padengta mineraline vata, kurios tankis – 140 kg/m^3 ;
- visiškai padengta mineraline vata, kurios tankis – 140 kg/m^3 ;

Kadangi analizuojama konstrukcija yra simetriška, atsparumo ugniai tyrime bus analizuojama tik viena dvitėjinio elemento dalis.

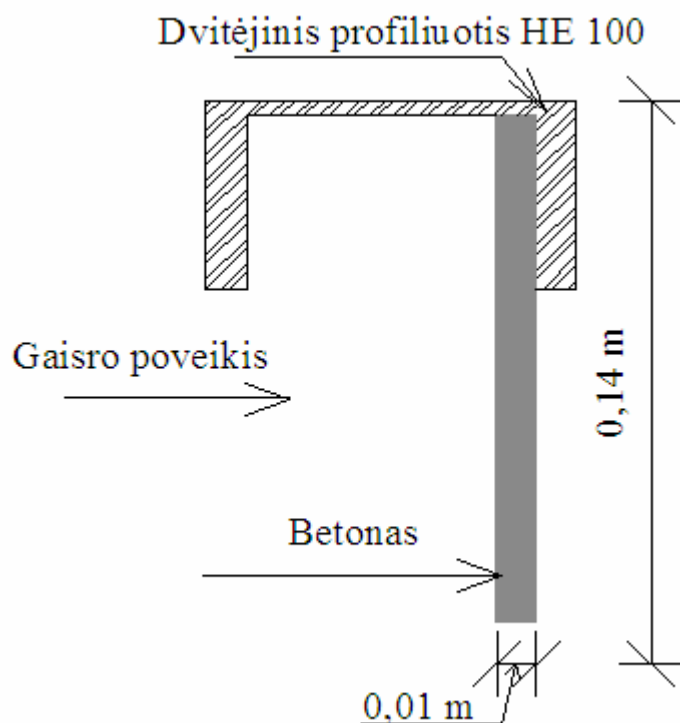
Darbe analizuojami keturi konstrukciniai modeliai. Analizuojami modeliai pateikiami 10 – 13 paveiksluose.



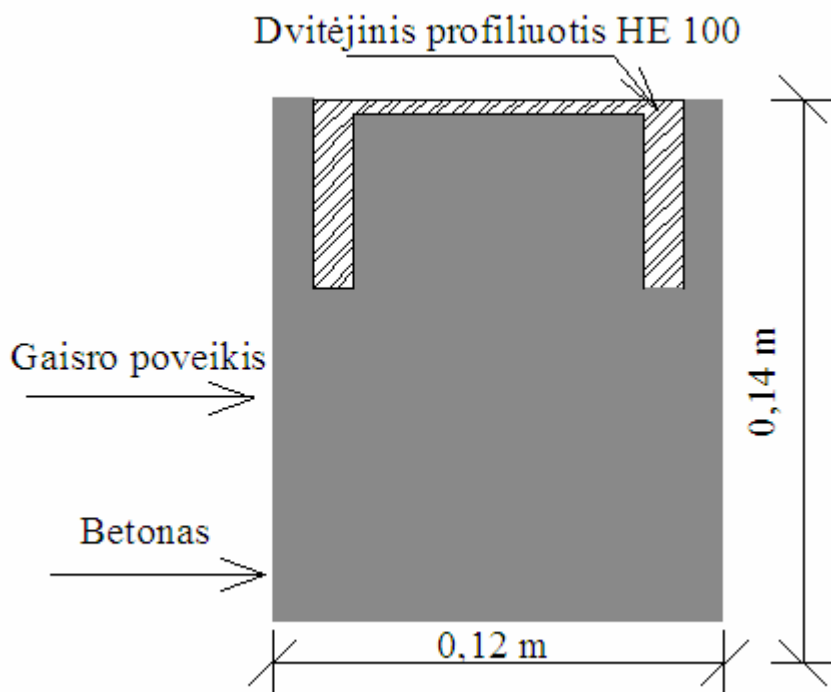
10 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 1



11 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 2



12 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 3



13 pav. Konstrukcinis modelis Nr. 4

1 modelis – dalinai įbetonuota, plieninė konstrukcija (dvitėjinis profiliuotis) iš kairės pusės veikiama gaisro. Įbetonavimo lygis – pusė konstrukcijos atvirai veikiama gaisro, pusė konstrukcijos padengta betonu;

2 modelis – dalinai įbetonuota, plieninė konstrukcija (dvitėjinis profiliuotis) iš kairės pusės veikiama gaisro. Įbetonavimo lygis – vidinė konstrukcijos dalis įbetonuota, išorinė konstrukcijos dalis – atvira.

3 modelis – dalinai įbetonuota, plieninė konstrukcija (dvitėjinis profiliuotis) iš kairės pusės veikiama gaisro. Įbetonavimo lygis – vidinė konstrukcijos dalis nežymiai įbetonuoda, išorinė konstrukcijos dalis – atvira.

4 modelis – visiškai įbetonuota, plieninė konstrukcija (dvitėjinis profiliuotis) iš kairės pusės veikiama gaisro. Įbetonavimo lygis – visa plieninė konstrukcija neturi tiesioginio kontakto su ugnimi.

Skaičiuojamųjų modelių ir jų derinių skaičiuojamoji matrica pateikiama 1 lentelėje.

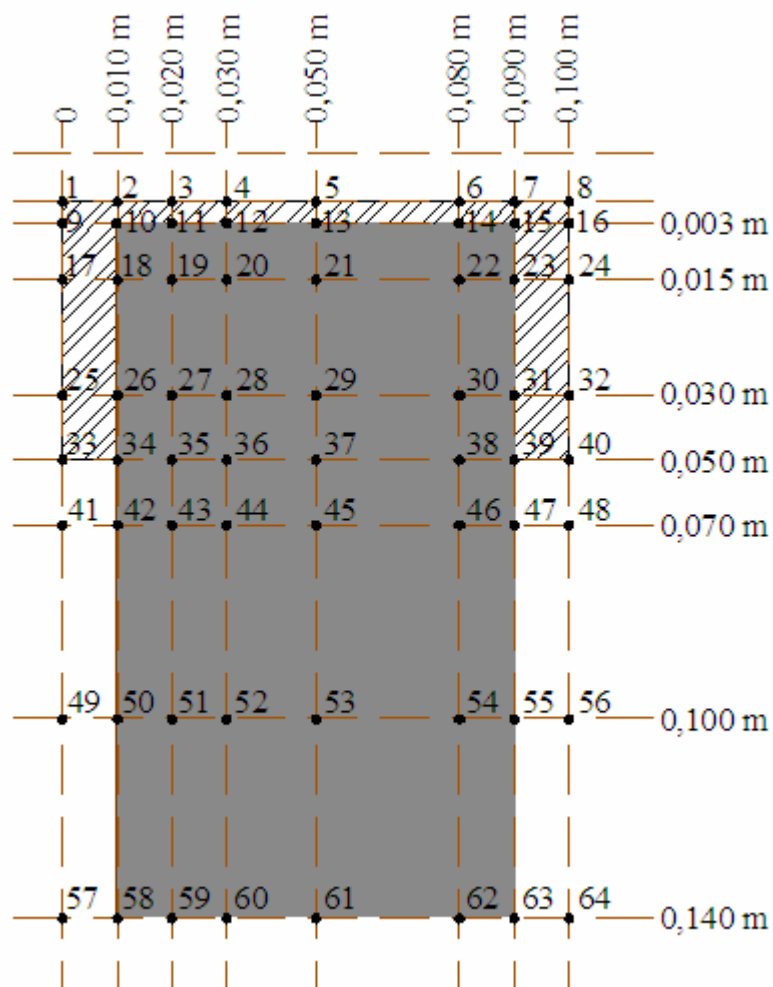
1 lentelė. Skaičiuojamoji matrica [pagal autorių]

Derinys	Izoliacinė medžiaga	Izoliacinės medžiagos tankis kg/m³	Izoliacinės medžiagos storis	Konstrukcijos įbetonavimo koeficientas
1-1	Betonas	2200	0,08	0,79
1-2	Betonas	2200	0,04	0,283
1-3	Betonas	2200	0,01	0,16
1-4	Betonas	2200	0,12	0*
2-1	Mineralinė vata	140	0,08	0,79
2-2	Mineralinė vata	140	0,04	0,283
2-3	Mineralinė vata	140	0,01	0,16
2-4	Mineralinė vata	140	0,12	0*

0* - plieninė konstrukcija visiškai įbetonuota.

Kaip matome iš skaičiuojamosios matricos iš viso bus atlikti 8 skaičiavimai, kurių metu bus nustatytas skaičiuojamųjų modelių atsparumas ugniai.

Tam, kad būtų galima lengviau apibūdinti temperatūrą konkrečioje modelio srityje, konstrukciją suskaidysime į 64 mazgus. Konstrukcijos mazgų išdėstymo schema pateikta 14 paveiksle.



14 pav. Dalinai įbetonuotas stropas suskaidytas į mazgus

2.3 Naudojamų statybinių medžiagų charakteristikos atliekant skaičiavimus

Skaičiavimuose buvo naudotos trys medžiagos:

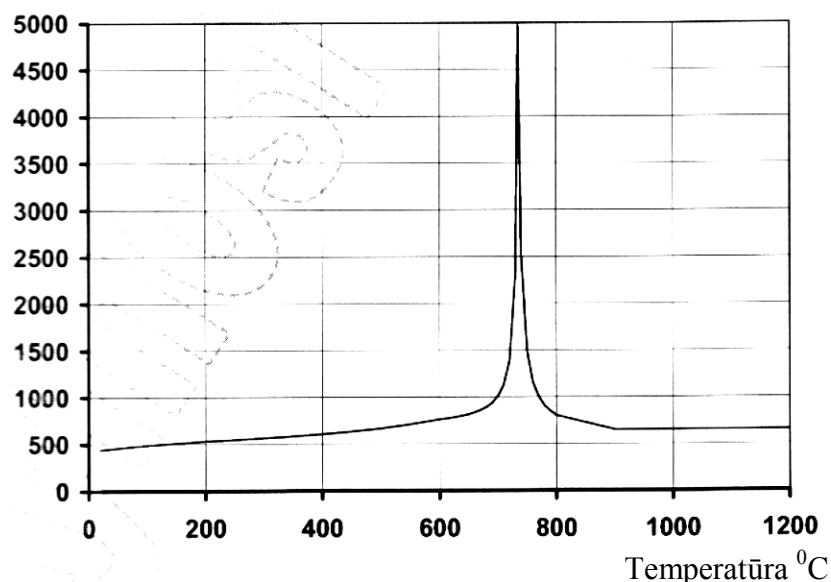
- plienas ;
- betonas;
- mineraline vata (tankis – 140 kg/m^3);

Plieno šiluminės savybės pateikiamos 3 – oje lentelėje.

2 lentelė. Plieno fizinės savybės [pagal 16 literatūros šaltinį]

Temperatūra ($^{\circ}\text{C}$)	Specifinis laidumas (W/mC)	Savitoji šiluma (J/kg C)	ϵ (Wh/m^3)	Tankis
0	60	500	0	7801 kg/m^3
200	50	500	216694.4	
400	45	535	463726.1	
800	27	687	1190953	
1000	27	688	1490858	
1200	27	690	1794230	
2000	27	690	2990383	

Savitoji šiluma [$\text{J/kg} \cdot \text{K}$]



15 pav. Plieno savitoji šiluma [pagal LST EN 1994-1-2]

Betonas. Betono šiluminės savybės ir elgsena gaisro metu

Aukštos temperatūros poveikis betonui, sukelia struktūrinius medžiagos fizinių ir mechaninių savybių pokyčius, todėl mažėja betono stiprumo rodikliai, atsiranda plyšiai ir atsisluoksniavimai, didėja deformacijos ir įlinkiai [5].

Kaitinant betoną vyksta fiziniai ir cheminiai procesai, kurių neigiami rezultatai priklauso nuo temperatūros lygio, jos kitimo greičio ir poveikio trukmės, betono drėgnumo, jo sudėties ir struktūros, užpildų ir sąlyčių zonos savybių, gaminio gamybos technologijos, jo dydžio, skerspjūvio geometrinės formos, apkrovos ir pobūdžio.

betono stiprumo pokyčius dėl aukštos temperatūros trumpalaikio poveikio galima suskirstyti į tris etapus.

Pirmuoju kaitinimo etapu – iki $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros – betono stiprumas gniuždant sumažėja 35 % - 20 % (labiausiai temperatūrų intervale nuo $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $90\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Antrasis kaitinimo etapas – $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrų diapazonu – pasižymi visišku stiprumo savybių atstatymu ir netgi nežymiu stiprumo gniuždant padidėjimu (apie 5 % - 10 %).

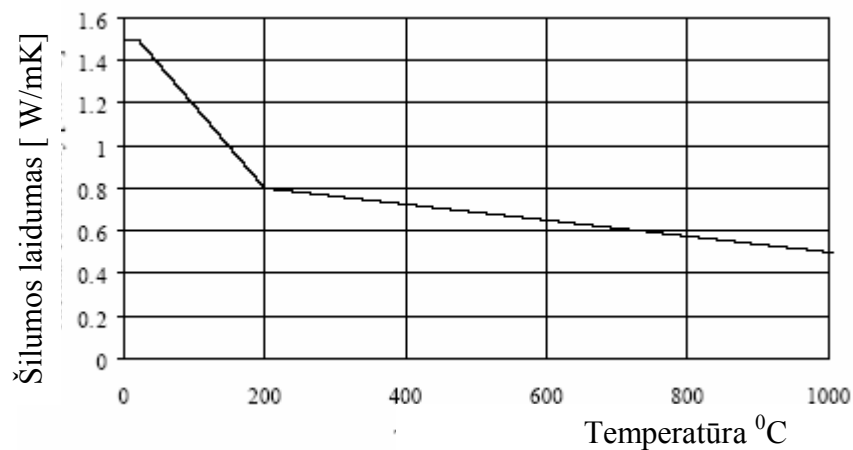
Kai betonas įkaitinamas daugiau kaip $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūros, jo stiprumas vėl sumažėja. Kai pasiekama $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūra, lieka apie 65 % pradinio betono stiprumo gniuždant, o kai pasiekama $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūra - 50 % [5].

Betono stiprumo sumažėjimą, kai temperatūros žemesnės kaip $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, galima paaiškinti adsorbciniu cementinio akmens stiprumo sumažėjimu. Kaitinant betoną vanduo prasiskverbia į betono poras ir mikroplyšius, todėl padidėja cementinio akmens paviršius, padengtas adsorbcinio vandens

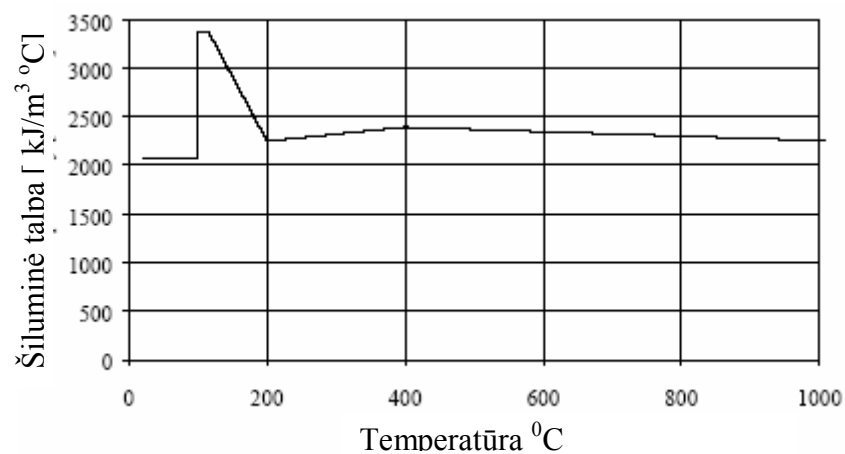
sluoksniu. Tai mažina cementinio akmens kristalų paviršiaus energiją. Dėl paviršiaus energijos sumažėjimo atsiranda naujų mikroplyšių ir padidėja esami mikroplyšiai, veikiami išorinės mechaninės apkrovos. Betono struktūros pažeidimą 100 °C temperatūroje lemia ir tai, kad vandens temperatūrinis plėtimosi koeficientas daug kartų didesnis už cementinio akmens ir užpildų temperatūrinį plėtimosi koeficientą. Todėl pasireiškia cementinio akmens ir užpildų kontaktą gaubiančių užkaitusių vandens plėvelių ardantieji veiksniai [34].

Betono stiprumo padidėjimas, kai temperatūra yra daugiau kaip 100 °C, t.y. intervale nuo 200 °C iki 400 °C, paaiškinamas cementinio akmens struktūros sutankėjimu išgaravus vandeniui, absorbuotam dikalcio silikato gelio, pagreitinta Ca(OH)_2 kristalizacija ir besitęsiančiu už 100 °C ribos klinkerio mineralų papildomos hidratacijos procesu.

Kai betono temperatūra padidėja daugiau kaip 400 °C, betono stiprumas sumažėja dėl nevienodų cementinio akmens ir užpildų temperatūrinių deformacijų, ardančių užpildų kontaktą ir sudarančių mikroplyšius betone. 575 °C prasideda Ca(OH)_2 dehidratacija, o dar aukščiau (650 °C) pasireiškia kalcio hidrosilikato ir hidroaluminato dehidratacija, kuri mažina cementinio akmens stiprumą. Užpildai, turintys savo sudėtyje kvarco 573°C temperatūroje staigiai padidina savo tūrį, o 800 °C temperatūroje mineralai supleišėja ir suyra. Betono šiluminės savybės pateikiamos 16 ir 17 paveiksluose.



16 pav. Betono šilumos laidumas [pagal LST EN 1994-1-2]



17 pav. Betono šiluminė talpa [pagal LST EN 1994-1-2]

Mineralinės vatos šiluminės savybės pateikiamos 3 lentelėje.

3. lentelė. Mineralinės vatos fizinės savybės [pagal 16 literatūros šaltinį]

Temperatūra (°C)	Specifinis laidumas (W/mC)	Savitoji šiluma (J/kg C)	ϵ (Wh/m ³)	Tankis
0	0.035	420	0	150 kg/m ³
400	0.127	420	7466.667	
800	0.326	420	14933.33	
900	0.424	420	16800	
1000	0.547	419	18622.22	
2000	1.78	416	36977.78	

2.4. Antros dalies išvados

Iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai tyrimui pasirinkta švedų inžinierių sukurta kompiuterinio modeliavimo programa TASEF, kadangi nustatyta, kad labiausiai su natūriniais sutampa skaičiavimo pagal TASEF programą rezultatai. Programa TASEF analizavome dvitėjinį elementą kurio apsaugai nuo gaisro poveikio pasirinkome betoną ir mineralinę vatą. Konstrukcijos padengimo izoliacine medžiaga kiekį keitėme keturis kartus ir iš viso atlikome 8 skaičiavimus.

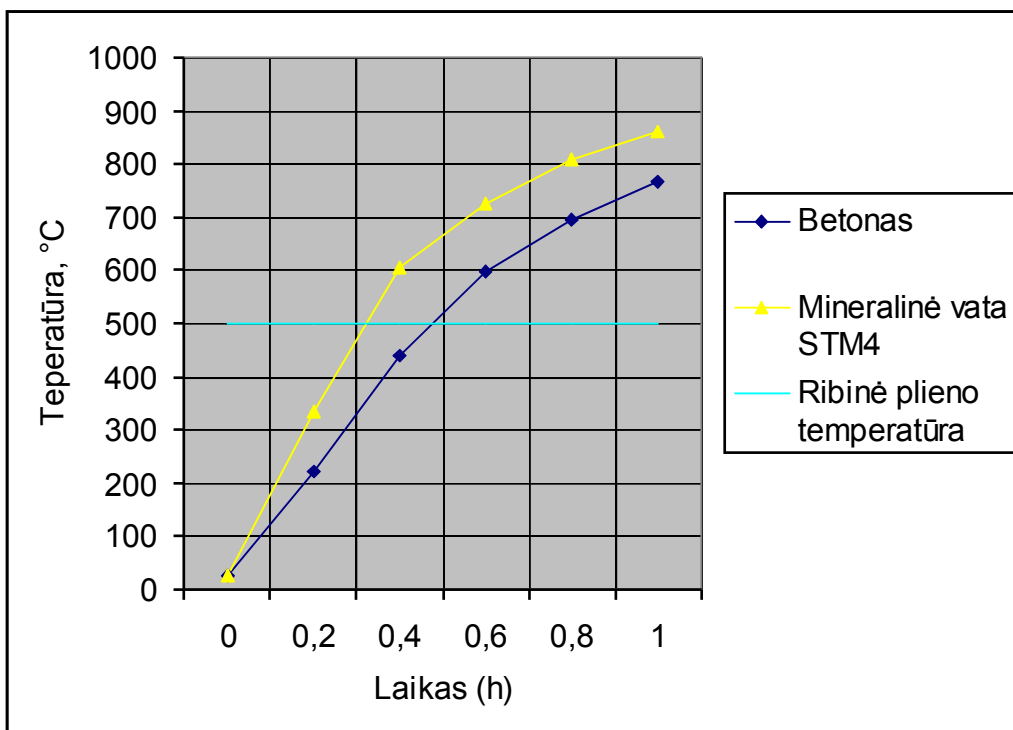
3. IŠ DALIES ĮBETONUOTŲ PLIENINIŲ KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMO UGNAI METODIKOS PRAKTINIS PRITAIKYMAS IR ANALIZĖ

3.1. Šilumos sklaidimo konstrukcijose analizė

Programa TASEF buvo analizuojama dvitėjinio profiliuotą konstrukciją, keičiant jos įbetonavimo lygį keturis kartus. Taip pat konstrukcija buvo analizuojama betoną pakeitus mineraline vata STM4, kurios tankis yra 140 kg/m^3 . Įrašius duomenis į TASEF programą, gavome skaičiavimų rezultatus.

Analizuojant pirmąjį modelį pagal 2 skyriuje pateiktą metodiką buvo nustatyta, kad 1 – ojo modelio pirmame mazge esanti temperatūra, pasieks kritinę ribą (500°C , esant šiai temperatūrai plienas netenka apie 50 % stiprio. LST EN 1993-1-2) po 0,5 h, o betoną pakeitus mineraline vata STM4 po 0,3 h. Nustatyta, kad po 1 h 1-ame mazge temperatūra pasieks 766°C , o esant pastarajai temperatūrai plieno stipris tebus tik 7 % (LST EN 1993-1-2). Betoną pakeitus mineraline vata, 766°C temperatūra 1 – ame mazge bus pasiekta po 0,7 h. Po 1 h pirmame konstrukcijos mazge, kai konstrukcija bus izoliuota mineraline vata temperatūra bus 106°C didesnė nei konstrukciją izoliavus betonu ir sieks 860°C .

Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – ame mazge, esant 1 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 18 – ame paveiksle.

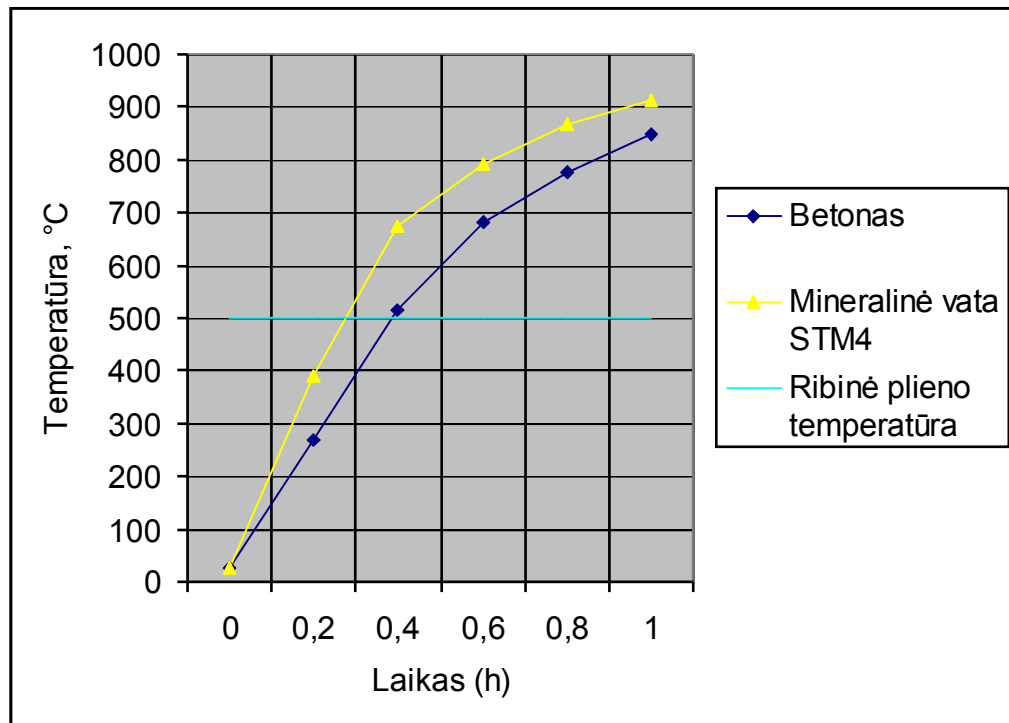


18 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – ame mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Išvada: konstrukciją veikiant gaisrui, šilumos nuvedimas bus intensyvesnis parinkus tankesnę medžiagą (šiuo atveju – betoną).

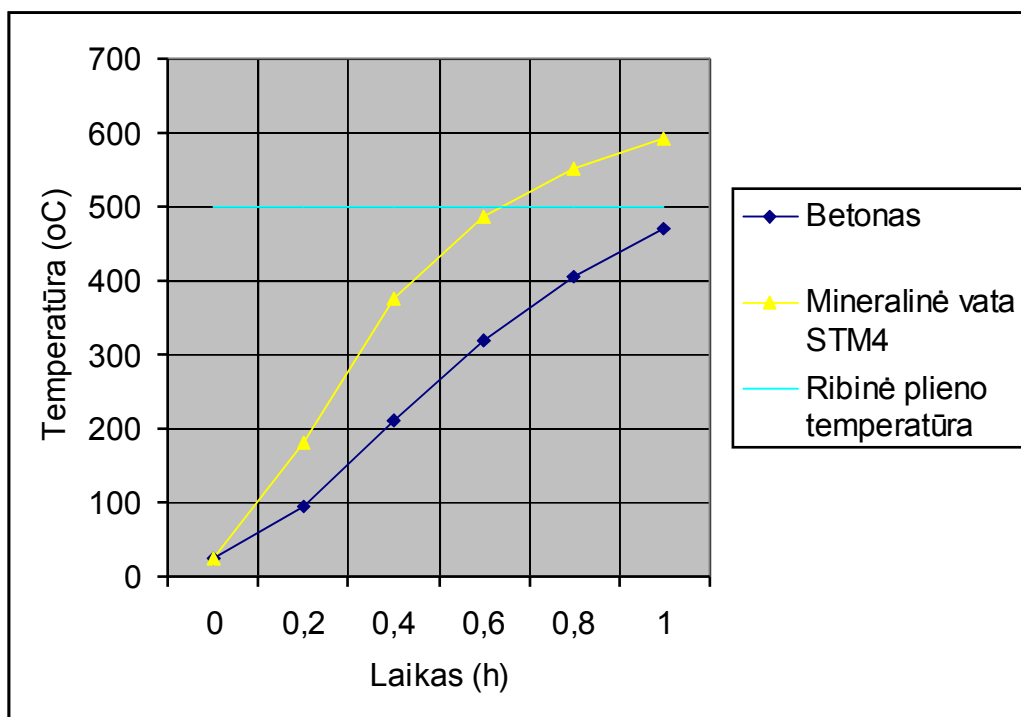
Konstrukcijos 33 mazge temperatūra, palyginus su 1 – ojo mazgo temperatūra, bus didesnė ir kritinė 500 °C riba bus pasiekta po 0,4 h – konstrukciją apsaugojus betonu ir po 0,3 h konstrukciją apsaugojus mineraline vata, t. y. 0,1 h valandos greičiau nei konstrukcijos 1 – amė mazge. Po 1 h konstrukcijos 33 – amė mazge temperatūra sieks 850 °C esant betonui ir 914 °C konstrukciją apsaugojus mineraline vata.

Palyginus konstrukcijos 1 – ojo ir 33 – ojo mazgo temperatūras, galima daryti išvadą, kad pirmajame mazge temperatūra bus mažesnė, nes dalis šilumos bus nuvedama į dvitėjinio profiliuotą statmenį, ko pasėkoje pirmajame mazge temperatūra bus mažesnė. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, esant 1 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 19 – amė paveiksle.



19 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

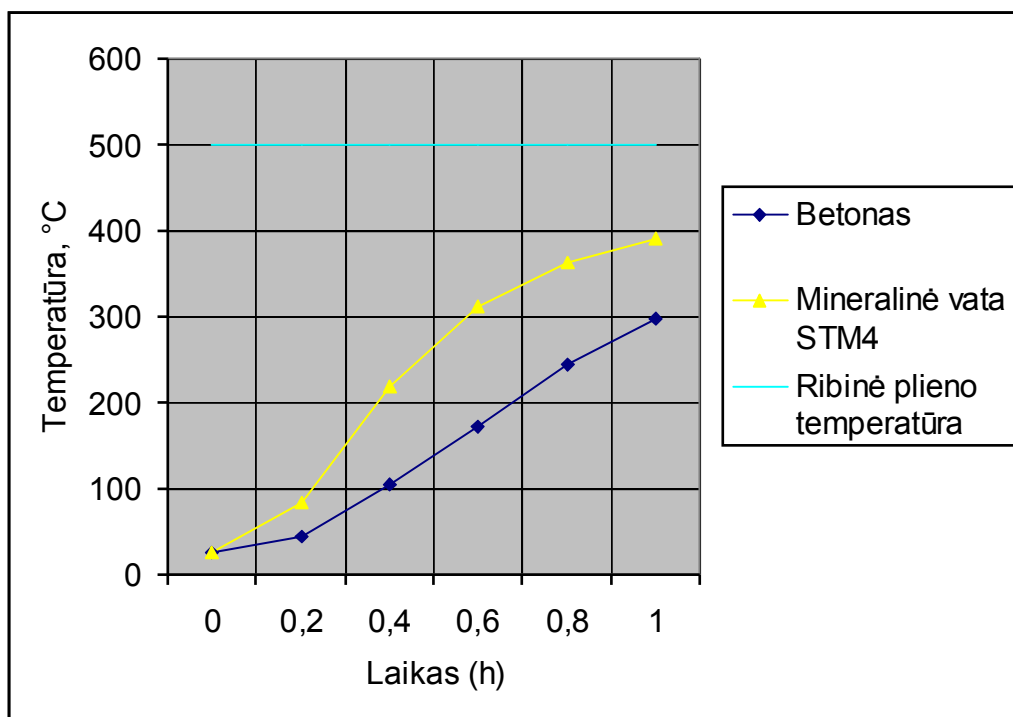
Konstrukcijos 5 – asis mazgas, esant 1 – įbetonavimo variantui yra pakankamai apsaugotas nuo temperatūros poveikio, tą galime teigti pažvelgę į TASEF programos pateiktus skaičiavimo rezultatus. Minėtame mazge kritinė temperatūra bus pasiekta po 0,6 h ir po 1 h, atitinkamai konstrukciją apsaugojus mineraline vata ir betonu. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, esant 1 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 20 – amė paveiksle.



20 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – ame mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

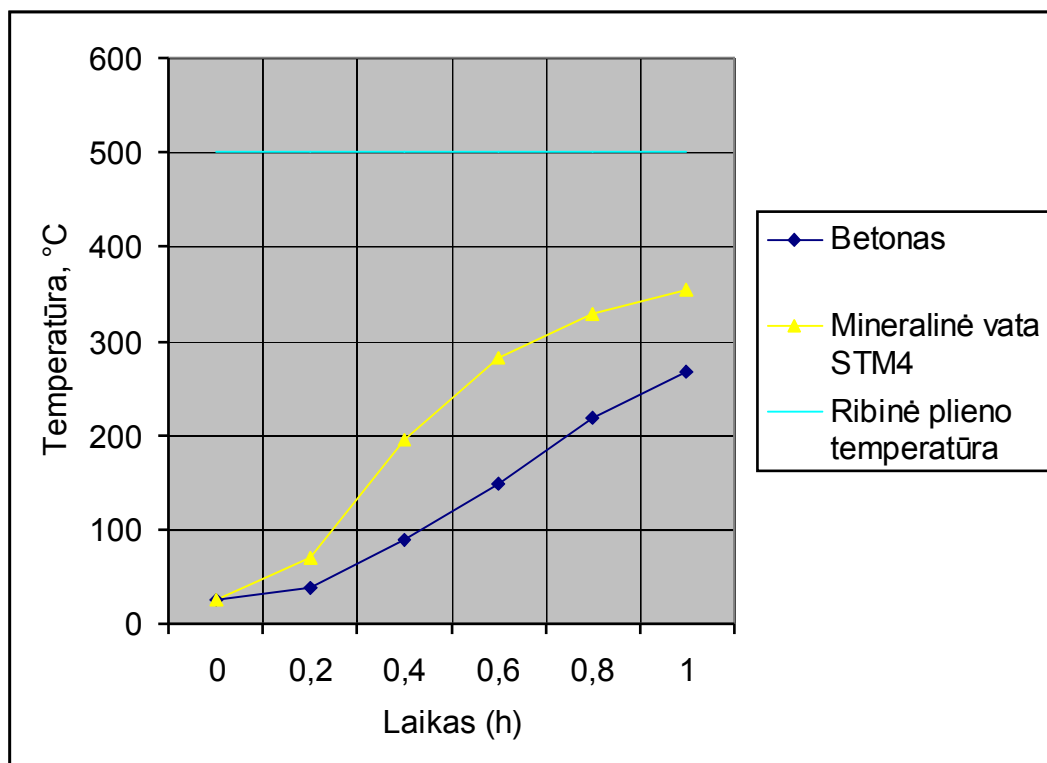
Konstrukcijos 8 – asis mazgas, kaip ir 5 – as, esant 1 – įbetonavimo variantui yra apsaugotas, nuo temperatūros poveikio, tą galime teigti pažvelgę į TASEF programos pateiktus skaičiavimo rezultatus. Minėtame mazge kritinė temperatūra nebus pasiekta net praėjus 1 h ir praėjus šiam laiko intervalui sieks 298°C ir 390°C atitinkamai konstrukciją apsaugojus betonu arba mineraline vata. Priežastis, kodėl šiame mazge temperatūra yra žymiai mažesnė nei kituose yra ta, kad mazgas yra toliausiai nutolęs nuo temperatūros poveikio (gaisro) židinio.

Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – ame mazge, esant 1 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 21 – ame paveiksle.



21 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

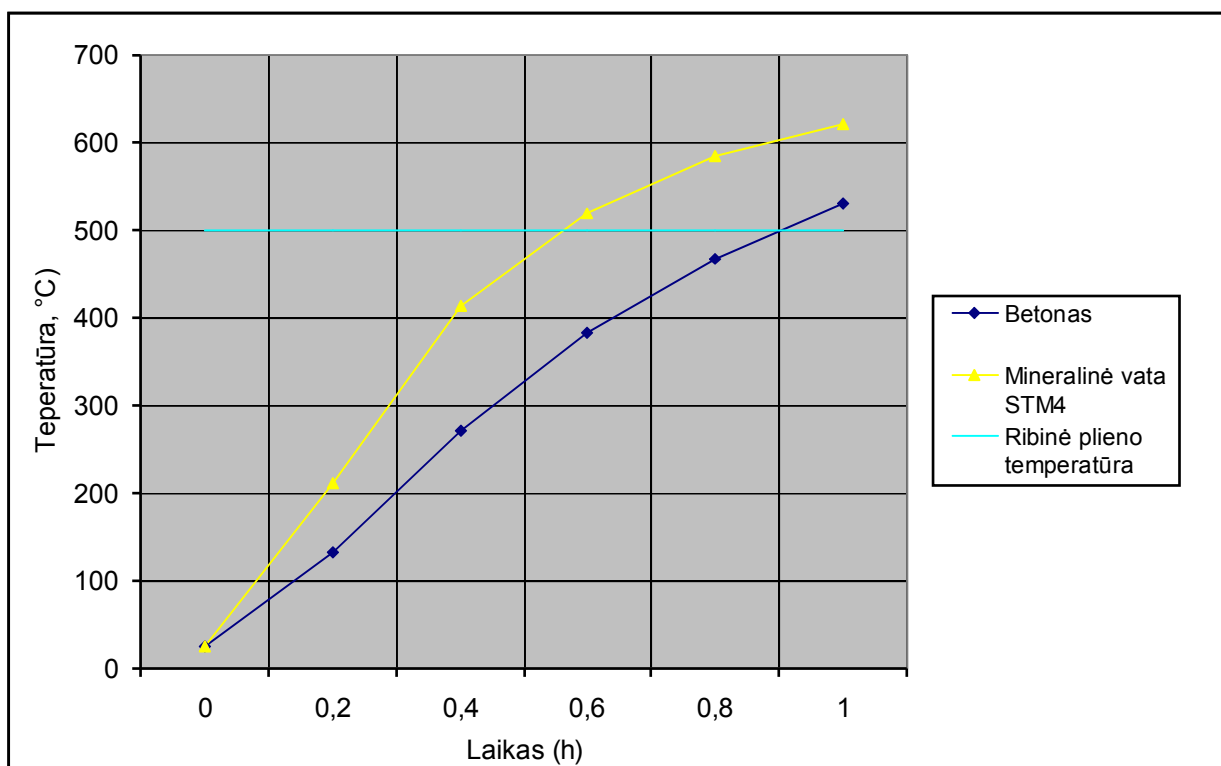
Konstrukcijos 40 mazge kritinė plieno temperatūra taip pat nebus pasiekta ir praėjus 1 h bus 268 °C ir 354 °C atitinkamai konstrukciją apsaugojus betonu arba mineraline vata. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, esant 1 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 22 – amė paveiksle.



22 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Apžvelgus gautus duomenis matome, kad 1 – ojo modelio mazgai, kurie yra arčiau gaisro židinio yra nepakankamai apsaugoti nuo gaisro poveikio. Apsauga nuo gaisro didėja jei kaip izoliacinę medžiagą naudosime betoną (tankis apie 2200 kg/m^3), todėl norint išlaikyti lengvą konstrukcijos svorį ir renkantis kaip izoliacinę medžiagą mineralinę vatą reikia, arba didinti jos kiekį, arba rinktis kitą atsparumą ugniai didinančią medžiagą.

Bendras temperatūros pasiskirstymas visoje konstrukcijoje esant pirmam įbetonavimo variantui pavaizduotas 23 paveiksle. Bendras temperatūros pasiskirstymas visoje konstrukcijoje apskaičiuojamas, sudedant charakteringų taškų temperatūras praėjus atitinkamiems laiko intervalams ir jas padalinus iš tų taškų skaičiaus.



23 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

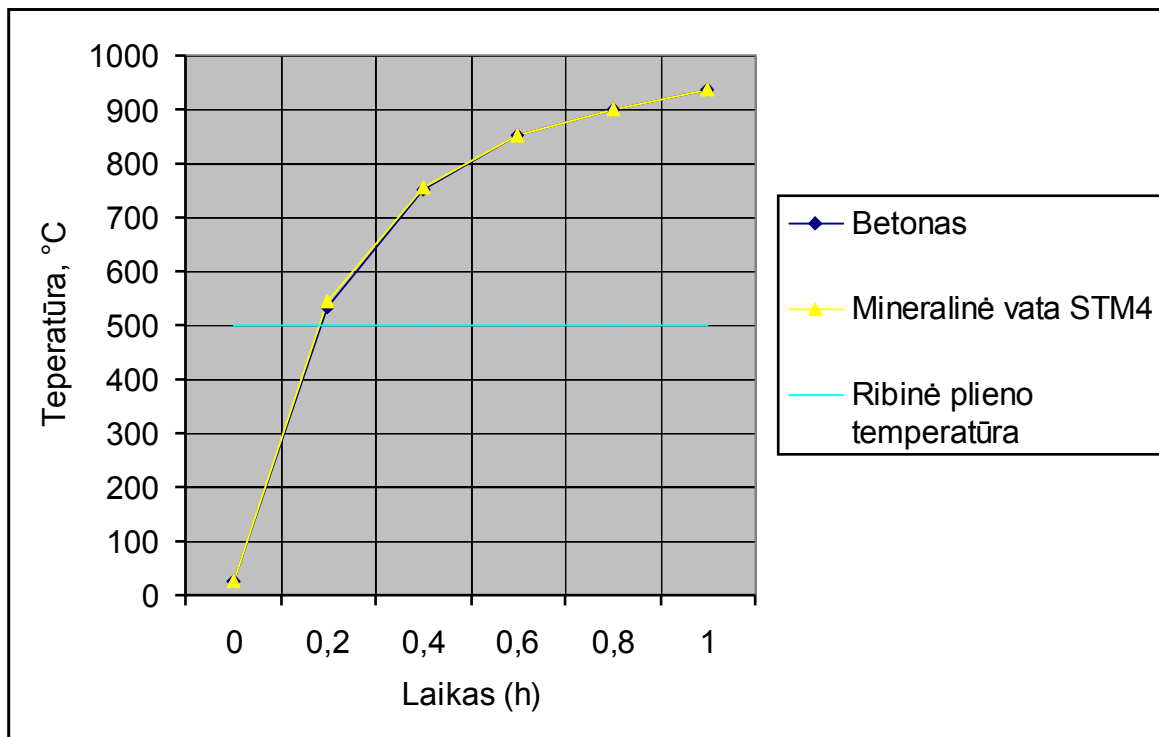
Iš diagramos matome, kad teoriškai konstrukcija ribinę temperatūrą pasieks po 0,9 h ir po 0,6 h atitinkamai konstrukciją apsaugojus betonu arba mineraline vata. Taigi betonas šiuo atveju yra 1,5 karto geresnė izoliacinė medžiaga nei pasirinktoji mineralinė vata.

Norėdami parinkti optimalų plieninių konstrukcijų įbetonavimo lygį ir nustatyti konstrukcijų atsparumą ugniai, analizuojame tą patį dvitėį profiliuotį sumažinę jo įbetonavimo lygį. Šiuo atveju skirtingai nei pirmajame modelyje konstrukcija bus du kartus mažiau įbetonuota.

Išanalizavus gautus duomenis tiriant 2 – ajį modelį, matome, kad ribinė plieno temperatūra, konstrukcijos 1 – ajame mazge, kuriai esant konstrukcija netenka apie 50 % stiprio bus pasiekta jau po 0,2 h t.y. 0,33 h greičiau nei pirmojo skaičiavimo metu. Konstrukciją izoliavus tiek betonu, tiek mineraline

vata, gautos temperatūros bus labai panašios, šį faktą galime paaiškinti tuo, kad antrojo įbetonavimo atveju, konstrukcijos pirmasis mazgas yra visiškai neapsaugotas jokia izoliacine medžiaga.

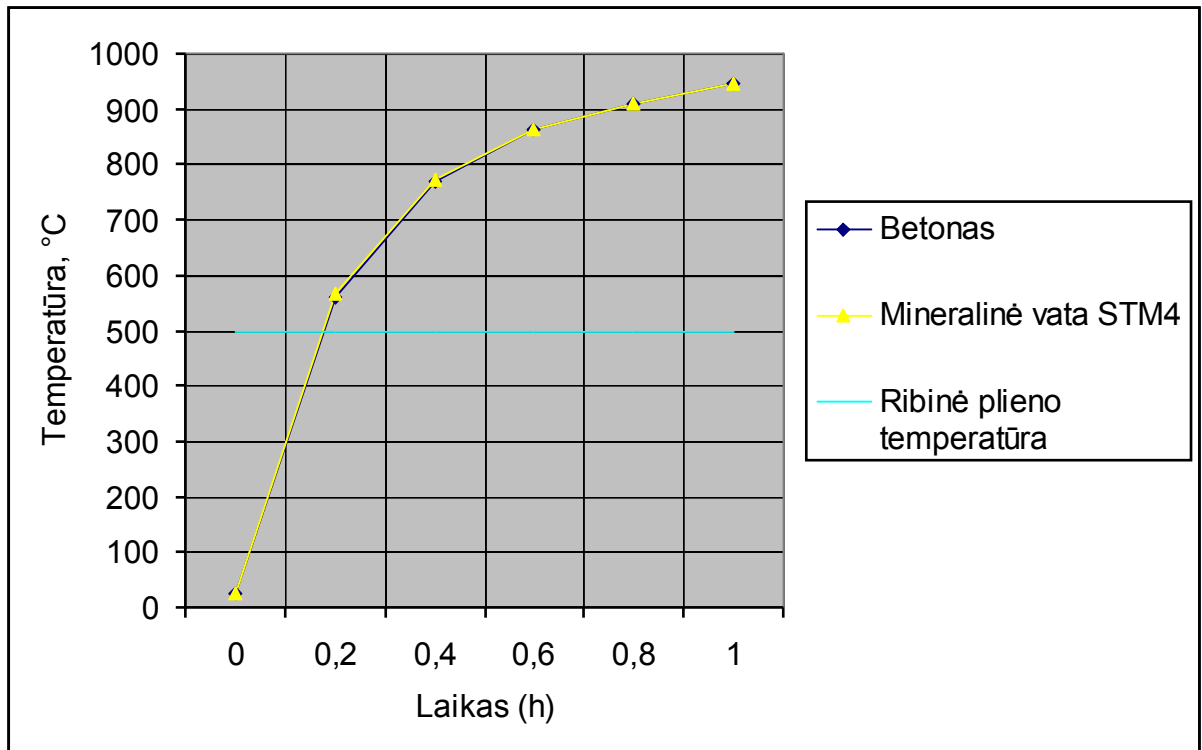
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, esant 2 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 24 – amė paveiksle.



24 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Konstrukcijos 33 mazgas kaip ir 1 – asis yra visiškai neapsaugotas jokia izoliacine medžiaga, todėl ribinė plieno temperatūra čia taip pat bus pasiekta po 0,2 h. Palyginus konstrukcijos 33 su 1 – uoju mazgu matome, kad temperatūros 33 mazge yra apie 1 % didesnės.

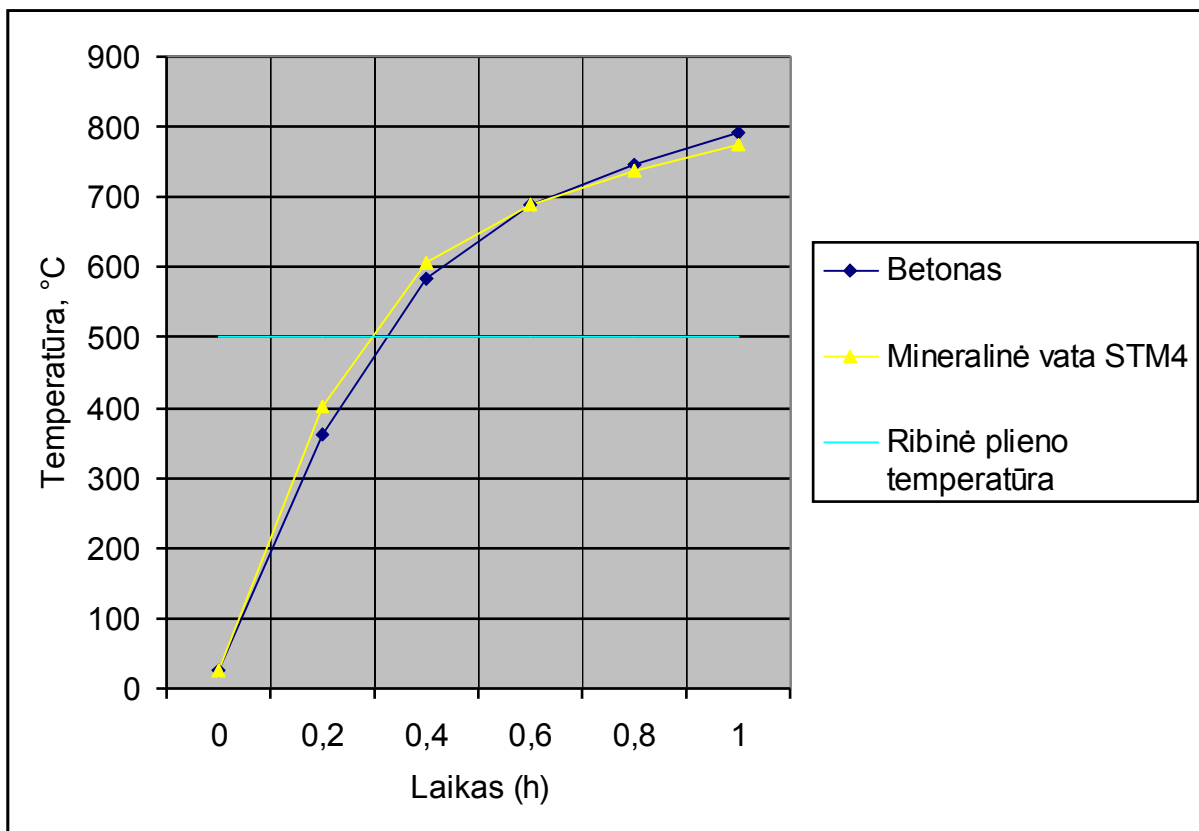
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, esant 2 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 25 – amė paveiksle.



25 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Pažvelgę į konstrukcijos 5 – ojo mazgo temperatūras matome, kad konstrukciją izoliavus betonu, tiek mineraline vata temperatūros bus beveik vienodos. Ribinė 500 °C temperatūra konstrukcijos 5 – jame mazge apytiksliai (tiek izoliavus betonu, tiek mineraline vata) bus pasiekta po 0,3 h.

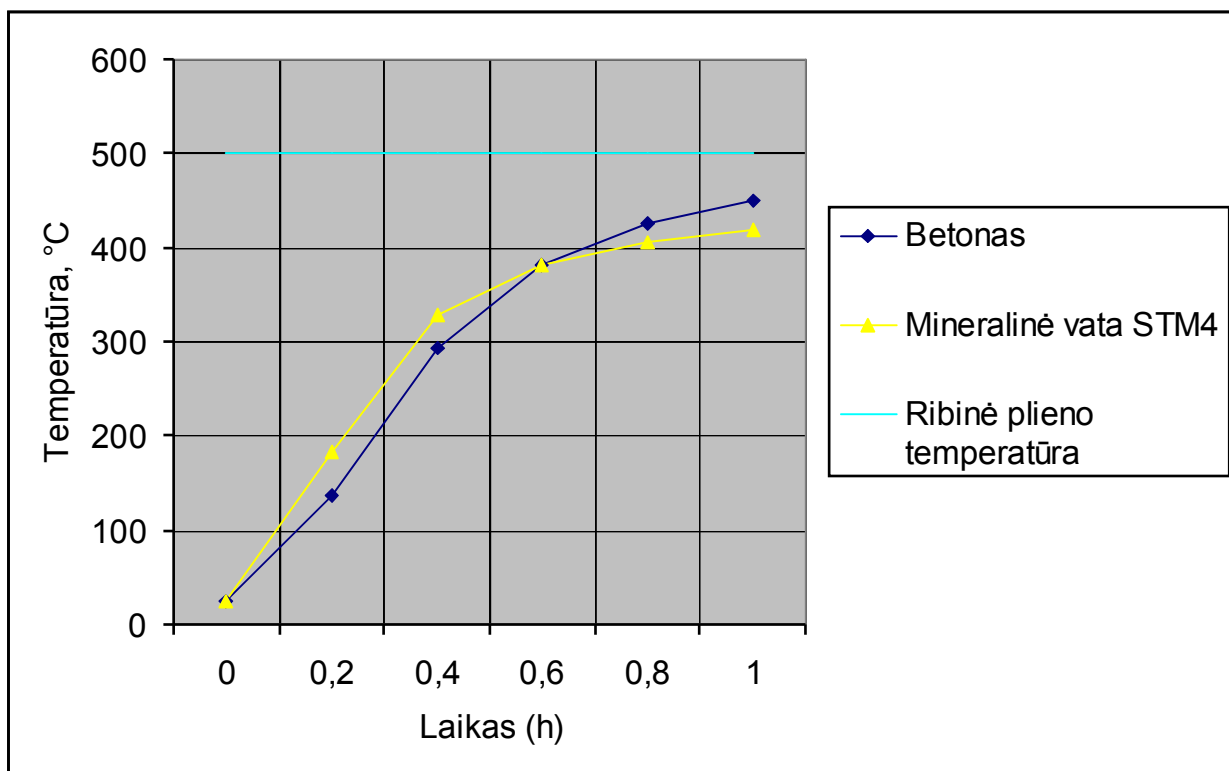
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, esant 2 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 26 – amė paveiksle.



26 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

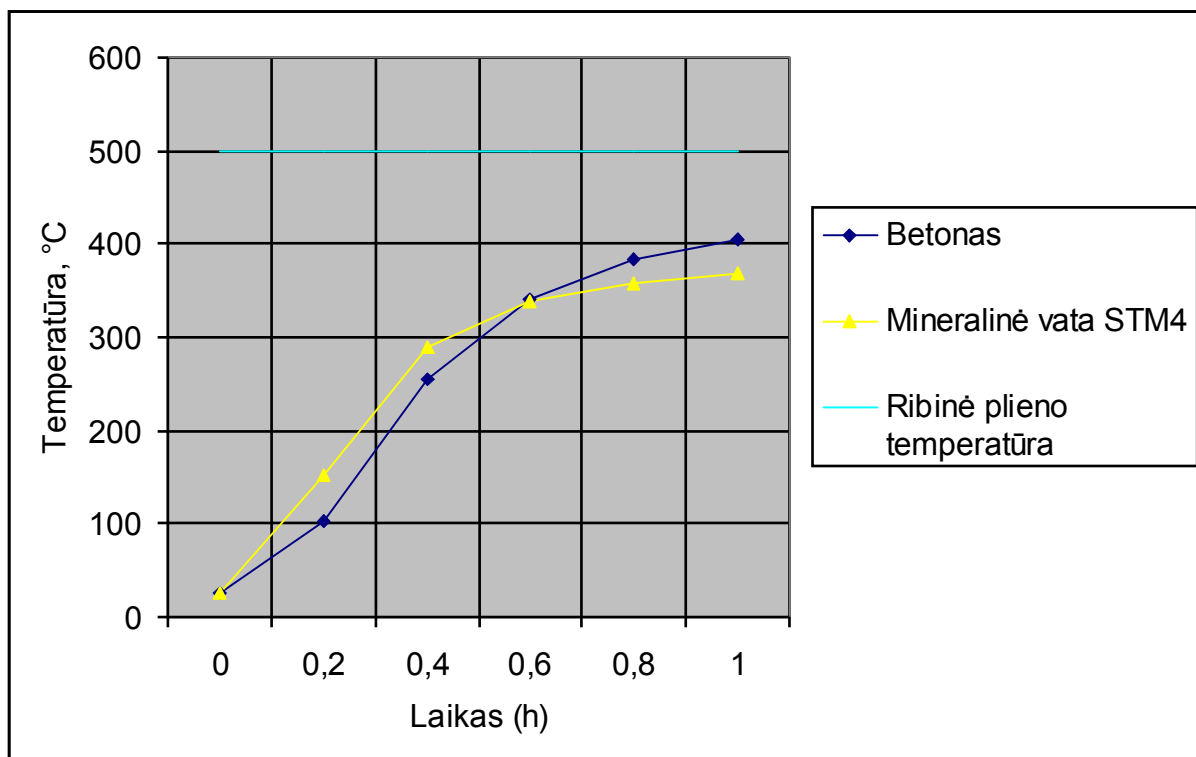
Dvitėjės konstrukcijos 8 – asis mazgas bus apsaugotas nuo temperatūros poveikio. Šiame mazge ribinė 500 °C temperatūra nebus pasiekta praėjus 1 h. Pažvelgę į gautus duomenis matome, kad betonas antrojo konstrukcijos įbetonavimo atveju pasižymi geresnėmis izoliacinėmis savybėmis nei mineralinė vata iki 0,6 h. Pasiekus 0,6 h ribą betono izoliacinės savybės tampa 5 % prastesnės nei mineralinės vatos.

Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, esant 2 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 27 – amė paveiksle.



27 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

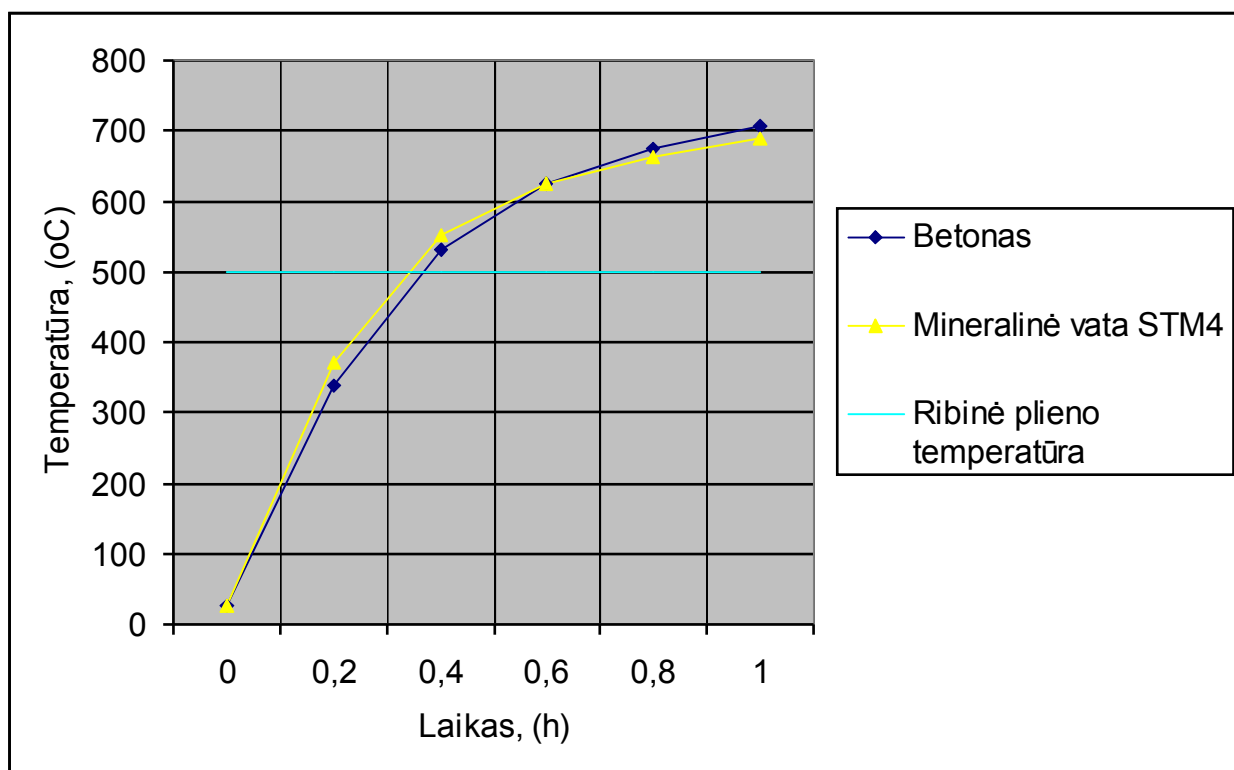
Konstrukcijos 40 mazge kritinė plieno temperatūra taip pat nebus pasiekta ir praėjus 1 h bus 406 °C ir 365 °C atitinkamai konstrukciją apsaugojus betonu arba mineraline vata. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, esant 2 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 28 – amė paveiksle.



28 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 40 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Apžvelgę gautus duomenis tiriant 2 – ajį modelį, matome, kad konstrukcijos įbetonavimo lygį sumažinus per pusę, konstrukcijos atsparumas ugniai sumažėja iki 0,35 h.

Bendras temperatūros pasiskirstymas visoje konstrukcijoje esant 2 – am įbetonavimo variantui pavaizduotas 29 paveiksle.



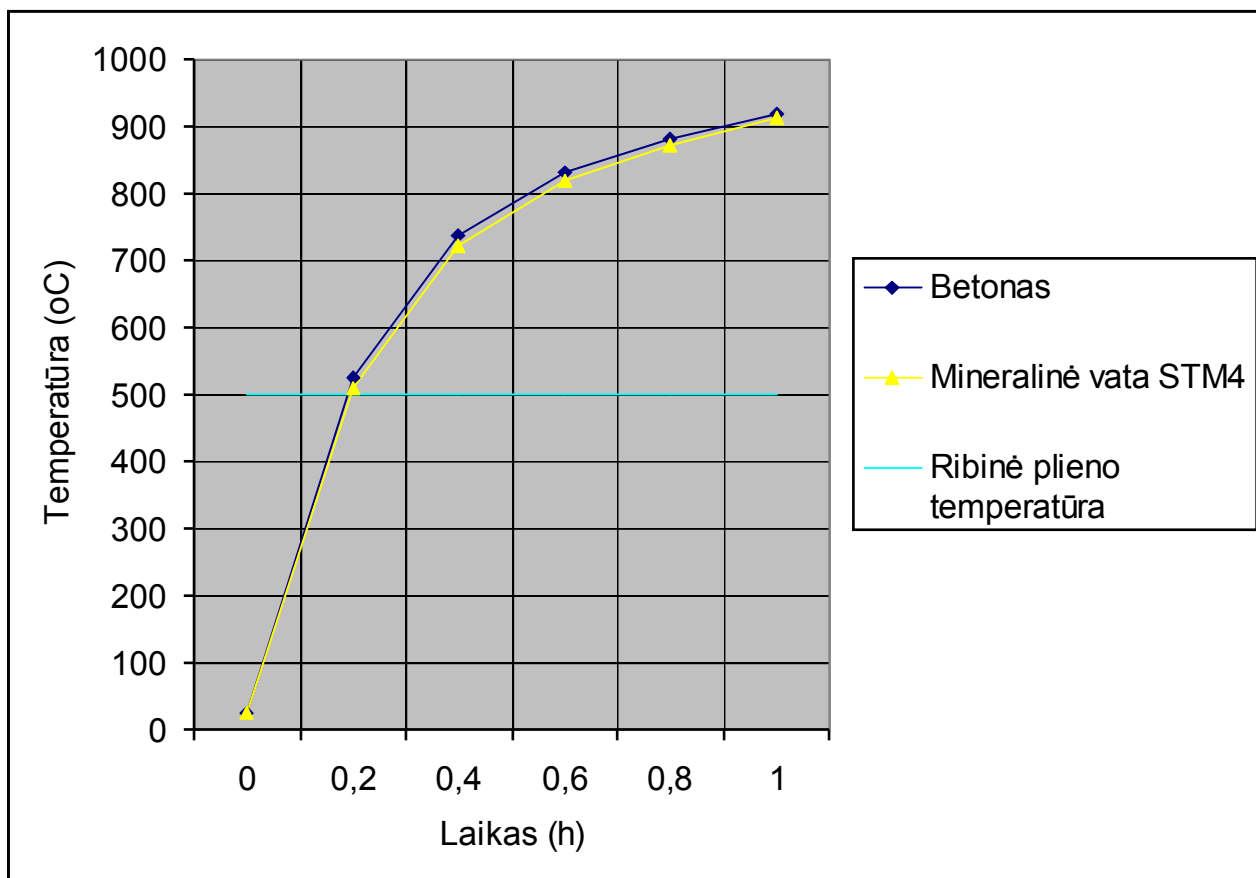
29 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Išanalizavę bendrą temperatūros pasiskirstymą konstrukcijoje pastebime, kad betono izoliacinės savybės palyginus su mineralinės vatos iki 0,6 h. yra geresnės, o viršijus šią ribą nežymiai nusileidžia.

Norėdami išsamiau išnagrinėti dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų veikiamų gaisro elgseną konstrukcijos įbetonavimo lygį sumažiname du kartus mažiau nei atrojo modelio atveju.

Pagal gautus duomenis nustatėme, kad konstrukcijos dalis, kuri bus arčiausiai gaisro poveikio, jau po 0,2 h praras savo laikomąją galią, nes konstrukcijos 1 – amė ir 5 – amė mazguose temperatūra po 0,2 h viršys 500 °C (1 – amė mazge – 571 °C, 5 – amė mazge – 524 °C). Maksimali temperatūra, kuri bus pasiekta po 1 h, sieks 945 °C.

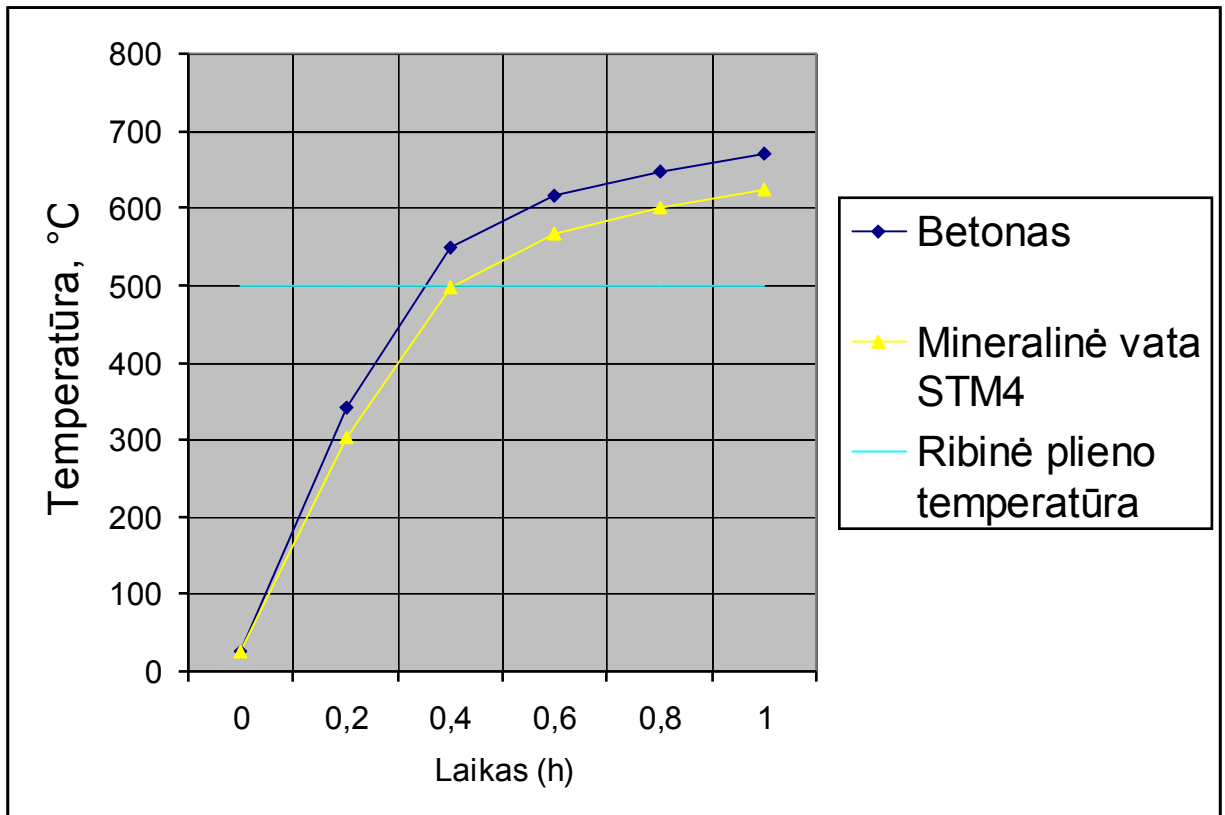
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, esant 3 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 30 – amė paveiksle.



30 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

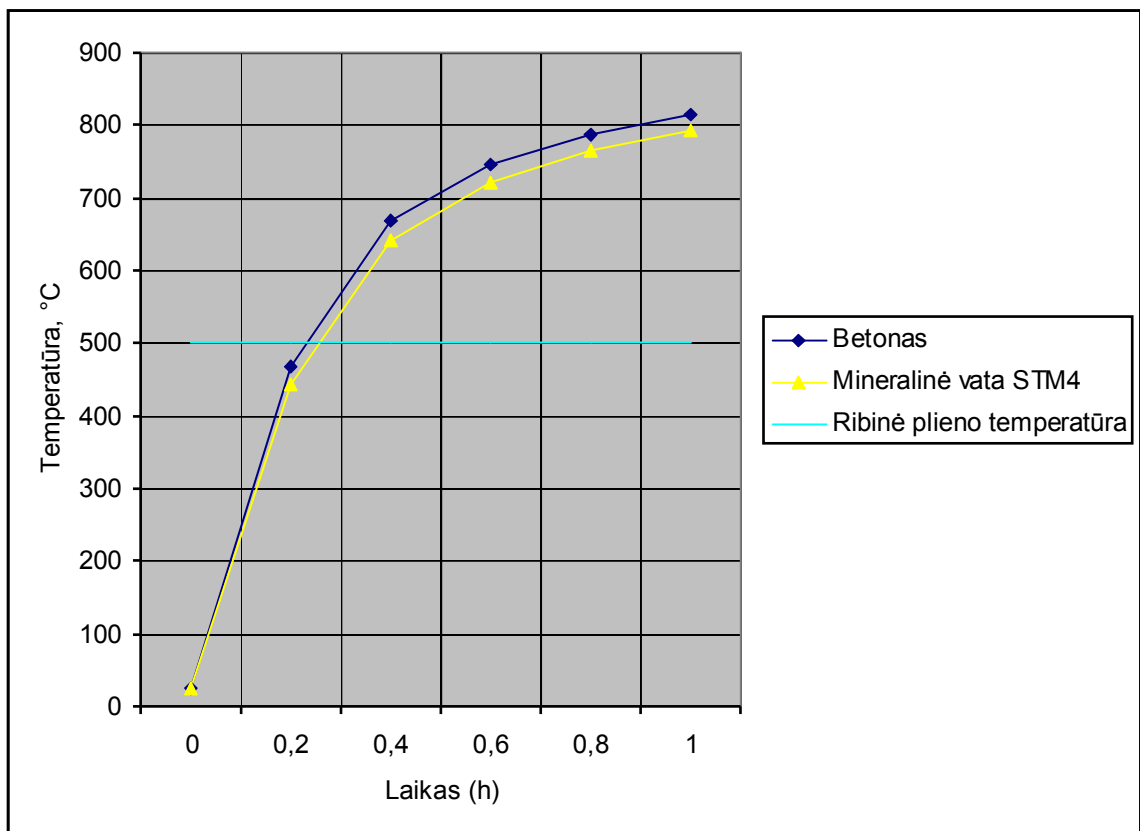
Konstrukcijos dalis, kuri bus labiausiai nutolusi nuo gaisro židinio t.y. 8 – as mazgas, kritinę 500°C temperatūrą pasieks po 0,4 h, t. y. 0,2 h vėliau nei konstrukcijos dalis, kuri bus arčiausiai gaisro židinio.

Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, esant 3 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 31 – amė paveiksle.



31 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 8 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Bendras temperatūros pasiskirstymas visoje konstrukcijoje pavaizduotas 32 – amė paveiksle.



32 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

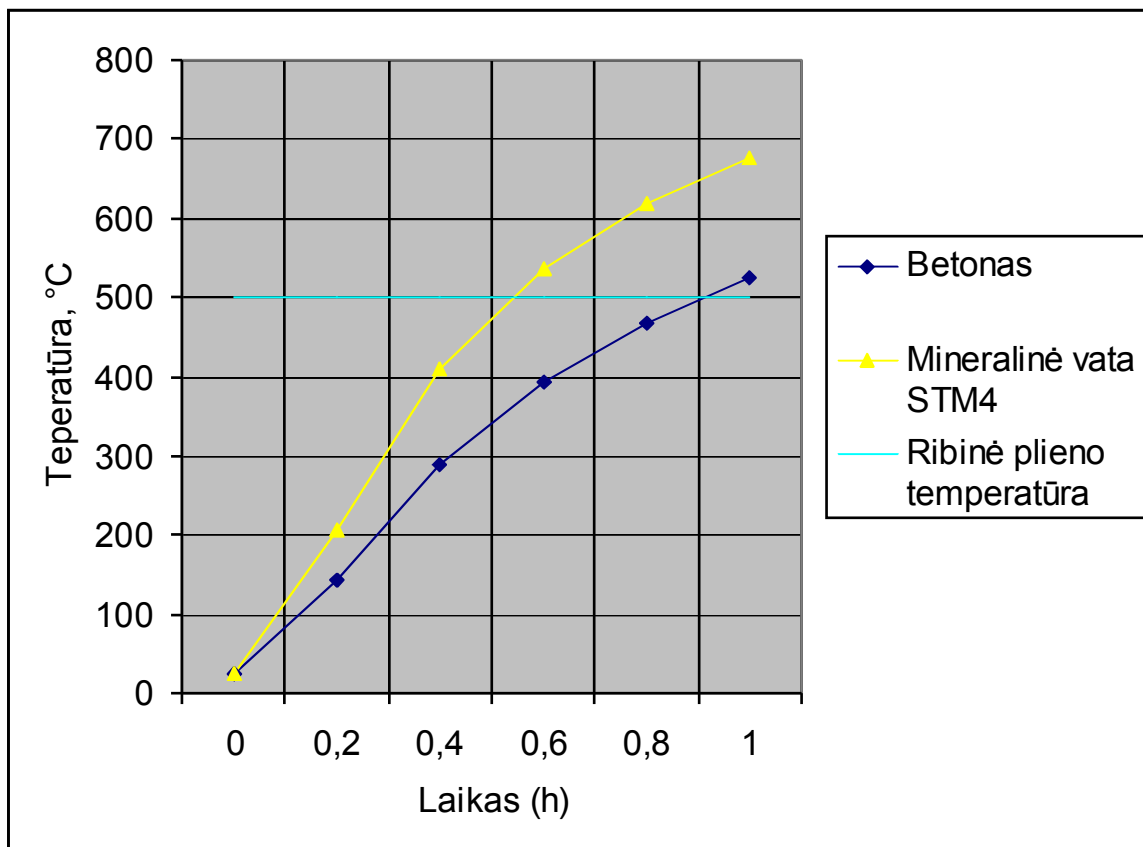
Apžvelgus gautus duomenis, matome, kad sumažinus konstrukcijos įbetonavimo lygį bendra konstrukcijos temperatūra, lyginant su antru modeliu padidėja apie 10 %.

Matydami, kad gaisro veikiamą konstrukciją yra nepakankamai apsaugota nuo gaisro, nutariame padidinti jos įbetonavimo lygį.

Programai TASEF pateikus 4 – ojo modelio analizės duomenis buvo nustatyta, kad konstrukcijos pirmame mazge esanti temperatūra, pasieks kritinę ribą (500°C , esant šiai temperatūrai plienas netenka apie 50 % stiprio. LST EN 1993-1-2) po 0,9 h, o betoną pakeitus mineraline vata STM4 po 0,5 h, nustatyta, kad kritinė plieno temperatūra padengus betono priekinę sienelę 0,01 m betono sluoksniu, net 0,4 h pailgina jos atsparumą ugniai. Nustatyta, kad po 1 h 1 – amame mazge temperatūra pasieks 526°C , o esant pastarajai temperatūrai plieno stipris bus apie 50 % (LST EN 1993-1-2). Betoną pakeitus mineraline vata, 526°C temperatūra 1 – amame mazge bus pasiekta po 0,5 h.

Po 1 h pirmame konstrukcijos mazge, kai konstrukcija bus izoliuota mineraline vata, temperatūra bus 675°C .

Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amame mazge, esant 4 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 33 – amame paveiksle.

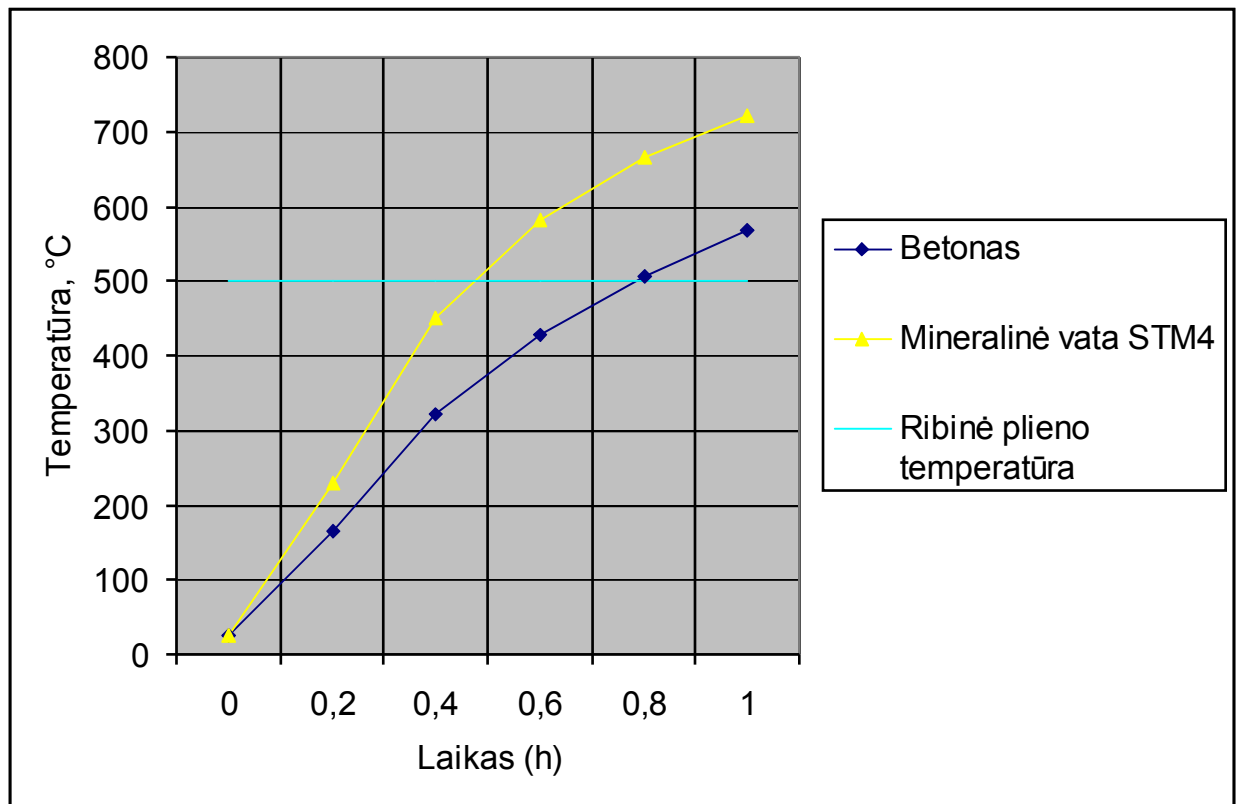


33 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 1 – amame mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Konstrukcijos 33 mazge temperatūra, palyginus su 1 – ojo mazgo temperatūra, bus didesnė ir kritinė kritinė 500°C riba bus pasiekta po 0,8 h – konstrukciją apsaugojus betonu ir po 0,4 h konstrukciją

apsaugojus mineraline vata, t. y. 0,1 h valandos greičiau nei konstrukcijos 1 – amė mazge. Po 1 h konstrukcijos 1 – amė mazge temperatūra sieks 567 °C esant betonui ir 725 konstrukciją apsaugojus mineraline vata.

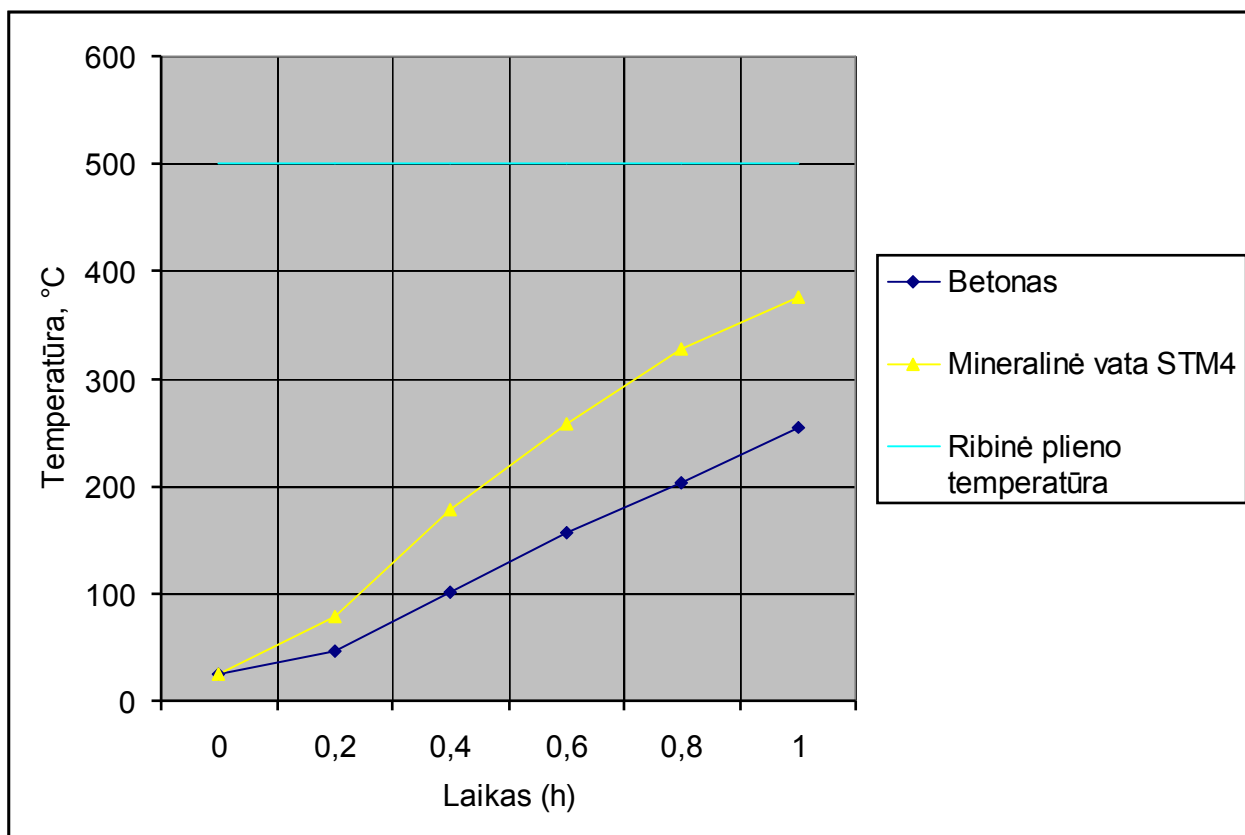
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, esant 4 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 34 – amė paveiksle.



34 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 33 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Konstrukcijos 5 – as mazgas, t. y. konstrukcijos vidurys bus žymiai geriau apsaugotas nuo temperatūros poveikio, nei konstrukcijos 1 – as mazgas. Praėjus 1 h temperatūra bus 254 °C esant betonui ir 377 °C konstrukciją apsaugojus mineraline vata. Palyginus 1 – ojo ir 33 – ojo mazgo temperatūras matyti, kad jos skiriasi beveik du kartus.

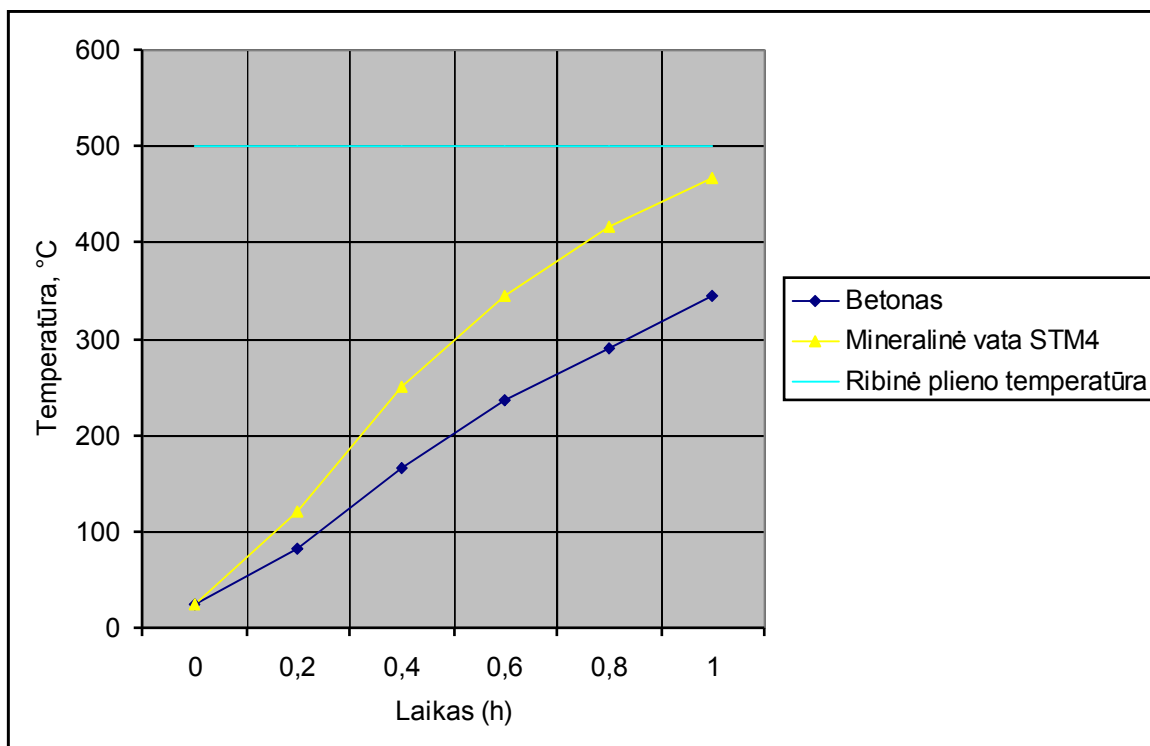
Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, esant 4 – am įbetonavimo variantui, pateikiama 35 – amė paveiksle.



35 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko 5 – amė mazge, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Tiek konstrukcijos 8 – asis, tiek 40 – asis mazgai, t. y. konstrukcijos dalis, kuri yra labiausiai nutolusi nuo gaisro židinio, yra žymiai geriau apsaugoti nuo temperatūros poveikio nei priekinė konstrukcijos dalis. Praėjus 1 h šiuose mazguose temperatūra nesisieks net 200 °C.

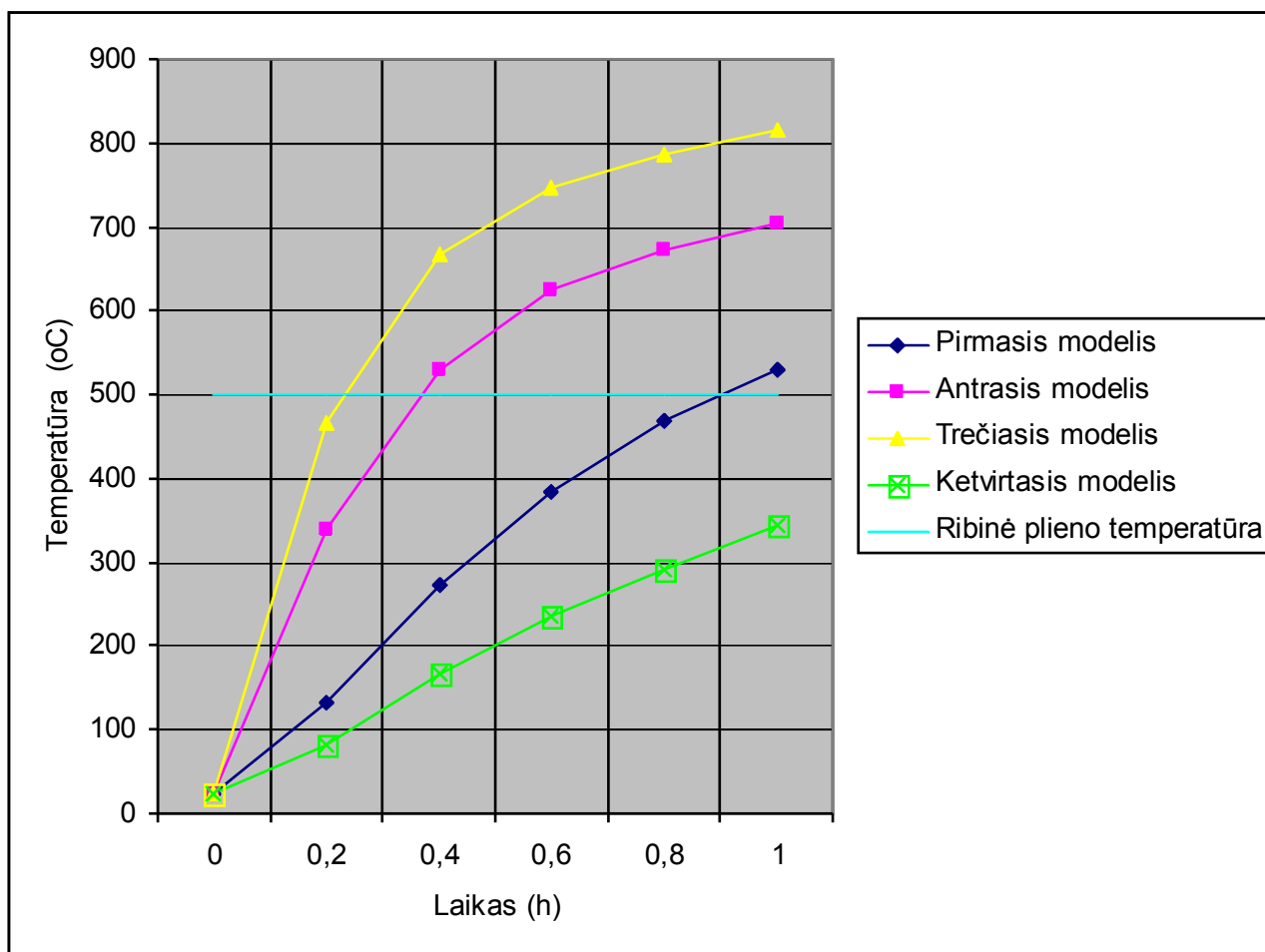
Bendras temperatūros pasiskirstymas visoje konstrukcijoje, esant 4 – am įbetonavimo variantui pavaizduotas 36 – amė paveiksle.



36 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių

Apžvelgus ketvirtojo modelio analizės rezultatus, matome, kad taip įbetonuota konstrukcija bus atspari ugniai daugiau nei 1 h.

Visų modelių temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai izoliacine medžiaga parenkame betoną, pavaizduotas 37 paveiksle.



37 pav. Temperatūros priklausomybė nuo laiko visoje konstrukcijoje, kai atitvaros medžiaga yra skirtingų savybių (1 – 4 skaičiavimai)

3.2. Prognozavimo metodo praktinis pritaikymas atliekant iš dalies įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai skaičiavimus

Atlikus visus skaičiavimus nustatėme įvairių tipų (esant skirtingam įbetonavimo būdui) konstrukcijų atsparumus ugniai (laiką kol bendra konstrukcijos temperatūra pasieks kritinę plieno temperatūrą - 500 °C, esant šiai temperatūrai plienas netenka apie 50 % stiprio. LST EN 1993-1-2).

Tam, kad būtų galima paprasčiau pavaizduoti atsparumo ugniai priklausomybę, nuo konstrukcijos įbetonavimo lygio, mes į skaičiavimus įtraukiame naują dydį L_v kuris yra lygus santykiui tarp uždengtos betonu konstrukcijos perimetro ir neuždengtos betonu konstrukcijos perimetro.

Čia:

$$L_v = L_1/L_2;$$

(7)

Čia L_1 = uždengtos betonu konstrukcijos perimetras [m];

L_2 = neuždengtos betonu konstrukcijos perimetras [m];

L_v skaičiavimai pateikiami žemiau.

L_{v1} (esant pirmam įbetonavimo variantui).

$$L_{v1} = \frac{0,047 \cdot 2 + 0,08}{(0,05 + 0,01) \cdot 2 + 0,1} = 0,79;$$

L_{v2} (esant antram įbetonavimo variantui).

$$L_{v2} = \frac{0,047 + 0,04}{(0,05 + 0,01) \cdot 2 + 0,047 + 0,1 + 0,04} = 0,283;$$

L_{v3} (esant trečiam įbetonavimo variantui).

$$L_{v3} = \frac{0,01 + 0,047}{(0,05 + 0,01) \cdot 2 + 0,07 + 0,1 + 0,047} = 0,16$$

Esant pirmam įbetonavimo variantui (kai santykis tarp uždengtos betonu konstrukcijos ir neuždengtos betonu konstrukcijos perimetrų yra: 0,16) atsparumas ugniai yra: 0,19 h, kai santykis - 0,283 atsparumas ugniai yra: 0,38 h, kai santykis – 0,79 atsparumas ugniai yra: 0,9 h.

Išanalizavę gautus atsparumo ugniai rezultatus, matome, kad kuo konstrukcija mažiau įbetonuota, tuo jos atsparumas ugniai bus mažesnis.

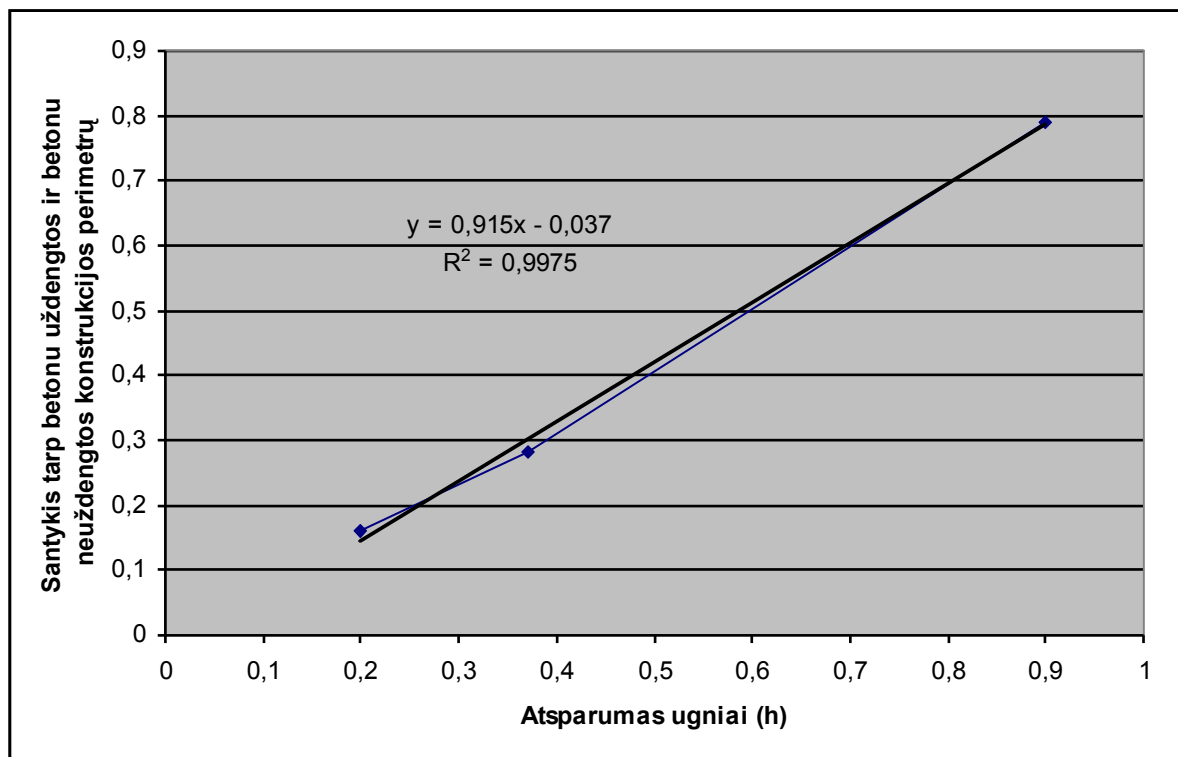
Dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai palyginamieji duomenys pateikiami 4 – oje lentelėje.

4 lentelė. Dalinai įbetonuotų konstrukcijų atsparumo ugniai palyginamieji duomenys

Konstrukcijos įbetonavimo variantas	Konstrukcijos įbetonavimo koeficientas	Konstrukcijos atsparumas ugniai, kai konstrukcija apsaugota betonu, h	Konstrukcijos atsparumas ugniai, kai konstrukcija apsaugota mineraline vata, h
1	0,79	0,9	0,6
2	0,283	0,38	0,34
3	0,16	0,19	0,2
4	0*	>1,0	>1,0

* – įbetonuota visa konstrukcija.

Atsparumo ugniai priklausomybė nuo santykinio dydžio L_v pavaizduota 38 paveiksle.



38 pav. Konstrukcijos atsparumo ugniai priklausomybė nuo konstrukcijos įbetonavimo lygio

Gauta kreivė nubrėžta iš trijų taškų, todėl ji tiksliai neatspindi atsparumo ugniai (toliau tekste – AU) priklausomybės nuo santykinio dydžio L_v . Naudodamiesi programinės įrangos paketo *Micro Sorft Office* programa *Excel* iš gautos kreivės, nubrėžiame regresinės analizės kreivę, kuri gali būti: tiesinė, logaritminė, eksponentinė ir laipsninė. Regresinės analizės kreivę vaizduoja (šiuo atveju) tikslią AU priklausomybę nuo L_v . Parenkant regresinės analizės kreivę, atsižvelgiama į šių kreivių koreliacijos koeficientą R^2 , kuomet šio koeficiento kvadratas artimesnis skaičiui „1“ tuo ryšys tarp dydžių yra stipresnis (geriau atspindi rezultatus). Mūsų atveju rezultatus geriausiai atspindi tiesinės regresijos analizės kreivė, nes koreliacijos koeficientas R^2 yra artimiausias skaičiui „1“, lyginant su kitomis kreivėmis ir yra lygus 0,9975.

Programa *Excel* apskaičiuojame gautos regresinės analizės kreivės lygtį, kuri lygi:

$$y = 0,915x - 0,037; \quad (8)$$

Čia:

x = atsparumas ugniai [h];

y = Santykis tarp uždengtos betonu konstrukcijos ir neuždengtos betonu konstrukcijos perimetrų.

Iš gautosios lygties išsireiškiame nežinomąjį dydį „ x “, kuris lygus:

$$x = \frac{y + 0,037}{0,915}; \quad (9)$$

Gautoji lygtis atspindi priklausomybę tarp iš dalies įbetonuotos konstrukcijos atsparumo ugniai ir santykio tarp uždengtos betonu konstrukcijos ir neuždengtos betonu konstrukcijos perimetrų.

Įstatę į lygtį santykinį dydį L_v mes galėsime apskaičiuoti, kiek laiko konstrukcija bus atspari ugniai.

Lygties patikrinimas:

$$x_1 = \frac{y + 0,037}{0,915} = \frac{0,79 + 0,037}{0,915} = 0,90;$$

$$x_1 = \frac{y + 0,037}{0,915} = \frac{0,283 + 0,037}{0,915} = 0,35;$$

$$x_1 = \frac{y + 0,037}{0,915} = \frac{0,16 + 0,037}{0,915} = 0,22.$$

IŠVADOS

Išnagrinėjus literatūrą darbo tema ir atlikus skaičiavimus bei jų analizę galima daryti šias išvadas:

1. Plieninės konstrukcijos plačiai naudojamos statybose ir jų mažas atsparumas ugniai yra didžiausia neigiama savybė. Mažai pateikiama informacijos apie dalinai įbetonuotų ar kitomis medžiagomis padengtų plieninių konstrukcijų elgseną gaisro metu ir jų atsparumo ugniai nustatymą. Pagrindiniai rodikliai, turintys įtakos plieninių konstrukcijų dalinai padengtų kitomis medžiagomis atsparumui ugniai, yra plieno ir dengiančios medžiagos šiluminės savybės.
2. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad neapsaugota plieninė konstrukcija jau po 0,2 valandos praranda savo laikomąją galią, dėl to darome išvadą, kad neapsaugotos plieninės konstrukcijos pasižymi labai žemu atsparumu ugniai, netenkinamas net minimalus reikalavimas R15, todėl būtina naudoti papildomas atsparumą ugniai didinančias priemones.
3. Nustatyta, kad, mažinant plieninės konstrukcijos įbetonavimą, atsparumas ugniai mažėja. Lyginat dalinai įbetonuotos konstrukcijos 1 – jį ir antrąjį modelius nustatyta, kad, sumažinus įbetonavimą du kartus, konstrukcijos atsparumas ugniai sumažėja 0,5 h – kai atsparumą ugniai didinanti medžiaga – betonas ir 0,2 h kai atsparumą ugniai didinanti medžiaga – mineralinė vata. Šį faktą paaiškiname tuo, kad kuo konstrukcija labiau apsaugota betonu, tuo šiluma labiau nuvedama ir konstrukcijos temperatūra kyla lėčiau.
4. Lyginant temperatūros pokyčius tarp pirmojo ir ketvirtojo modelių nustatyta, kad plieninės konstrukcijos išorinę pusę izoliavus nuo tiesioginio temperatūros poveikio (padengus 0,01 m betono sluoksniu) atsparumas ugniai padidėja ir praėjus valandai konstrukcijos temperatūra bus 186 °C mažesnė nei tuo atveju, kai plieninės konstrukcijos priekinė dalis nebus padengta atsparumą ugniai didinančia medžiaga.
5. Nustatyta, kad betonas yra geresnė atsparumą ugniai didinanti medžiaga nei pasirinktoji mineralinė vata, nes, esant pirmam skaičiavimo modeliui, betonu izoliuotos konstrukcijos atsparumas ugniai bus 0,3 h ilgesnis lyginant su mineraline vata padengtos konstrukcijos atsparumu ugniai, o, esant ketvirtam skaičiavimo modeliui, praėjus 1 h betonu padengtos konstrukcijos temperatūra bus 124 °C žemesnė, nei tuo atveju kai konstrukcija padengta vata, todėl, norint užtikrinti plieninių konstrukcijų atsparumą ugniai, rekomenduojama naudoti betoną arba rinktis kitokią atsparumą ugniai didinančią medžiagą, arba didinti naudotos vatos kiekį.
6. Rekomenduojama nenaudoti plonų betono sluoksnių, nes nustatėme, kad kai konstrukcijos įbetonavimo koeficientas yra 0,16, betonu izoliuotos konstrukcijos temperatūra bus 10 % didesnė lyginant su akmens vata izoliuotos konstrukcijos temperatūra.

7. Iš dalies įbetonuotos plieninės konstrukcijos atsparumo ugniai ir santykinio dydžio L_v , kuris lygus santykiui tarp betonu uždengtos konstrukcijos ir neuždengtos betonu konstrukcijos perimetru, priklausomybė yra tiesinė ir nustatyta tiesinės regresijos lygtis, kuri suteikia galimybę interpoliuoti tarp nagrinėtų variantų.
8. Baigiamajame darbe taikyta dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumo ugniai prognozavimo metodika gali būti taikoma prognozuojant dalinai įbetonuotų plieninių konstrukcijų atsparumą ugniai, prieš atliekant bandymus ar projektuojant statinių konstrukcijas. Metodika leidžia sutaupyti daug lėšų ir laiko, nes taikant metodiką galima lengvai redaguoti konstrukcijos matmenis, medžiagų savybes, montavimo ypatumus ir bandymų sąlygas.

LITERATŪRA

1. P. Čyras, Gaisrinės saugos specialybės diplominio darbo metodinės rekomendacijos. Vilnius: Technika, 1994. 38 p.
2. J. Bendikas. Plienas, valcuotieji metalo gaminiai, valcuotieji vamzdžiai. Vilnius: Senoja, 2002. 107 p.
3. P. Gerdžiūnas, V. Plakys. Bendrieji akademinių darbų įforminimo reikalavimai. Vilnius: Technika, 2005. 75 p.
4. S. Silvennoinen. Plieno gaminiai. Projektuotojo vadovas. Suomija: Keuru, 1996. 272 p.
5. A. Kudzys. Gelžbetoninės ir mūrinės konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1992. 390 p.
6. STR 2.01.04:2004. Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai. Patvirtinta Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 m. gruodžio 24 d. įsakymu Nr. 704. 35 p.
7. LST EN 1994-1-2+AC1 „Eurokodas 4. Kompleksinių plieninių ir betoninių konstrukcijų projektavimas. 1-2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų gaisrinės saugos projektavimas“;
8. LST EN 1993 – 1 – 2 „Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1 – 2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų gaisrinės saugos projektavimas“;
9. EN 1365 – 2 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 3: beams;
10. EN 1365 – 2 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 4: Columns;
11. ENV 13381 – 1 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members – Part 4: Applied protection to steel members;
12. EN 1991 – 1 – 2 Eurocode 1: Actions on structures – part 1.2: General Actions – Actions on structures exposed to fire;
13. A. Ranby, T. Inha, J. Myllymäki. Structural steel fire design. SBI publication 134, 104 p.
14. K. Lavesson. Loadbearing capacity of fire exposed steel beams partially embedded in concrete. A theoretical analysis. Lund: Brandteknik, 1996. 81 p.
15. LST EN 1993-1-2;
16. Prieiga per internetą: <http://www.sp.se/en/index/services/calculations/tasef/Sidor/default.aspx>.
17. E. Zalieckienė. Degimo ir gesinimo teorija. Vilnius: Technika, 2004. 99 p.
18. R. Mačiulaitis; K. Lukošius. Medžiagų gaisro ir sprogimo pavojaus įvertinimas : mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2005, 100 p.
19. Mačiulaitis, Romualdas. Naujas metodas konstrukcijų atsparumui ugniai prognozuoti // Mokslas ir technika : Lietuvos MA ir Lietuvos inžinierių sąjungos mėnesinis žurnalas. ISSN 0134-3165. 2004, Nr. 9, p. 34-35.
20. А. В. Бобылев, механические и технологические свойства металлов. Москва: Металлургия, 1987. 206 p.

21. В. Н. Байков, Г. И. Попов. Строительные конструкций, Москва: Высшая школа, 1986. 543 p.
22. J. Žvinys, Konstrukciniai lydiniai. Kaunas: Technologija, 2000. 665 p.
23. Prieiga per internetą: <http://www.sp.se/en/index/services/calculations/TASEF/Sidor/default.aspx> [žiūrėta: 2008-02-20];
24. E. Sterner, U. Wickström. Tasef – temperature analysis of structures exposed to fire user's manual. Fire technology SP report: 1990, 90 p.
25. Baigiamasis studijų darbas: kalbininkų patarimai, teorija ir tvarkyba/Leonora Domininka Barzdžiukienė, Vilija Celiešienė, Angelė Kaulakienė; Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Humanitarinis institutas. Lietuvių kalbos katedra. Vilnius: Technika, 2005, 148 p.
26. N. Paliulis, A. Garškienė, A. Pabedinskienė ir kt. Magistrantūros studijų baigiamasis darbas. Vilnius, Technika, 1998, 23 p.
27. A. Nakas, A. Gajauskas, J. Prikšaitis. Civilinių pastatų konstrukcijos. Vilnius: Mokslas, 1992, 248 p.
28. R. P. Johnson. Composite structures of steel and concrete. London: Blackwell publishing, 2004, 230 p.
29. Prieiga per internetą: <http://www.fsd.se/en/index.php?menulink=RaD&submenu=steel> [žiūrėta: 2007-06-02];
30. Prieiga per internetą: <http://asfp.associationhouse.org.uk/default.php?cmd=213> [žiūrėta: 2007-04-12];
31. Prieiga per internetą: http://www.efunda.com/formulae/heat_transfer/convection/overview_conv.cfm [žiūrėta: 2008-06-05];
32. Prieiga per internetą: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/Hbase/thermo/heatra.html> [žiūrėta: 2007-08-26];
33. R. Lawson. Design of composite slabs and beams with steel decking. SCI publication. 1989. 30 p.
34. M. Zhongcheng. Fire safety design of composite slim floor structures. Finland:Helsinki University of technology, 2000. 52 p.
35. G. Marčiukaitis. Pastatai ir jų konstrukcijos. Vilnius: Technika, 2004. 134 p.
36. P. Maklelainen. Behavior of composite slim floor structures in fire. Journal of structural engineering, ASCE, Vol. 126, No 7, pp. 830-837, July 2000.
37. F. Hart, F. Henn, W. Sontag. Multi-storey buildings in steel. Collins, London 1985. 34p.

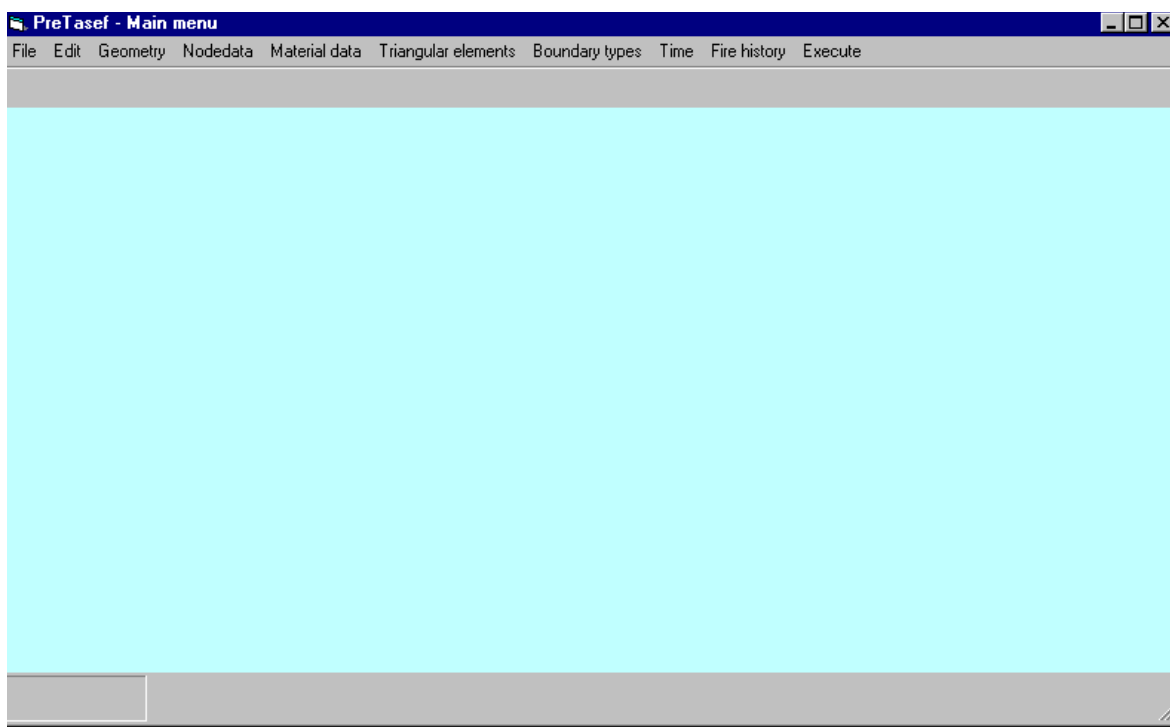
PRIEDAI

1 priedas

PRIEDAS „A“ DARBO, NAUDOJANT PROGRAMĄ TASEF, APRAŠYMAS

Pagrindinis meniu (Main Menu)

TASEF įrašymo duomenų rinkmeną galima lengvai sukurti naudojant *PreTasef* pirminio apdorojimo procesorių. Vartotojas gali naudoti seną laikmeną, ją modifikuoti ir išsaugoti kaip naują laimeną, arba pradėti kurti naują rinkmeną nuo pradžios. Pagrindiniame meniu yra keletas išskleidžiamų meniu, į kuriuos vartotojas, kurdamas laikmeną, gali patekti. Pagrindinio meniu langas yra parodytas 1 pav.



1 pav. Pagrindinis *PreTasef* pirminio apdorojimo procesoriaus meniu

[1 pav.

Main menu - pagrindinis meniu;

File – rinkmena;

Edit – redaguoti;

Geometry – geometrija;

Node data – viršūnės duomenys;

Material data – medžiagos duomenys;

Triangular elements – trikampiai elementai;

Boundary types – ribų tipai;

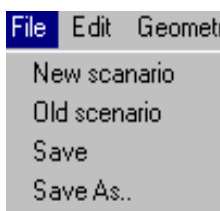
Time – laikas;

Fire history – gaisrų registras;

Execute – vykdyti]

1.1 Išskleidžiamasis rinkmenos (File) meniu

Išskleidžiamasis rinkmenos (File) meniu yra naudojamas naujai laikmenai sukurti arba senai laikmenai redaguoti bei laikmenos išsaugojimui nauju pavadinimu. Jame galimos keturios parinktys: nauja laikmena (*New scenario*), sena laikmena (*Old scenario*), išsaugoti (*Save*) ir išsaugoti kaip (*Save As*) (žr. 2 pav.).



2 pav. Išskleidžiamasis rinkmenos meniu

[2 pav.

File – rinkmena;

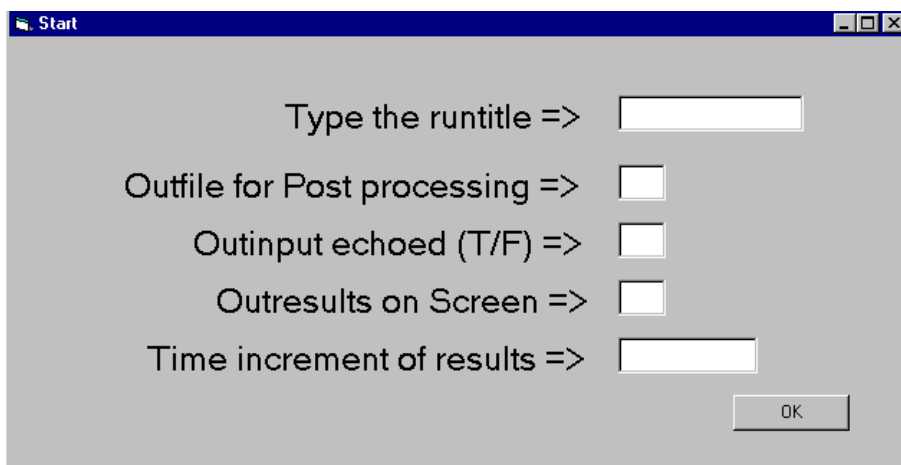
New scenario – nauja rinkmena;

Old scenario – sena rinkmena;

Save – išsaugoti;

Save As - išsaugoti kaip]

Pasirinkus naujos laikmenos (New scenario) parinktį, atidaromas toks langas:



3 pav. Paleisties langas naujiems duomenims nurodyti

[3 pav.

Start - paleistis

Type of runtitle - proceso pavadinimo tipas;

Outfile for Post processing – išorinė rinkmena tolimesniam apdorojimui;

Outinput echoed (T/F) – pakartotinė išorinė išvestis(T/F);

Outresults on Screen – išoriniai rezultatai ekrane;

Time increment of results – rezultatų laiko padidėjimas]

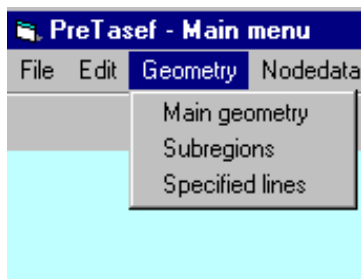
Pirmajame tekstiniame langelyje pateikiami standartiniai duomenys. Pateikiant neturi būti taškų (.), nes jie toliau bus naudojamas TASEF rinkmenų pavadinimams kurti. Kiti trys tekstiniai langeliai yra naudojami loginių kintamųjų „True“ (teisinga) (T) arba „False“ (F) (klaidinga) įvedimui tolimesniam apdorojimui ir rezultato išvesčiai ekrane. Paskutiniame tekstiniame langelyje valandos dalimis yra nurodomas rezultatų laiko padidėjimas.

*Pavyzdys: Jei pirmajame tekstiniame langelyje yra įrašytas proceso pavadinimas „test“ (testas), tuomet „Save“ (išsaugoti) parinktimi sukuriamos dvi rinkmenos: **test.dat**, kuri yra pakartotinai nuskaitoma pirminio apdorojimo procesoriui ir **test.tas**, kuri yra nuskaitoma TASEF. Jei vartotojas nori pasirinkti kitą pavadinimą, tuomet reikėtų naudoti parinktį „Save As“ (išsaugoti kaip).*

Peržiūrint seną laikmeną, atidaromas dialogo langas, kuriame prašoma nurodyti senąją laikmenos pavadinimą. Pavyzdžiui, jei laikmeną su „runtitle“ testu turi nuskaityti, vartotojas privalo įrašyti **test.dat** (įskaitant plėtinį .dat).

2.2 Išskleidžiamasis geometrijos (Geometry) meniu

Išskleidžiamasis geometrijos meniu yra naudojamas nurodyti skaičiavimo srities išorinėms riboms, posričiams ir nusakytų papildomų eilučių matematinio tinklelio patobulinimus. Išskleidžiamasis geometrijos meniu yra parodytas 4 pav.



4 pav. Išskleidžiamasis geometrijos meniu

[4 pav.

Main geometry – pagrindinė geometrija;

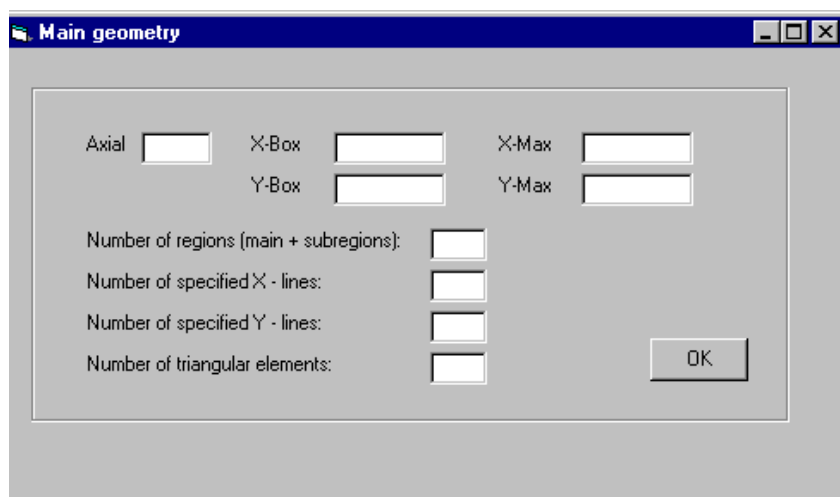
Subregions – posričiai;

Specified lines - nustatytos linijos]

Parinktyje „Pagrindinė geometrija“ (Main geometry) galima nurodyti skaičiavimo srities išorines ribas. Jos yra Dekarto koordinatėmis nuo pradžios iki X-max ir Y-max, atitinkamai, x ir y kryptimis. X-langelio (Xbox) ir Y-langelio (Ybox) dydžių nurodymas yra pirmasis tinklelio patobulinimas. TASEF sukurs vienodą tinklelį, kuriame linijos visoje skaičiavimo srityje bus atskirtos Xbox ir Ybox ilgiais. Papildomos tinklelio linijos yra automatiškai įterpiamos ties nurodytų posričių ribiniais kraštais. Vartotojas taip pat gali nurodyti papildomas linijas bet kurioje skaičiavimo srities vietoje. Jei nustatoma, kad Xbox ir Ybox yra tokio paties dydžio kaip, atitinkamai, X-max ir Y-max, ir jei nėra nurodoma posričių arba papildomų eilučių, TASEF tinklelis yra tik stačiakampis aplink visą skaičiavimo sritį. Šią parinktį patogiu naudoti tuomet, kai vartotojas nori nurodyti visas linijas savo konkrečiai problemai.

Jei skaičiavimo sritis yra simetriška, tuomet nustačius ašį ties „True“ (teisinga) („Axial“ (ašies) tekstiniame langelyje įrašant „T“), bus naudojama ašinės simetrijos parinktis. Priešingu atveju naudojama parinktis „False“ (klaidinga) (F).

Sričių skaičius, t.y. pagrindinės sritys + posričiai, nurodytos linijos ir trikampiai elementai yra nurodomi formos, kurios parodytos 5 pav., tekstiniuose langeliuose įrašant atitinkamas reikšmes.



5 pav. Pagrindinė geometrijos specifikacija

[5 pav.

Main geometry – pagrindinė geometrija;

Axial – ašinė;

Number of regions [main + subregions] – sričių skaičius [pagrindinės sritys + posričiai];

Number of specified X – lines – nurodytų X linijų skaičius;

Number of specified Y – lines – nurodytų Y linijų skaičius;

Number of triangular elements – trikampių elementų skaičius;

Posričių specifikacijos yra sukuriamos atitinkamuose langeliuose, parodytuose 6 pav., įrašant minimalias (min) ir maksimalias (max) reikšmes kiekvienam posričiui. Jei posrityje nėra kietosios medžiagos, tuomet tai sričiai nustatykite „Fictitious True“ (fiktyvus teisinga) (T), priešingu atveju nustatykite „False“ (klaidinga) (F). Naudojant naujausią *PreTasef* versiją maksimalus posričių skaičius yra 6. Jei reikia daugiau sričių, vartotojas turėtų naudotis *Intasef* arba, dar paprasčiau, redaguoti tik įrašymo tekstinę rinkmeną.

	Min (X,Y)		Max (X,Y)		Fictitious
Subregion 1					☐
Subregion 2					☐
Subregion 3					☐
Subregion 4					☐
Subregion 5					☐
Subregion 6					☐

6 pav. Posričių specifikacija

[6 pav.

Subregions – posričiai

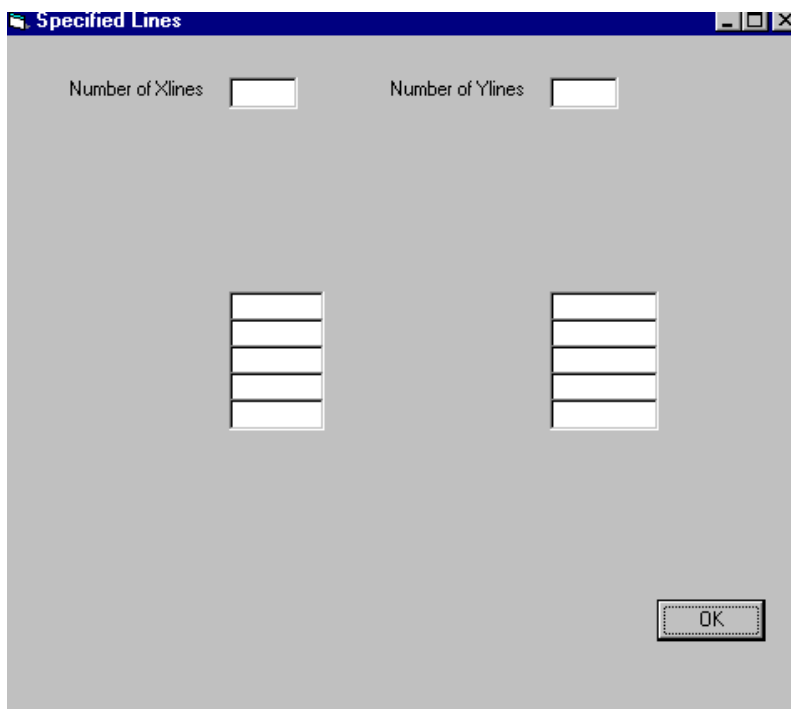
Number of subregions – posričių skaičius;

Fictitious – fiktyvus;

Subregion – posritis;

Cancel – atšaukti]

Nurodytos papildomos linijos yra brėžiamos tekstiniuose langeliuose, esančiuose 7 pav. pateiktoje formoje, nurodant koordinates. Jei linijų skaičius jau buvo nurodytas, pavyzdžiui, pirmiausiai dirbant su pagrindine geometrija (Main geometry) (žr. 5 pav.) arba nuskaitant seną rinkmeną, X eilučių ir Y eilučių skaičius iš karto parodomas atitinkamuose langeliuose. Šioje formoje galima pakeisti eilučių skaičių ir jų padėtį. *PreTasef* linijos neprivalo būti nurodytos didėjančiomis koordinatėmis. *PreTasef* surūšiuos visas linijas prieš jas įrašant į TASEF įrašymo rinkmeną. Dvigubos linijos, t.y. tos linijos, kurios yra vienoje padėtyje, taip pat bus automatiškai pašalintos. Vartotojui nereikia tikrinti, ar linijos nesutampa su posričio ribomis ar linija, sukurta su Xbox ir Ybox, kadangi *PreTasef* automatiškai pašalins visas dvigubas linijas. Naujausioje *PreTasef* versijoje maksimalus tiek nurodytų X linijų, tiek Y linijų skaičius yra 10.



7 pav. Nurodytos papildomos linijos

[7 pav.

Specified Lines – nurodytos linijos;

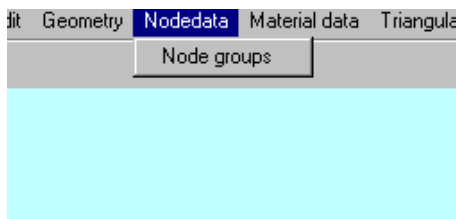
Number of specified X – lines – nurodytų X linijų skaičius;

Number of specified Y – lines – nurodytų Y linijų skaičius;

2.3 Išskleidžiamasis viršūnių duomenų (Node data) meniu

TASEF taiko viršūnių skaitinio kodavimo hierarchiją kaip prasidedančią ties x-y plokštumos pradžia. Taškui $(x,y) = (0,0)$ suteikiamas viršūnės skaičius 1, skaitinis kodavimas tęsiamas teigiama y ašies kryptimi pirmojoje x linijoje ($x = 0$). Jei y kryptimi yra N viršūnių skaičius, tuomet kita x linija prasideda viršūnės skaičiumi N+1, N+2... iki $2N$, ir t.t. *PreTasef* automatiškai sunumeruoja visas viršūnes prieš sukurdamą TASEF įrašymo rinkmeną. Tuo būdu, kai yra įterpiama papildoma linija, viršūnės yra automatiškai pernumeruojamos.

8 pav. parodytas išskleidžiamasis viršūnių duomenų meniu, kuriame yra tik vienas punktas: „Node Groups“ (viršūnių grupės). TASEF viršūnių grupės paprastai yra viršūnės ribose, kuriose taikytinos skirtingos ribinės sąlygos. Viršūnių grupės taip pat galima nustatyti ir kietosios medžiagos viduje, pavyzdžiui, tam, kad medžiagoje būtų galima modeliuoti šilumos šaltinį, – tai nėra labai dažnai pasitaikanti procedūra).



8 pav. Išskleidžiamasis viršūnių grupių meniu.

[8 pav.

Node data – viršūnių duomenys

Node Groups – viršūnių grupės]

Kiekvienai viršūnių grupei vartotojas privalo nustatyti galines koordinates, nes viršūnės yra fizinėse koordinatėse. Tai atliekama atitinkamuose tekstiniuose laukeliuose, parodytuose 9 pav., įrašant pirmojo X (Xfirst), pirmojo Y (Yfirst), paskutiniojo X (Xlast) ir paskutiniojo Y (Ylast) reikšmes kiekvienai viršūnių grupei. *PreTasef* automatiškai patikrina linijos orientaciją viršūnių grupėje. Pavyzdžiui, jeigu „Yfirst“ yra lygus „Ylast“, tuomet ribos viršūnės linija yra orientuota x kryptimi. Ši *PreTasef* versija kaip viršūnių grupes tvarko tik tiesiąsias linijas. Nėra taisyklės, nustatančios, kuria kryptimi yra atliekamas viršūnių skaičių indeksavimas, t.y. vartotojas gali parinkti nustatyti „Xlast“ (arba „Ylast“) kaip turinčius aukštesnes koordinates negu „Xfirst“ (arba „Yfirst“) fizinėje erdvėje. Specialios taisyklės galioja viršūnių grupėms, susijusioms su tuštumomis. Tuštumos viršūnių indeksavimas visais atvejais privalo vykti viena kryptimi, arba laikrodžio rodyklės kryptimi, arba prieš laikrodžio rodyklę. Krypčių kaitalioi neleidžiama.

Kiekvieną tuštumą gali sujungti keturios viršūnių grupės. Viršūnės skaičius su paskutiniu pirmosios tuštumos viršūnių grupės indeksu turi būti tas pats viršūnės skaičius su pirmuoju antrosios tuštumos viršūnių grupės indeksu.

Egzistuoja papildomi fiziniai parametrai, kurie turi būti įrašyti kiekvienai viršūnių grupei, spinduliavimui ir konvekcijos koeficientui bei konvekcijos galiai.

Ši *PreTasef* versija gali apdoroti daugiausia 15 viršūnių grupių.

PreTasef - Boundary Node Groups

Specification of Node Groups

Number of Node Groups

Node Group	Xfirst	Yfirst	Xlast	Ylast	Number of Nodes	Emissivity	Convection factor	Convection Power

9 pav. Viršūnių grupių specifikacija

[9 pav.

Specification of Node Groups – viršūnių grupių specifikacija

Number of Node Groups – viršūnių grupių skaičius;

Node Group – viršūnių grupė;

Number of Nodes – viršūnių skaičius;

Emissivity – spinduliavimas;

Convection factor – konvekcijos (šilumos perdavimo) koeficientas;

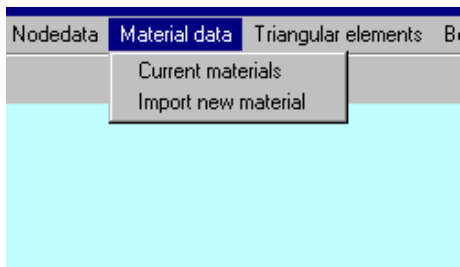
Convection power – konvekcijos galia;

Update – atnaujinti;

Main menu – pagrindinis meniu]

2.4 Išskleidžiamasis medžiagos duomenų (Material data) meniu

Medžiagos, naudojamos atliekant skaičiavimus TASEF, yra apibūdinamos pagal savitąjį šilumos laidumą ir specifinę šilumą. Išskleidžiamasis medžiagos duomenų meniu yra skirtas skirtingų medžiagų įterpimui į TASEF laikmeną, žr. 10 pav.



10 pav. Išskleidžiamasis medžiagos duomenų meniu

[10 pav.

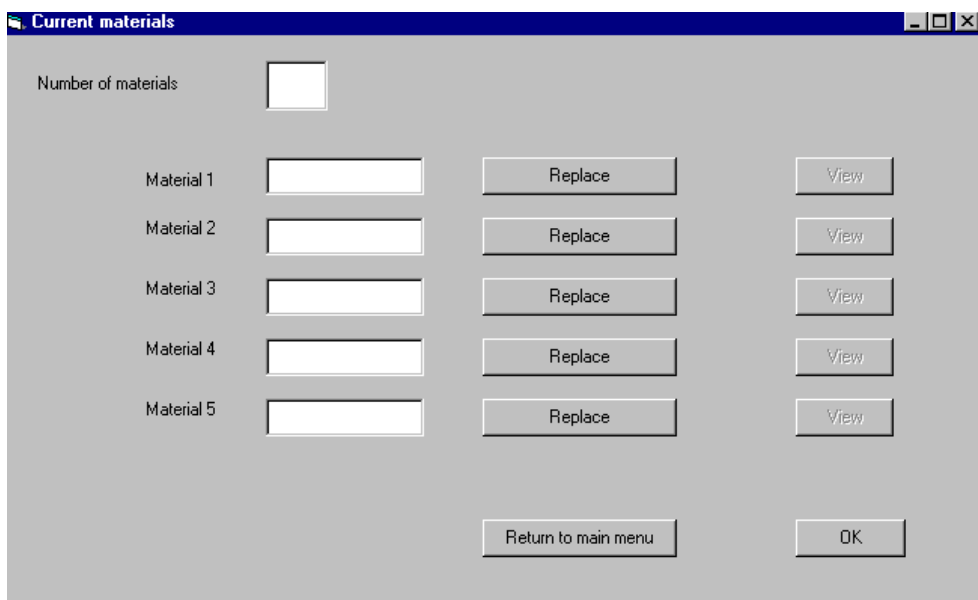
Material data – medžiagos duomenys

Current materials – dabartinės medžiagos;

Import new material – importuoti naują medžiagą]

Parinktis „Current materials” (dabartinės medžiagos) yra naudojama faktinių medžiagų, kurios yra naudojamos dabartinei laikmenai patikrinti. Lange yra mygtukai, kuriais galima bet kurią medžiagą pakeisti kokia nors kita medžiaga. Šiame etape galima įterpti naują medžiagą. Tai galima padaryti padidinant medžiagos skaičių atitinkamame tekstiniame langelyje. Papildomai medžiagai lange yra sukuriamas naujas tekstinis langelis (11 pav.) ir mygtukas su tekstu „Import new data” (importuoti naujus duomenis).

Spustelėjus tą mygtuką dialogo langelyje prašoma nurodyti medžiagos pavadinimą. Medžiaga turi būti medžiagų duomenų bazėje, priešingu atveju yra parodomas pranešimas apie klaidą.



11 pav. Dabartinių medžiagų specifikacija

[11 pav.

Current materials – dabartinės medžiagos;

Number of materials – medžiagų skaičius;

Material – medžiaga

Replace – pakeisti

Return to main menu – sugrįžti į pagrindinį meniu]

Naujų duomenų importavimui taip pat galima naudoti atskirą formą, žr. 12 pav. Tai galima atlikti išskleidžiamame medžiagos duomenų meniu pasirinkus parinktį „Import new data” (importuoti naujus duomenis).

Įterpdamas naujus duomenis, kurie nėra įrašyti duomenų bazėje, vartotojas privalo įrašyti naujosios medžiagos pavadinimą ir fizinius duomenis, t.y. pagal savitąjį laidumą ir specifinę šilumą kaip temperatūros ir tankio funkciją. Savitasis laidumas ir specifinė šiluma yra pateikiami pagal kelis temperatūros taškus. Tarp šių taškų TASEF naudoja tiesiąsias linijas.

Šiluminė talpa TASEF yra įtraukiama kaip specifinė tūrinė entalpija, Wh/m³. Daugiau informacijos žr. „TASEF-Temperature Analysis of Structures Exposed to Fire - Users Manual” (TASEF - Struktūrų, veikiamų ugnies, temperatūros analizė – Vartotojo žinynas). Specifinė tūrinė entalpija yra $c_p \rho$ temperatūros integralas nuo nulio iki faktinės temperatūros. Šiuo atveju c_p yra specifinė šiluminė talpa, Wh/kg °C.

PreTasef specifinės tūrinės entalpijos integravimas yra atliekamas automatiškai. Vartotojui tereikia įrašyti c_p reikšmes J/kg°C (nesupainiokite jo su anksčiau apibūdintu vienetu) ir nuspausti mygtuką „Calculate” (apskaičiuoti). Jei vartotojas nori įrašyti naują medžiagą į duomenų bazę, reikia naudoti funkciją „Write to database” (įrašyti į duomenų bazę). Jei norite pridėti šią medžiagą prie faktinės TASEF laikmenos, nuspauskite mygtuką „Add” (pridėti).

Jei prie faktinės TASEF laikmenos norite pridėti egzistuojančią medžiagą iš duomenų bazės, tuomet reikia nuspausti mygtuką „Read from database” (nuskaityti iš duomenų bazės). Nuskaitydamas duomenis iš duomenų bazės vartotojas neturi įvedinėti jokių reikšmių formoje, parodytoje 12 pav. Norint pridėti prie TASEF laikmenos, nuspaudžiamas mygtukas „Add” (pridėti).

Kadangi pagrindinei sričiai ir kitiems nefiktyviems posričiams reikalingos medžiagos specifikacijos, tame pačiame sauginyje ta pati medžiaga gali pasikartoti daugiau negu vieną kartą. Medžiagos indeksavimas turi būti toks pat, kaip ir posričių indeksavimas.

12 pav. Fizinių duomenų specifikacija

[12 pav.

Physical Data – fiziniai duomenys

Material Name – medžiagos pavadinimas;

Thermal conductivity [...] – šilumos laidumas ir specifinė šiluma kaip temperatūros funkcija;

Number of Temperature points – temperatūros taškų skaičius;

Temperature – temperatūra

Conductivity – laidumas;

Specific heat – specifinė šiluma;

Calculate – skaičiuoti;

Write to database – įrašyti į duomenų bazę;

Read from database – nuskaityti iš duomenų bazės;

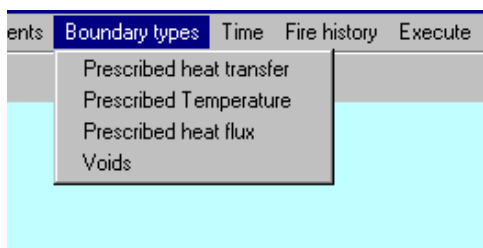
Add – pridėti;

Exit – išeiti;

Main menu – pagrindinis meniu]

2.5 Išskleidžiamasis ribų tipų (Boundary types) meniu

Anksčiau nustatytoms viršūnių grupėms galima taikyti skirtingas ribų sąlygas. TASEF atpažįsta keturių tipų ribas: nurodytas šilumos perdavimas (Prescribed heat transfer), nurodyta temperatūra (Prescribed temperature), nurodytas šilumos srautas (Prescribed heat flux) ir tuštumos (Voids), žr. 13 pav.



13 pav. Išskleidžiamasis ribų tipų meniu

[13 pav.

Boundary types – ribų tipai;

Prescribed heat transfer – nurodytas šilumos perdavimas;

Prescribed temperature – nurodyta temperatūra;

Prescribed heat flux – nurodytas šilumos srautas;

Voids – tuštumos]

14 pav. parodyta nurodyto šilumos perdavimo specifikacijos forma. Šioje formoje nurodomas viršūnių grupių skaičius ir indeksas kiekvienai šio tipo viršūnių grupei. Jei faktinėje viršūnių grupėje laikui bėgant dujų temperatūra kinta, tuomet dešinėje pusėje esančiame tekstiniame langelyje įrašykite „T“. Jei dujų temperatūra yra pastovi (aplinkos) temperatūra, tuomet įveskite „F“.

14 pav. Nurodyto šilumos perdavimo specifikacijos forma

[14 pav.

Specification of boundaries – Prescribed heat transfer – ribų specifikacija – nurodytas šilumos perdavimas.

Node group number – viršūnių grupės skaičius;

Time variant gas temperature (T or F) – laike kintanti dujų temperatūra (T arba F);

Number of node groups with prescribed heat transfer – viršūnių grupių su šilumos perdavimu skaičius;

Main menu – pagrindinis meniu]

15 pav. parodyta nurodytos ribinės temperatūros specifikacijos forma. Viršūnių grupių skaičius ir indeksas kiekvienai šio tipo viršūnių grupei yra nurodomas formoje taip pat, kaip ir nurodytam šilumos perdavimui. Jei faktinėje viršūnių grupėje ribinė temperatūra laikui bėgant kinta, tuomet dešinėje pusėje esančiame tekstiniame langelyje įrašykite „T“. Jei ribinė temperatūra yra pastovi (aplinkos) temperatūra, tuomet įveskite „F“.

15 pav. Nurodytos ribinės temperatūros specifikacija

[15 pav.

Form – forma;

Number of node groups with prescribed temperature – viršūnių grupių su nurodyta temperatūra skaičius;

For each node group – kiekvienai viršūnių grupei;

Node group number – viršūnių grupės skaičius;

Time variant boundary temperature (T or F) – laike kintanti ribinė temperatūra (T arba F);

Main menu – pagrindinis meniu]

Nurodyto ribinio šilumos srauto sąlygos šiame pirminio apdorojimo procesoriuje nėra įterptos. Tokie ribų tipai, jei tai reikalinga, gali būti įterpti rankiniu būdu redaguojant įrašymo rinkmeną arba naudojantis *Intasef* programa.

Tuštumos specifikacija yra parodyta 16 pav. Šiuo pirminio apdorojimo procesoriumi galima apdoroti daugiausia keturias tuštumas, kurioje kiekvienoje gali būti daugiausia keturios viršūnių grupės. Tuštumų skaičius yra nurodomas atitinkamame tekstiniame langelyje. Kiekvienai tuštumai yra tekstiniai langeliai, kuriuose nurodoma, ar viršūnė yra simetrinė aplink x arba y ašis, arba aplink abi ašis. Viršūnių indeksai, anksčiau apibūdinti „Viršūnių grupių specifikacijoje“ (žr. 2.3 poskyrį), privalo būti įrašomi

atitinkamais stulpeliais Ng1, Ng2, Ng3 ir Ng4. Jei tuštumą riboja mažiau negu keturios viršūnių grupės, į tuščius tekstinius langelius turi būti įrašyti nuliai.

16 pav. Tuštumos specifikacija.

[16 pav.

Void specification – tuštumos specifikacija;

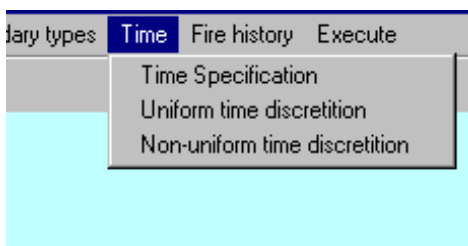
Void – tuštuma;

Number of voids – tuštumų skaičius;

Main menu – pagrindinis meniu]

2.6 Išskleidžiamais laiko (Time) meniu

Temperatūros įrašymo į rinkmeną (ir/ arba ekrane) laiką TASEF galima nurodyti dviem būdais: tolygiais laiko žingsniais su pastoviu padidėjimu arba netolygiais laiko žingsniais proceso metu naudojant sutartinius laiko taškus. Išskleidžiamasis meniu parodytas 17 pav.



17 pav. Išskleidžiamasis laiko meniu

[17 pav.

Time – laikas

Time specification – laiko specifikacija;

Uniform time discretition – tolygiojo laiko diskretiškumas;

Non-uniform time discretition – netolygiojo laiko diskretiškumas]

Prieš nurodant išvesties duomenų laiko žingsnių tipą, laiko specifikacijoje turi būti atlikti tam tikri patikslinimai, susiję su maksimalaus laiko analize, laiko padidėjimu skaičiuojant (kitokiu negu laiko padidėjimu įrašant į išvesties rinkmeną), laiko padidėjimo koeficientu ir maksimaliu laiko žingsnių (iteracijų) skaičiumi. Šie duomenys yra įrašomi į formą, parodytą 18 pav.

Naudojant mygtuką „Generate time and time steps” (sukurti laiką ir laiko žingsnius), galima sukurti išvesties duomenų tolygius laiko žingsnius. Atsiras forma, kurioje bus tekstiniai langeliai maksimaliam laikui ir padidėjimui, kaip parodyta 19 pav. Lygiai taip pat, naudojant parinktį „Uniform time discretition” (tolygiojo laiko diskretiškumas), galima pasiekti formą, kuri parodyta 19 pav.

18 pav. Laiko specifikacija

[18 pav.

Time specification – laiko specifikacija;

Generate time and timesteps – sukurti laiką ir laiko žingsnius;

Number of specified [...] – nurodyto laiko skaičius temperatūros išvesties spausdinimui;

Maximum time of analysis [h] – maksimalus analizės laikas [h];

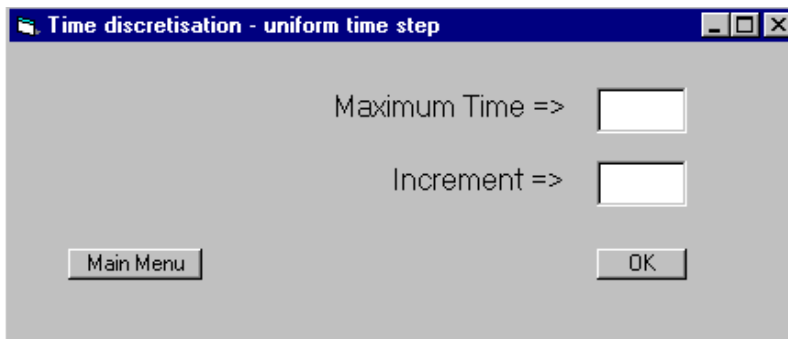
Maximum time increment [...] – maksimalus laiko padidėjimas [numatytasis nustatymas = maksimalus analizės laikas [h];

Time increment factor [...] – laiko padidėjimo koeficientas [numatytasis nustatymas 0.8];

Maximum number of time steps [...] - Maksimalus laiko žingsnių skaičius [numatytasis nustatymas = 1000];

Number of time steps between updating of heat conduction matrix [...] – Laiko žingsnių skaičius tarp šilumos laidumo matricos atnaujinimo [numatytasis nustatymas = 1];

Main Menu – pagrindinis meniu;]



19 pav. Išvesties duomenų tolygiojo laiko specifikacija

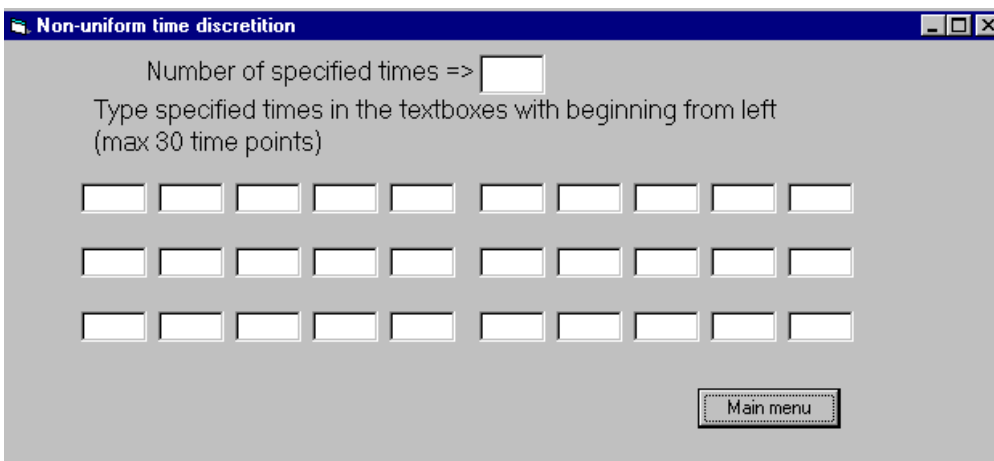
[19 pav.

Main Menu – pagrindinis meniu;

Maximum Time – maksimalus laikas;

Increment – padidėjimas]

Išvesties duomenims naudojant netolygųjį laiką, išskleidžiamame laiko (Time) meniu reikia parinkti parinktį „non-uniform time discretition“ (netolygiojo laiko diskretiškumas), tuomet atsiras forma, parodyta 20 pav. Maksimalus nurodytų įrašomų laiko taškų skaičius yra ne didesnis negu 30.



20 pav. Išvesties duomenų netolygiojo laiko specifikacija

[20 pav.

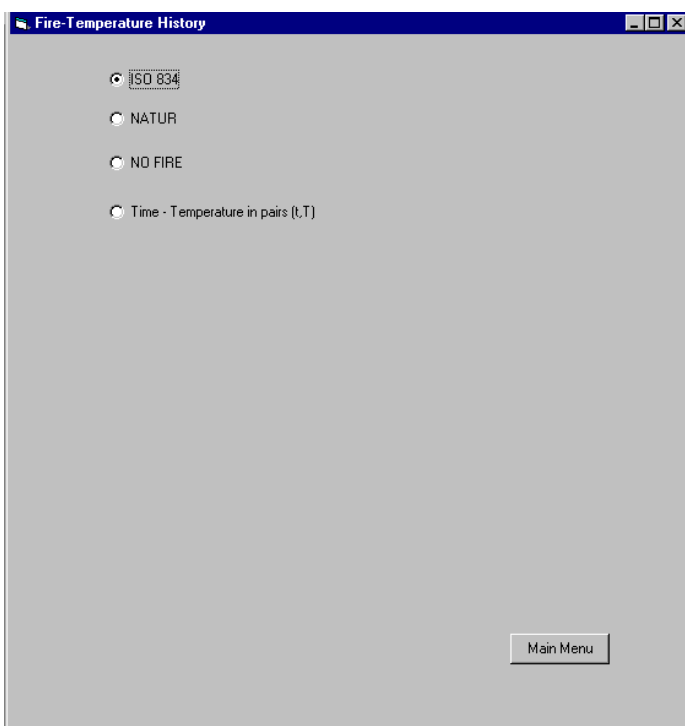
Number of specified times – nurodyto laiko skaičius

Type specified times in the textboxes with beginning from left (max 30 time points) – įrašykite nurodytą laiką tekstiniuose langeliuose, pradėdami nuo kairiosios pusės (maks. 30 laiko taškų)]

2.7 Išskleidžiamasis gaisrų registro (Fire history) meniu

Išskleidžiamasis gaisrų registro (Fire history) meniu yra naudojamas gaisrų temperatūros registro, kaip laiko funkcijos, tikslinimui. Galima pasirinkti kelias parinktis: ISO 834, NATUR, NO FIRE (nėra gaisro) ir „Time-temperature in pairs“ (laikas-temperatūra poromis).

ISO 834 parinktis naudoja ISO standarto gaisro kreivę. Šiame pirminio apdorojimo procesoriuje NATUR kol kas dar neveikia. parinktis „NO FIRE“ (nėra gaisro) yra naudojama, kai laikui bėgant temperatūra nekinta. parinktis „Time-temperature in pairs“ (laikas-temperatūra poromis) yra naudojama tada, kai vartotojas nori koreguoti gaisro temperatūrą atskiruose taškuose. Gaisrų registro specifikacija yra parodyta 21 pav.



21 pav. Laiko-temperatūros registro specifikacija

[21 pav.

Fire Temperature History – gaisro-temperatūros registras

NO FIRE – nėra gaisro;

Main Menu – pagrindinis meniu]

PROGRAMOS TASEF ĮRAŠYMO DUOMENŲ LAPAS

NO

T T .00000E+00

SESTAS

F

	.14000E+00	.10000E+00	.14000E+00	.10000E+00
	7	6	6	0
F	.30000E-02	.00000E+00	.50000E-01	.10000E-01
F	.00000E+00	.00000E+00	.30000E-02	.10000E+00
F	.30000E-02	.90000E-01	.50000E-01	.10000E+00
T	.50000E-01	.00000E+00	.14000E+00	.10000E-01
T	.30000E-02	.10000E-01	.14000E+00	.50000E-01
T	.50000E-01	.90000E-01	.14000E+00	.10000E+00

.30000E-02	.15000E-01	.30000E-01	.50000E-01
.70000E-01	.10000E+00		
.10000E-01	.20000E-01	.30000E-01	.50000E-01
.80000E-01	.90000E-01		

12

33	34	0	0	0	0	0	0
25	26	0	0	0	0	0	0
17	18	0	0	0	0	0	0
1	9	2	10	0	0	0	0
4	12	0	0	0	0	0	0
5	13	0	0	0	0	0	0
6	14	0	0	0	0	0	0
7	8	15	16	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0
31	32	0	0	0	0	0	0
39	40	0	0	0	0	0	0
3	11	0	0	0	0	0	0

STM1

T	4	7	0	.10000E+01
	.25000E+02	.18000E+01	.11500E+03	.12800E+01
	.80000E+03	.80000E+00	.12000E+04	.52000E+00
	.00000E+00	.00000E+00	.10000E+03	.55560E+05
	.11500E+03	.91110E+05	.20000E+03	.12940E+06
	.60000E+03	.39720E+06	.10000E+04	.69670E+06
	.15000E+04	.10000E+07		

STM2

F	3	7	0	.10000E+01
	.00000E+00	.60000E+02	.80000E+03	.27000E+02
	.20000E+04	.27000E+02		
	.00000E+00	.00000E+00	.20000E+03	.21690E+06
	.40000E+03	.46610E+06	.60000E+03	.75810E+06
	.70000E+03	.92690E+06	.80000E+03	.11920E+07
	.12000E+04	.17660E+07		

STM2

F	3	7	0	.10000E+01
	.00000E+00	.60000E+02	.80000E+03	.27000E+02
	.20000E+04	.27000E+02		
	.00000E+00	.00000E+00	.20000E+03	.21690E+06
	.40000E+03	.46610E+06	.60000E+03	.75810E+06
	.70000E+03	.92690E+06	.80000E+03	.11920E+07
	.12000E+04	.17660E+07		

STM2

F	3	7	0	.10000E+01
	.00000E+00	.60000E+02	.80000E+03	.27000E+02

.20000E+04	.27000E+02								
.00000E+00	.00000E+00	.20000E+03	.21690E+06						
.40000E+03	.46610E+06	.60000E+03	.75810E+06						
.70000E+03	.92690E+06	.80000E+03	.11920E+07						
.12000E+04	.17660E+07								
.25000E+02	.25000E+02	.56700E-07	.27315E+03						

4									
1	12	.60000E+00	.10000E+01	.13300E+01					
1	9	17	25	33	34	26	18	10	11
12	13								
2	7	.80000E+00	.10000E+01	.13300E+01					
13	21	29	37	45	53	61			
3	6	.60000E+00	.22000E+01	.12500E+01					
8	16	24	32	40	39				
4	4	.80000E+00	.22000E+01	.12500E+01					
39	47	55	63						

4									
T	1								
T	2								
F	3								
F	3								
	0								
	0								

NO VOIDS

NO TUBES

6	.10000E+01	.10000E-01	.80000E+00	1000	1	
.00000E+00	.20000E+00	.40000E+00	.60000E+00	.80000E+00	.10000E+01	

ISO834

.10000E+01

GAUTŲ REZULTATŲ DUOMENŲ LAPAS

TITLE OF RUN : SESTAS

GEOMETRY

MAXIMUM COORDINATES	XMAX= .1400	YMAX= .1000
MAXIMUM ELEMENT LENGTH	XBOX= .1400	YBOX= .1000

SUBREGIONS

NUMBER OF SUBREGIONS 6

SUBREGION DIAGONAL LIMITS

XMIN	YMIN	XMAX	YMAX	FICTITIOUS AREA
.3000E-02	.0000	.5000E-01	.1000E-01	F
.0000	.0000	.3000E-02	.1000	F
.3000E-02	.9000E-01	.5000E-01	.1000	F
.5000E-01	.0000	.1400	.1000E-01	T
.3000E-02	.1000E-01	.1400	.5000E-01	T
.5000E-01	.9000E-01	.1400	.1000	T

COORDINATES OF SPECIFIED X - LINES

.3000E-02	.1500E-01	.3000E-01	.5000E-01	.7000E-01	.1000
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------

COORDINATES OF SPECIFIED Y - LINES

.1000E-01	.2000E-01	.3000E-01	.5000E-01	.8000E-01	.9000E-01
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

NUMBER AND COORDINATES OF X - LINES

8 -	.0000	.3000E-02	.1500E-01	.3000E-01	.5000E-01
	.7000E-01	.1000	.1400		

NUMBER AND COORDINATES OF Y-LINES

8 -	.0000	.1000E-01	.2000E-01	.3000E-01	.5000E-01
	.8000E-01	.9000E-01	.1000		

NUMBER OF NODES=	64	NUMBER OF ELEMENTS=	49
------------------	----	---------------------	----

COUPLED NODES

MASTER SLAVES

33	34		
25	26		
17	18		
1	9	2	10

4	12		
5	13		
6	14		
7	8	15	16
23	24		
31	32		
39	40		
3	11		

MATERIAL DATA

REGION NUMBER 1

STM1 THICKNESS 1.000

Conductivity is kept constant after reaching maximum temperature

TEMP	CONDUCTIVITY	TEMP	ENTHALPY	ENT/TEMP
25.	.1800E+01	0.	.0000E+00	.5556E+03
115.	.1280E+01	100.	.5556E+05	.5556E+03
800.	.8000E+00	115.	.9111E+05	.7923E+03
1200.	.5200E+00	200.	.1294E+06	.6470E+03
		600.	.3972E+06	.6620E+03
		1000.	.6967E+06	.6967E+03
		1500.	.1000E+07	.6667E+03

REGION NUMBER 2

STM2 THICKNESS 1.000

TEMP	CONDUCTIVITY	TEMP	ENTHALPY	ENT/TEMP
0.	.6000E+02	0.	.0000E+00	.1085E+04
800.	.2700E+02	200.	.2169E+06	.1085E+04
2000.	.2700E+02	400.	.4661E+06	.1165E+04
		600.	.7581E+06	.1264E+04
		700.	.9269E+06	.1324E+04
		800.	.1192E+07	.1490E+04
		1200.	.1766E+07	.1472E+04

REGION NUMBER 3

STM2 THICKNESS 1.000

TEMP	CONDUCTIVITY	TEMP	ENTHALPY	ENT/TEMP
0.	.6000E+02	0.	.0000E+00	.1085E+04
800.	.2700E+02	200.	.2169E+06	.1085E+04
2000.	.2700E+02	400.	.4661E+06	.1165E+04
		600.	.7581E+06	.1264E+04
		700.	.9269E+06	.1324E+04
		800.	.1192E+07	.1490E+04
		1200.	.1766E+07	.1472E+04

REGION NUMBER 4

STM2 THICKNESS 1.000

TEMP	CONDUCTIVITY	TEMP	ENTHALPY	ENT/TEMP
0.	.6000E+02	0.	.0000E+00	.1085E+04
800.	.2700E+02	200.	.2169E+06	.1085E+04
2000.	.2700E+02	400.	.4661E+06	.1165E+04
		600.	.7581E+06	.1264E+04
		700.	.9269E+06	.1324E+04
		800.	.1192E+07	.1490E+04
		1200.	.1766E+07	.1472E+04

INITIAL DATA *****

INITIAL TEMPERATURE= .250E+02
 AMBIENT TEMPERATURE= .250E+02
 STEFAN-BOLTZMANN CONSTANT= .567E-07
 ABSOLUTE TEMPERATURE SHIFT= .273E+03

NODE GROUPS *****

NODE GROUP 1
 EMISSIVITY= .600
 CONVECTION FACTOR= 1.00
 CONVECTION POWER= 1.33
 NODES 1 9 17 25 33 34 26 18 10 11
 12 13

NODE GROUP 2
 EMISSIVITY= .800
 CONVECTION FACTOR= 1.00
 CONVECTION POWER= 1.33
 NODES 13 21 29 37 45 53 61

NODE GROUP 3
 EMISSIVITY= .600
 CONVECTION FACTOR= 2.20
 CONVECTION POWER= 1.25
 NODES 8 16 24 32 40 39

NODE GROUP 4
 EMISSIVITY= .800
 CONVECTION FACTOR= 2.20
 CONVECTION POWER= 1.25
 NODES 39 47 55 63

PRESCRIBED HEAT FLUX BOUNDARY *****

NODE GROUPS AND TYPES OF BOUNDARIES

NODE GROUP 1 FIRE BOUNDARY
 NODE GROUP 2 FIRE BOUNDARY
 NODE GROUP 3 AMBIENT BOUNDARY
 NODE GROUP 3 AMBIENT BOUNDARY

GENERATED/PRESCRIBED HEAT *****

NUMBER OF GENERATED/PREScribed HEAT GROUPS = 0

VOIDS

THIS STRUCTURE HAS NO VOIDS

TUBE

THIS STRUCTURE HAS NO TUBE

TIME

MAXIMUM TIME=1.00
MAXIMUM TIME INCREMENT=.100E-01
CRITICAL TIME INCREMENT FACTOR=.800
MAXIMUM NUMBER OF TIME INCREMENTS= 1000
NUMBER OF STEPS BETWEEN UPDATING OF CONDUCTION MATRIX= 1
PRINT OUT TIMES .00 .20 .40 .60 .80 1.0

INTERFACE NODES

-1 - FICTITIOUS NODE
0 - INTERFACE NODE
1 - HOMOGENEOUS NODE

0	0	3	3	0	0	0	0
0	0	3	3	0	0	0	0
2	2	-1	-1	1	1	0	0
2	2	-1	-1	1	1	0	0
2	2	-1	-1	1	1	0	0
-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1

FIRE BOUNDARY TEMPERATURE

ISO STANDARD FIRE CURVE ASSUMED
FIRE DURATION:1.00

***** TIME .000 ***** INCREMENT NUMBER 1 *****

FIRE TEMPERATURE 25. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 0

25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.
25.	25.	0.	0.	25.	25.	25.	25.
25.	25.	0.	0.	25.	25.	25.	25.
25.	25.	0.	0.	25.	25.	25.	25.
0.	0.	0.	0.	25.	25.	25.	0.
0.	0.	0.	0.	25.	25.	25.	0.
0.	0.	0.	0.	25.	25.	25.	0.

***** TIME .200 ***** INCREMENT NUMBER 225 *****

FIRE TEMPERATURE 710. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 3

533.	533.	505.	468.	363.	181.	136.	136.
533.	533.	505.	468.	363.	181.	136.	136.
542.	542.	0.	0.	419.	110.	122.	122.
551.	551.	0.	0.	419.	106.	110.	110.
561.	561.	0.	0.	418.	105.	103.	103.
0.	0.	0.	0.	417.	104.	94.	0.
0.	0.	0.	0.	417.	103.	94.	0.
0.	0.	0.	0.	417.	103.	94.	0.

***** TIME .400 ***** INCREMENT NUMBER 360 *****

FIRE TEMPERATURE 814. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 3

751.	751.	727.	694.	583.	354.	294.	294.
751.	751.	727.	694.	583.	354.	294.	294.
757.	757.	0.	0.	694.	303.	277.	277.
764.	764.	0.	0.	703.	295.	263.	263.
770.	770.	0.	0.	702.	288.	254.	254.
0.	0.	0.	0.	701.	281.	258.	0.
0.	0.	0.	0.	699.	277.	253.	0.
0.	0.	0.	0.	699.	276.	252.	0.

***** TIME .600 ***** INCREMENT NUMBER 462 *****

FIRE TEMPERATURE 874. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 3

850.	850.	828.	796.	688.	447.	382.	382.
850.	850.	828.	796.	688.	447.	382.	382.
855.	855.	0.	0.	803.	412.	364.	364.
859.	859.	0.	0.	810.	411.	349.	349.
862.	862.	0.	0.	811.	413.	340.	340.
0.	0.	0.	0.	811.	429.	412.	0.
0.	0.	0.	0.	812.	433.	410.	0.
0.	0.	0.	0.	811.	432.	410.	0.

***** TIME .800 ***** INCREMENT NUMBER 559 *****

FIRE TEMPERATURE 917. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 3

901.	901.	883.	857.	747.	496.	426.	426.
901.	901.	883.	857.	747.	496.	426.	426.
905.	905.	0.	0.	863.	472.	407.	407.
908.	908.	0.	0.	869.	475.	392.	392.
910.	910.	0.	0.	871.	488.	383.	383.
0.	0.	0.	0.	873.	536.	524.	0.
0.	0.	0.	0.	876.	555.	534.	0.
0.	0.	0.	0.	876.	556.	537.	0.

***** TIME 1.000 ***** INCREMENT NUMBER 657 *****

FIRE TEMPERATURE 950. ***** TIME INCREMENT LIMITING NODE 3

937.	937.	921.	898.	791.	524.	450.	450.
937.	937.	921.	898.	791.	524.	450.	450.
941.	941.	0.	0.	906.	505.	431.	431.
943.	943.	0.	0.	909.	510.	415.	415.
945.	945.	0.	0.	914.	534.	406.	406.
0.	0.	0.	0.	916.	610.	603.	0.
0.	0.	0.	0.	921.	645.	626.	0.
0.	0.	0.	0.	921.	648.	632.	0.

F

F MAXIMAL TEMPERATURES

F ISO834

F XMAX= .140 YMAX= .100

F

F 937. 937. 921. 898. 791. 524. 450. 450.

F 937. 937. 921. 898. 791. 524. 450. 450.

F 941. 941. 0. 0. 906. 505. 431. 431.

F 943. 943. 0. 0. 909. 510. 415. 415.

F 945. 945. 0. 0. 914. 534. 406. 406.

F 0. 0. 0. 0. 916. 610. 603. 0.

F 0. 0. 0. 0. 921. 645. 626. 0.

F 0. 0. 0. 0. 921. 648. 632. 0.

F

F

F MAX-TIME 1.00 NUMBER OF TIME INCREMENTS 657

F

F