



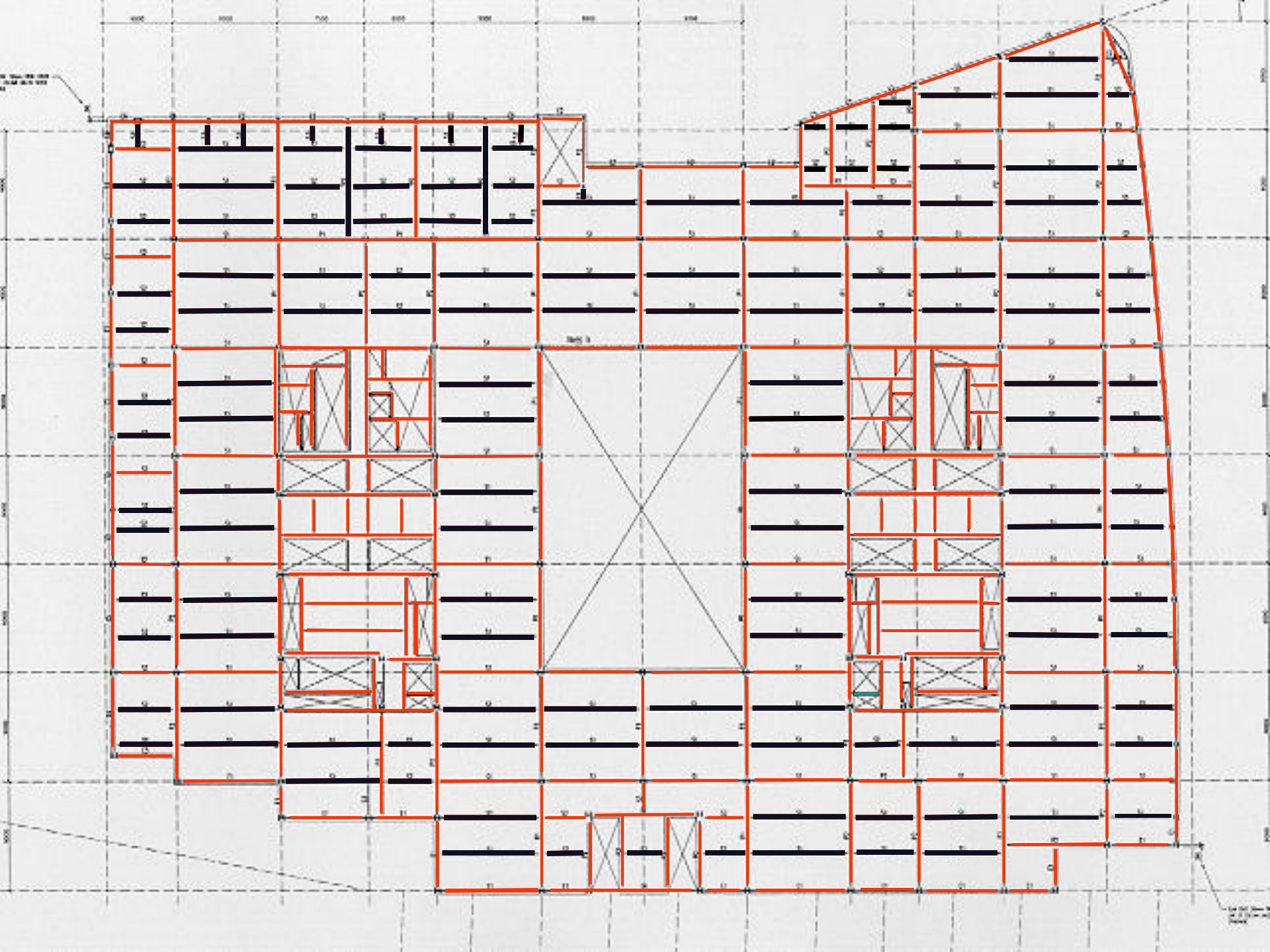
**Plieninių ir kompozitinių perdangų konstrukcijų elgsena  
gaisro metu**

*Paprastesnis skaičiavimo būdas*



# Skaičiavimo būdo taikymo sritis







- **Kompozitinių perdangų mechaninė elgsena gaisro metu**
- **Gelžbetoninių plokščių paprastesnis skaičiavimo būdas taikomas esant 20 °C temperatūrai**
  - perdangos plokštės modelis
  - irties atvejai
- **Kompozitinių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas, taikomas esant aukštesnėms temperatūroms**
  - įvadas į elgseną gaisro sąlygomis
  - membraninė elgsena esant aukštesnėms temperatūroms
  - neapsaugotųjų sijų indėlis
  - apsaugotųjų sijų skaičiavimas

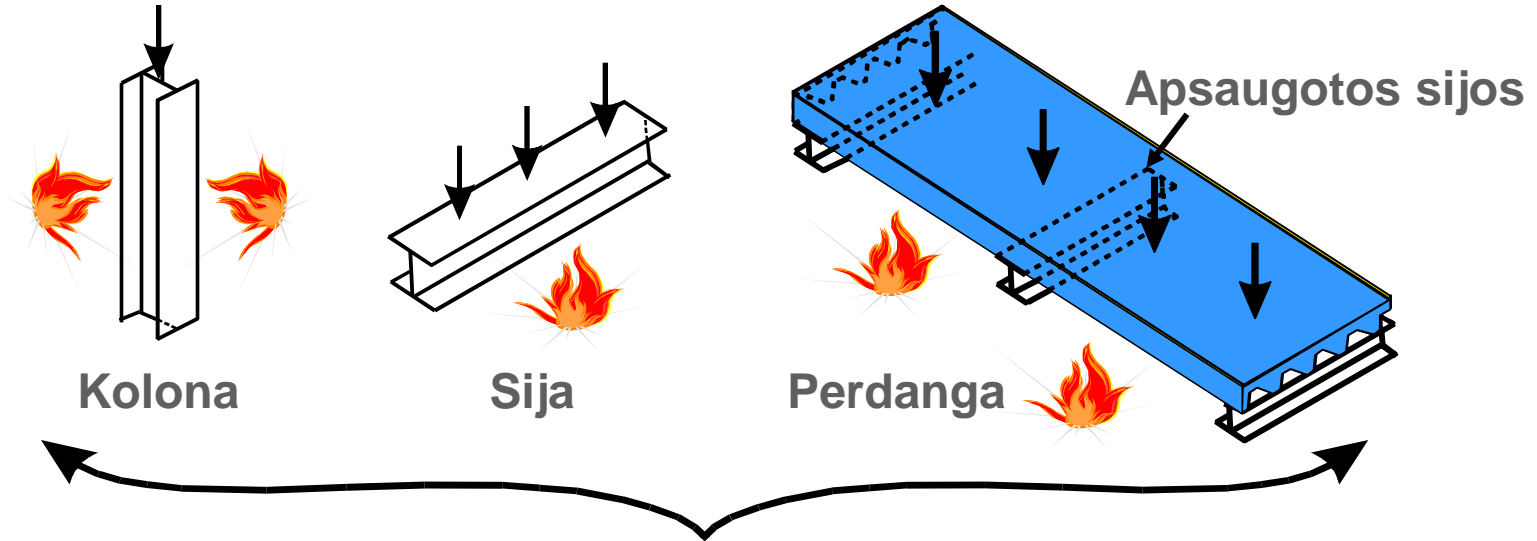


Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

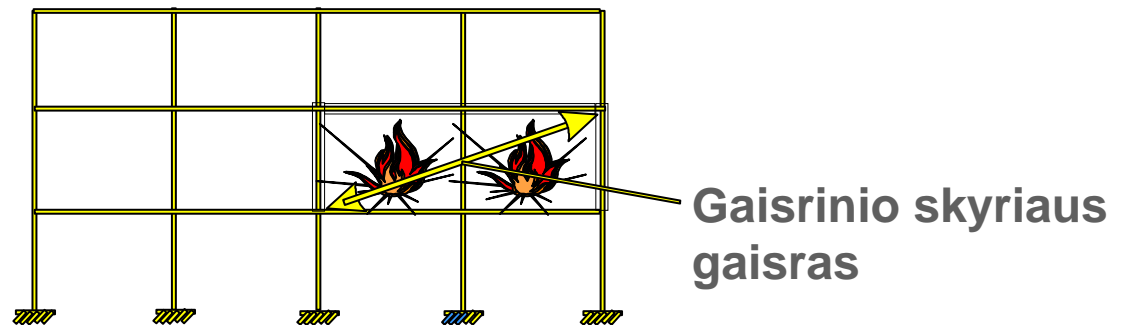
Gelžbetoninių  
perdangų  
paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Kompozitinių  
perdangų  
paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- Įprastinis skaičiavimo būdas



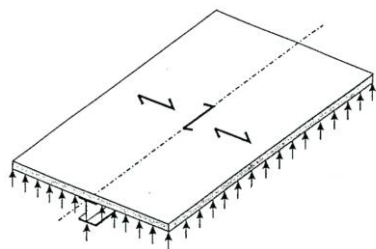
**Esamuose skaičiavimo būduose daroma prielaida, kad pavieniai elementai elgsis panašiai skirtinguose pastatuose**





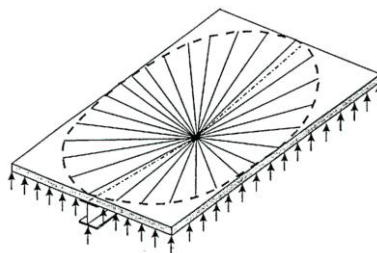
- Kompozitinės perdangos su plieninės armatūros tinklu armuota betono plokštė tikroji elgsena

Temperatūros kilimas gaisro metu

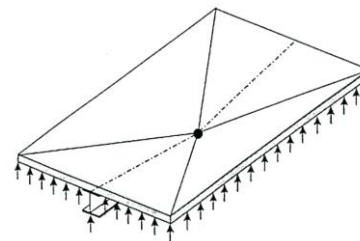


(a)

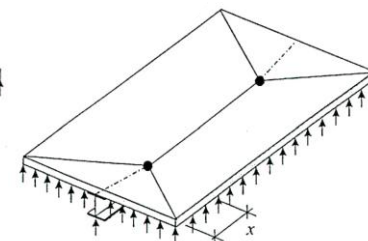
Paprastasis  
lenkimas



(b)



(c)



(d)

Membraninė  
elgsena



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



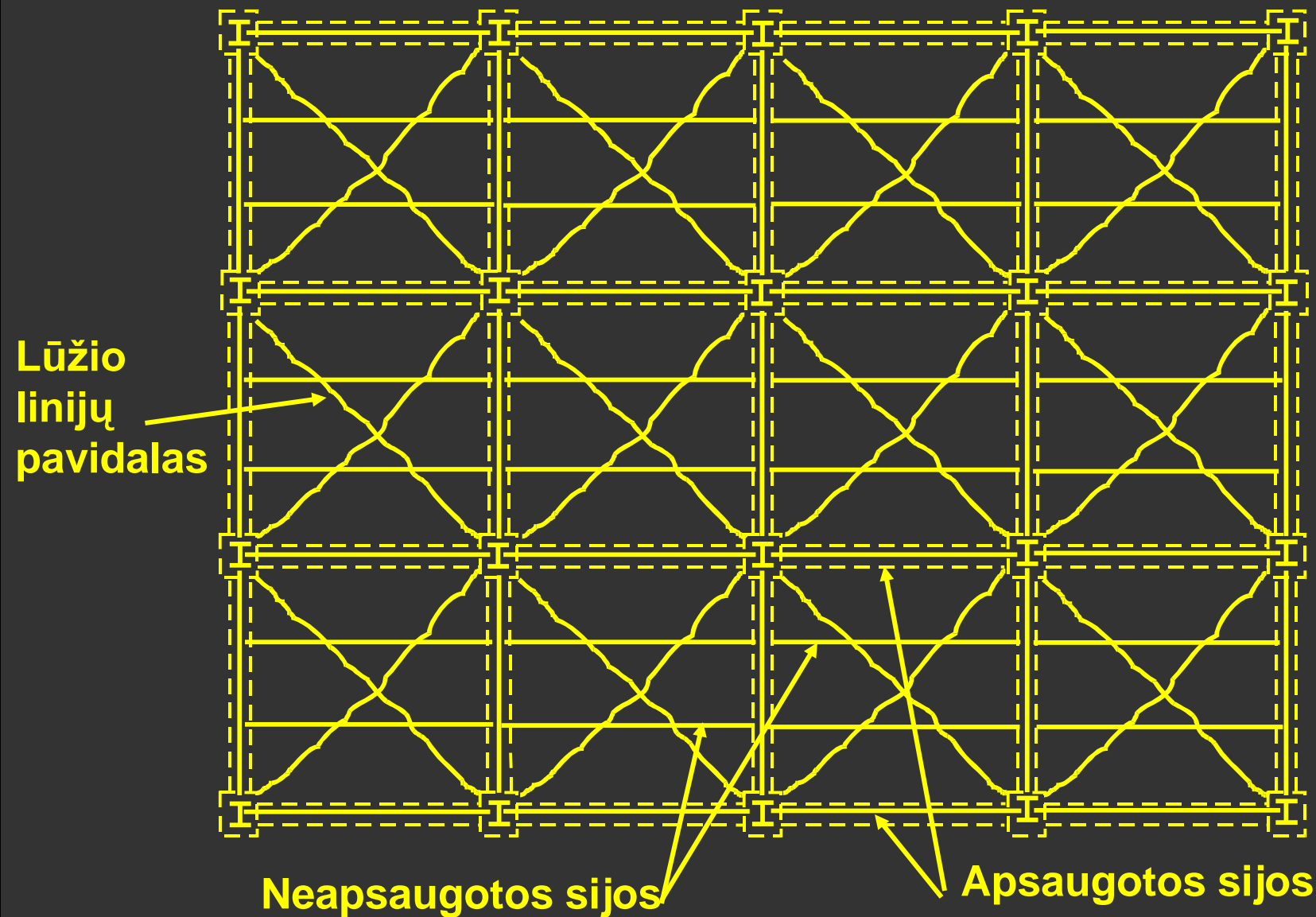
Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- Šis skaičiavimo būdas kurtas Mančesterio universiteto profesoriaus Colin Bailey, o anksčiau kartu su Pastatų tyrimų įstaiga (BRE)

# Gaisro metu esančio membraninio poveikio skaičiavimas



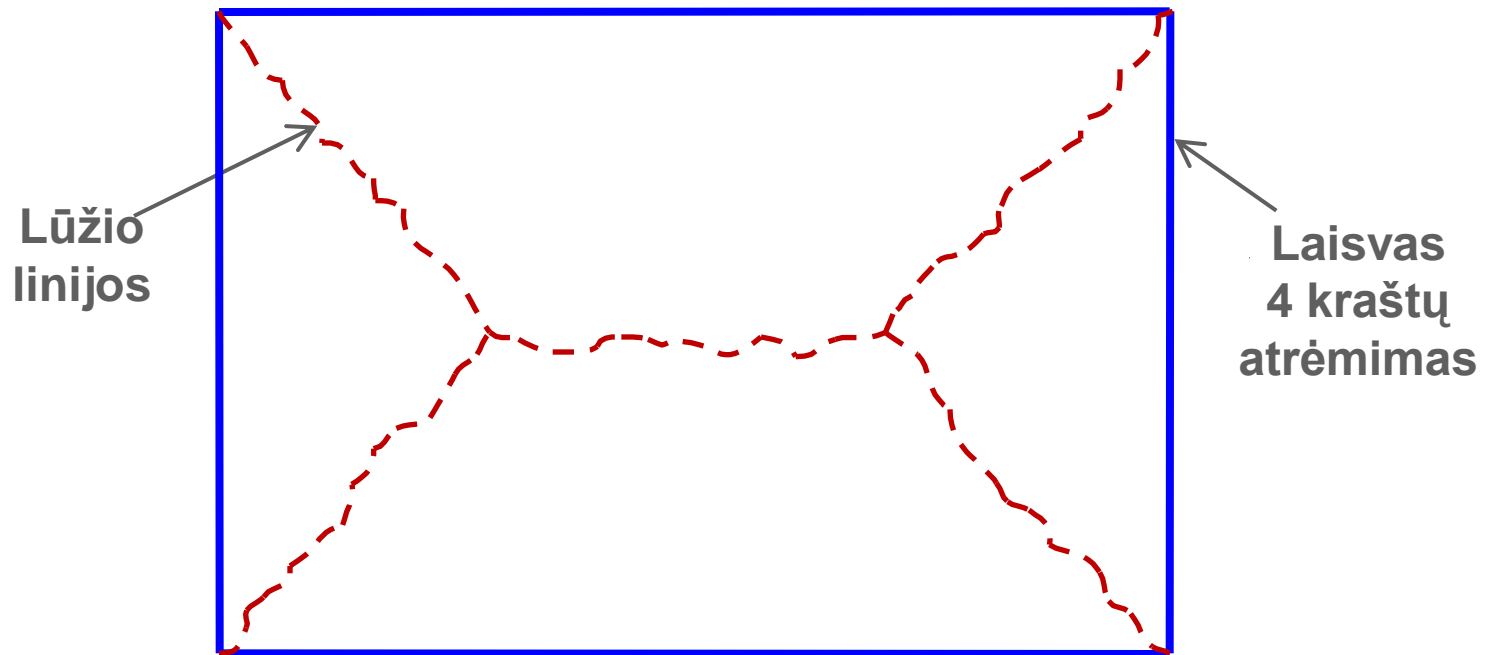




# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



- **Perdangos plokštės su 4 stačiai atremtais kraštais modelis** (Plastinio lūžio linijos) – be gulsčių įtvirčių – labai atsargi prielaida



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

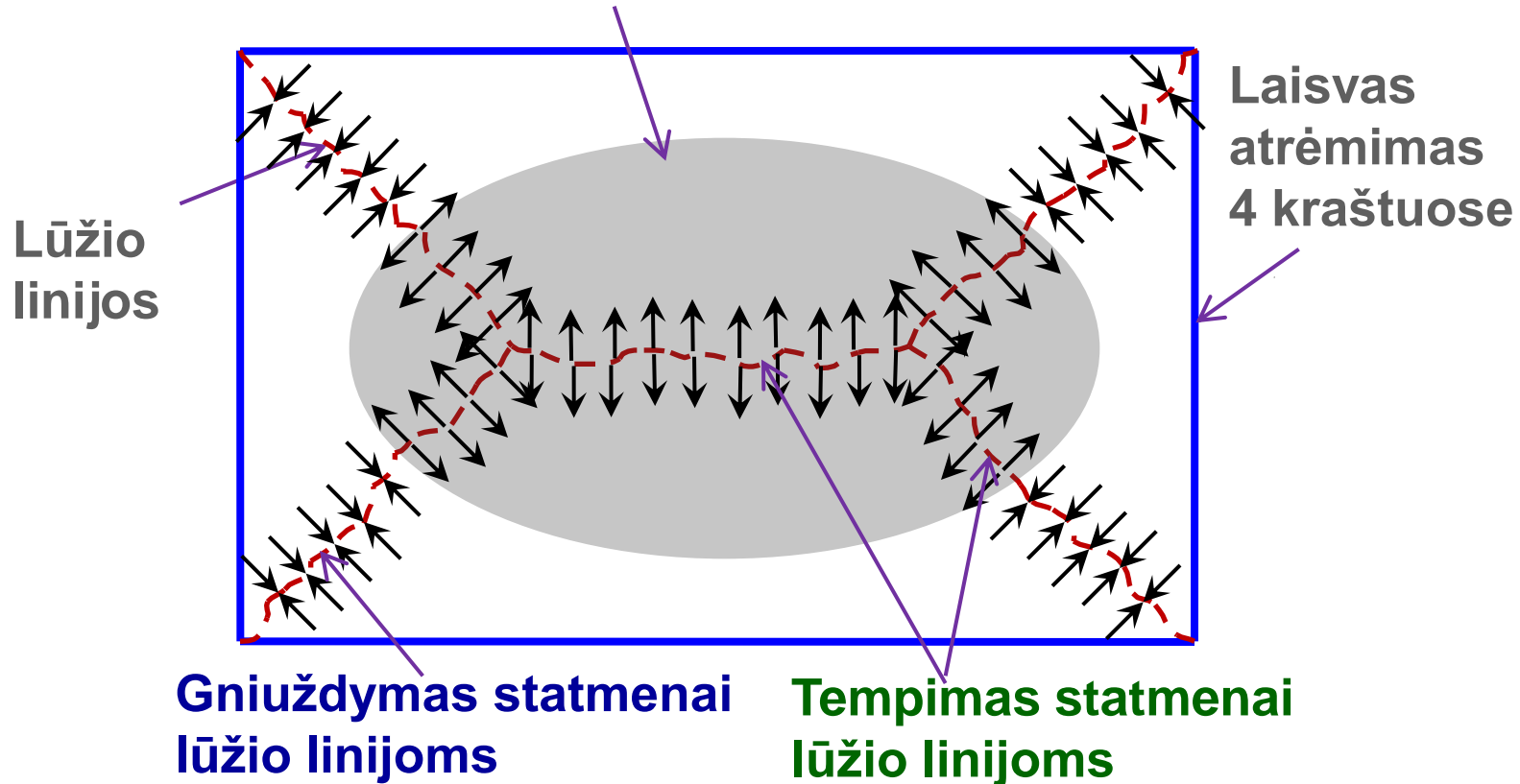
Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



- **Perdangos plokštės modelis**
  - Membraninė elgsena didina plastinę galią

## Tempiamasis ruožas



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

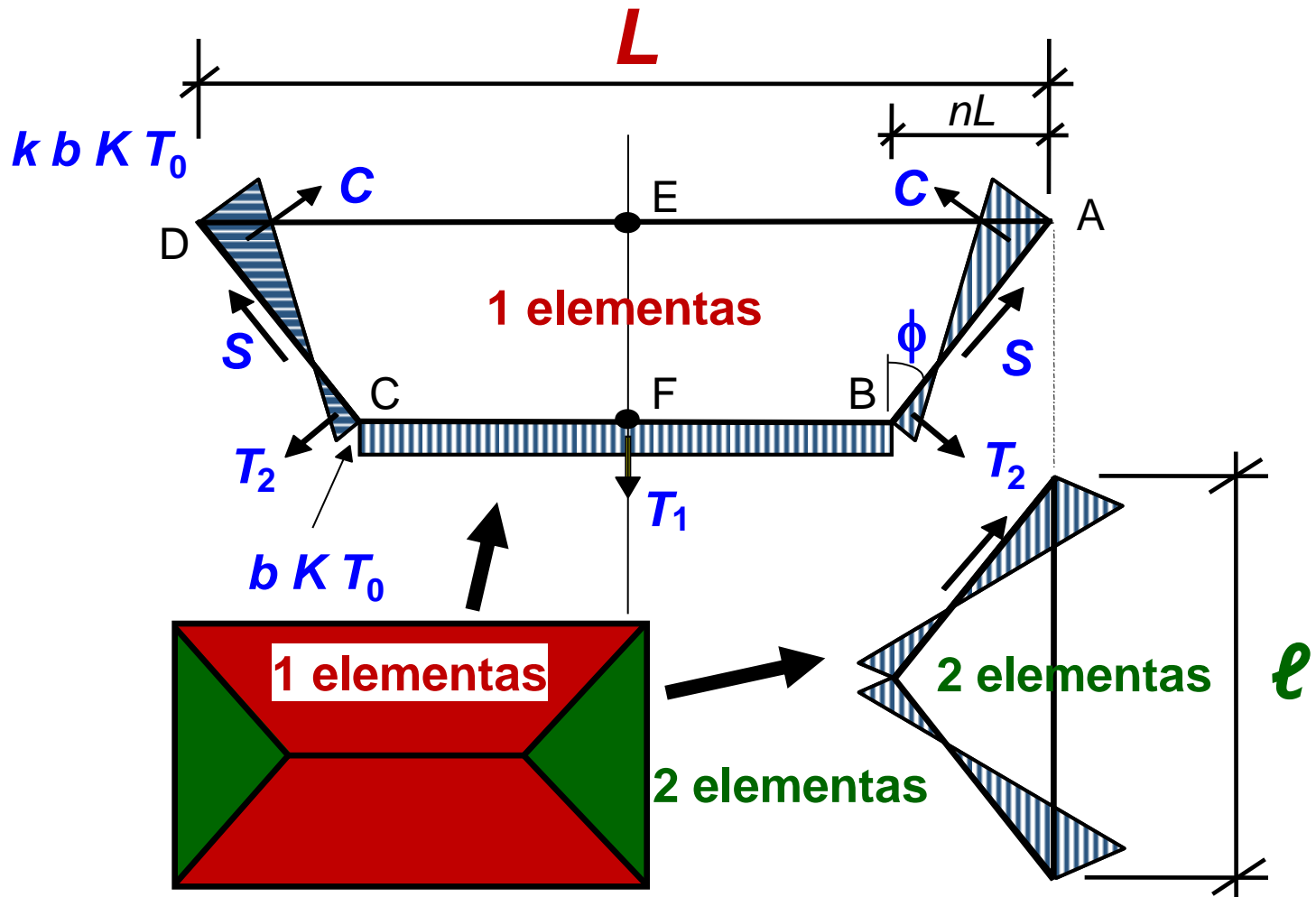
Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



- Membraninės jėgos išilgai lūžio linijų (1)



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



- **Membraninės jėgos išilgai lūžio linijų (2)**

<b><math>k, b</math></b>	rodikliai, nusakantys membraninių jėgų dydį,
<b><math>n</math></b>	daugiklis, gautas iš plastinių lankstų teorijos,
<b><math>K</math></b>	armatūros trumpesnį ir ilgesnį linkme kiekių santykis,
<b><math>KT_0</math></b>	armatūrinio plieninio tinklo laikomoji galia tinklo pločio vienetui,
<b><math>T_1, T_2, C, S</math></b>	apskaičiuotos membraninės jėgos išilgai lūžio linijų.

Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai

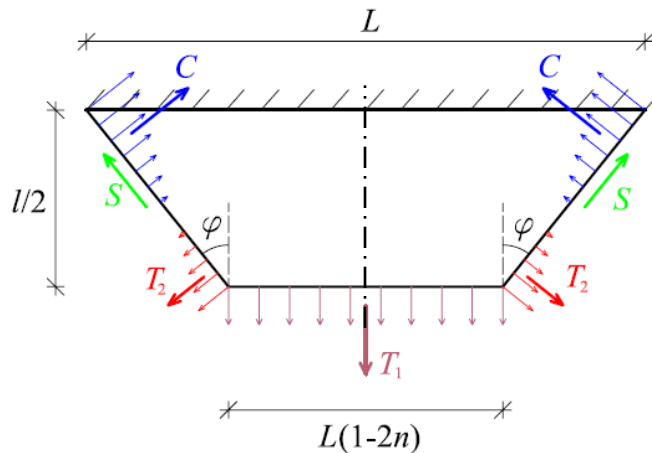


Kompozitinių perdangų mechaninė elgsena

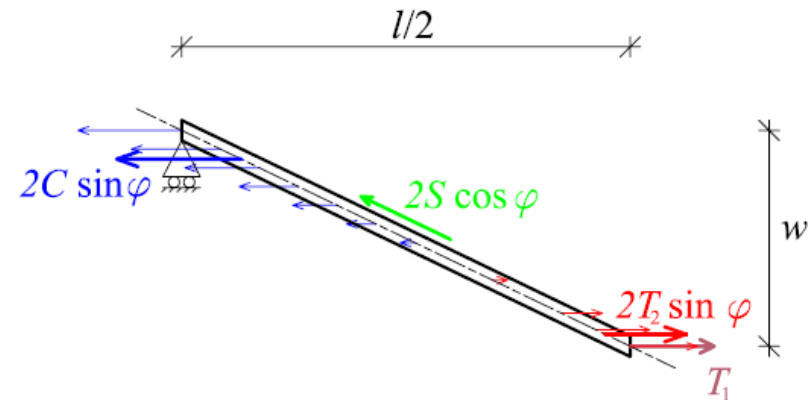
Paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20°C temperatūrai

Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

- **Membraninės elgsenos indėlis (1)**  
– 1-asis elementas



Apskaičiuotosios plokštuminės membraninės jėgos



Apskaičiuotosios membraninės jėgos, kai įlinkis lygus  $w$ . Šoninis vaizdas.



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai

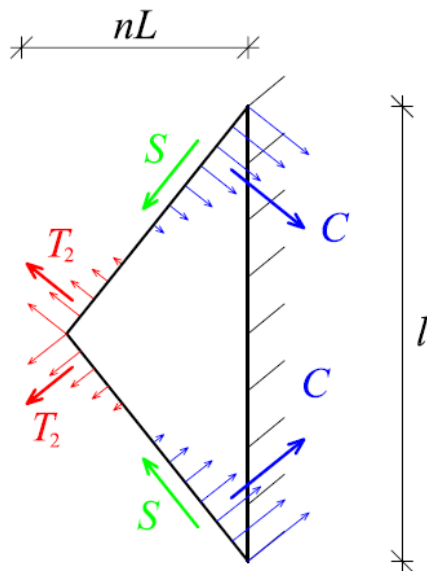


Kompozitinių perdangų mechaninė elgsena

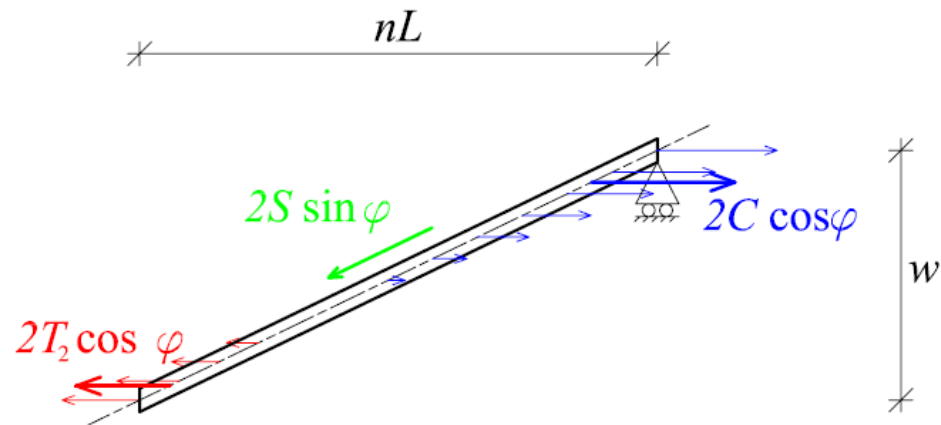
Paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20°C temperatūrai

Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

- **Membraninės elgsenos indėlis (2) – 2 elementas**



Apskaičiuotosios plokštuminės membraninės jėgos



Apskaičiuotosios membraninės jėgos, kai įlinkis lygus w. Šoninis vaizdas.



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Membraninės elgsenos indėlis (3)**

- kiekvieno iš elementų daugiklis

$$e_{i, i=1,2} = \begin{cases} e_{im} : \text{daugiklis dėl } i\text{-jo elemento membraninių jėgų} \\ + \\ e_{ib} : \text{daugiklis dėl plokštumoje veikiančių jėgų} \\ \text{poveikio lenkiamajai galiai} \end{cases}$$

- bendrasis daugiklis

$$\mathbf{e} = \mathbf{e}_1 - \frac{\mathbf{e}_1 - \mathbf{e}_2}{1 + 2\mu a^2}$$

čia:

$\mu$  armatūros ortotropijos koeficientas

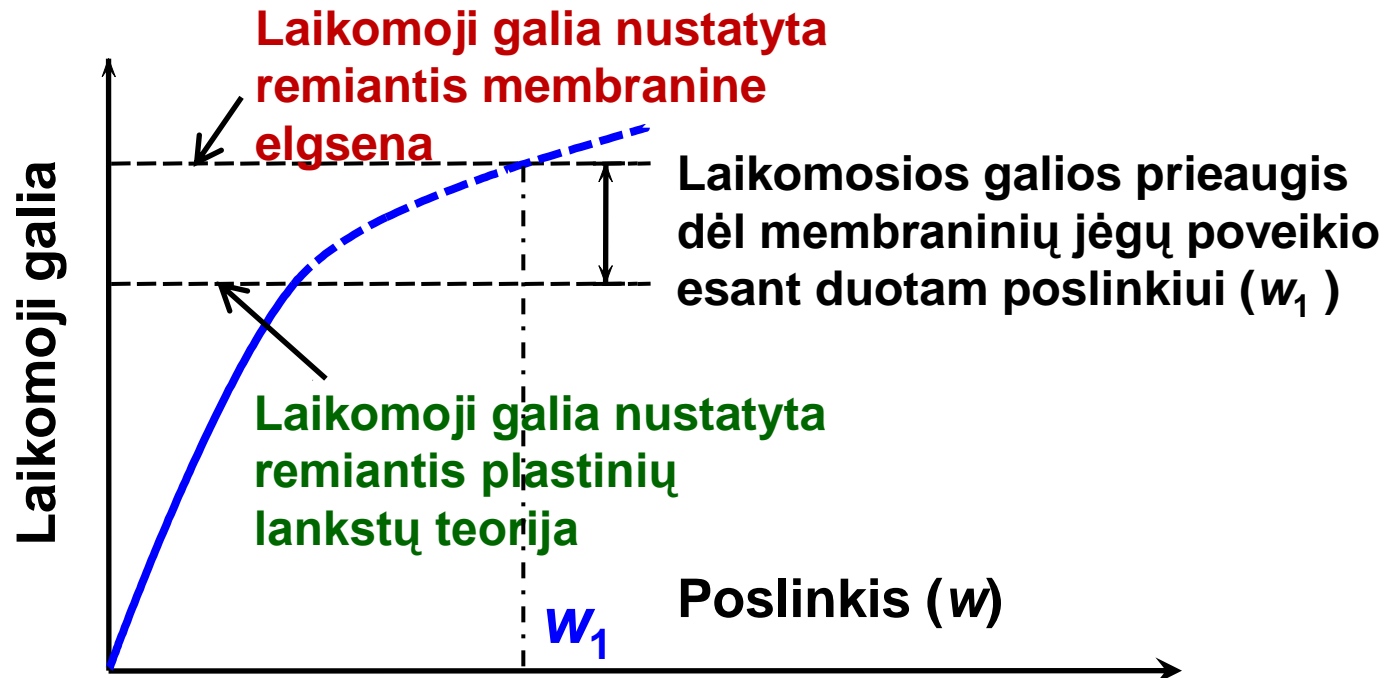
$a$  plokštės matmenų santykis =  $L/l$



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



- **Membraninės elgsenos indėlis (4)**



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

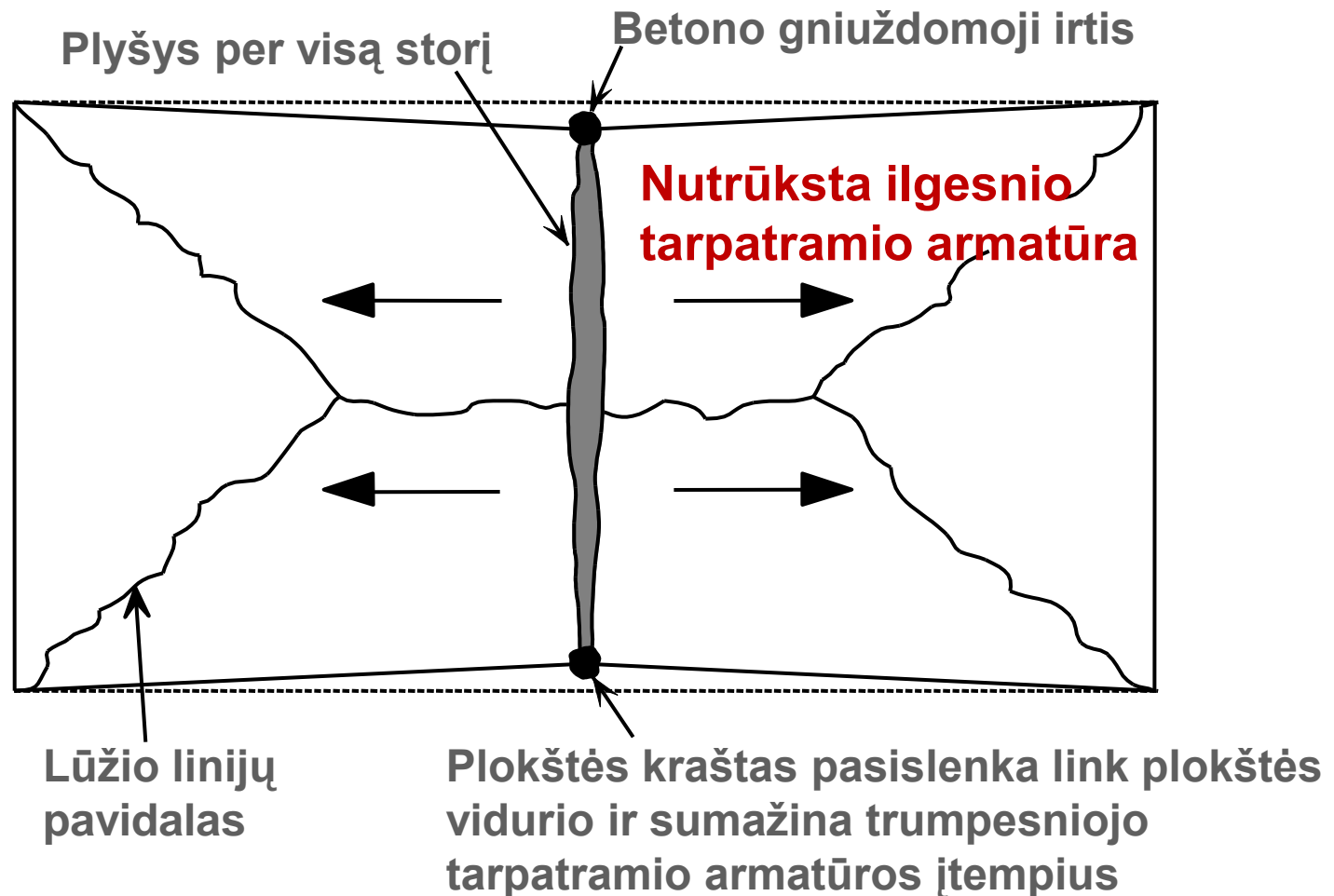
Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms





# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai

- **Irties atvejai** (armatūros tempiamoji irtis )



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

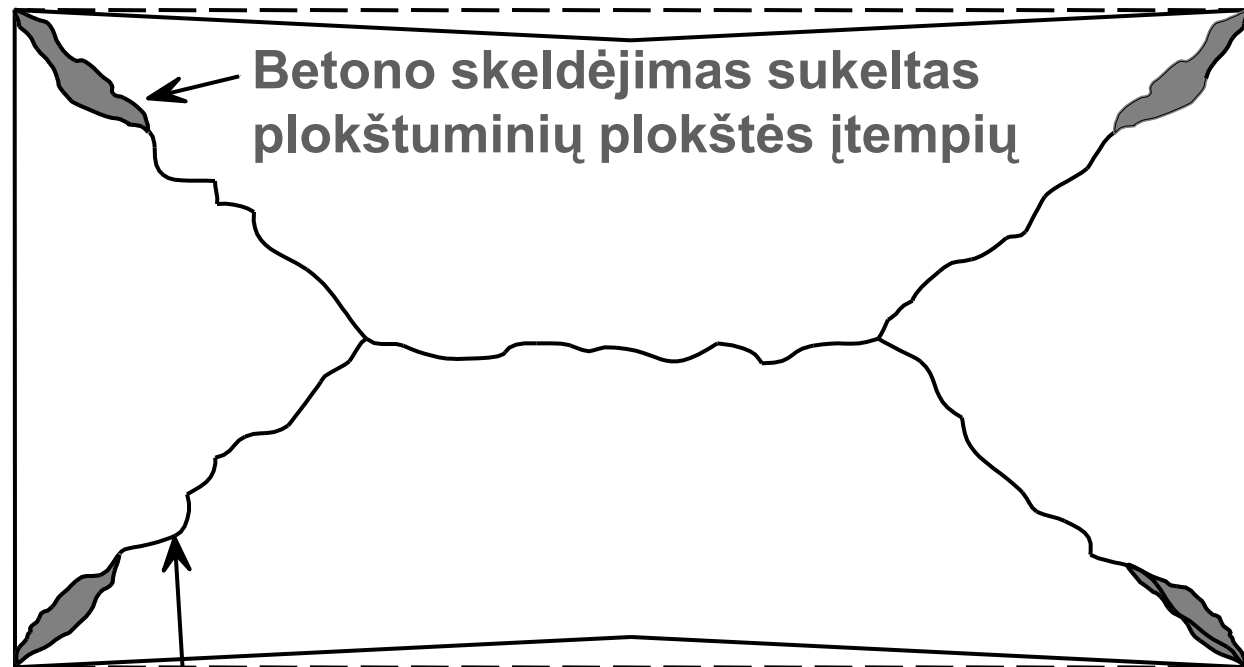
Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



- **Irties atvejai** (betono gniuždomoji irtis)
  - Labiausiai tikėtina esant stipriam armatūros tinklui



Lūžio linijų pavidalas

Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



# Gelžbetoninių perdangų paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20 °C temperatūrai



- **Irties atvejai** (eksperimentiniai duomenys)

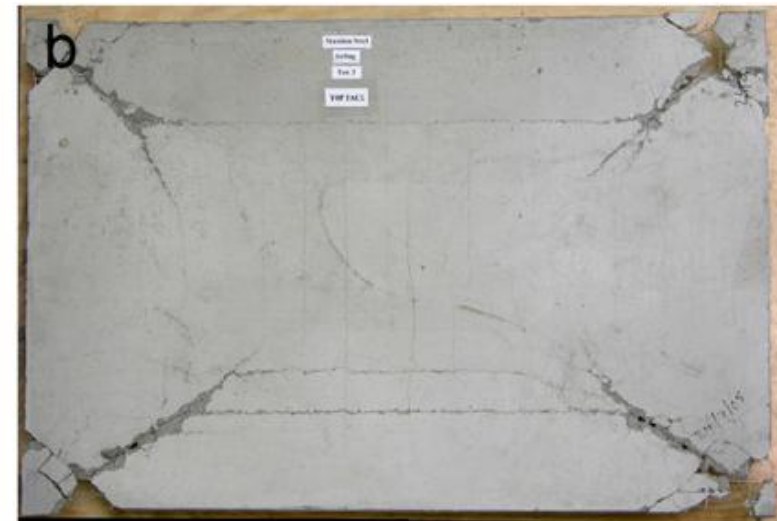
Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



**Armatūros  
tempiamoji irtis**



**Betono gniuždomoji  
irtis**



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

**Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
20°C  
temperatūrai**

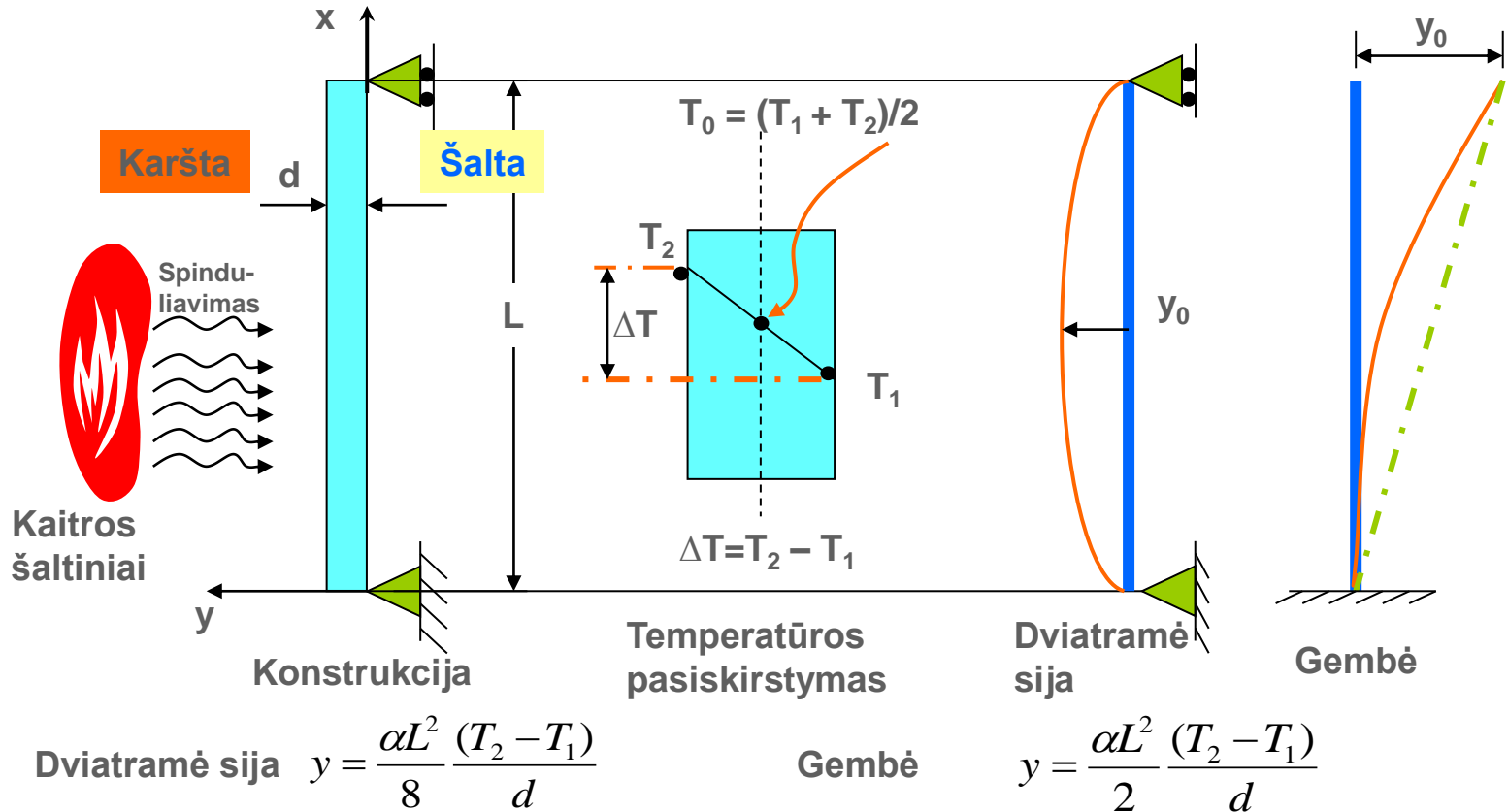
Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Perdangos plokštės modelis esant aukštesnei temperatūrai (1)**
  - pagrįstas tuo pačiu kambario temperatūrai skirtu modeliu
  - vertinamas temperatūros poveikis medžiagų savybėms.



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

## Betoninės plokštės laisvasis išlinkis



Išlinkis dėl temperatūrų skirtumo

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

arba gradiento

$$\Delta T/d$$



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C  
temperatūrai

**Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms**

- **Perdangos plokštės modelis esant aukštesnei temperatūrai (2)**
  - Plokštės šiluminio išlinkio, sukkelto temperatūros gradiento per plokštės storį, apskaičiavimas:

$$w_{\theta} = \frac{\alpha(T_2 - T_1)\ell^2}{19.2 h}$$

čia:

**h** - veiksmingasis plokštės storis

**ℓ** - trumpesnysis plokštės tarpatramis

**α** - betono temperatūrinio plėtimosi koeficientas

Lengvajam betonui reikšmė imama iš EN 1994-1-2

$$\alpha_{LWC} = 0,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$$

Įprastinio svorio betonui priimama saugi reikšmė

$$\alpha_{NWC} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1} < 1,8 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1} \text{ (EN 1994-1-2 reikšmė)}$$

**T<sub>2</sub>** - plokštės apatinio paviršiaus temperatūra (gaisro veikiama pusė)

**T<sub>1</sub>** - plokštės viršutinio paviršiaus temperatūra (gaisro neveikiama pusė)



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C  
temperatūrai

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Perdangos plokštės modelis esant aukštesnei temperatūrai (3)**
- **Priimame vidutinę mechaninę deformaciją esant įtempiams kambario temperatūroje lygiems pusei takumo ribos**
  - perdangos įlinkis esant paraboliniam išlinkio nuo skersinės apkrovos pavidalui:

$$w_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{0.5f_{sy}}{E_s}\right) \frac{3L^2}{8}} \leq \frac{l}{30}$$

čia:

- $E_s$  - armatūros tamprumo modulis esant 20°C temperatūrai
- $f_{sy}$  - armatūros takumo riba esant 20°C temperatūrai
- $L$  - perdangos ilgesnysis tarpatramis



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Perdangos plokštės modelis esant aukštesnei temperatūrai (4)**
  - didžiausias perdangos plokštės įlinkis yra:

$$w = \frac{\alpha(T_2 - T_1)l^2}{19.2 h} + \sqrt{\left(\frac{0.5f_{sy}}{E_s}\right) \frac{3L^2}{8}}$$

- tačiau, didžiausias perdangos plokštės įlinkis turi būti mažesnis nei:

$$w < \frac{\alpha(T_2 - T_1)l^2}{19.2h} + l/30$$

$$w \leq \frac{L + l}{30}$$





# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

**Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms**

- **Perdangos plokštės modelio, skirto aukštoms temperatūroms, atsarga:**
  - tariama, kad armatūra virš atramų bus nutraukta
  - nustatyti statieji poslinkiai dėl šiluminio išlinkio yra didesni nei jų teorinės reikšmės
  - šiluminis išlinkis yra apskaičiuojamas pagal plokštės trumpesnįjį tarpą
  - nepaisoma jokių papildomų plokštės stačių poslinkių, sukeltų suvaržyto šiluminio plėtimosi plokštei išklupus
  - nepaisoma plieninio pakloto indėlio
  - nepaisoma tinklo plastiškumo didėjimo kylant temperatūrai



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

**Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms**

- **Perdangos plokštės modelio laikomosios galios padidėjimas dėl neapsaugotų plieninių sijų (1)**
  - neatsižvelgiama į neapsaugotų sijų lyninę elgseną
  - neapsaugotų sijų lenkiamoji galia įvertinama darant šias prielaidas
    - abiejų galų laisvas atrėmimas
    - plieninio skerspjuvio įkaitimas skaičiuojamas pagal EN1994-1-2 4.3.4.2, atsižvelgiant į šešėlio poveikį
    - tiek plieno, tiek ir betono šiluminės ir mechaninės savybės yra pateiktos EN 1994-1-2



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

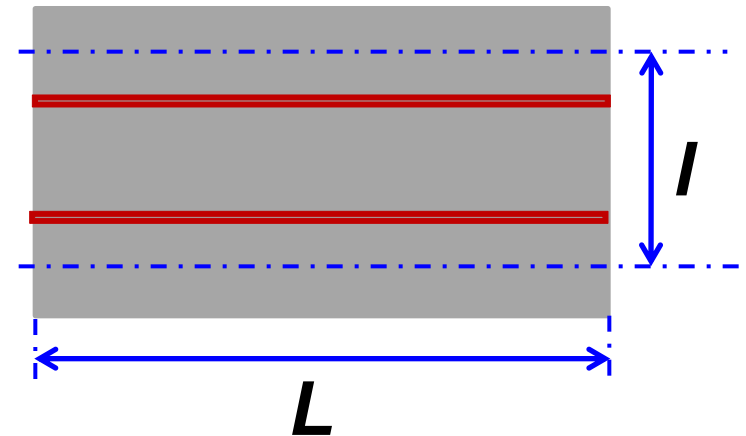
Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Perdangos plokštės modelio laikomosios galios padidėjimas dėl neapsaugotų plieninių sijų (2)**
  - laikomosios galios padidėjimas dėl neapsaugotų sijų yra:

$$\frac{8M_{Rd,fi}}{L^2} \frac{1+n_{ub}}{\ell}$$



čia:

$n_{ub}$  - neapsaugotų sijų skaičius

$M_{Rd,fi}$  - kiekvienos iš neapsaugotų kompozitinių sijų lenkiamoji galia



# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių perdangų mechaninė elgsena

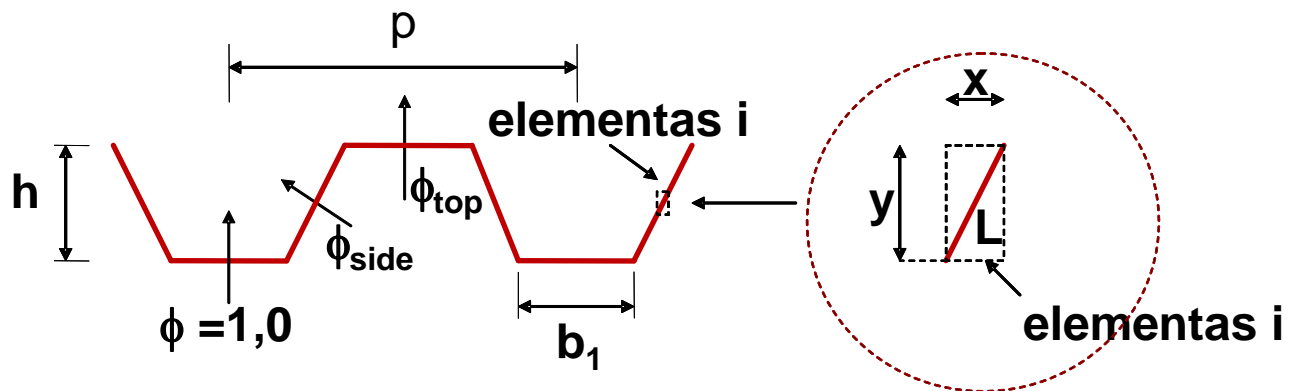
Paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20°C

Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

- **Kompozitinės plokštės temperatūros apskaičiavimas**

- **Paremtas sudėtingesniais skaičiavimo modeliais**

- plokščiasis baigtinių skirtumų metodas
- tiek plieno, tiek ir betono medžiagų šiluminės savybės imamos iš 4 Eurokodo 1-2 dalies
- kompozitinių perdangų skaičiavimuose atsižvelgiama į šėšelio poveikį





# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms

- **Apsaugotųjų kraštinių sijų laikomoji galia**
  - Bendrasis perdangos plastinis mechanizmas yra paremtas sijų laikomąja galia
  - **Apkrovos lygis gaisro metu**
    - Papildoma apsaugotų sijų gaisro apkrova
  - **Paprastesnis skaičiavimo būdas kritinei temperatūrai nustatyti (EN 1994-1-2)**



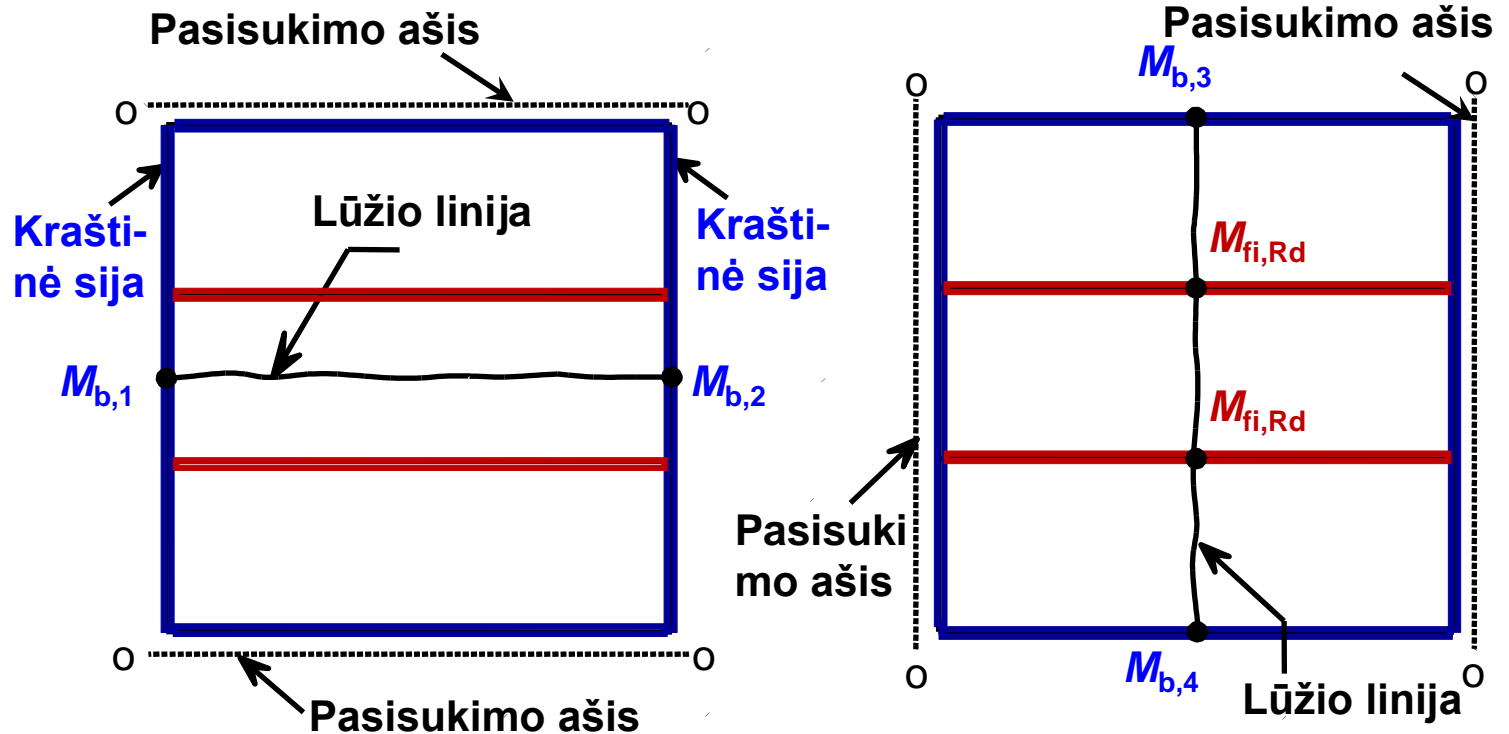
# Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms

- Apsaugotųjų kraštinių sijų laikomoji galia remiantis bendroju plastiniu mechanizmu

Kompozitinių perdangų mechaninė elgsena

Paprastesnis skaičiavimo būdas esant 20°C

Paprastesnis skaičiavimo būdas esant aukštesnėms temperatūroms





Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

**Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms**

**7 tikrojo dydžio Kardingtono gaisriniai bandymai**

**1 tikrojo dydžio BRE (Pastatų tyrimo įstaigos) bandymas  
(šaltasis (kambario temperatūroje), bet imituotas gaisras)**

**10 šaltųjų (kambario temperatūroje) bandymų atlikta  
1960/1970-ais**

**15 mažo dydžio bandymų atlikta Šefildo universitete 2004  
metais**

**Mančesterio universiteto atlikti 44 mažo dydžio šaltieji  
(kambario temperatūroje) ir gaisriniai bandymai**

**FRACOF ir COSSFIRE ISO gaisriniai bandymai**

**Šiaurės Airijos universiteto 2010 metais atlikti tikrojo dydžio  
gaisriniai bandymai**



# Mažų betoninių perdangos plokščių eksperimentinė elgsena ir skaičiavimas



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



**22 “Šaltieji” ir 22 identiški  
“karštieji” bandymai (MS ir  
SS armatūros tinklai)**







Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms



*Nuo 40 iki 55% sijų  
gali būti naudojamos  
be ištisinės jų  
apsaugos, tačiau  
apsaugant jas ten, kur  
yra būtina*





**MAICS<sup>+</sup>**

*Kompozitinių konstrukcijų membraninė  
elgsena gaisro metu*

**Inžineriniai pagrindai**

A. K. Kvedaras - A. Šapalas  
G. Šaučiuvėnas - Ž. Blaževičius  
O. Vassart  
B. Zhao



**MAICS<sup>+</sup>**

*Kompozitinių konstrukcijų membraninė  
elgsena gaisro metu*

**Projektavimo vadovas**

A. K. Kvedaras - A. Šapalas  
G. Šaučiuvėnas - Ž. Blaževičius  
O. Vassart  
B. Zhao



Kompozitinių  
perdangų  
mechaninė  
elgsena

Paprastesnis  
skaičiavimo būdas  
esant 20°C

Paprastesnis  
skaičiavimo  
būdas esant  
aukštesnėms  
temperatūroms