

DIFISEK

The logo for DIFISEK features a central red letter 'I' with a horizontal bar. This 'I' is surrounded by a circle of twelve yellow five-pointed stars, each with a thin blue outline. The stars are arranged in a ring that partially overlaps the 'I' and the letters 'F' and 'S'.

O Projecto RFCS - DIFISEK+ e o seu antecessor DIFISEK

Este projecto é financiado pela Comissão Europeia no quadro do “Research Fund for Coal and Steel”

O objectivo do DIFISEK+ é promover os diferentes projectos sobre engenharia de segurança contra incêndios que foram desenvolvidos nas últimas décadas e cujos resultados foram implementados na EN 1991-1-2.

Este objectivo será atingido através da realização de seminários nos vários Países Europeus.

Os parceiros do primeiro projecto DIFISEK foram:

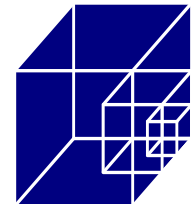
Parceiros do primeiro Projecto DIFISEK



ArcelorMittal



**University of Hannover
Institute for Steel Construction**



Grupos de trabalho no Projecto DIFISEK

- WP1 – Acções térmicas e acções mecânicas
- WP2 – Comportamento Térmico das Estruturas
- WP3 – Comportamento Mecânico das Estruturas
- WP4 – Software para dimensionamento ao fogo
- WP5a – Exemplos de cálculo
- WP5b – Descrição de Projectos Europeus

Documentos produzidos no Projecto DIFISEK

- 208 páginas de textos didáticos
- 308 slides apresentações PowerPoint

PART 1: Thermal & Mechanical Actions

L.O. Cuper, M. Hüller & M. Piumi
INSTITUT FÜR TRAGWERKE, UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

ABSTRACT: The broad technical objective of the proposal is to disseminate effectively **Structural Fire Safety Engineering Knowledge**, gained in numerous ECSC funded projects during the last 25 years, into practical use. The aim is to do so as widely as possible, in various countries and in the various national languages. The first part of this work is covered by Work Package 1, which describes the current tools for the determination of the **Thermal action**, as they are implemented in the current standards.

1 - INTRODUCTION

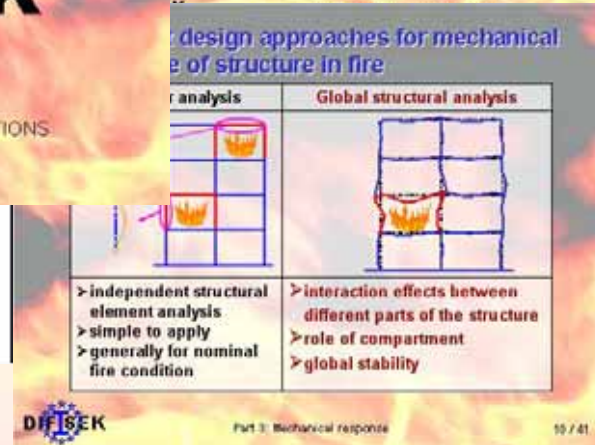
In the vicinity, a number of dramatic fires, such as the fire at the supermarket "Sparmarkt" in Brussels which led more than 300 dead and the fire at the department "Leaving Self" in Saint-Laurent-du-Pont in France led to a lot of new regulations especially in Europe.

Current regulations deal with a number of issues, including:

- Means of escape
- Fire spread, including "fire resistance" and "reactivity to fire"
- The fire resistance of the structure in terms of resistance period, R30, 60, 90 or 120
- The smoke and heat exhaust ventilation system
- Active fire fighting measures such as hand extinguishers, smoke detectors, sprinkler
- Access for the fire brigade

Even if the general control and general aspects of fire safety are the same everywhere in Europe, the requirements are not uniform. This was noticed in the frame of the project EFFIC (1) and has been updated thanks to data gathered during the recent ECSC project "Risk Based Fire Requirements" (2). For example for a single story building, the fire resistance required is up to R120 in Japan but no fire resistance is required in Switzerland (3). For a medium rise office building a fire resistance R60 is required as the Netherlands compared to R120 in France (1). The main parameters defining the requirements are the height of the building and the occupancy of the building related to the number of occupants and type of activities. Fire resistance requirements should be based on the parameters influencing the growth and development. These include:

- Fire (probability of fire occurrence, fire spread, fire duration, fire load, severity of fire...)
- Protection conditions
- Fire compartment type, size, geometry
- Type of the structural element
- Evacuation conditions
- Safety of the means of escape
- Risk for the neighbouring building
- Active fire fighting measures



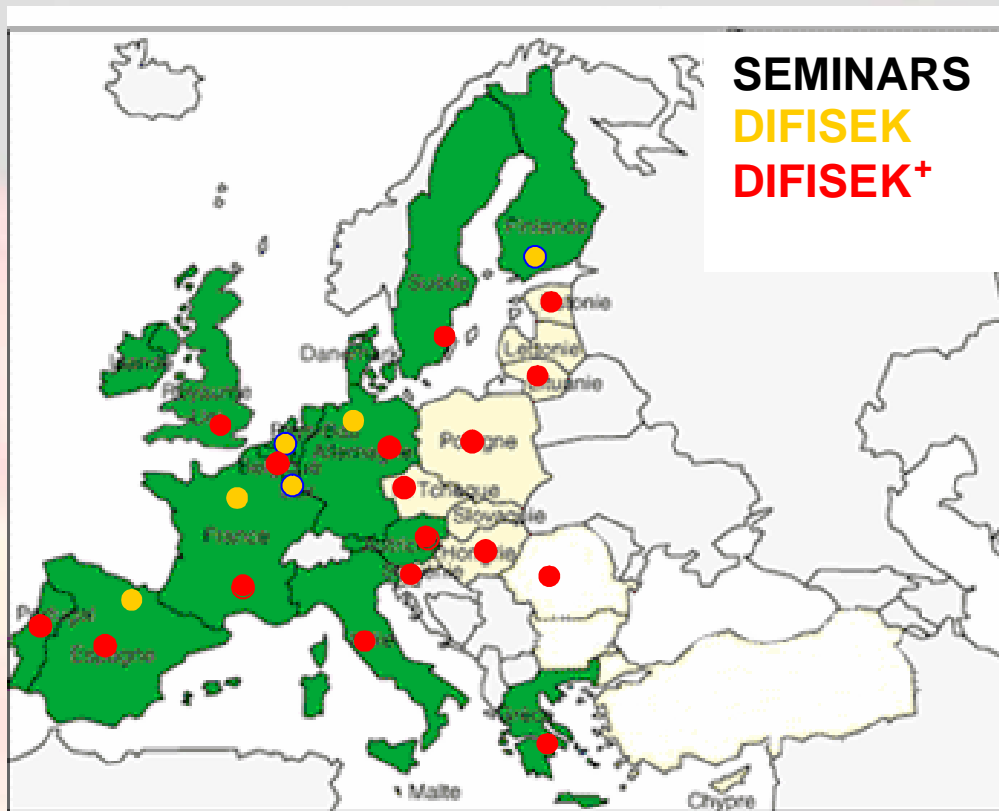
O novo Projecto DIFISEK+

17 parceiros



Locais dos seminários DIFISEK

Locais dos seminários DIFISEK+



SEMINARS
DIFISEK
DIFISEK+

Alemanha,
Áustria,
República Checa,
Eslovénia,
Espanha,
Estónia,
França,
Grécia,
Hungria,
Itália,
Lituânia,
Luxemburgo,
Polónia,
Portugal,
Reino Unido,
Roménia,
Suécia

Os principais grupos de trabalho do DIFISEK+

WP1: Actualização e harmonização da documentação produzida no DIFISEK de acordo com as versões EN do Eurocódigos

WP2: Tradução de todos os documentos nas várias línguas

WP3: Formação dos novos parceiros que vão organizar seminários

WP4: Organização dos seminários

WP5: Formação de gabinetes de projecto

WP6: Disseminação das actividades do DIFISEK+

WP7: Co-ordenação

O Seminário DIFISEK+ em Portugal



SEMINÁRIO
APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS NO
PROJECTO DE EDIFÍCIOS
LNEC, 5 de Dezembro de 2008

ORGANIZAÇÃO:



8:30 - Entrega de documentação

9:00 - 11:00 1ª Parte

Sessão de abertura com a presença do Senhor Secretário de Estado da Protecção Civil José Miguel Medeiros

O Projecto DIFISEK+

Paulo Vila Real - *Universidade de Aveiro*

Situação dos Eurocódigos Estruturais a nível Internacional

Artur Vieira Pinto - *Joint Research Centre – Ispra, Itália*

Situação dos Eurocódigos Estruturais a Nível nacional

Carlos Pina - *LNEC*

A regulamentação Nacional de segurança contra incêndios em Edifícios

António Leça Coelho - *LNEC*



11:00 - 11:30 Café

11:30 - 12:45 2ª Parte

Acções térmicas e acções mecânicas

Paulo Vila Real - *Universidade de Aveiro*

Comportamento térmico das estruturas

Nuno Lopes - *Universidade de Aveiro*

12:45 - 14:30 Almoço

14:30 - 16:00 3ª Parte

Comportamento mecânico das estruturas

Aldina Santiago - *Universidade de Coimbra*

**Software para cálculo estrutural em situação de incêndio e
apresentação de projectos nacionais baseados em Engenharia
de segurança contra incêndios**

Paulo Vila Real – *Universidade de Aveiro*

16:00 - 16:30 Café

16:30 - 17:30 4ª Parte

**Apresentação de projectos europeus baseados em Engenharia
de segurança contra incêndios**

Olivier Vassart - *ArcelorMittal – Leader of the Project Difisek+, Luxemburgo*

17:30 Conclusões e encerramento do Seminário

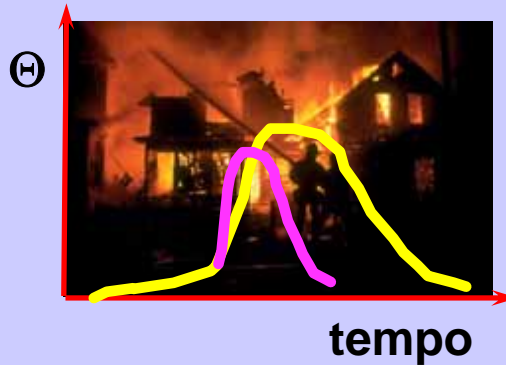
APOIOS:



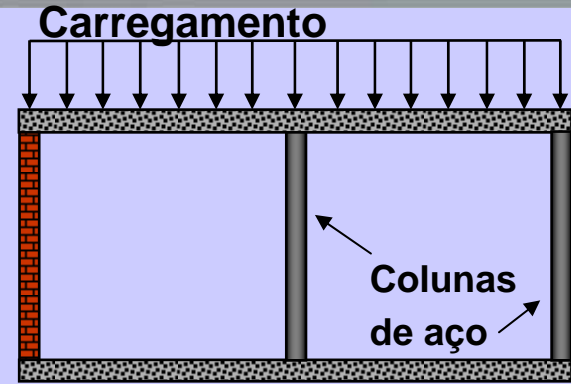
Resistência ao fogo – Sequência de eventos



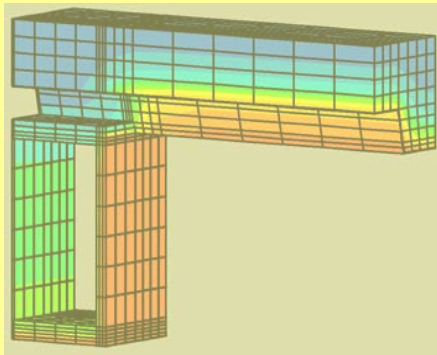
1: Ignição



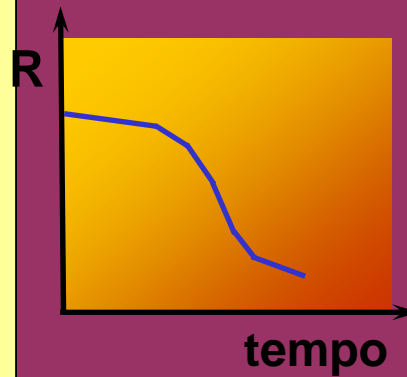
2: Acções térmicas



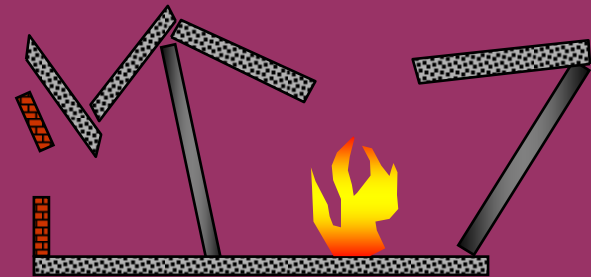
3: Acções mecânicas



4: Comportamento térmico



5: Comportamento mecânico



6: Colapso eventual

Documentação distribuída



Obrigado pela Vossa atenção

Eurocódigos Estruturais: Situação a nível internacional

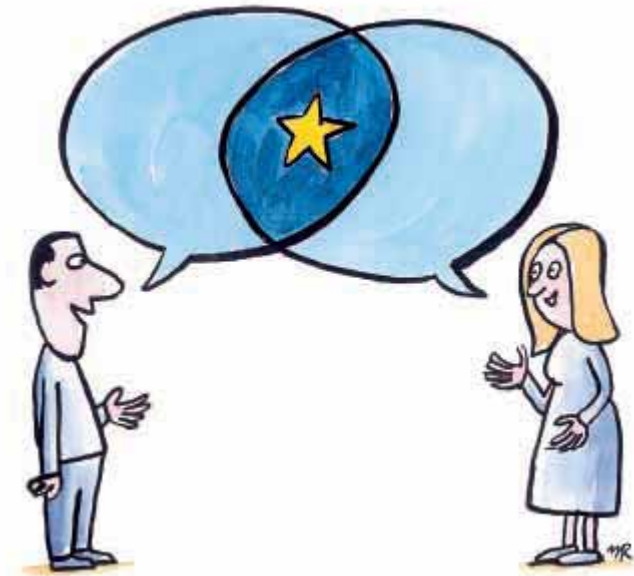
Artur Vieira Pinto
Joint Research Center (JRC)
Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC)
European Laboratory for Structural Assessment (ELSA)



Indice

1. Referências Legislativas
2. O contributo do JRC/ELSA
3. Estado actual dos Eurocódigos
(Implementação Nacional)
4. Desenvolvimentos futuros

1. Referências Legislativas
2. O contributo do JRC/ELSA
3. Estado actual dos Eurocódigos
(Implementação Nacional)
4. Desenvolvimentos futuros



Legislação Europeia

Directiva Produtos de Construção (89/106/CEE)

Requisitos essenciais

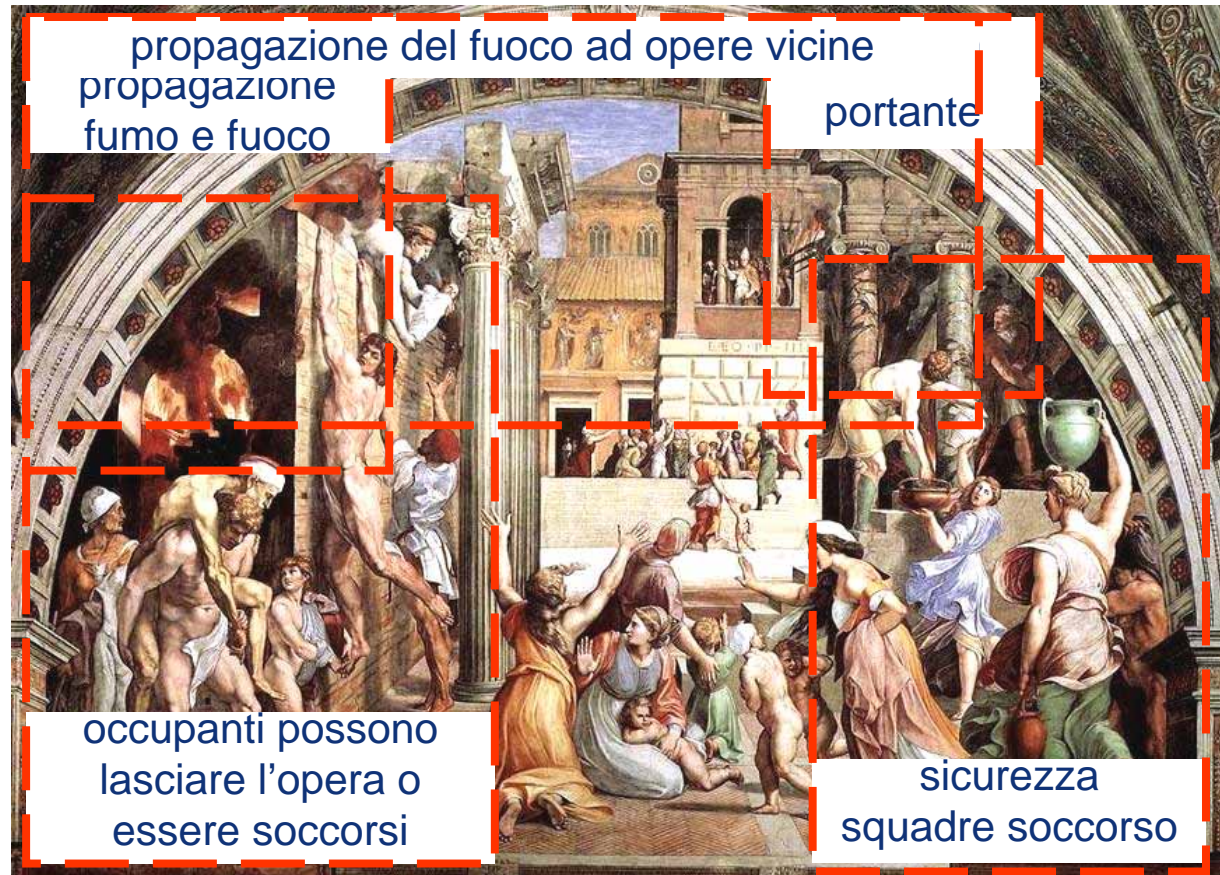
1. Resistência mecânica e estabilidade
2. **Segurança contra incêndios**
3. Higiene, saúde e ambiente
4. Segurança na utilização
5. Protecção contra o ruído
6. Economia de energia e retenção de calor



Directiva Produtos de Construção (89/106/CEE)

Segurança contra incêndio

- Capacidade de suporte estrutural;
- Deflagração e propagação fogo e fumos;
- Propagação às construções vizinhas;
- Ocupantes;
- Equipas de socorro.



Referências Legislativas – Uso dos Eurocódigos

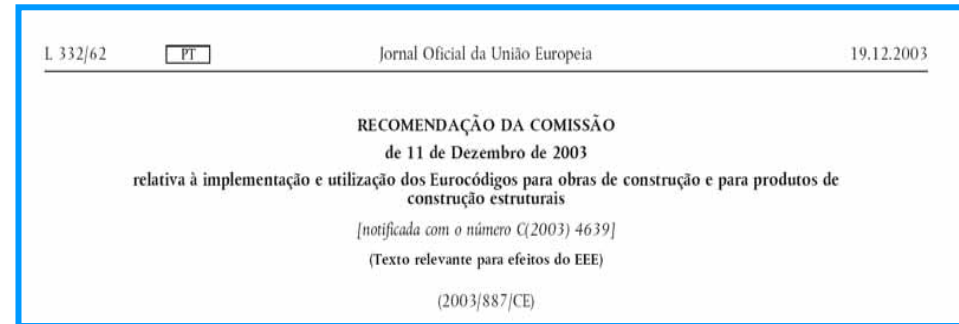
Os Eurocódigos são reconhecidos pela UE e pela EFTA como o instrumento adequado para:

- A concepção de obras de construção e para verificar a resistência mecânica dos componentes ou a estabilidade das estruturas - **presunção de conformidade com os requisitos essenciais**;
- Formular as **especificações técnicas em concursos públicos** de obras e serviços;
- Elaborar **especificações técnicas harmonizadas** para produtos de construção (EN and ETA).

Referências Legislativas

Recomendação 11/12/03

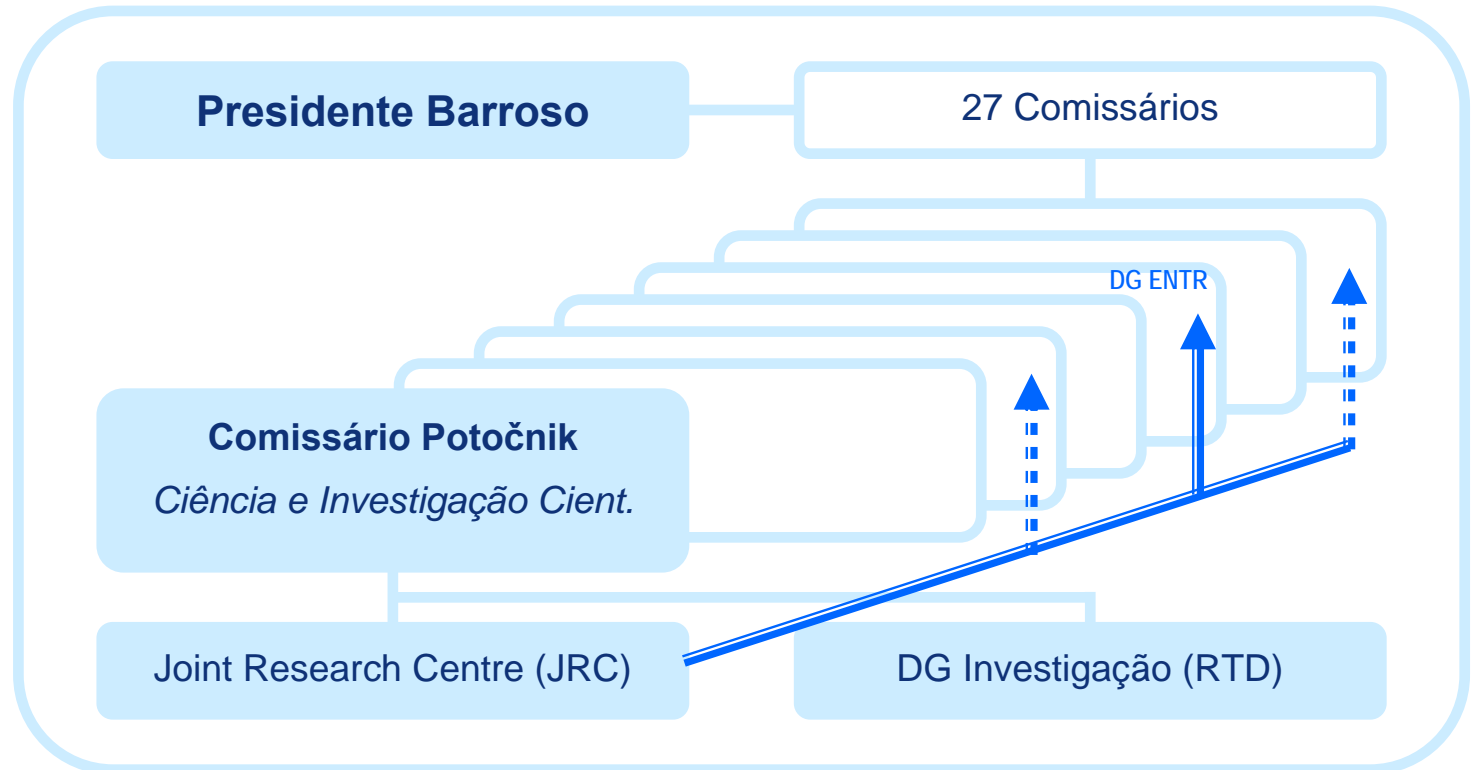
- Reconhecer a **presunção de conformidade** com os requisitos essenciais
- Fixar os **parâmetros nacionais (NDPs)**
- Adoptar os **Valores Recomendados** previstos nos Eurocódigos e **reduzir as divergências** dos valores recomendados
- Referir-se aos **Eurocódigos nas disposições/regulamentações Nacionais**
- Desenvolver **investigação científica e técnica** no campo da resistência aos sismos e ao **fogo**
- Promover o **ensino sobre os Eurocódigos** : cursos universitários, formação



1. Referências Legislativas
2. O contributo do JRC/ELSA
3. Estado actual dos Eurocódigos
(Implementação Nacional)
4. Desenvolvimentos futuros



O JRC na Comissão Europeia



Quadro formal

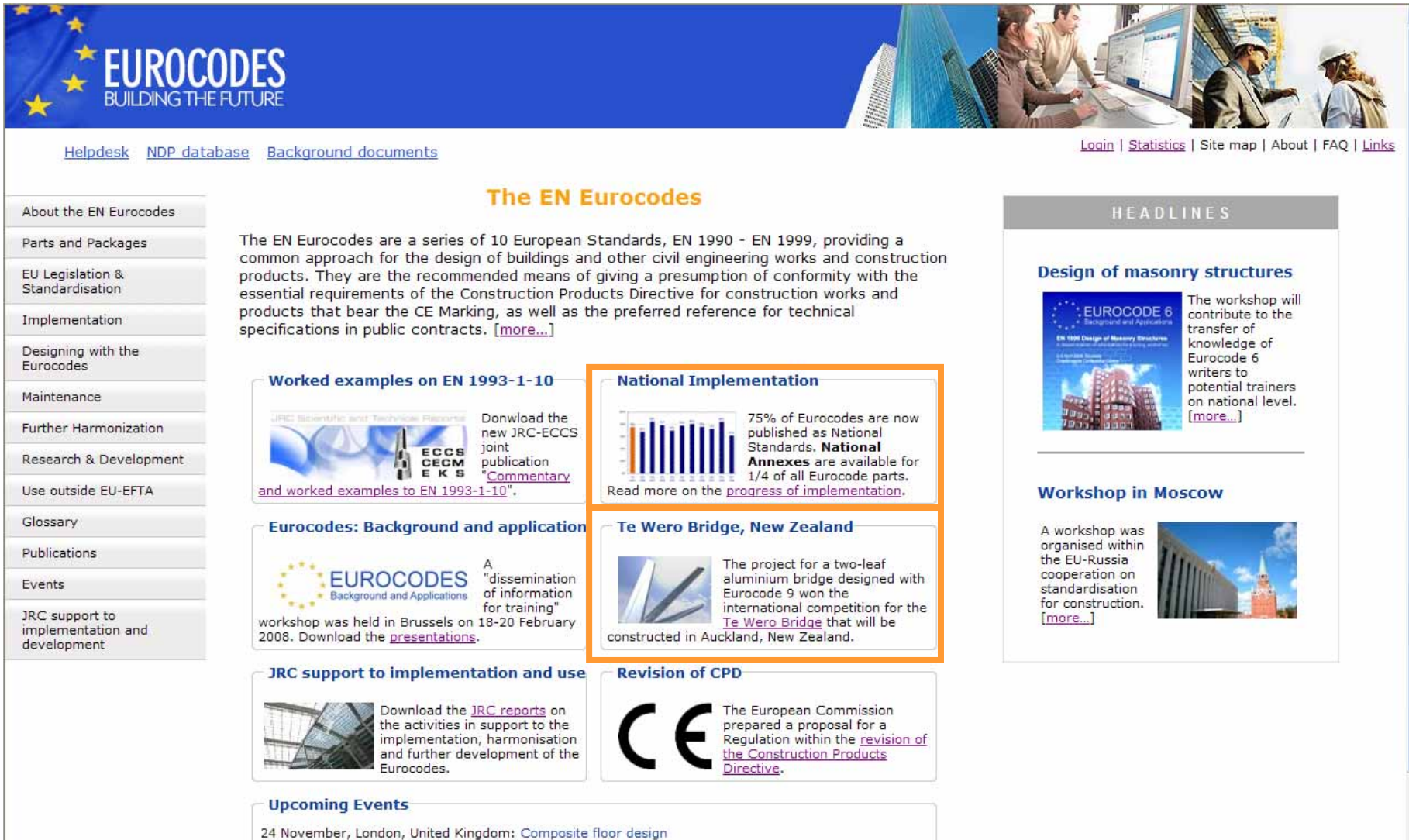
- O **JRC** presta apoio científico e técnico a concepção, desenvolvimento, implementação e controlo das políticas da União Europeia,
- **ELSA**: Investigação científica e contribuição para as normas Europeias para a Construção
- **Protocolo de Colaboração entre a DG ENTR e o JRC** na no apoio a implementação, harmonização e futuros desenvolvimentos dos Eurocodigos
- Plano de **Colaboração com o CEN/TC250**



Síntese das actividades:

<i>Legislazione</i>	<i>Attività JRC</i>
1989 <i>Direttiva Prodotti da Costruzione</i>	
1990 <i>Mandato Eurocodici ENV</i>	
1998 <i>Mandato Eurocodici EN</i>	1992 <i>ricerca pre-normativa</i>
2007 <i>Publicazione Eurocodici EN</i>	1998 <i>1998-2007: ricerca co-normativa</i>
2007 <i>“Lead Market Initiative” Mercato guida: costruzioni sostenibili</i>	2005-2007: - <i>applicazione</i> - <i>armonizzazione</i> - <i>sviluppi futuri</i>
2010 <i>Applicazione Eurocodici</i>	2008 <i>- ulteriori campi di progettazione - sostenibilità - altri aspetti emergenti</i>
2013 - ... Eurocodici nuova generazione	

Sito web Eurocódigos– <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>



EUROCODES
BUILDING THE FUTURE

[Helpdesk](#) [NDP database](#) [Background documents](#) [Login](#) [Statistics](#) [Site map](#) [About](#) [FAQ](#) [Links](#)

The EN Eurocodes

The EN Eurocodes are a series of 10 European Standards, EN 1990 - EN 1999, providing a common approach for the design of buildings and other civil engineering works and construction products. They are the recommended means of giving a presumption of conformity with the essential requirements of the Construction Products Directive for construction works and products that bear the CE Marking, as well as the preferred reference for technical specifications in public contracts. [\[more...\]](#)

About the EN Eurocodes

- Parts and Packages
- EU Legislation & Standardisation
- Implementation
- Designing with the Eurocodes
- Maintenance
- Further Harmonization
- Research & Development
- Use outside EU-EFTA
- Glossary
- Publications
- Events
- JRC support to implementation and development

Worked examples on EN 1993-1-10

JRC Scientific and Technical Reports
Download the new JRC-ECCS joint publication "Commentary and worked examples to EN 1993-1-10".

National Implementation

75% of Eurocodes are now published as National Standards. **National Annexes** are available for 1/4 of all Eurocode parts. Read more on the [progress of implementation](#).

Te Wero Bridge, New Zealand

The project for a two-leaf aluminium bridge designed with Eurocode 9 won the international competition for the [Te Wero Bridge](#) that will be constructed in Auckland, New Zealand.

Revision of CPD

The European Commission prepared a proposal for a Regulation within the [revision of the Construction Products Directive](#).

HEADLINES

Design of masonry structures

The workshop will contribute to the transfer of knowledge of Eurocode 6 writers to potential trainers on national level. [\[more...\]](#)

Workshop in Moscow


A workshop was organised within the EU-Russia cooperation on standardisation for construction. [\[more...\]](#)

Upcoming Events


24 November, London, United Kingdom: Composite floor design


Eurocodes: Background and Applications Workshop

- Bruxelas – Fevereiro 2008
- Todos os Eurocodigos (Excepto EC6)
- Sessão sobre projecto contra o fogo
- Todas as apresentações no Website
<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>

 **EUROCODES**
Background and Applications


“Dissemination of information for training” workshop

 18 February
Charlemagne Conference
Centre
rue de la Loi 170, Brussels

 19-20 February
Palais des Académies
rue Ducale 1, Brussels

Organised by
European Commission
DG Enterprise and Industry, Joint Research Centre

with the support of
CEN/TC250, CEN Management Centre and Member States

Eurocodigos: Promoção internacional (non-EU/EFTA)

- Mediterrâneo, China, Rússia, Ásia, Austrália, Nova Zelândia, Índia, Africa do Sul, Médio Oriente, América do Sul




Eurocodes
Building the future in the Euro-Mediterranean area
Workshop on the Use of the Eurocodes in the Mediterranean Countries

27-29 November 2006
Palace Grand Hotel
Varese, Italy

Organised by
DG Joint Research Centre, European Commission
DG Enterprise, European Commission
NATO

With the participation of representatives from
CEN, EOTA and French Ministry of Transport, Equipment, Tourism and Sea

Under the
JRC Enlargement and Integration Action
NATO Security through Science Programme

EUROPEAN COMMISSION
2005-2006
Joint Research Centre



EUROCODES
A tool for building safety and reliability enhancement

EU-Russia cooperation on standardisation for construction

9-10 October 2008
President Hotel, Moscow

Еврокоды
инструмент для повышения безопасности и надежности зданий

Сотрудничество ЕС-Россия по стандартизации в строительстве

9-10 октября 2008
Президент-Отель, Москва

Organised by
Russian Federal Agency on Technical Regulation and Metrology

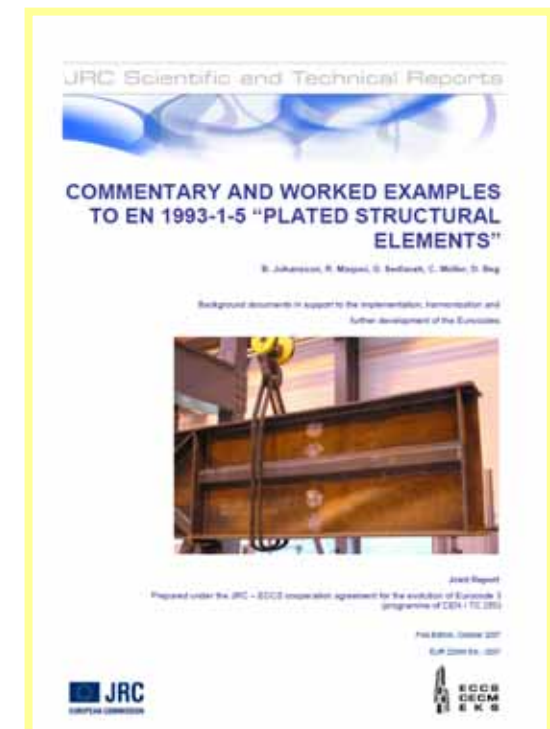
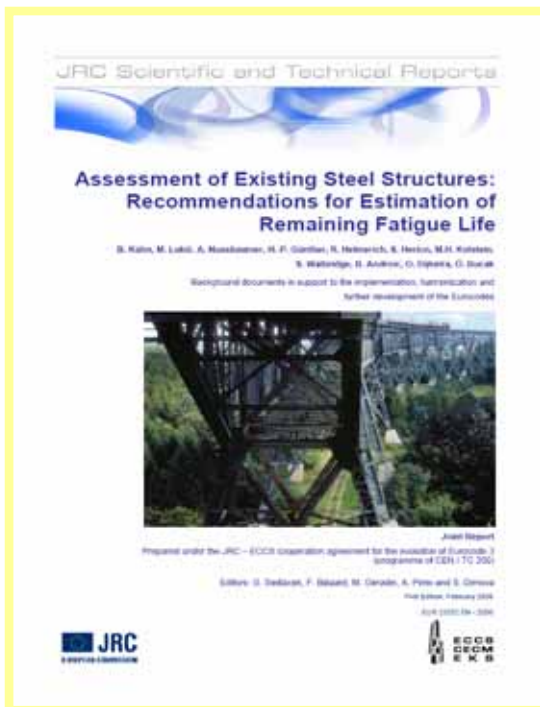
Организовано Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

with the support of
European Commission, CEN and WASC

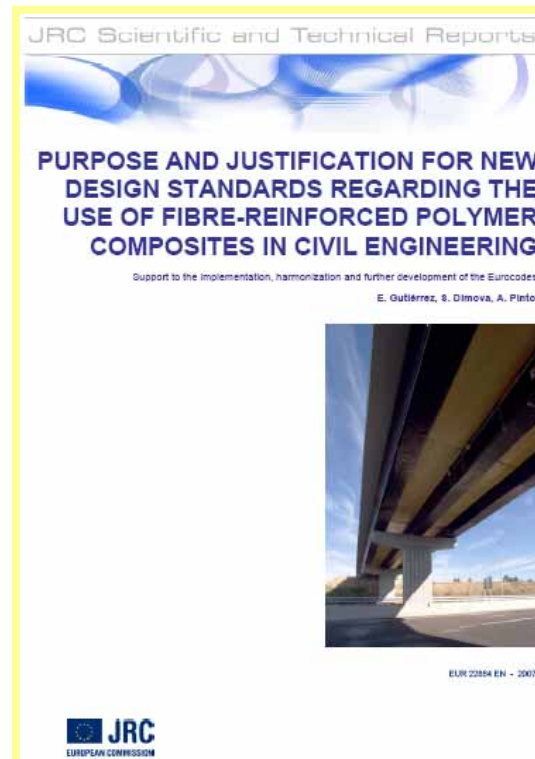
с поддержкой Европейской Комиссии, CEN и ВАРС

EUROPEAN COMMISSION
RUSSIAN FEDERATION

Publicações técnico-científicas: Documentos de base/ complementares, ...



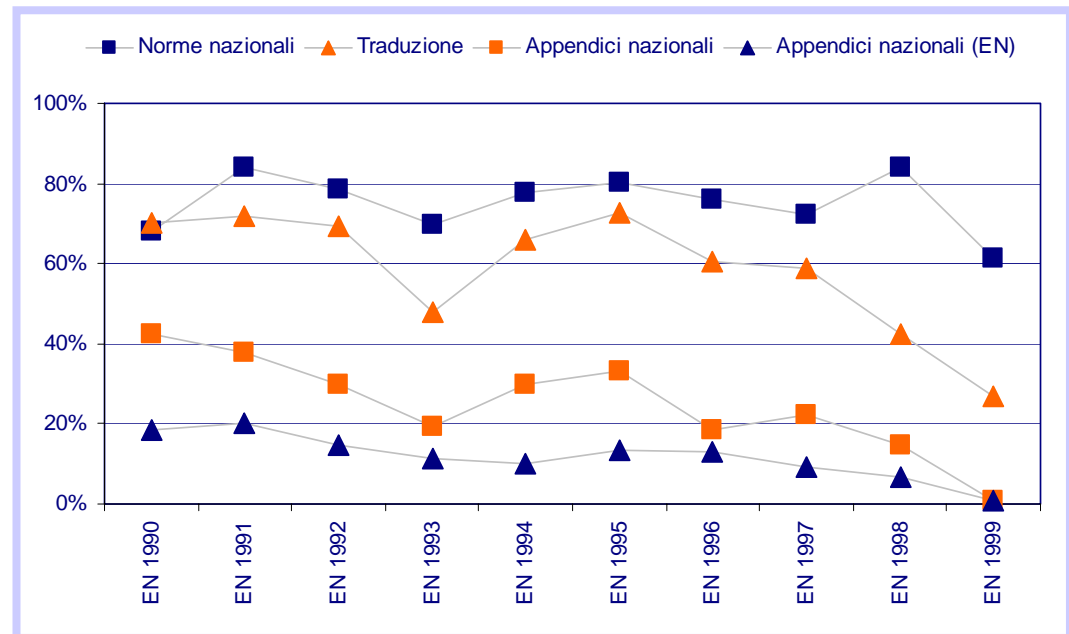
Documentos justificativos: Áreas de investigação / normalização



1. Referências Legislativas
2. O contributo do JRC/ELSA
- 3. Estado actual dos Eurocódigos
(Implementação Nacional)**
4. Desenvolvimentos futuros

Eurocódigos: Progresso na Implementação nos Estados Membros

- Normas Nacionais: 75%
- Tradução: 55%
- Anexos Nacionais: 23%





Implementação (Progresso)– Partes 1-2

- Questionário aos Estados Membros (01-03 2008)
- Cursos de formação e publicações disponíveis, ‘e-learning’

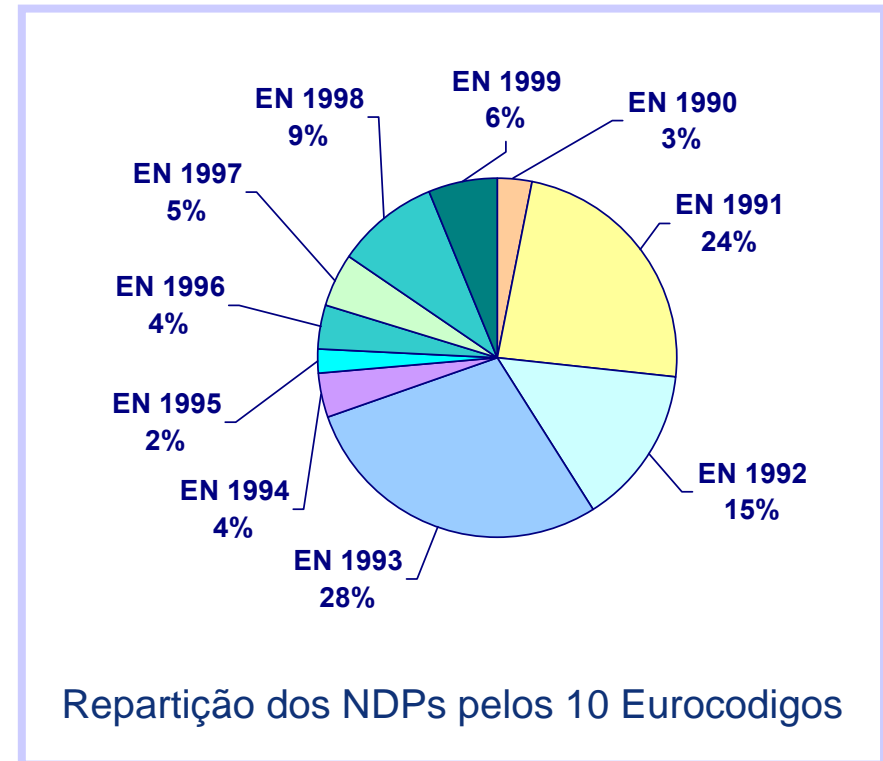
	AUT	BEL	BGR	CZE	DEU	FIN	GBR	ITA	LTU	POL	PRT	SWE
EN 1991	publicado	publicado	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	publicado
EN 1992	publicado	publicado	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	publicado
EN 1993	publicado	publicado	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado
EN 1994	publicado	publicado	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	publicado
EN 1995	publicado	publicado	Em preparação	publicado	Em preparação	publicado	publicado	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	publicado
EN 1996	publicado	Em preparação	Em preparação	publicado	Em preparação	Em preparação	publicado	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	publicado
EN 1999	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	Em preparação	publicado

Anexos Nacionais - Partes 1-2 dos Eurocodigos

 publicado
 Em preparação

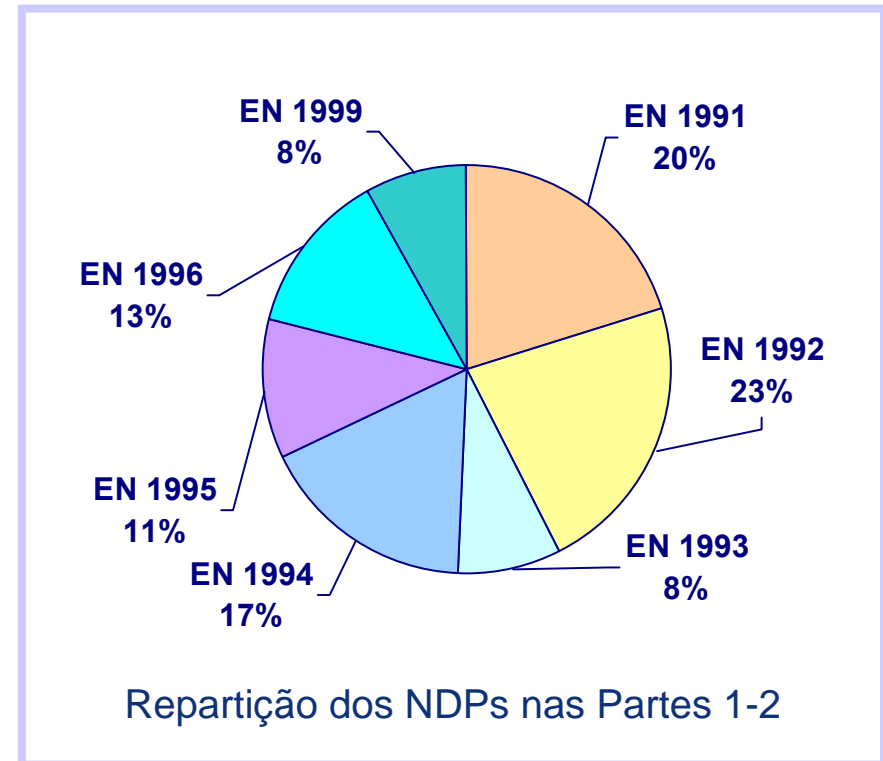
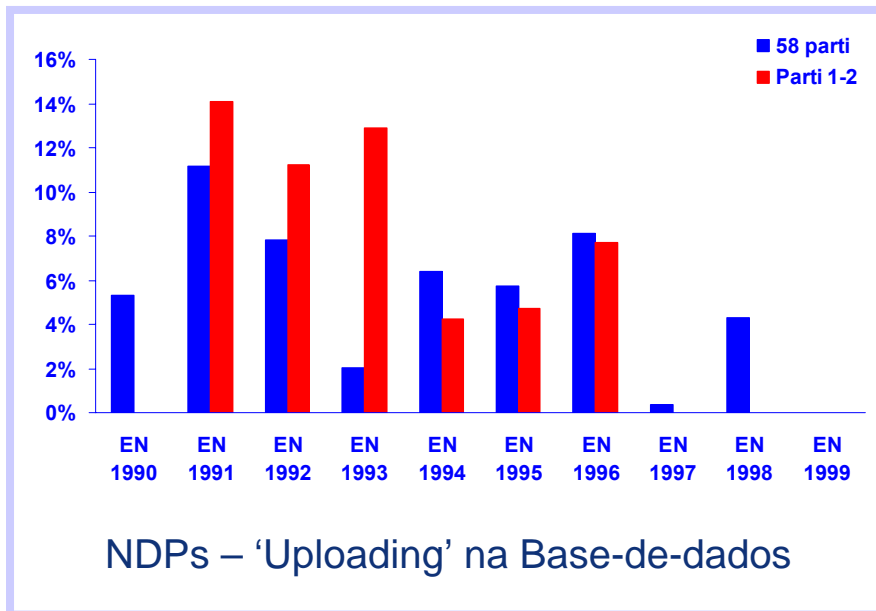
Parâmetros Nacionais (NDPs)

- Salvar o direito dos **Estados Membros de definir os níveis de segurança** no seu território
- **Tem em conta:**
 - Diferentes condições geográficas, geológicas e climáticas
 - níveis específicos de protecção
- **1507 NDPs** nas 58 Partes dos 10 Eurocodigos

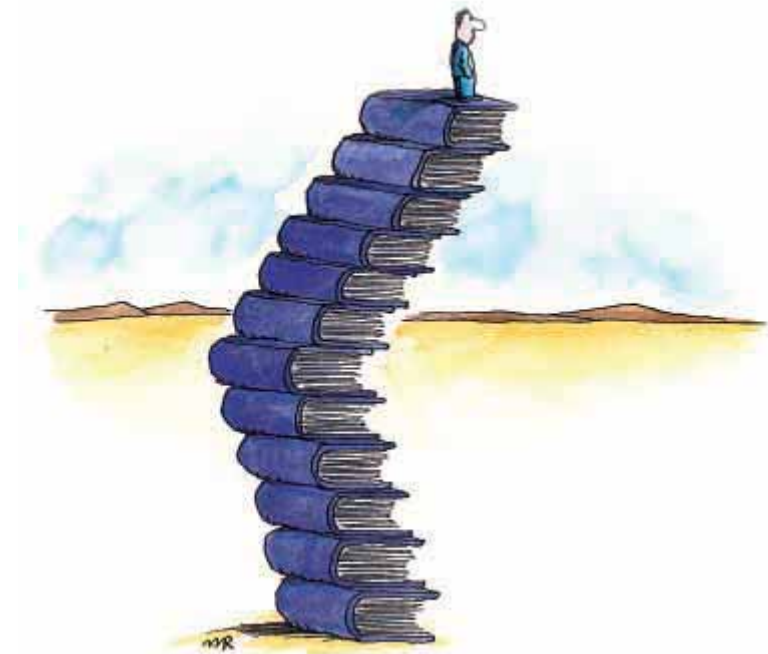


Parâmetros Nacionais (NDPs)

- 99 Parâmetros nas Partes 1-2: modelos simplificados/ avançados, coeficientes de combinação de cargas, ...



1. Referências Legislativas
2. O contributo do JRC/ELSA
3. Estado actual dos Eurocódigos (Implementação Nacional)
4. Desenvolvimentos futuros



Desenvolvimento futuro – Requisitos legais

- Recomendação da Comissão de 11/12/03
 - **reduzir as divergências** (nos NDPs)
 - integrar os desenvolvimentos científicos mais recentes (Atenção: maturidade técnica!)
- CPD (Directiva) evolui para um Regulamento dos Produtos de Construção com (sétimo) 7o requisito elementar
Uso sustentável das fontes naturais:
Reciclagem, durabilidade,
uso de materiais eco-compativeis, ...
- Iniciativa ‘Lead Market’ – Construção Sustentável



Desenvolvimento futuro – NDPs

- 99 Parâmetros nas Partes 1-2
 - não são devidos a diferenças climáticas, ...!
 - derivam de diversas culturas de projecto e metodologias de análise estrutural
- **Reduzir a divergência relativa aos Valores Recomendados**
- Aumentar a **Coerência** entre
 - partes fogo nos Eurocodigos, ex. EC2, EC3, EC4
 - Desempenho declarado: Produtos e Eurocodigos



Desenvolvimento futuro – Áreas de investigação

- **Actualizar** as regras de projecto
 - propriedades dos materiais a temperaturas elevadas
 - modelação das cargas devidas ao fogo, ...
- **Ampliar** o campo de aplicação
 - fiabilidade/economia dos métodos simplificados
 - estruturas mistas Aço-Madeira, FRP, ...
 - túneis, pontes
- **Aumentar** o conhecimento
 - comportamento de materiais, elementos, partes estruturais e estrutura sujeitos ao fogo

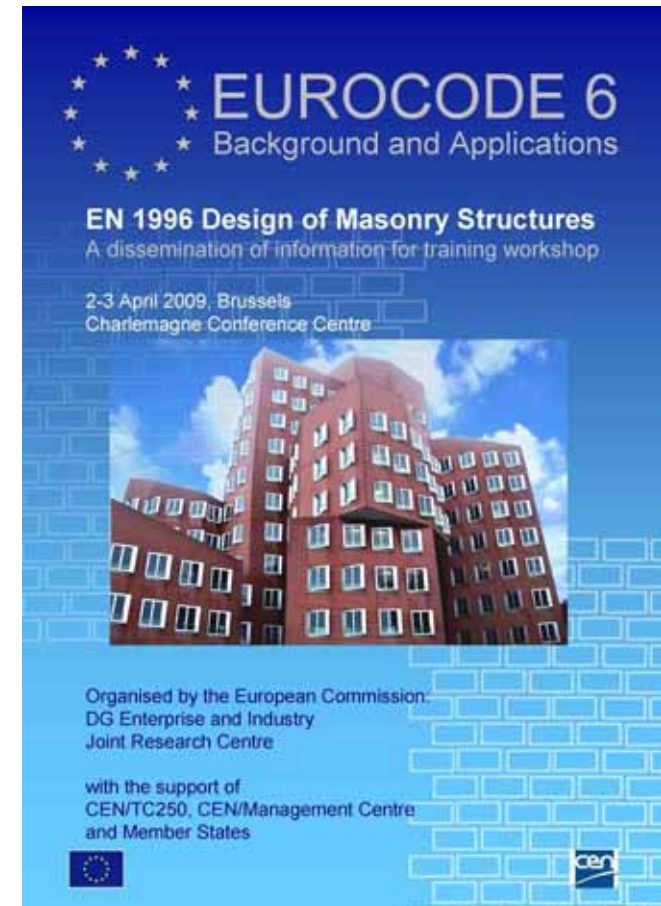


Desenvolvimento futuro – EN 1993 1-2

- Fluência (creep) a temperatura elevada
- Métodos de ensaio de resistência ao fogo de vários tipos de aço
- Instabilidade sob carga devida ao fogo - variável ao longo do elemento
- Métodos simplificados na compatibilidade de deformação entre elementos portantes e materiais de isolamento
- Vigas soldadas compostas de alma e flanges de diferentes tipos de aço
- Comportamento das ligações em fase de arrefecimento
- Vigas mistas aço / betão com aberturas na alma

EN 1996 Projecto de estruturas em alvenaria

- 2-3 Abril 2009, Bruxelas
- Informações:
<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>



“Grazie per la cortese attenzione”



*<http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu>
eurocodes@jrc.it*

Situação dos Eurocódigos Estruturais a nível nacional

Carlos Pina
Pedro Pontífice
CT 115 - ONS/LNEC
ct115@lneec.pt

DIFISEK

***Seminário Aplicação da Engenharia de segurança
contra incêndios no projecto de edifícios***

Lisboa – 5 de Dezembro de 2008

TIPOS DE ACTOS DAS INSTITUIÇÕES EUROPEIAS

(Parlamento Europeu/Conselho Europeu/Comissão Europeia)
(art.º 189.º do Tratado da UE)

- > **Regulamento**
- > **Directiva**
- > **Decisão**
- > **Recomendações e pareceres**

Regulamento

- > De carácter geral
- > Obrigatório em todos os seus elementos
- > Directamente aplicável em todos os Estados-membros
- > Publicação no JOUE – Série L (Legislação)

Directiva

- > Vinculativa para os Estados-membros destinatários quanto ao resultado a alcançar
- > Deixa às instâncias nacionais a competência quanto à forma e aos meios
- > Transposição na ordem jurídica dos Estados-membros através de diplomas específicos (em Portugal: Decretos-Lei)
- > Publicação no JOUE – Série L (Legislação)

Decisão

- > Obrigatória em todos os elementos para os destinatários que designar
- > Publicação no JOUE – Série L (Legislação)

Recomendações e pareceres

- > Não vinculativos
- > Publicação no JOUE – Série C (Comunicações)

PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DE HARMONIZAÇÃO NO DOMÍNIO DA CONSTRUÇÃO

> Directivas

- Directiva dos Produtos de Construção
- Directiva relativa ao desempenho energéticos dos edifícios
- Directivas relativas aos contratos públicos
- Directivas relativas a estaleiros de construção
- Directiva relativa à qualidade da água destinada ao consumo humano
- Directiva relativa a substâncias perigosas

PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DE HARMONIZAÇÃO NO DOMÍNIO DA CONSTRUÇÃO

> Decisões da Comissão

- Decisões relativas à classificação do desempenho ao fogo de produtos e elementos de construção
- Decisões relativas à avaliação da conformidade dos produtos para a respectiva marcação CE
- Projecto de Decisão relativa à aprovação de produtos em contacto com água destinada ao consumo humano

PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DE HARMONIZAÇÃO NO DOMÍNIO DA CONSTRUÇÃO

> Normas Europeias

- normas harmonizadas de produtos
- normas de concepção e projecto (*Eurocódigos Estruturais*)
- normas de execução/montagem
- normas de classificação
- normas de ensaio

> Aprovação técnica europeia

Directiva dos Produtos de Construção

- > Directiva 89/106/CEE, do Conselho, de 21 de Dezembro de 1988, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-membros no que respeita aos produtos de construção alterada pela Directiva 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993.
- > Exigências essenciais das obras definidas na Directiva:
 - **resistência mecânica e estabilidade**
 - **segurança em caso de incêndio**
 - higiene, saúde e protecção do ambiente
 - segurança na utilização
 - protecção contra o ruído
 - economia de energia e isolamento térmico
- > Transposição na ordem jurídica nacional
 - DL 113/93, de 10 de Abril, alterado pelo DL 139/95, de 14 de Junho, e pelo DL 374/98, de 24 de Novembro, e **alterado e republicado pelo DL 4/2007, de 8 de Janeiro**
- > Revisão da Directiva em curso – proposta de **Regulamento** que estabelecerá o quadro legal para a colocação dos produtos de construção no mercado europeu.
 - **Utilização sustentável dos recursos naturais**

Normas Europeias

- > Organizações europeias de normalização responsáveis pela elaboração e publicação de normas europeias
 - **CEN – Comité Européen de Normalisation**
 - ECISS – European Committee for Iron and Steel Standardisation
 - CENELEC – Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
 - ETSI – European Telecommunications Standards Institute

- > Transposição nos Estados-membros através de normas nacionais, que podem integrar anexos nacionais para ter em conta eventuais especificidades, ou de adopção das normas europeias.

Eurocódigos estruturais

Os Eurocódigos Estruturais constituem um conjunto de Normas Europeias (EN) para o projecto de estruturas de edifícios e de outras obras de engenharia civil, realizadas com diferentes materiais.

Eurocódigos estruturais

Os Eurocódigos Estruturais constituem documentos de referência a utilizar para a:

- Comprovação da conformidade das obras com as Exigências Essenciais da Directiva dos Produtos de Construção, em particular com as Exigências Essenciais n.ºs 1 (*Resistência mecânica e estabilidade*) e 2 (*Segurança ao fogo*) .
- Determinação das características dos produtos de construção estruturais que se referem àquelas exigências e que façam parte da informação que acompanha a marcação CE daqueles produtos.
- Elaboração de cadernos de encargos para a execução de obras de construção e prestação de serviços de engenharia.

Eurocódigos em Portugal – Anexos Nacionais

- As **XX EN** (NP EN em Portugal) correspondem à tradução para a língua de cada país das diferentes Partes dos Eurocódigos e podem ser acompanhadas pelos respectivos **Anexos Nacionais**.
- Nestes Anexos são definidos, nomeadamente, os **Parâmetros Determinados a nível Nacional** (*NDP – Nationally Determined Parameters*), que correspondem a parâmetros deixados em aberto nos Eurocódigos para escolha nacional.

Eurocódigos estruturais

- Eurocódigo "0" – Bases para o projecto
- Eurocódigo 1 – Acções em estruturas
- Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão
- Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço
- Eurocódigo 4 – Projecto de estruturas mistas de aço-betão
- Eurocódigo 5 – Projecto de estruturas de madeira
- Eurocódigo 6 – Projecto de estruturas de alvenaria
- Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico
- Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos
- Eurocódigo 9 – Projecto de estruturas de alumínio

Eurocódigos estruturais

Norma Europeia	Título (simplificado)	N.º de Partes
EN 1990	Eurocódigo - Bases para o projecto	1
EN 1991	Eurocódigo 1 – Acções em estruturas	10
EN 1992	Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão	4
EN 1993	Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço	20
EN 1994	Eurocódigo 4 – Projecto de estruturas mistas aço-betão	3
EN 1995	Eurocódigo 5 - Projecto de estruturas de madeira	3
EN 1996	Eurocódigo 6 – Projecto de estruturas de alvenaria	4
EN 1997	Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico	2
EN 1998	Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos	6
EN 1999	Eurocódigo 9 – Projecto de estruturas de alumínio	5

Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas

- EN 1990: Bases para o projecto de estruturas
 - Anexo A1 – Aplicação a edifícios (incluído na EN 1990)
 - Anexo A2 – Aplicação a pontes (incluído numa Emenda da EN 1990 já publicada)
 - Anexo A3 –

Abrange matéria regulamentada na 1ª Parte do RSA

Eurocódigo 1 – Acções em estruturas

- EN 1991-1-1: **Pesos volúmicos, pesos próprios e sobrecargas**
- EN 1991-1-2: Acções em estruturas expostas ao **fogo**
- EN 1991-1-3: Acções da **neve**
- EN 1991-1-4: Acções do **vento**
- EN 1991-1-5: Acções **térmicas**
- EN 1991-1-6: Acções durante a **construção**
- EN 1991-1-7: Acções de **acidente**

- EN 1991-2: Acções de **tráfego em pontes**
- EN 1991-3: Acções devidas a **gruas e equipamentos**
- EN 1991-4: Acções em **silos e reservatórios**

Abrange matéria regulamentada na 2ª Parte do RSA

Eurocódigo 2 – Projecto de estruturas de betão

- EN 1992-1-1: Regras gerais e regras para **edifícios**
- EN 1992-1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao **fogo**
- EN 1992-2: **Pontes**
- EN 1992-3: Estruturas de **suporte** e **reservatórios**

Abrange matéria regulamentada no REBAP

Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço

Partes gerais:

- EN 1993-1-1: Regras gerais e regras para **edifícios**
- EN 1993-1-2: Regras gerais – Verificação da resistência ao **fogo**
- EN 1993-1-3: Regras gerais – Regras adicionais para elementos **enformados a frio**
- EN 1993-1-4: Regras gerais – Regras adicionais para aço **inoxidável**
- EN 1993-1-5: **Elementos em placa**
- EN 1993-1-6: Regras gerais - Resistência e estabilidade de **cascas**
- EN 1993-1-7: Elementos **laminares com carregamento transversal**
- EN 1993-1-8: Projecto das **ligações**
- EN 1993-1-9: **Fadiga**
- EN 1993-1-10: **Tenacidade** dos materiais e propriedades no sentido da espessura
- EN 1993-1-11: Projecto de estruturas com **elementos tensionados**
- EN 1993-1-12: Regras adicionais para aços de alta resistência (**até classes S 700**)

Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço

(Continuação)

- EN 1993-2: **Pontes**
- EN 1993-3-1: **Torres e mastros**
- EN 1993-3-2: **Chaminés**
- EN 1993-4-1: **Silos**
- EN 1993-4-2: **Reservatórios**
- EN 1993-4-3: **Conduitas**
- EN 1993-5: **Estacas**
- EN 1993-6: Caminhos de rolamento de **gruas e pontes rolantes**

Abrange matéria regulamentada no REAE

Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico

- EN 1997-1: **Regras gerais**
- EN 1997-2: **Ensaio**s de campo e laboratoriais

Eurocódigo 7 – Projecto geotécnico

Secções:

- > Generalidades
- > Bases do projecto geotécnico
- > Dados geotécnicos
- > Supervisão da construção, observação e manutenção
- > Aterros, rebaixamentos freáticos e melhoramento ou reforço do terreno
- > Fundações superficiais
- > Fundações por estacas
- > Ancoragens
- > Estruturas de suporte
- > Rotura hidráulica
- > Estabilidade global
- > Aterros
- + 11 Anexos

NP EN 1997-1

Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos

- EN 1998-1: Regras gerais, **acção sísmica** e regras para **edifícios**
- EN 1998-2: **Pontes**
- EN 1998-3: Avaliação e **reforço de edifícios**
- EN 1998-4: Silos, reservatórios e condutas
- EN 1998-5: Fundações, estruturas de suporte e aspectos geotécnicos
- EN 1998-6: Torres, mastros e chaminés

Abrange matéria regulamentada na 2ª Parte do RSA

Eurocódigos Estruturais

Evolução a nível europeu

- Iniciativa da Comissão Europeia (1975).
[Joint Committee on Structural Safety (1971) - Prof. Júlio Ferry Borges]
- Passagem para o âmbito do CEN/TC 250 (1989).
- Publicação de 63 Pré-Normas Europeias (ENV) na década de 90.
- Em 1998, o CEN iniciou a transformação das ENV em EN, sob mandato da Comissão Europeia.
- **Todas as 58 Normas Europeias (EN) que constituem os Eurocódigos Estruturais foram já publicadas.** As últimas normas foram publicadas em Maio de 2007.

Eurocódigos Estruturais

Desenvolvimentos a nível europeu

- **Manutenção** (TC 250)
Preparação de Erratas e Emendas aos Eurocódigos.
- **Harmonização** (JRC + TC 250)
Eliminação dos NDPs (base de dados).
- **Promoção e divulgação** (JRC + TC 250)
Realização de Seminários e Cursos. Criação de um *site* na Internet. “Internacionalização” dos Eurocódigos.
- **Desenvolvimentos futuros** (TC 250 + JRC)
Novos “Eurocódigos”: avaliação de estruturas existentes, elementos estruturais de vidro e de polímeros reforçados com fibras.

Países envolvidos nos Eurocódigos

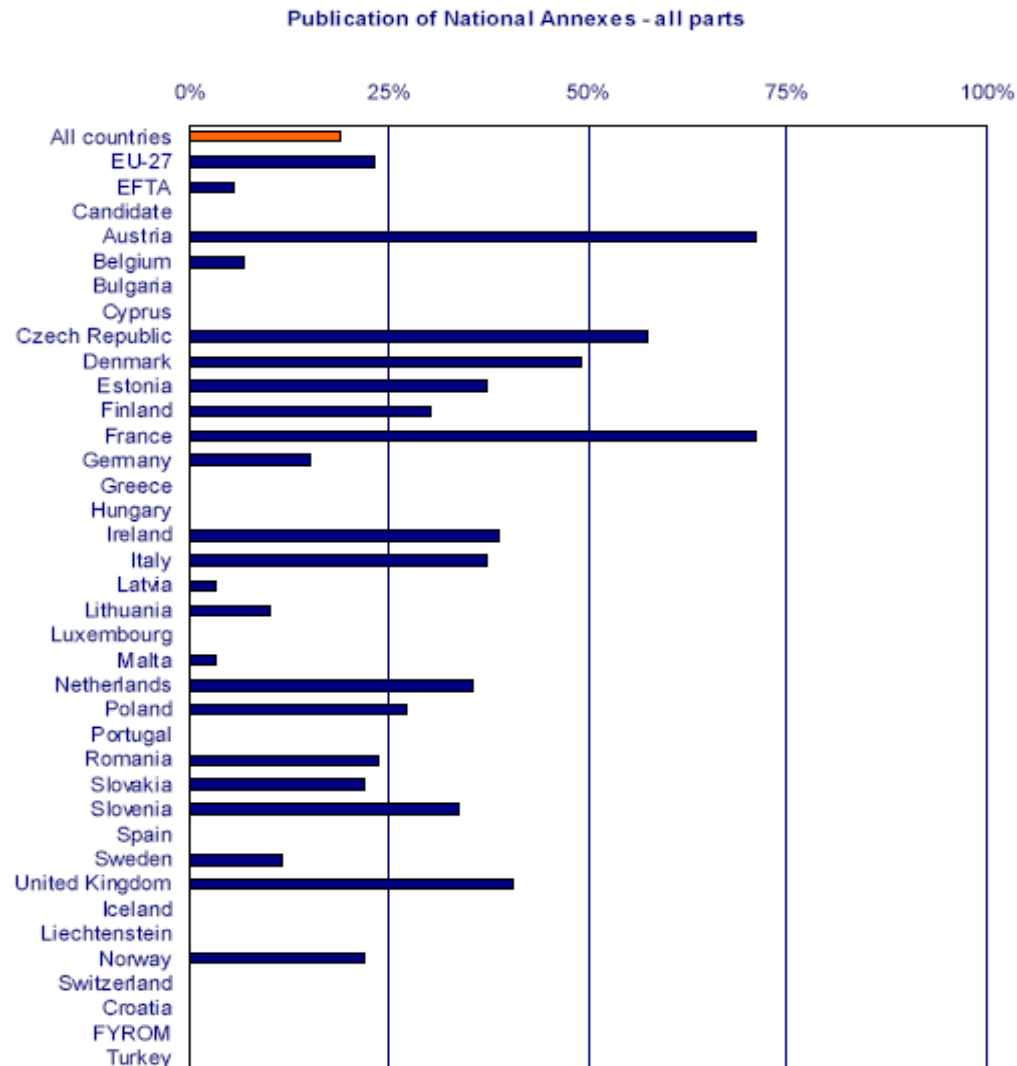
EU Member States		EFTA Member States	
Austria	✓	Latvia	✓
Belgium	✓	Lithuania	✓
Bulgaria	✓	Luxembourg	X
Cyprus	✓	Malta	✓
Czech Republic	✓	Netherlands	✓
Denmark	✓	Poland	✓
Estonia	✓	Portugal	✓
Finland	✓	Romania	✓
France	✓	Slovakia	✓
Germany	✓	Slovenia	✓
Greece	✓	Spain	✓
Hungary	X	Sweden	✓
Ireland	✓	United Kingdom	✓
Italy	✓		
		EU Candidate Countries	
		Croatia (Hrvatska)	✓
		FYROM	X
		Turkey	X

Publicação dos Eurocódigos

Publication of national standards - all parts

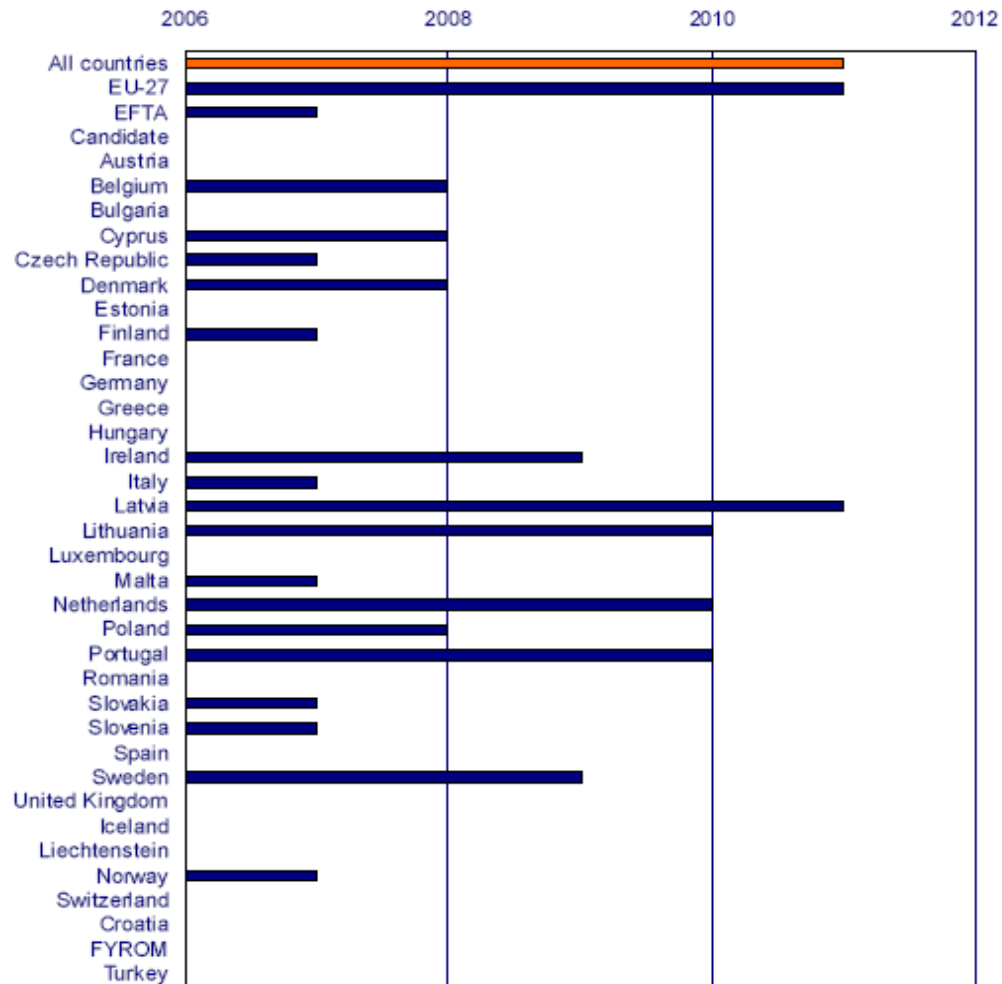


Publicação dos Anexos Nacionais



Aplicação dos Eurocódigos

Date of amendment of building regulations - all parts



Entidades envolvidas em Portugal

Instituto Português da Qualidade

Publicação dos Eurocódigos como Normas Portuguesas.

Comissão Técnica CT 115 – “Eurocódigos Estruturais” do ONS/LNEC

Representação de Portugal no CEN/TC250 e preparação dos Eurocódigos para publicação em Portugal.

Comissão “Eurocódigos Estruturais”

Transposição dos Eurocódigos para o quadro regulamentar nacional.

(Comissão a funcionar, até final de 2006, no ex-CSOPT, entretanto transferida para o LNEC)

Eurocódigos Estruturais

Evolução em Portugal

- O LNEC colaborou com a Comissão Europeia na fase inicial.
- O IPQ indicou, em 1991, o LNEC como ONS – **CT 115**.
- Representantes da CT 115 participaram nas Subcomissões da CEN/TC 250, que prepararam cada um dos Eurocódigos. Para além disso, a CT 115 preparou/está a preparar as versões nacionais dos Eurocódigos.
- Como resultado dessa actividade, foram publicadas, pelo IPQ, 18 das 63 Partes das Pré-Normas Europeias (NP ENV).
- Encontra-se em curso a preparação das Normas Portuguesas (**NP EN**) com os respectivos **Anexos Nacionais**, as quais transpõem para o nosso País as Normas Europeias (EN).

Comissão Técnica CT 115

Presidente: Eng.º Vitor Monteiro

A CT 115 é composta actualmente por cerca de 35 membros, estando representados Organismos da Administração Pública, Universidades, Associações profissionais, Associações de projectistas e de empresas de construção civil, e incluindo igualmente a participação, a título individual, técnicos de reconhecida competência.

Um número sensivelmente idêntico de técnicos participa em dez Grupos de Trabalho, especialmente dedicados a cada um dos Eurocódigos.

CT 115 - Coordenadores dos Grupos de Trabalho

EC "0"	Carlos Pina
EC 1	Carlos Pina
EC 2	Júlio Appleton
EC 3	António Reis
EC 4	Luís Calado
EC 5	Pedro Pontífice
EC 6	Pompeu dos Santos
EC 7	Rui Correia
EC 8	Eduardo Cansado de Carvalho
EC 9	João Viegas

NP EN	Título (simplificado)
1990	Bases para o projecto
1991-1-1	Acções – Pesos próprios e sobrecargas
1991-1-2	Acções – Fogo
1991-1-3	Acções – Neve
1991-1-4	Acções – Vento
1991-1-5	Acções – Temperatura
1992-1-1	Betão – Regras gerais
1992-1-2	Betão – Fogo
1993-1-1	Aço – Regras gerais
1993-1-2	Aço – Fogo
1993-1-8	Aço – Ligações
1993-1-9	Aço – Fadiga
1993-1-10	Aço – Tenacidade
1997-1	Projecto geotécnico – Regras gerais
1998-1	Sismos – Regras gerais
1998-5	Sismos – Fundações

**Conjunto de 16
NP EN já aprovadas
na CT 115.**

**Permitem o projecto de
edifícios de betão e aço.**

**Publicação pelo IPQ
até ao final do 1º
semestre de 2009.**

Outros materiais

NP EN	Título (simplificado)
1994-1-1	Mistas – Regras gerais
1994-1-2	Mistas – Fogo
1995-1-1	Madeira – Regras gerais
1995-1-2	Madeira – Fogo
1996-1-1	Alvenaria – Regras gerais
1996-1-2	Alvenaria – Fogo
1999-1-1	Alumínio – Regras gerais
1999-1-2	Alumínio – Fogo
1999-1-3	Alumínio – Fadiga

***NP EN a aprovar na
CT 115 no 1º
semestre de 2009.***

***Publicação pelo IPQ
até ao final de 2009.***

Pontes

NP EN	Título (simplificado)
1990/A1	Bases para o projecto. Anexo A2: Pontes
1991-2	Acções – Pontes
1992-2	Betão – Pontes
1993-2	Aço – Pontes
1994-2	Mistas – Pontes
1995-2	Madeira – Pontes
1998-2	Sismos – Pontes

***NP EN a aprovar na
CT 115 no 1º
semestre de 2010.***

***Publicação pelo IPQ,
até ao final de 2010.***

Estruturas de edifícios


Betão e Aço

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Regulamentos	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	Novo contexto legislativo
Normas	EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's

Estruturas de edifícios

Mistas, Madeira, Alvenaria e Alumínio

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Regulamentos	RSA	RSA	RSA	RSA	RSA	Novo contexto regulamentar
Normas	EN's	EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's



Pontes

Betão, Aço, Mistas e Madeira

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Regulamentos	RSA REBAP	RSA REBAP	RSA REBAP	RSA REBAP	RSA REBAP	Novo contexto regulamentar
Normas	EN's	EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's	NP EN's

CT 115 - Acções a desenvolver, a curto prazo

- Publicação das NP EN.
- Clarificação do estatuto dos Eurocódigos (período de coexistência).
- Sessão de apresentação geral dos Eurocódigos no 1º semestre de 2009.
- Apoio a todas as entidades que promovam acções de divulgação e formação.
- Supletivamente, realização de Seminários e Cursos.

SEMINÁRIO 2009

“EUROCÓDIGOS ESTRUTURAIS. Estruturas de edifícios”

	1º Dia	2º Dia	3º Dia
Manhã		EC 7	EC 3
		EC 8	EC 3 EC 8-1
Tarde	Apresentação EC 0	EC 2	Fogo
	EC 1	EC 2 EC 8-1	

Considerações finais

Os Eurocódigos Estruturais:

- Formam um conjunto coerente e abrangente de normas relativas à verificação da segurança de estruturas.
- Representam, no seu todo, uma evolução positiva da regulamentação europeia e portuguesa sobre a matéria, complementando, actualizando e suprimindo lacunas da regulamentação existente.
- Vão constituir um quadro de referência para a investigação europeia na área da Engenharia de Estruturas.

Considerações finais

Os Eurocódigos Estruturais:

- Facilitam as trocas de serviços de engenharia entre Estados-Membros.
- Facilitam a colocação no mercado de elementos estruturais.
- Favorecem o desenvolvimento de ferramentas de projecto (manuais, tabelas, software).
- Criam condições para o aumento da competitividade internacional do sector da construção europeia.

Informação na Internet

Sugere-se a consulta, entre outros, dos seguintes *sites*:

- <http://eurocodes.jrc.it/>
- <http://www.eurocodes.co.uk/>

Obrigado

DIFISEK

SEMINÁRIO

Aplicação da engenharia de segurança contra incêndios no projecto de edifícios

(Lisboa, 05/12/2008)

A REGULAMENTAÇÃO NACIONAL DE SEGURANÇA AO INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS

SÍNTESE DA APRESENTAÇÃO

- **A NOVA REALIDADE NACIONAL EM MATÉRIA DE SEGURANÇA AO INCÊNDIO**
 - **O NOVO REGIME JURÍDICO DA SEGURANÇA AO INCÊNDIO (DL 220/2008)**
 - **LEGISLAÇÃO COMPLEMENTAR AO DL 220/2008**
 - Regulamento técnico (Portaria a publicar).
 - Regime de credenciação de entidades para emissão de pareceres, realização de vistorias e inspecções (Portaria a publicar).
 - Procedimento de registo relativo à actividade de comercialização, instalação e manutenção de produtos e equipamentos de segurança ao incêndio (Portaria a publicar).

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ OBJECTO

- Estabelece o regime jurídico da SCIE

▪ DEFINIÇÕES

- Algumas definições gerais necessárias à aplicação das futuras condições técnicas.

▪ ÂMBITO

- Edifícios ou fracções autónomas e recintos.
- Há excepções:
 - Prisionais, espaços de acesso restrito das instalações de forças armadas ou de segurança. paióis de munições ou de explosivos e carreiras de tiro.
 - Os estabelecimentos industriais e de armazenamento de substâncias perigosas (DL n.º 254/2007, 12 de Julho), os espaços afectos à indústria de pirotecnia e industria extractiva e os estabelecimentos que transformem ou armazenem substâncias e produtos explosivos ou radioactivos, estão apenas sujeitos ao regime de segurança em matéria de acessibilidade dos meios de socorro e disponibilidade de água para combate.
 - Aos espaços interiores de cada habitação aplica-se só a parte relativa às instalações técnicas.

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ PRINCÍPIOS GERAIS

- **Idênticos aos consagrados em alguns dos ainda actuais regulamentos.**

▪ COMPETÊNCIA

- **ANPC a quem cumpre:**
 - **Assegurar o cumprimento do regime**
 - **Credenciação das entidades para realização de vistorias e inspecções**

▪ RESPONSABILIDADE NO CASO DE EDIFÍCIOS OU RECINTOS

- **Fase de projecto e construção**
 - **Autores de projectos, coordenadores dos projectos de operações urbanísticas, empresa responsável pela execução da obra, o director de obra e o director de fiscalização (termos de responsabilidade)**
- **Manutenção das condições de segurança e execução das medidas de autoprotecção**
 - **Distinção entre a habitação e outras utilizações**

- **Manutenção das condições de segurança e execução das medidas de autoprotecção**
 - No caso da utilização-tipo I (Habitação) a responsabilidade é dos proprietários, com excepção das partes comuns na propriedade horizontal que é do administrador do condomínio.
 - Nas outras utilizações a responsabilidade é:
 - Proprietário, no caso do edifício ou recinto estar na sua posse.
 - De quem detiver a exploração do edifício ou do recinto.
 - Das entidades gestoras no caso de edifícios ou recintos que disponham de espaços comuns, espaços partilhados ou serviços colectivos, sendo a sua responsabilidade limitada aos mesmos.

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪COMPETÊNCIA

- **ANPC a quem cumpre:**
 - Assegurar o cumprimento do regime
 - Credenciação das entidades para realização de vistorias e inspecções

▪RESPONSABILIDADE NO CASO DE EDIFÍCIOS OU RECINTOS

- **Fase de projecto e construção**
 - Autores de projectos, coordenadores dos projectos de operações urbanísticas, empresa responsável pela execução da obra, o director de obra e o director de fiscalização (termos de responsabilidade)
- **Manutenção das condições de segurança**
 - Distinção entre a habitação e outras utilizações

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ RESPONSABILIDADE PELAS CONDIÇÕES EXTERIORES DA SCIE

- É da responsabilidade das entidades referidas para a manutenção das condições de segurança

▪ UTILIZAÇÕES-TIPO DE EDIFÍCIOS E RECINTOS

- TIPO I – Habitação
- TIPO II – Estacionamento
- TIPO III – Administrativo
- TIPO IV – Escolar
- TIPO V - Hospitalar e lar de idosos

- TIPO VI - Espectáculos e reunião pública
- Tipo VII - Hotelaria e similar
- TIPO VIII - Comercial, gares
- TIPO IX - Desportivo e lazer
- TIPO X - Museu e galeria de arte
- TIPOXI - Biblioteca e arquivo
- TIPOXI – Indústria oficinas e armazenamento

ESTRUTURA DO DL 202/2008

UTILIZAÇÕES-TIPO V - Hospitalar e lar de idosos

Edifícios ou partes de edifícios recebendo público, destinados à execução de acções de diagnóstico ou à prestação de cuidados na área da saúde, com ou sem internamento, ao apoio a pessoas idosas ou onde se desenvolvam actividades dedicadas a essas pessoas, nomeadamente:

- Hospitais,
- Clínicas,
- Consultórios,
- Policlínicas,
- Dispensários médicos,
- Centros de saúde, de diagnóstico, de enfermagem, de hemodiálise ou de fisioterapia,
- Laboratórios de análises clínicas,
- Lares, albergues, residências, centros de abrigo e centros de dia com actividades destinadas à 3ª idade;

ESTRUTURA DO DL 202/2008



- **PRODUTOS DA CONSTRUÇÃO**
 - **Qualificação de reacção e resistência ao fogo destes produtos, de acordo com normas comunitárias. Acções para determinação da resistência ao fogo**
- **CLASSIFICAÇÕES DOS LOCAIS DO RISCO**
 - **Dois novos tipos de locais, E e F, relativamente a alguma da legislação revogada.**
- **RESTRIÇÃO DE USO EM LOCAIS DE RISCO**
 - **Locais de risco B acessíveis ao público**
 - **Locais de risco C em função do volume ou da carga de incêndio modificada ou da potência de equipamentos aí instalados**
 - **Locais de risco D e E**

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ CATEGORIAS E FACTORES DE RISCO

- São definidas 4 categorias de risco
- Os factores que permitem determinar o risco variam de utilização para utilização, com algumas excepções

▪ CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

- Modo de atribuir a classificação face aos factores em causa e aos critérios definidos no anexo ao DL 220/2008.
- Na determinação da classificação de risco devem ser respeitadas as exigências
- Aumento do efectivo em 50% para a utilização-tipo IV para a 2.^a e 3.^a categoria de risco quando não há locais d e risco **D** ou **E** 
- Estabelecimentos com uma única utilização-tipo distribuída por edifícios independentes, a categoria de risco é atribuída a cada edifício
- Categoria de risco de edifício e recintos com várias utilizações-tipo 

ESTRUTURA DO DL 202/2008

CATEGORIAS DE RISCO DA UTILIZAÇÃO-TIPO IV (ESCOLAR) E DA UTILIZAÇÃO-TIPO V (HOSPITALAR)

Categoria	Critérios referentes às utilizações tipo IV e V			Locais de risco D ou E com saídas independentes directas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT IV ou V	Efectivo da UT IV ou V		
		Efectivo	Efectivo em locais de risco D ou E	
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100	≤ 25	Aplicável a todos
2. ^a	≤ 9 m	≤ 500	≤ 100	Não aplicável
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500	< 400	Não aplicável
4. ^a	>28 m	> 1 500	> 400	Não aplicável



ESTRUTURA DO DL 202/2008

- **PERIGOSIDADE ATÍPICA**
 - Pretende abrir as portas a outras soluções que não regulamentares
 - A exigência de as soluções serem baseadas em tecnologias inovadoras é redutora.

- **CONDIÇÕES TÉCNICAS DE SCIE**
 - **Serão objecto de um regulamento técnico (portaria)**
 - **Condições exteriores comuns**
 - **Condições gerais de comportamento ao fogo, isolamento e protecção**
 - **Condições gerais de evacuação**
 - **Condições gerais das instalações técnicas**
 - **Condições gerais dos equipamentos e sistemas de segurança**
 - **Condições gerais de organização e gestão da segurança**

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ PROJECTOS E PLANOS DE SCIE

- Projectos relativos à 3.^a e 4.^a categoria de risco concretizados por técnicos (engenheiros, técnicos e arquitectos) reconhecidos pelas associações profissionais
- Duas hipóteses distintas para concretização desse reconhecimento.

▪ OPERAÇÕES URBANÍSTICAS

- Devem ser instruídas com projecto de SCIE
- Com excepção as utilizações-tipo IV (escolar) e V hospitalar), da 1.^a categoria de risco As correspondentes às
- As promovidas pela administração pública
- AS que carecem de aprovação pela administração central

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ UTILIZAÇÕES DOS EDIFÍCIOS

- O pedido de autorização (art. 63.º do DL 555/99 de 16 de Dezembro) deve ser instruído com termo de responsabilidade pelos autores do projecto, de obra e de fiscalização.
- Sempre que haja lugar a vistorias (art. 64 e 65 do mesmo DL) deve ser apreciado o cumprimento das condições de segurança ao incêndio
- Vistorias de 3.ª e 4.ª categoria de risco integram um representante da ANPC ou entidade por ela credenciada

▪ INSPECÇÕES

- Inspeções regulares pela ANPC ou entidade por ela credenciada para verificar a manutenção das condições de segurança ao incêndio.
- As utilizações-tipo da 1ª categoria de risco, com excepção de escolares e hospitalares, não estão sujeitas às inspeções referidas.
- As inspeções devem ter a seguinte periodicidade:
 - 3 anos para a 1.ª categoria de risco
 - 2 anos para a 2.ª categoria de risco
 - Anualmente para a 3.ª e 4.ª categoria de risco

ESTRUTURA DO DL 202/2008

- **DELEGADO DE SEGURANÇA**
 - **A entidade responsável pela manutenção das condições de segurança designa DS**
- **MEDIDAS DE AUTOPROTECÇÃO**
 - **Medidas preventivas (procedimentos de prevenção ou planos de acordo com a categoria de risco),**
 - **Medidas de intervenção em caso de incêndio (procedimentos de emergência ou planos de acordo com a categoria de risco),**
 - **registo de segurança**
 - **Formação**
 - **Simulacros**
- **IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE AUTOPROTECÇÃO**
 - **Aplicam-se a todos os edifícios**
 - **Na fase de concepção das medidas de autoprotecção pode ser feita consulta à ANPC.**

ESTRUTURA DO DL 202/2008

- **COMÉRCIO E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS EM SCIE**
 - Feita por entidades registadas na ANPC (será publicada portaria relativa a esta matéria), sem prejuízo de outras licenças, autorizações ou habilitações previstas na lei para o exercício de determinada actividade.
- **FISCALIZAÇÃO**
 - São competentes para tal a ANPC, municípios (1.ª categoria de risco), ASAE (no que respeita à colocação no mercado dos equipamentos previsto no regulamento técnico).
- **PROCESSO CONTRA-ORDACIONAL**
 - São listados 33 acções que podem ser objecto de contra-ordenação e coimas que estão também definidas.
- **SANÇÕES ACESSÓRIAS**
 - Consistem na interdição (uso do edifício, exercício da actividade profissional no âmbito da certificação e no âmbito da credenciação) podendo atingir 2 anos.
- **INSTRUÇÃO E DECISÃO DOS PROCESSOS SANCIONATÓRIOS**
 - Compete à ANPC

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ DESTINO DO PRODUTO DAS COIMAS

- Repartidas pelo Estado (60%), ANPC (30%) e entidade fiscalizadora (10%).

▪ TAXAS

- Pelos serviços prestados pela ANPC (credenciação, emissão de pareceres, realização de vistorias e inspecções, etc.)

▪ CREDENCIAÇÃO

- Regime de credenciação de entidades para emissão de pareceres, realização de vistorias e inspecções será definido em portaria a publicar.
- Registo das vistorias e inspecções realizadas no sistema informático da ANPC.

▪ INCOMPATIBILIDADES

- Quem projecta não pode emitir pareceres, realizar vistorias e inspecções.

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ SISTEMA INFORMÁTICO

- Tramitação dos projectos é realizada informaticamente.
- O sistema informático em causa é objecto de portaria
- Comunicações realizadas por via electrónica.

▪ PUBLICIDADE

- As normas técnicas e regulamentares são publicitadas no sítio da ANPC.

▪ NORMA TRANSITÓRIA

- Projectos cujo licenciamento tenha sido requerida até 31 de Dezembro são apreciados de acordo com a legislação actual.
- Para apreciação de medidas de autoprotecção deve ser enviado um processo à ANPC até:
 - 30 anteriores à entrada em utilização.
 - Para os existentes até 31 de Dezembro de 2009.

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ COMISSÃO DE ACOMPANHAMENTO

▪ **Constituída por diversas entidades e presidida pela ANPC.**

▪ NORMA REVOGATÓRIA

▪ **São revogados todos os diplomas ou artigos de diplomas relacionados com a segurança ao incêndio, excepto alguns relacionados com o DL 34/95 (Recintos de Espectáculos e Divertimentos).**

▪ REGIÕES AUTÓNOMAS

▪ ENTRADA EM VIGOR

▪ **1 de Janeiro de 2008. A matéria relativa ao Sistema Informático entra em vigor 180 dias após 1 de Janeiro de 2009.**

ESTRUTURA DO DL 202/2008

▪ ANEXOS

ANEXO I - CLASSES DE REACÇÃO AO FOGO PARA PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

ANEXO II - CLASSES DE RESISTÊNCIA AO FOGO PARA PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

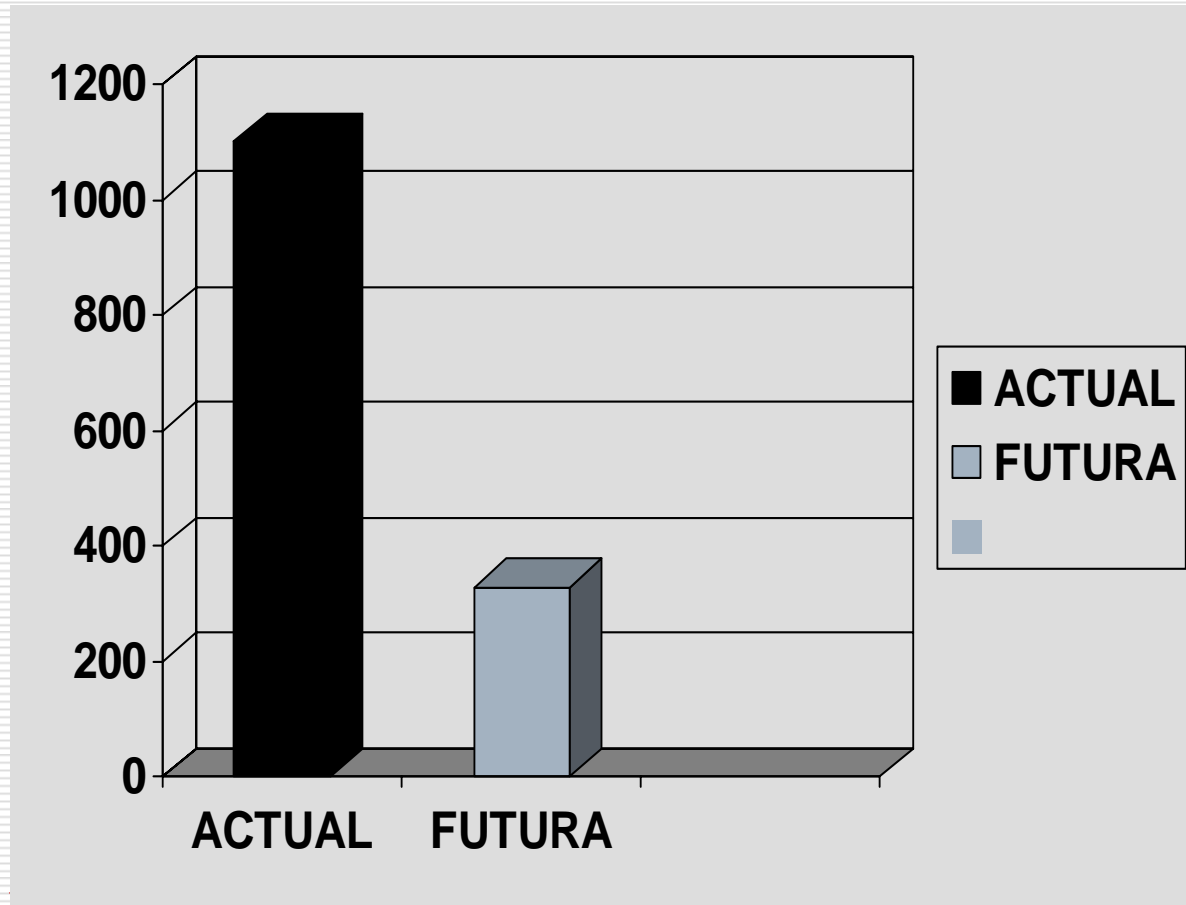
ANEXO III – CATEGORIAS DE RISCO DAS UTILIZAÇÕES-TIPO

ANEXO IV – ELEMENTOS DO PROJECTO DE ESPECIALIDADE DE SCIE EXIGIDO PARA OS EDIFÍCIOS E RECINTOS

ANEXO V – FICHAS DE SEGURANÇA PARA AS 1ª CATEGORIA DE RISCO

ANEXO VI – EQUIVALÊNCIA ENTRE AS ESPECIFICAÇÕES DO LNEC E AS CONSTANTES DAS DECISÕES COMUNITÁRIAS

VANTAGENS DESTE PROJECTO RELATIVAMENTE À ACTUAL LEGISLAÇÃO



REDUÇÃO DO NÚMERO DE ARTIGOS, TORNANDO MAIS FÁCIL A SUA APLICAÇÃO E ANÁLISE



PARTE 1
ACÇÕES TÉRMICAS E MECÂNICAS

O Projecto RFCS - DIFISEK+ e o seu antecessor DIFISEK

Este projecto é financiado pela Comissão Europeia no quadro do “Research Fund for Coal and Steel”

O objectivo do DIFISEK+ é promover os diferentes projectos sobre engenharia de segurança contra incêndios que foram desenvolvidos nas últimas décadas e cujos resultados foram implementados na EN 1991-1-2.

Este objectivo será atingido através da realização de seminários nos vários Países Europeus.

Os parceiros do primeiro projecto DIFISEK foram:

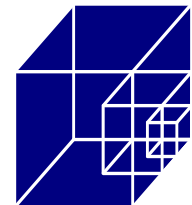
Parceiros do primeiro Projecto DIFISEK



ArcelorMittal



**University of Hannover
Institute for Steel Construction**



17 parceiros no actual Projecto DIFISEK+



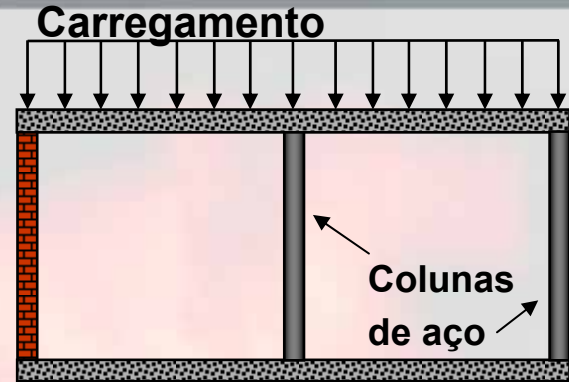
Resistência ao fogo – Sequência de eventos



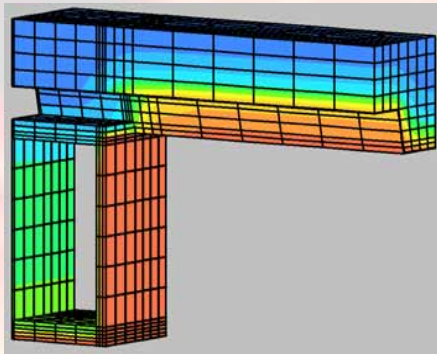
1: Ignição



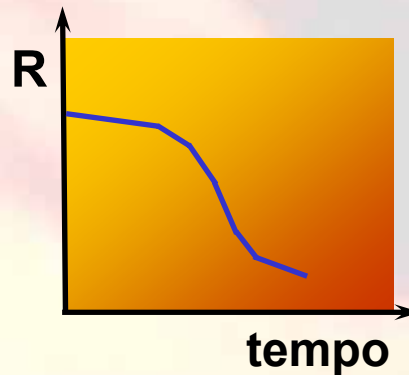
2: Acções térmicas



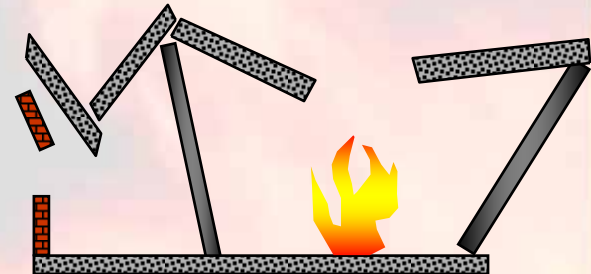
3: Acções mecânicas



4: Comportamento térmico

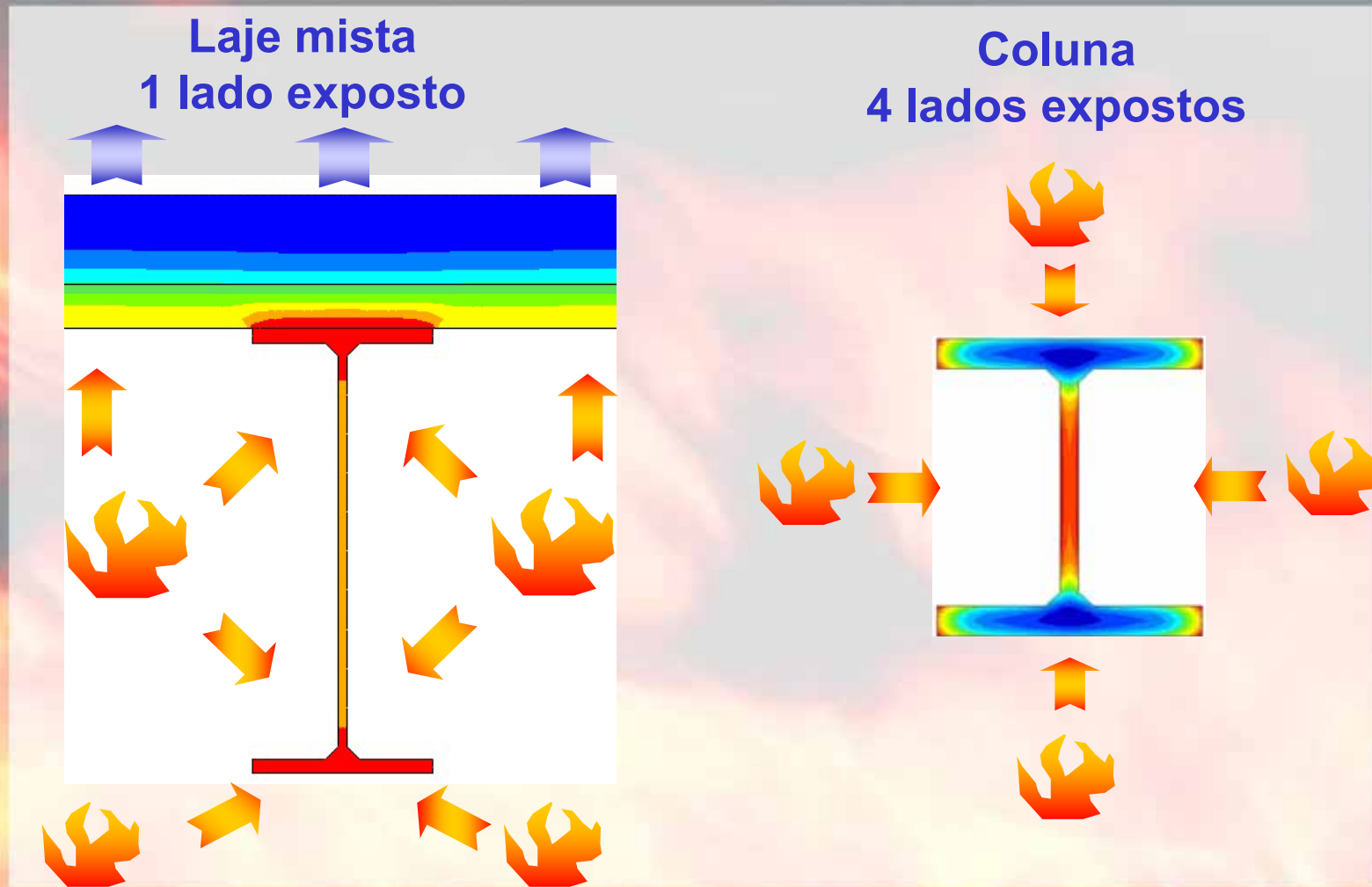


5: Comportamento mecânico

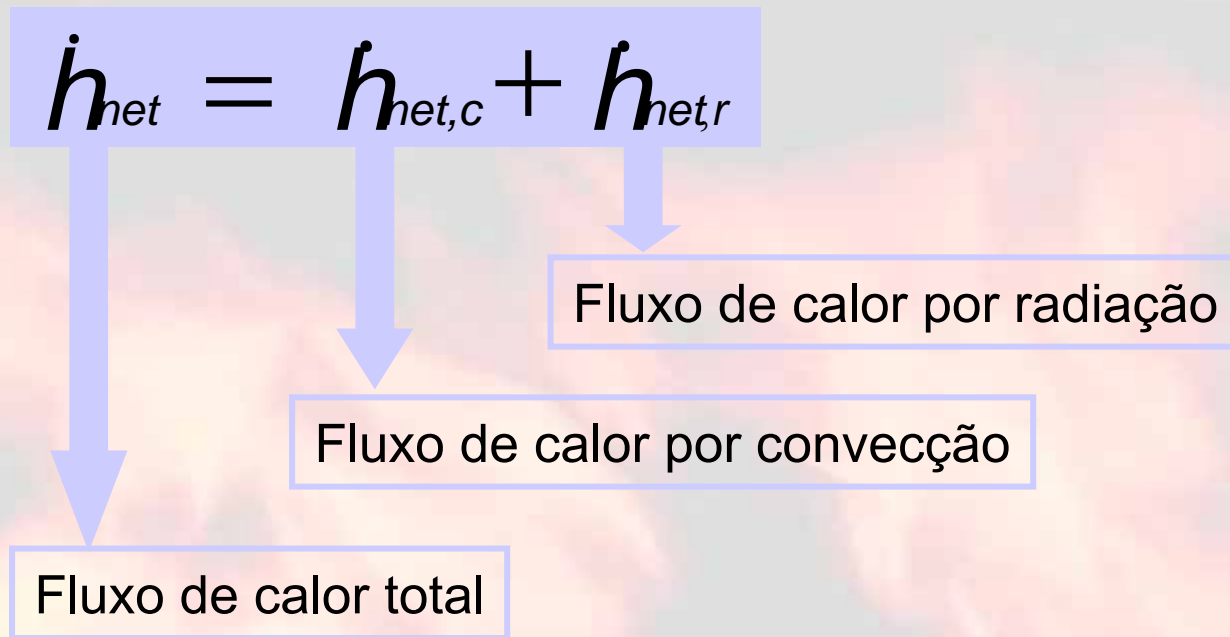


6: Colapso eventual

Acções térmicas em estruturas

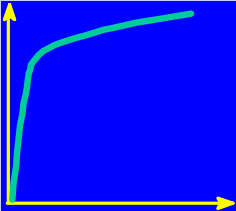
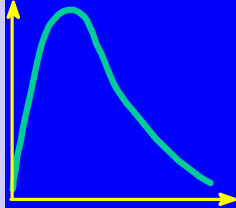

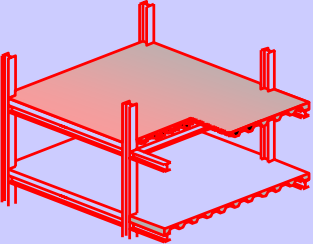


Transferência de calor para os elementos estruturais

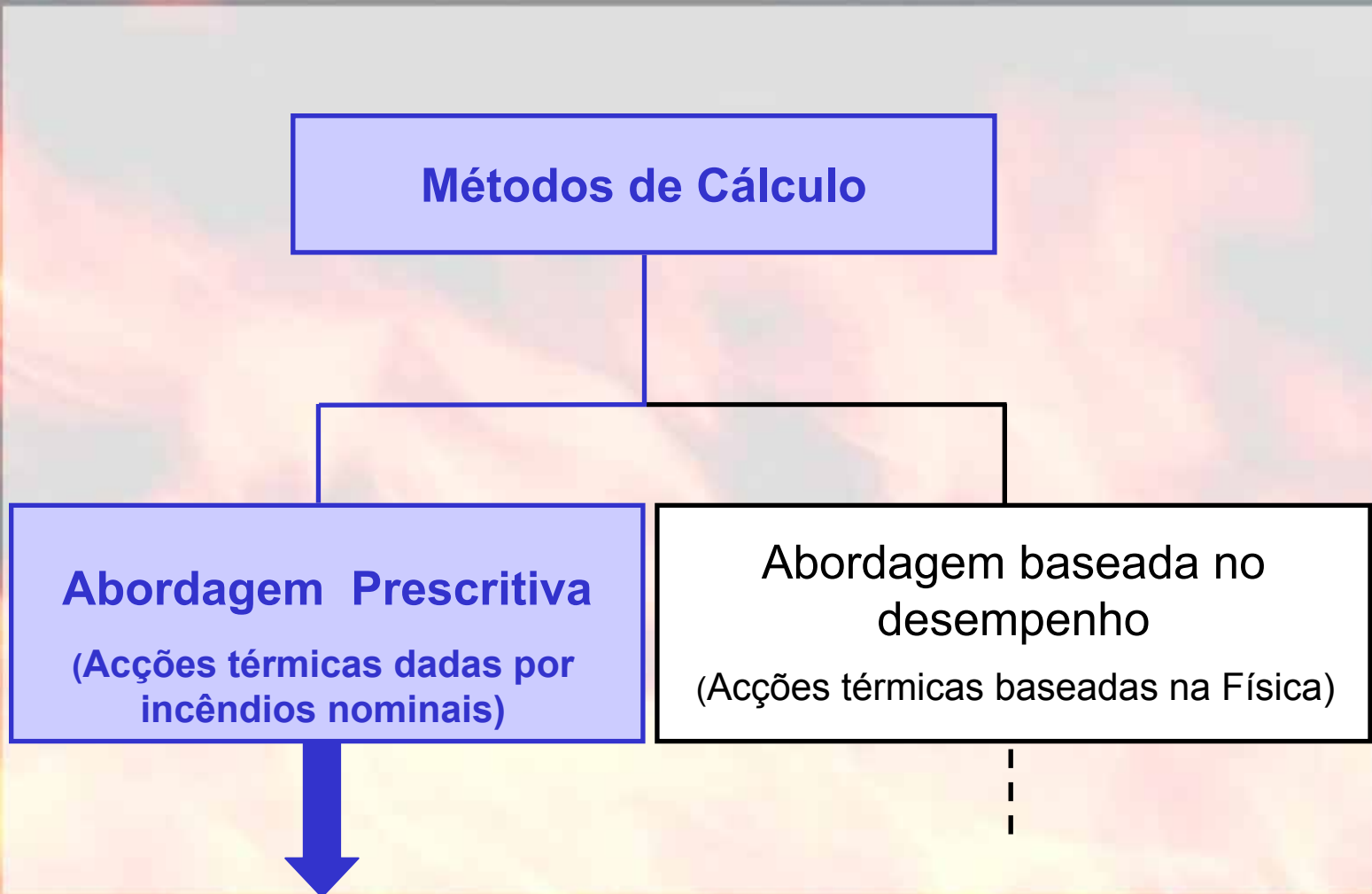


- Lado exposto
- Lado não exposto

Engenharia de segurança estrutural contra incêndio vs. Abordagem prescritiva

	Prescritivo	Baseado no desempenho
	Incêndio Padrão 	Incêndio Natural 
	Abordagem prescritiva	Engenharia de segurança contra Incêndio
	Engenharia de segurança contra Incêndio	Engenharia de segurança contra Incêndio

Acções em estruturas expostas ao fogo EN 1991-1-2 – Regras prescritivas



Curvas temperatura-tempo

***) Curvas nominais**

Incêndio padrão, Incêndio exterior e Curva de hidrocarbonetos

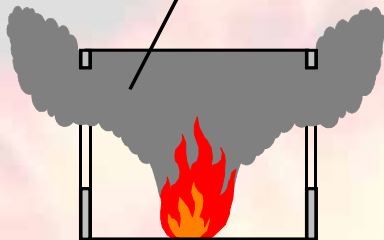
Não necessita de dados

***) Modelos de incêndio simplificados**

Fogo Localizado

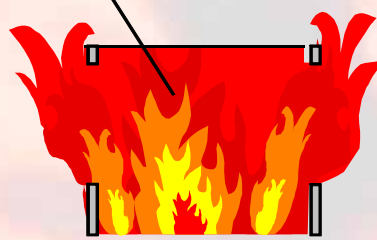
- HESKESTADT
- HASEMI

$q(x, y, z, t)$



Fogo todo desenvolvido

- Curvas paramétricas $q(t)$ uniforme no compartimento



Taxa de libertação de calor

Área do incêndio

Propriedades da envolvente

Área das aberturas

Pé-direito

+

Geometria exacta

***) Modelos avançados de incêndio**

- Modelo de duas zonas
- Modelo de uma zona
- Modelo combinado de duas e uma zona
- CFD

Curvas temperatura-tempo nominais

***) Curvas nominais**

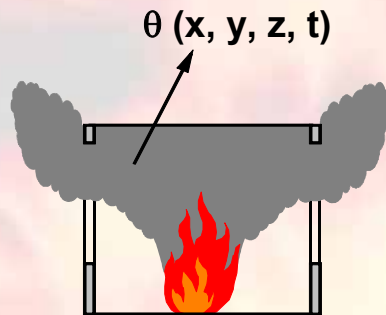
Incêndio padrão, Incêndio exterior e Curva de hidrocarbonetos

Não necessita de dados

***) Modelos de incêndio simplificados**

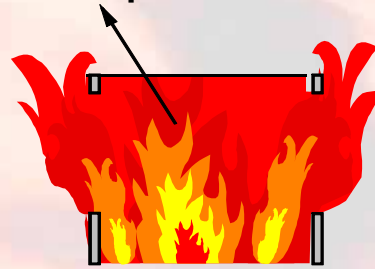
Fogo Localizado

- HESKESTADT
- HASEMI



Fogo todo desenvolvido

- Curvas paramétricas
- $\theta(t)$ uniforme no compartimento



Taxa de libertação de calor

Área do incêndio

Propriedades da envolvente

Área das aberturas

Pé-direito

+

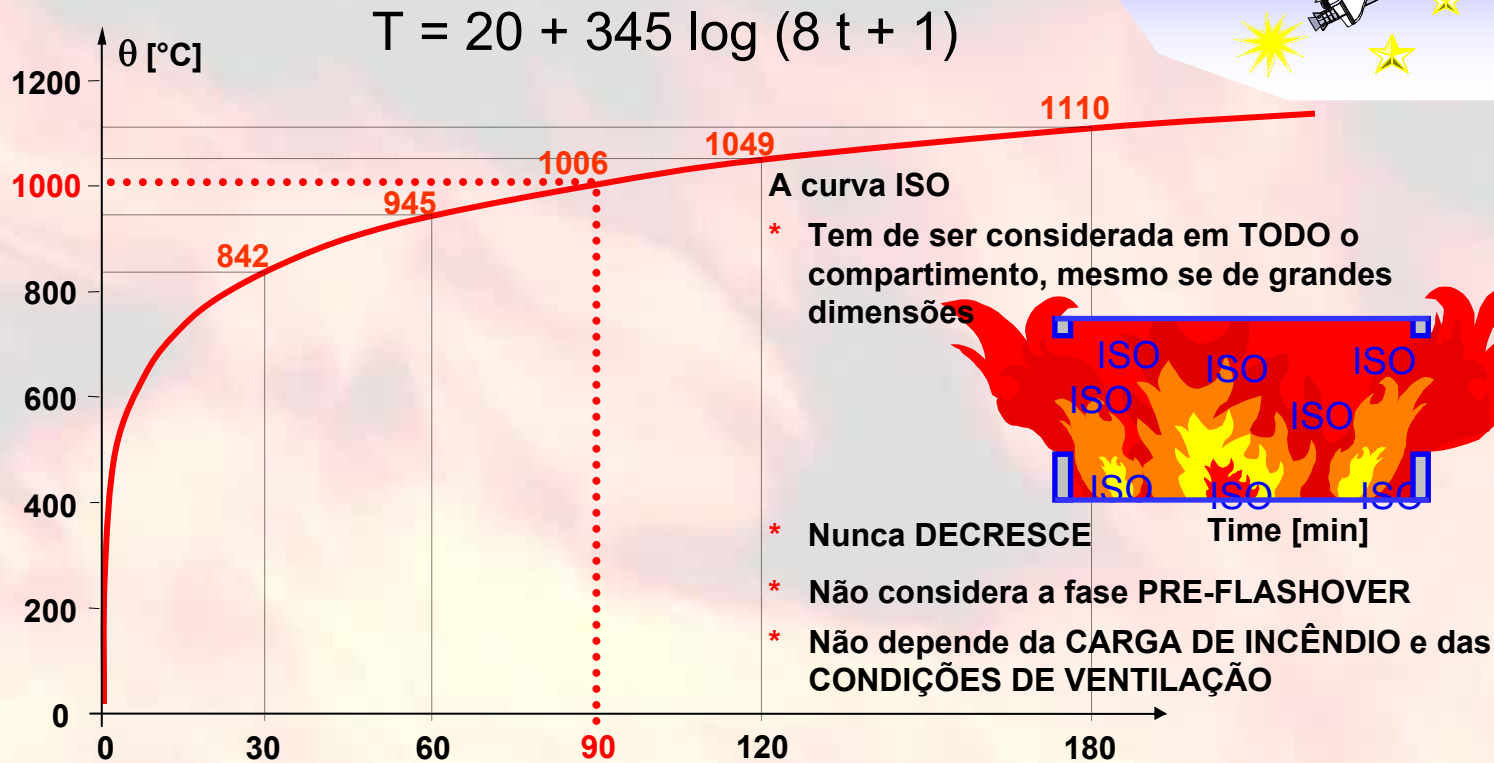
Geometria exacta

***) Modelos avançados de incêndio**

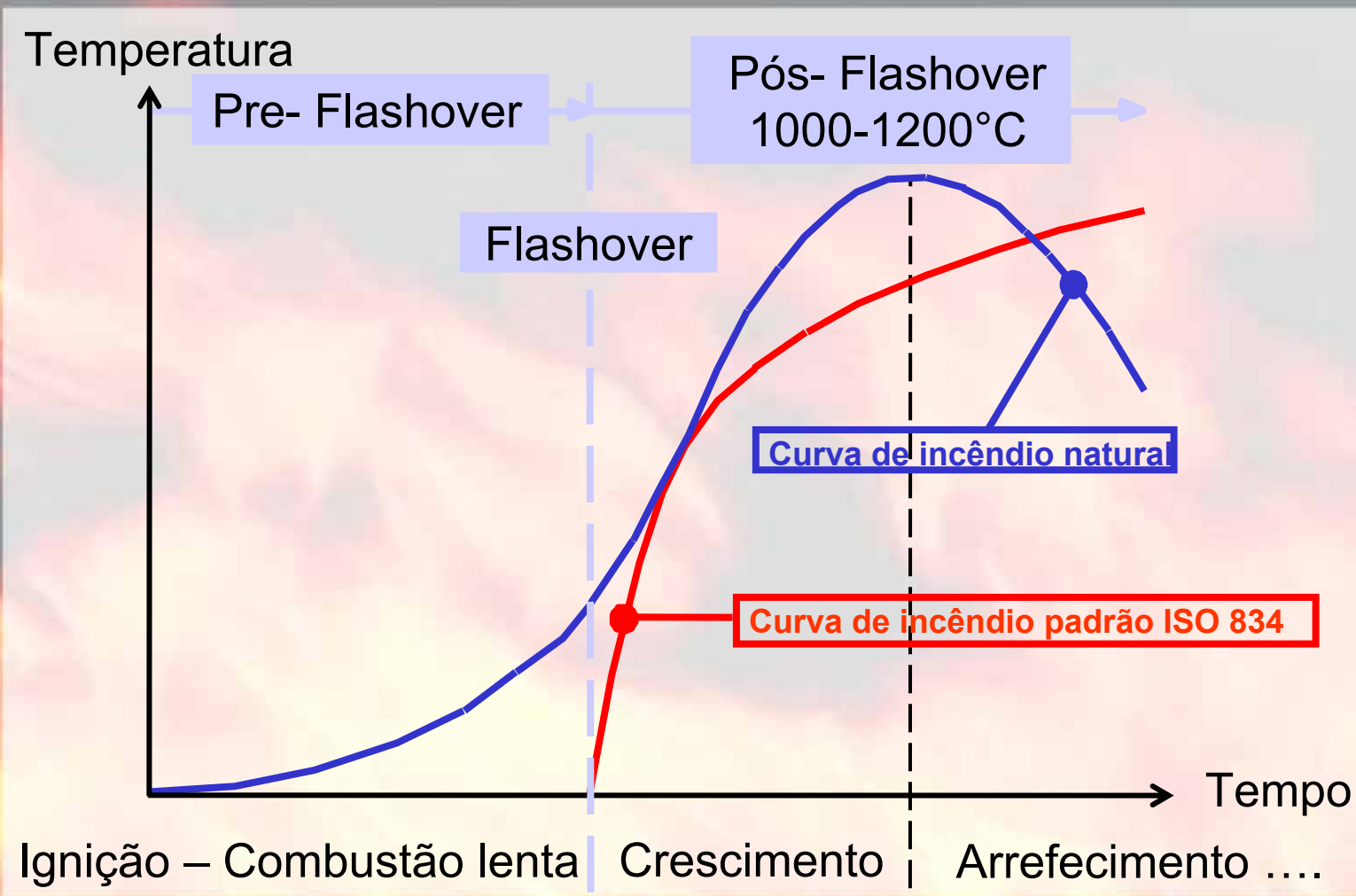
- Modelo de duas zonas
- Modelo de uma zona
- Modelo combinado de duas e uma zona
- CFD

Regulamentos de segurança contra incêndios prescritivos definem exigências de resistência à curva de incêndio padrão ISO 834

ISO-834 Curve (EN1364 -1)



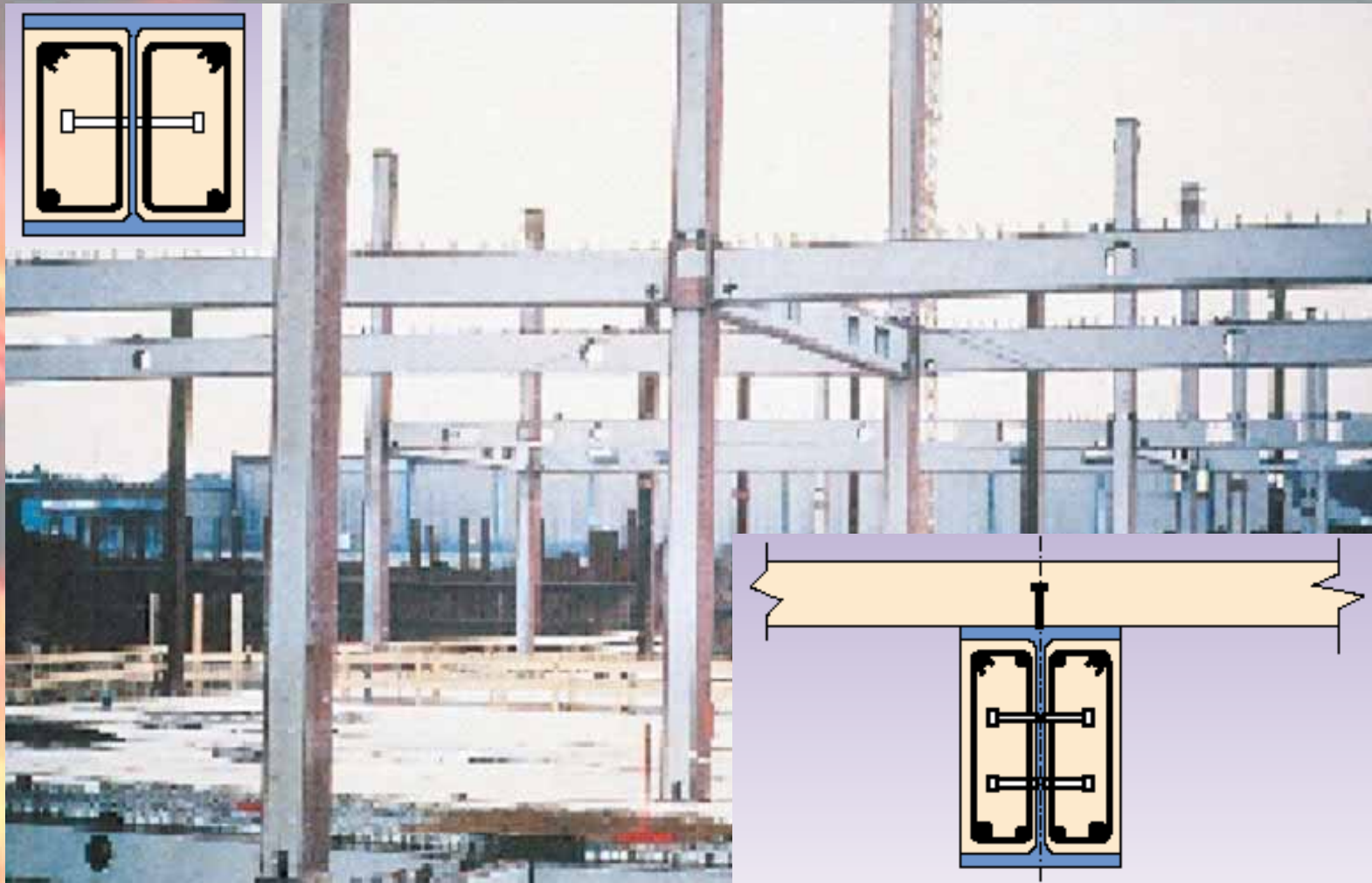
Fases do incêndio natural e da curva de incêndio padrão ISO 834



Material de protecção projectado

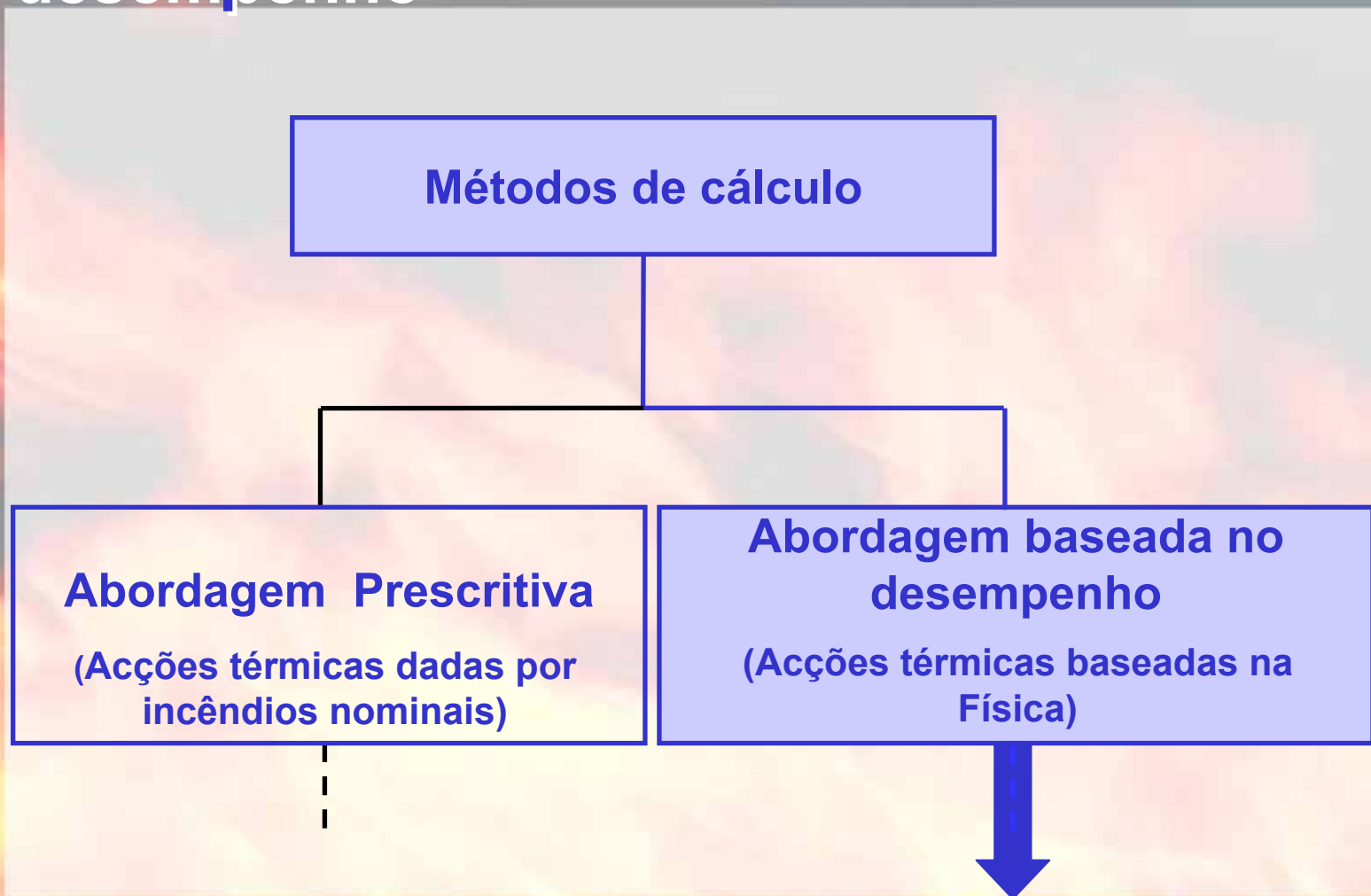


Vigas e colunas com protecção parcial

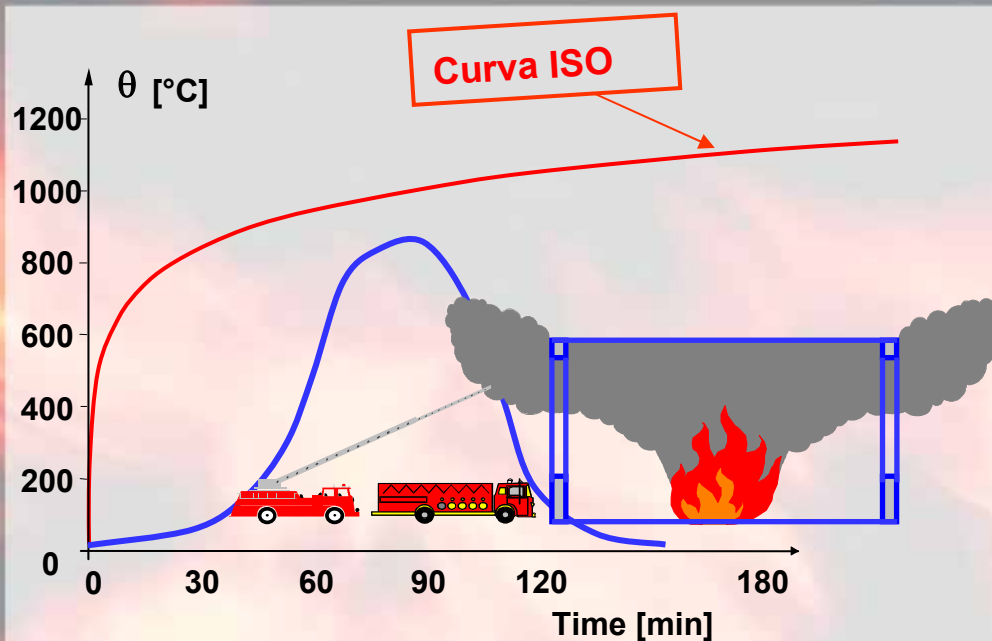


Acções em estruturas expostas a fogo

EN 1991-1-2 – Regras baseadas no desempenho



O conceito do incêndio natural na segurança contra incêndio



Introduzido na:

- EN 1991-1-2
- Alguns regulamentos de segurança contra incêndios incluem já alternativas baseadas no incêndio natural

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-1-2



November 2002

ICS 13.220.50; 91.010.30

English version

Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions -
Actions on structures exposed to fire

Eurocode 1: Actions sur les structures au feu - Partie 1-2:
Actions générales - Actions sur les structures exposées

Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2:
Allgemeine Einwirkungen - Brandverwirkungen auf
Tragwerke

NFSC Projectos de valorização



Modelos de incêndio natural

***) Curvas nominais**

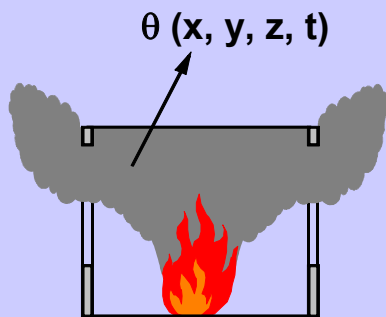
Incêndio padrão, Incêndio exterior e Curva de hidrocarbonetos

Não necessita de dados

***) Modelos de incêndio simplificados**

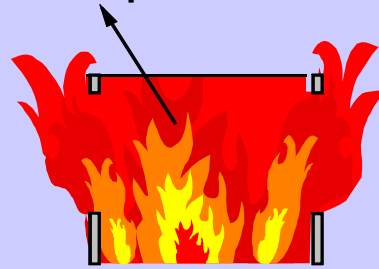
Fogo Localizado

- HESKESTADT
- HASEMI



Fogo todo desenvolvido

- Curvas paramétricas
- $\theta(t)$ uniforme no compartimento



Taxa de libertação de calor

Área do incêndio

Propriedades da envolvente

Área das aberturas

Pé-direito

+

Geometria exacta

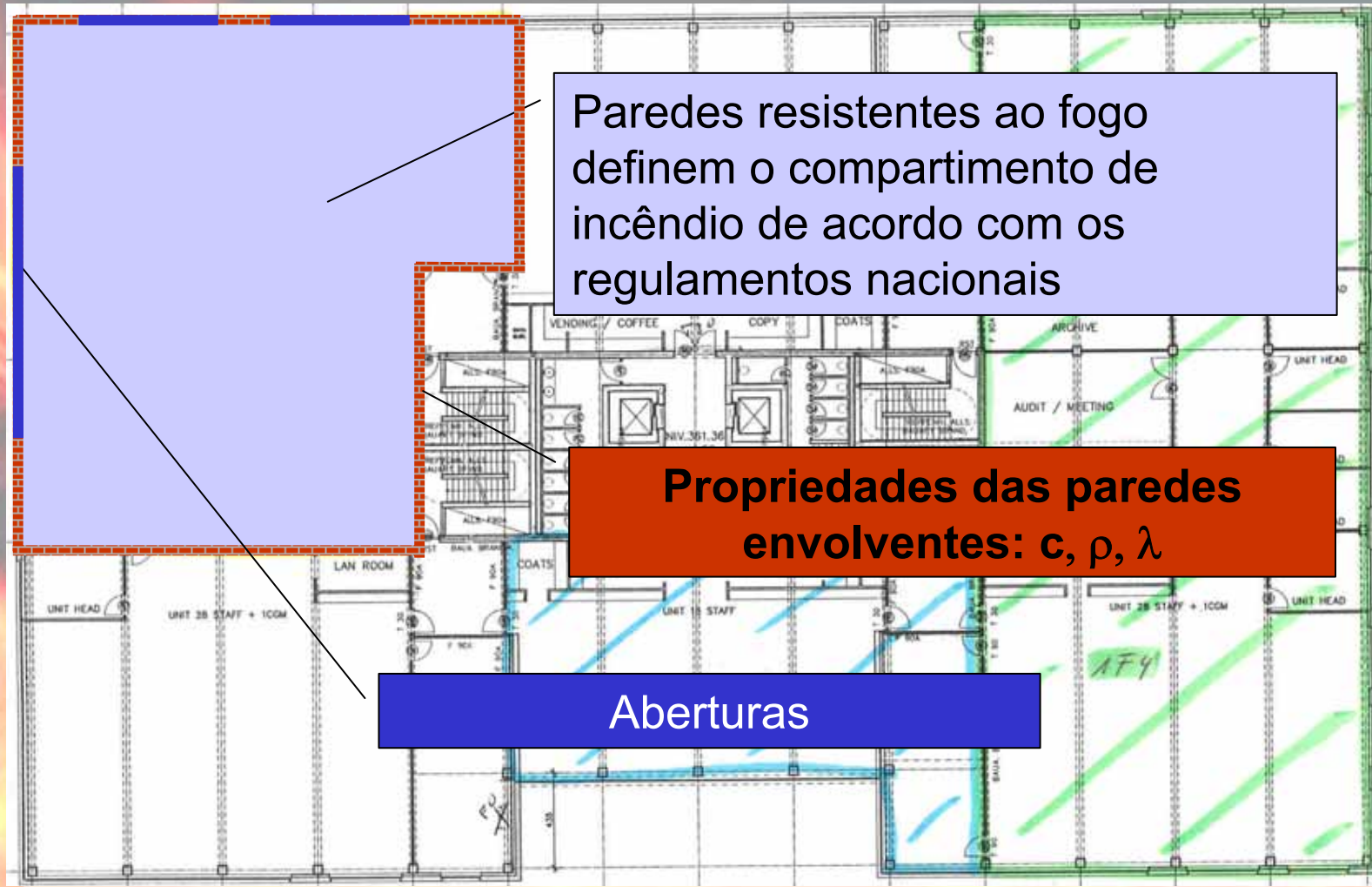
***) Modelos avançados de incêndio**

- Modelo de duas zonas
- Modelo de uma zona
- Modelo combinado de duas e uma zona
- CFD

Parâmetros físicos necessários para a definição do incêndio natural

- Propriedades da envolvente
 - Altura do Compartimento
 - Área das aberturas
 - Área do incêndio
 - Taxa de libertação de calor
- Geometria
- Fogo

Características do compartimento de incêndio



Características do incêndio para diferentes ocupações

Ocupação	Velocidade de Propagação do incêndio	RHR _f * [kW/m ²]	Carga de incêndio q _{f,k} Quantilho 80% [MJ/m ²]
Habitação	Média	250	948
Hospital (quarto)	Média	250	280
Hotel (quarto)	Média	250	377
Biblioteca	Rápida	500	1824
Escritório	Média	250	511
Escola (sala de aula)	Média	250	347
Centro comercial	Rápida	250	730
Teatro (cinema)	Rápida	500	365
Transportes (espaço públ.)	Lenta	250	122

* Máxima taxa de libertação de calor

Parelismo com a sobrecarga de utilização em edifícios (também a densidade de carga de incêndio depende da ocupação)

Densidade de carga de incêndio, $q_{f,k}$		
Sobrecarga de utilização, Q_k		
Ocupação	$q_{f,k}$ [MJ/m ²]	Q_k [kN/m ²]
Habitação	948	2.0
Hospital (quarto)	280	2.0
Hotel (quarto)	377	2.0
Biblioteca	1824	5.0
Escritório	511	3.0
Sala de aulas em Escola	347	3.0
Centro Comercial	730	4.0
Teatro (cinema)	365	5.0
Transportes (espaço público)	122	5.0

Valor de cálculo da densidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n$$

$q_{f,k}$ - valor característico da densidade de carga de incêndio por unidade de área em função do tipo de ocupação

Densidade de carga de incêndio $q_{f,k}$ [MJ/m ²]		
Ocupação	Valor médio	Quantilho 80%
Habitação	780	948
Hospital (quarto)	230	280
Hotel (quarto)	310	377
Biblioteca	1500	1824
Escritório	420	511
Sala de aulas em Escola	285	347
Centro Comercial	600	730
Teatro (cinema)	300	365
Transportes (espaço público)	100	122

Valor de cálculo da desidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n$$

m - factor de combustão, que para materiais celulósicos pode ser tomado igual a 0,8, ou conservativamente 1,0

Valor de cálculo da desidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n$$

δ_{q1} - é um factor parcial que tem em conta o risco de activação do incêndio em função da dimensão do compartimento

Área em planta do compartimento, A_f [m ²]	Perigo de activação do incêndio, δ_{q1}
25	1.10
250	1.50
2500	1.90
5000	2.00
10000	2.13

Valor de cálculo da desidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2]$$

δ_{q2} - é um factor parcial que tem em conta o risco de activação do incêndio em função do tipo de ocupação

Exemplos de ocupação	Perigo de activação do incêndio, δ_{q2}
Galeria de arte, museu, piscina	0.78
Escritórios, habitação, hotel, indústria de papel	1.00
Fabrico de motores e maquinaria	1.22
Laboratório químico, oficina de pintura	1.44
Pirotecnia, fabrico de tintas	1.66

Valor de cálculo da desidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_{n1} \cdot \delta_{n2} \cdots \delta_{n9} \cdot \delta_{n10}$$

- é um factor parcial que tem em conta as diferentes medidas activas de segurança contra incêndio, i (sprinklers, detecção alarme automático, bombeiros ...)

Valor de cálculo da desidade de carga de incêndio

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n$$

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} = \delta_{n1} \cdot \delta_{n2} \cdot \dots \cdot \delta_{n9} \cdot \delta_{n10}$$

Em Portugal

δ_{ni} em função das medidas activas de segurança contra incêndio

Extinção Automática		Detecção Automática		Extinção Manual							
Sistema de extinção automática por água	Redes suplementares independentes			Detecção Automática e alarme	Transmissão Automática do alarme para o corpo de bombeiros	Bombeiros de empresa	Sapadores bombeiros	Vias de acesso seguras	Meios de 1ª intervenção	Sistemas de exaustão de fumos	
δ_{n1}	0	1	2	por calor δ_{n3}	por fumo δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0.61	1.0	0.87	0.7	0.87 ou 0.73	0.87	0.61 ou 0.78		0.9 ou 1 ou 1.5	1.0 ou 1.5	1.0 ou 1.5	

Valor de cálculo da densidade de carga de incêndio

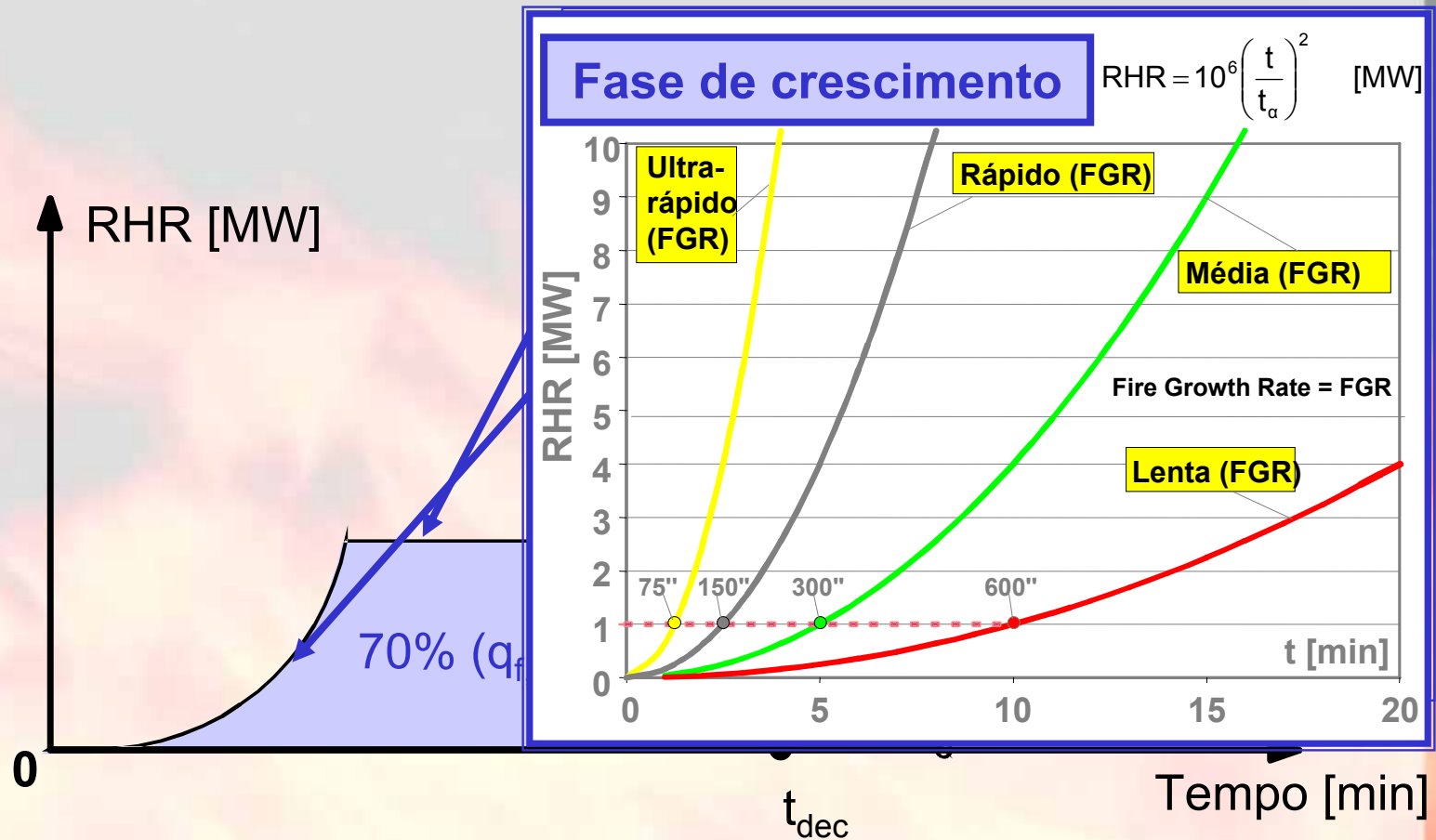
$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad [\text{MJ/m}^2]$$

Em Portugal:

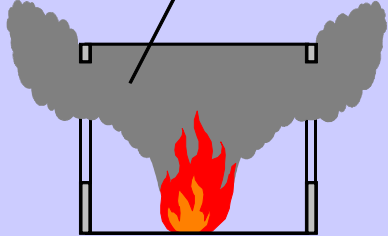
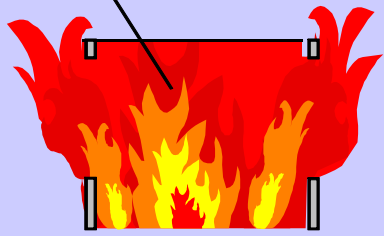
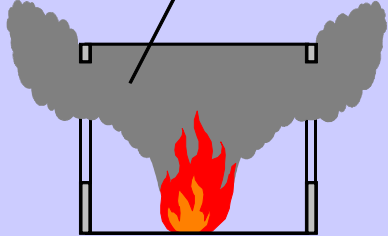
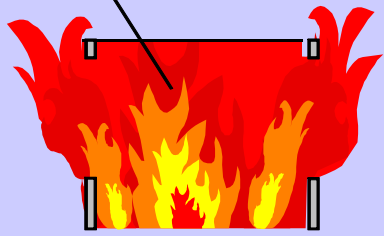
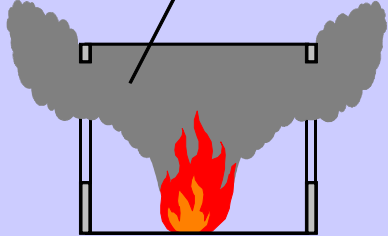
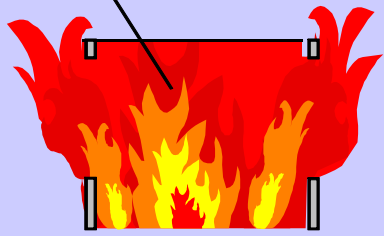
$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \quad [\text{MJ/m}^2]$$

Texto do Anexo Nacional: O valor de cálculo da densidade de carga de incêndio pode eventualmente ser modificado para ter em conta as medidas activas de combate a incêndio, desde que as opções sejam convenientemente fundamentadas, com base em análises de risco (estudos probabilísticos ou semi-probabilísticos de risco de colapso da estrutura), associadas a práticas já experimentadas.

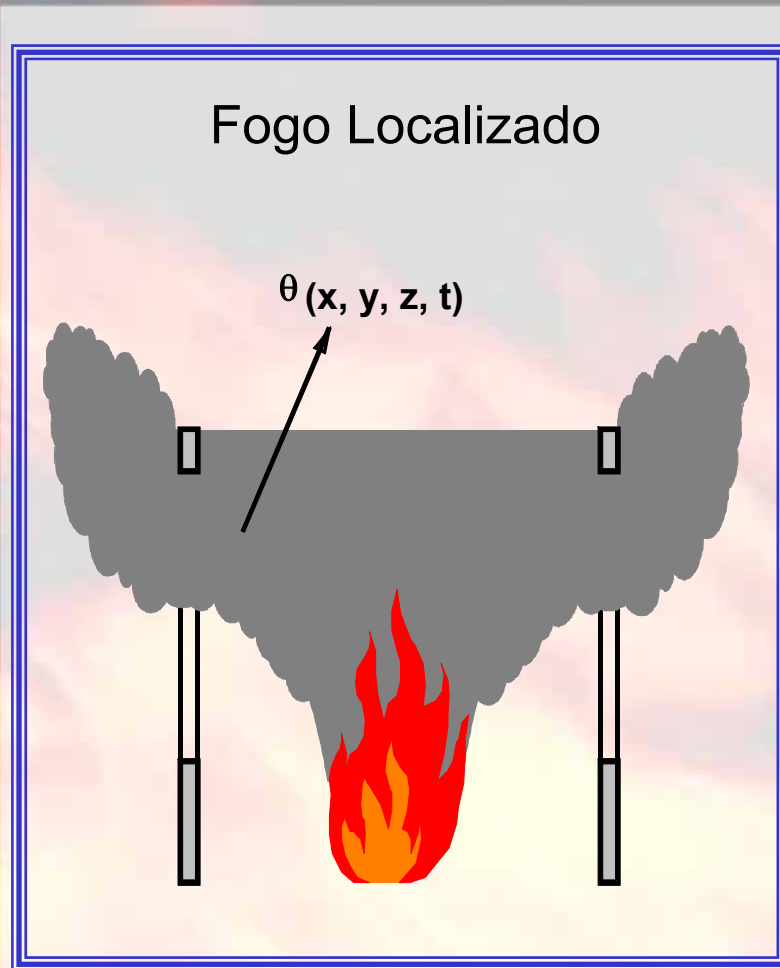
Curva da taxa de libertação de calor – fase de crescimento, regime estacionário e fase de decrescimento



Modelos simplificados de incêndio natural

<p>*) Curvas nominais</p> <p>Incêndio padrão, Incêndio exterior e Curva de hidrocarbonetos</p>		<p>Não necessita de dados</p>		
<p>*) Modelos de incêndio simplificados</p> <table border="1"> <tr> <td> <p>Fogo Localizado</p> <ul style="list-style-type: none"> - HESKESTADT - HASEMI <p>$\theta(x, y, z, t)$</p>  </td> <td> <p>Fogo todo desenvolvido</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curvas paramétricas <p>$\theta(t)$ uniforme no compartimento</p>  </td> </tr> </table>		<p>Fogo Localizado</p> <ul style="list-style-type: none"> - HESKESTADT - HASEMI <p>$\theta(x, y, z, t)$</p> 	<p>Fogo todo desenvolvido</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curvas paramétricas <p>$\theta(t)$ uniforme no compartimento</p> 	<p>Taxa de libertação de calor</p> <p>Área do incêndio</p> <p>Propriedades da envolvente</p> <p>Área das aberturas</p> <p>Pé-direito</p>
<p>Fogo Localizado</p> <ul style="list-style-type: none"> - HESKESTADT - HASEMI <p>$\theta(x, y, z, t)$</p> 	<p>Fogo todo desenvolvido</p> <ul style="list-style-type: none"> - Curvas paramétricas <p>$\theta(t)$ uniforme no compartimento</p> 			
<p>*) Modelos avançados de incêndio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo de duas zonas - Modelo de uma zona - Modelo combinado de duas e uma zona - CFD 		<p>+</p> <p>Geometria exacta</p>		

Modelos simplificados de Fogo localizado



Fogo totalmente desenvolvido no compartimento (após flash-over)



Teste a um fogo localizado real



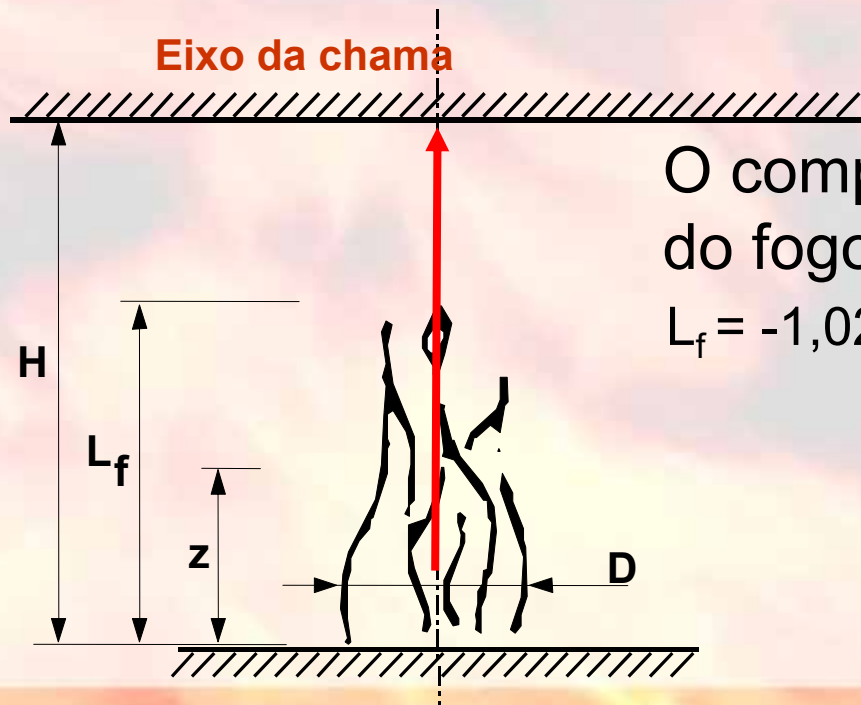
Fogo localizado: Método de HESKESTAD

Anexo C da EN 1991-1-2:

- A chama não atinge o tecto do compartimento

($L_f < H$)

$$Q_{(z)} = 20 + 0,25 (0,8 Q_c)^{2/3} (z-z_0)^{-5/3} \leq 900^\circ\text{C}$$



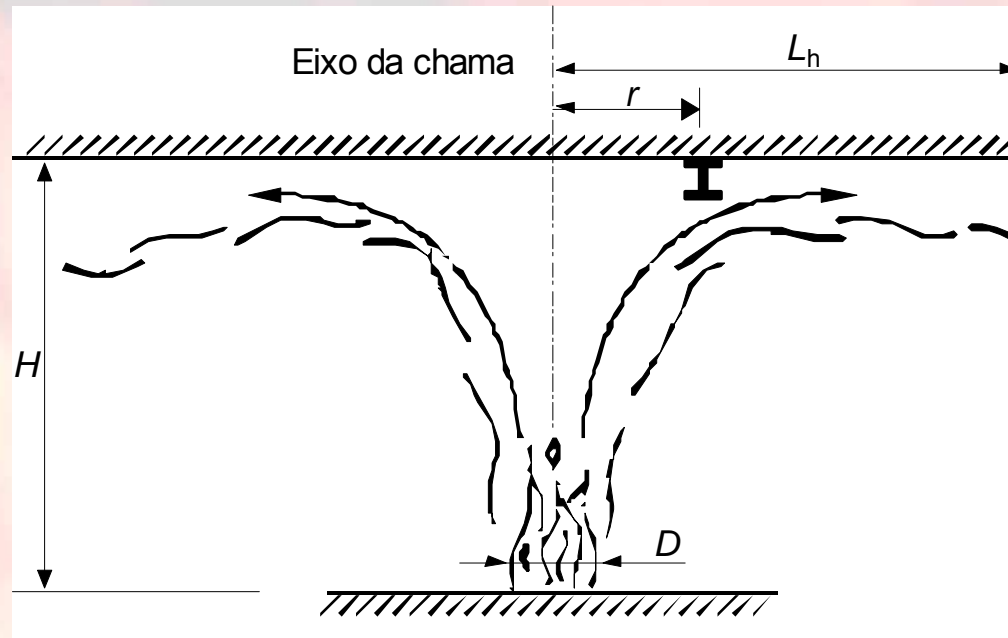
O comprimento da chama L_f do fogo localizado é dada por :

$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5}$$

Fogo localizado: Método de HASEMI

Anexo C da EN 1991-1-2:

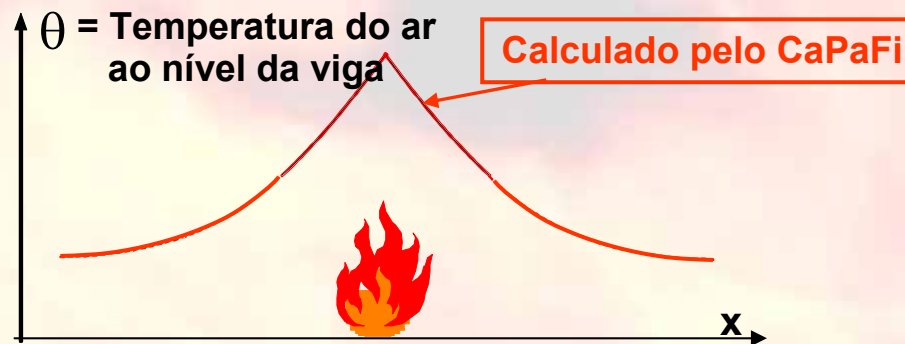
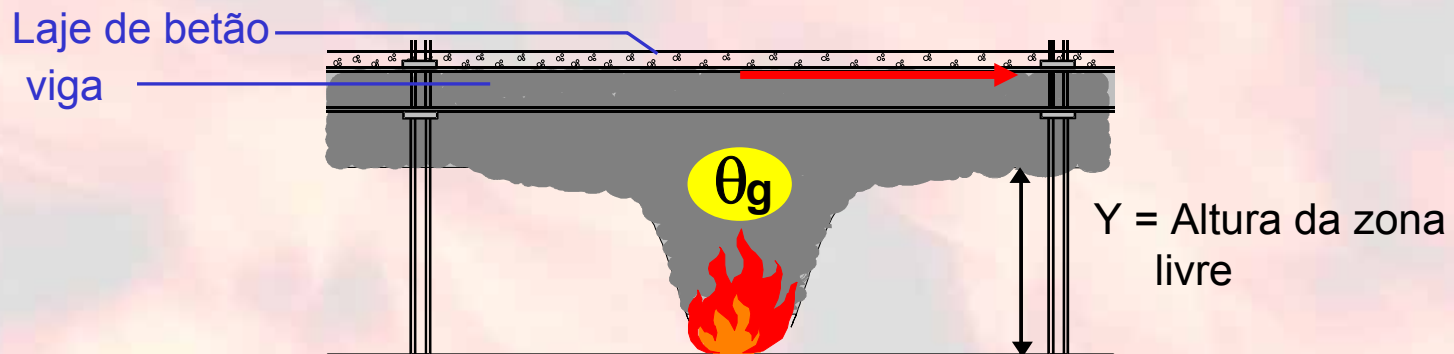
- A chama atinge o tecto do compartimento ($L_f > H$)



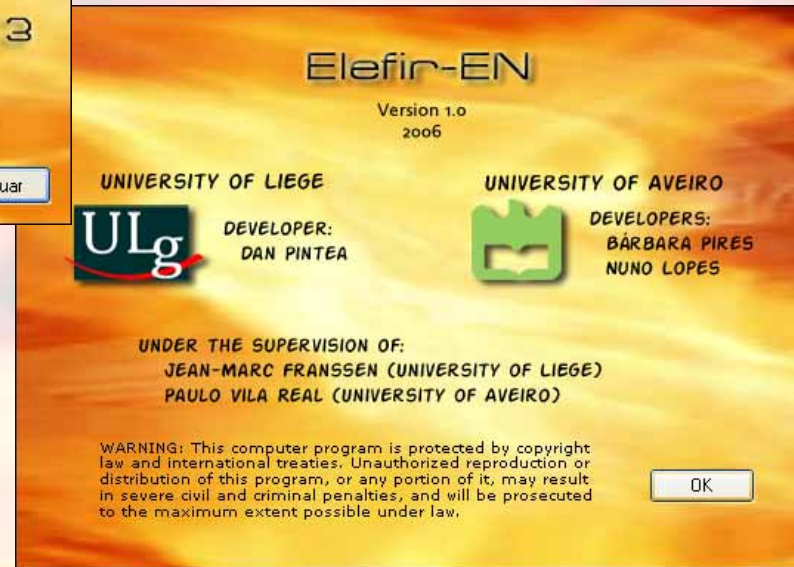
Fogo localizado: Método de HASEMI

Anexo C da EN 1991-1-2:

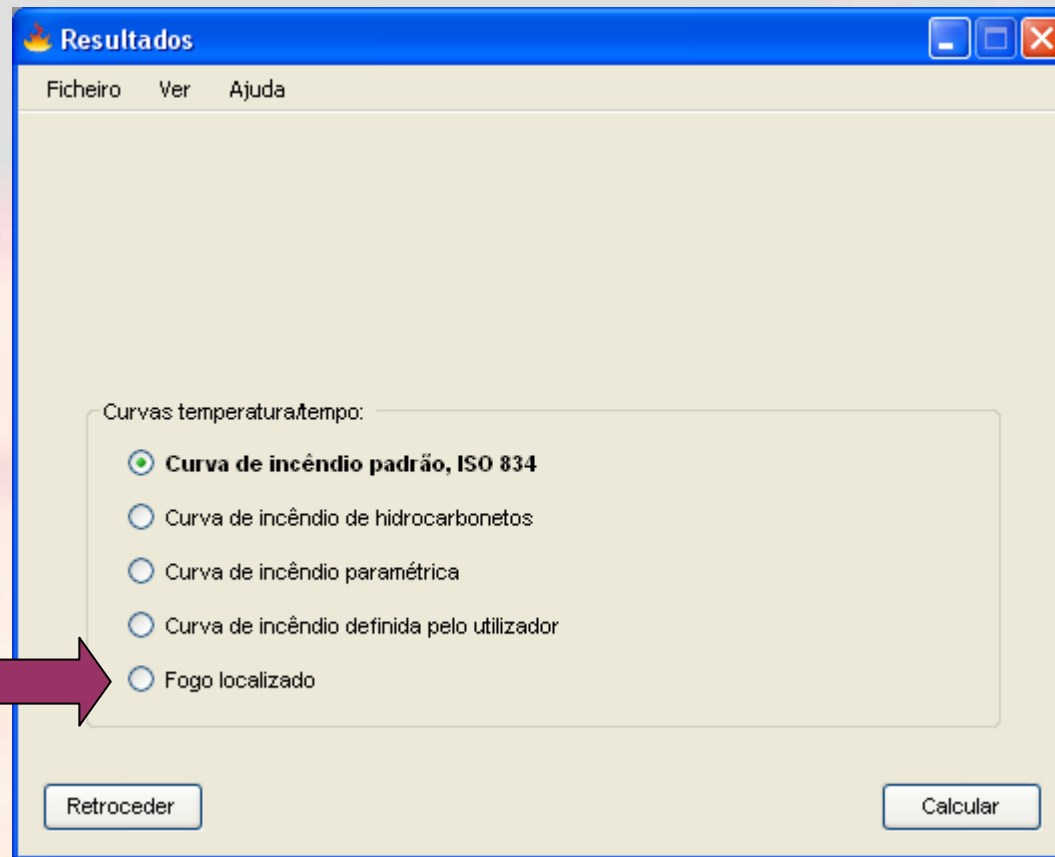
- A chama atinge o tecto do compartimento ($L_f > H$)



Fogo localizado: Elefir-EN



Fogo localizado: Elefir-EN



Fogo localizado: Método HESKESTAD e Método de HASEMI

HESKESTAD

Chama não atinge tecto do compartimento

Flame axis

H

L_f

z

D

Altura em que se quer calcular a temperatura: $z = 2$ m

Retroceder

Calcular

HASEMI

Chama atinge tecto do compartimento

Flame axis

H

L_h

r

D

Distância entre o eixo da chama e o ponto em que é calculado o fluxo: $r = 2$ m

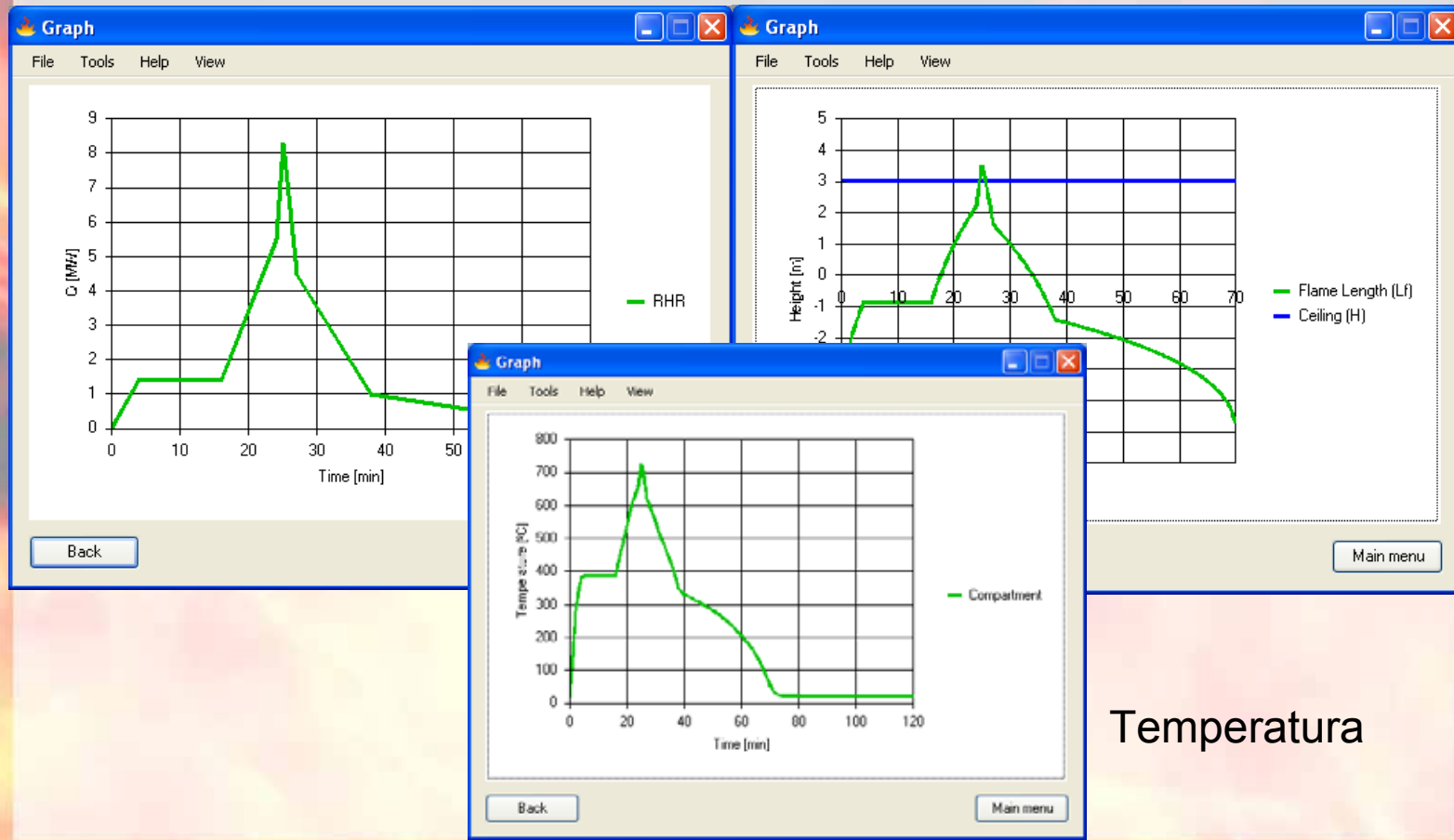
Retroceder

Calcular

Fogo localizado: Método de HASEMI

Taxa de libertação de calor

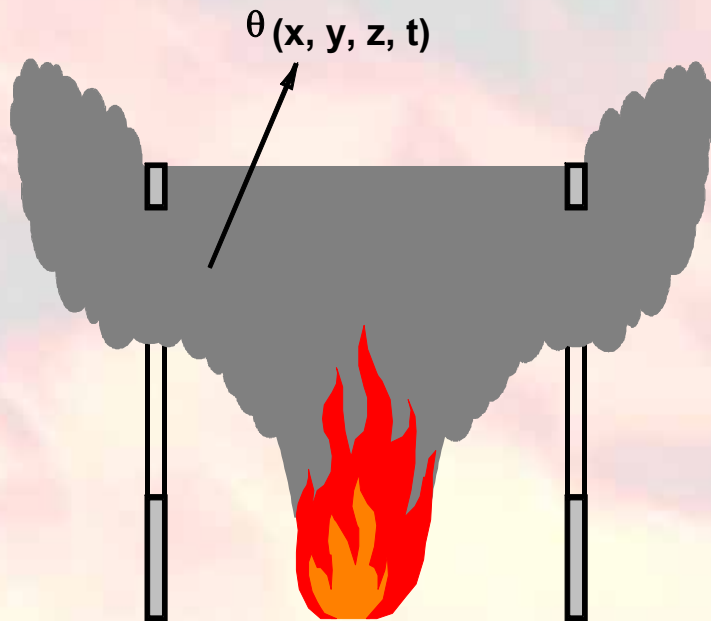
Comprimento da chama



Modelos simplificados de incêndio

Fogo totalmente desenvolvido

Fogo localizado



Fogo totalmente desenvolvido no compartimento



Ensaio de um fogo real num edifício de escritórios

Incêndio totalmente desenvolvido



Incêndio totalmente desenvolvido

Fogo Paramétrico - Anexo A da EN 1991-1-2

$$\left. \begin{array}{l} \text{Carga de Incêndio - } [MJ / m^2] \\ \text{Factor de abertura - } O = A_v \sqrt{h} / A_t \\ \text{Factor de parede - } b = \sqrt{\rho c \lambda} \end{array} \right\} \text{ curva } T = f(t)$$

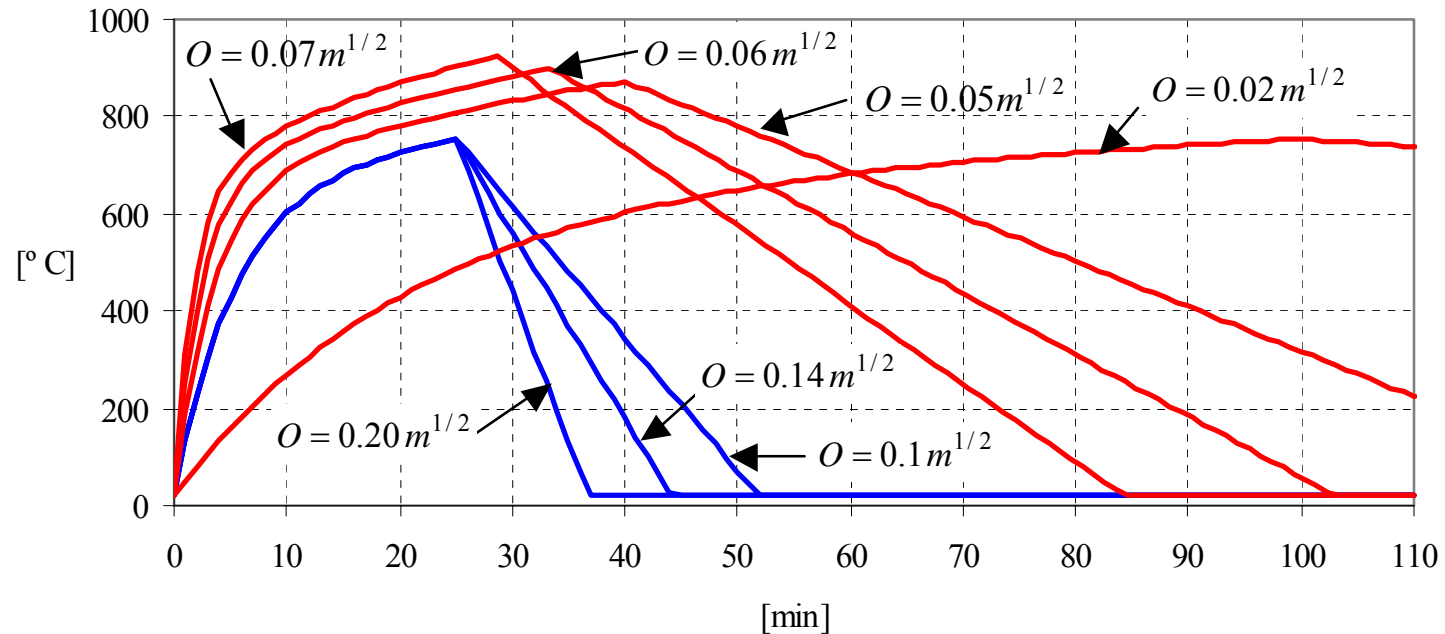
A_v área da aberturas verticais; A_t área total da sup. envolvente

Limites :

- $A_{\text{floor}} \leq 500 \text{ m}^2$
- Sem aberturas horizontais
- $H \leq 4 \text{ m}$
- Factor de parede de 1000 a 2200
- Carga de Incêndio de 50 a 1000 MJ/m² no total

Incêndio totalmente desenvolvido

Fogo Paramétrico - Anexo A da EN 1991-1-2

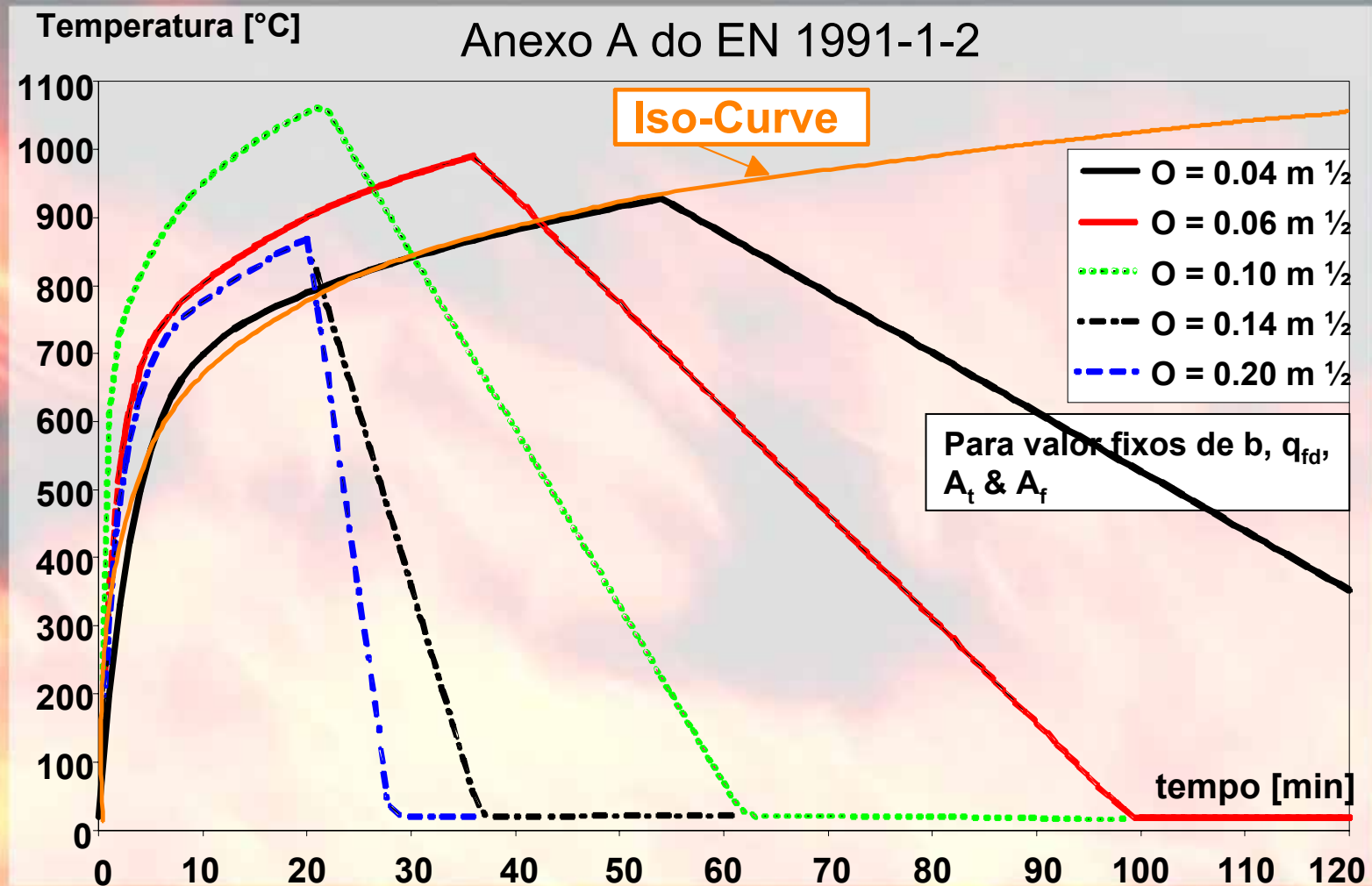


— Controlado pela ventilação — Controlado pela carga de incêndio

Curvas paramétricas função do factor de abertura - O
 $q = 600 \text{ MJ/m}^2$ – Densidade de carga de incêndio

Incêndio totalmente desenvolvido

Fogo Paramétrico e ISO 834



Modelos avançados do incêndio natural

***) Curvas nominais**

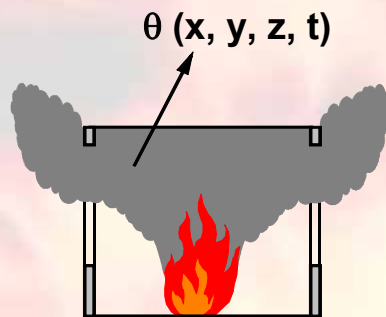
Incêndio padrão, Incêndio exterior & Curva de hidrocarbonetos

Não necessita de dados

***) Modelos de incêndio simplificados**

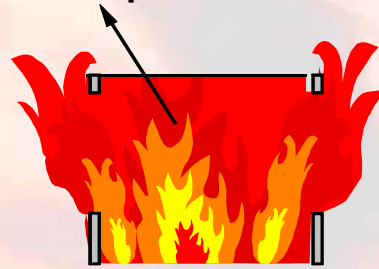
Fogo Localizado

- HESKESTADT
- HASEMI



Fogo todo desenvolvido

- Curvas paramétricas
- $\theta(t)$ uniforme no compartimento



Taxa de libertação de calor

Área do incêndio

Propriedades da envolvente

Área das aberturas

Pé-direito

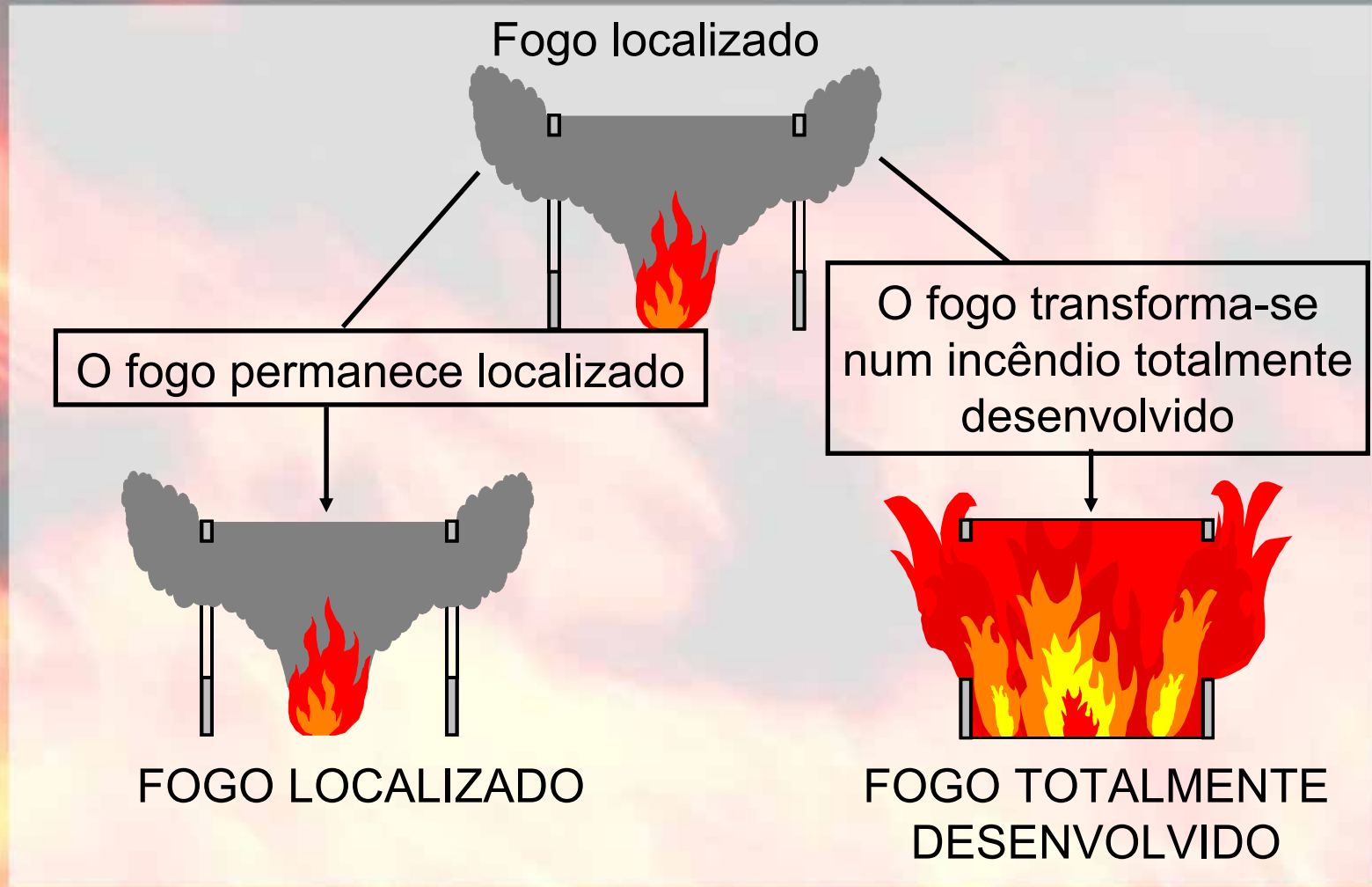
***) Modelos avançados de incêndio**

- Modelo de duas zonas
- Modelo de uma zona
- Modelo combinado de duas e uma zona
- CFD

+

Geometria exacta

Modelos avançados de incêndio



Teste em grandes compartimentos

Carga de incêndio



Teste em grandes compartimentos

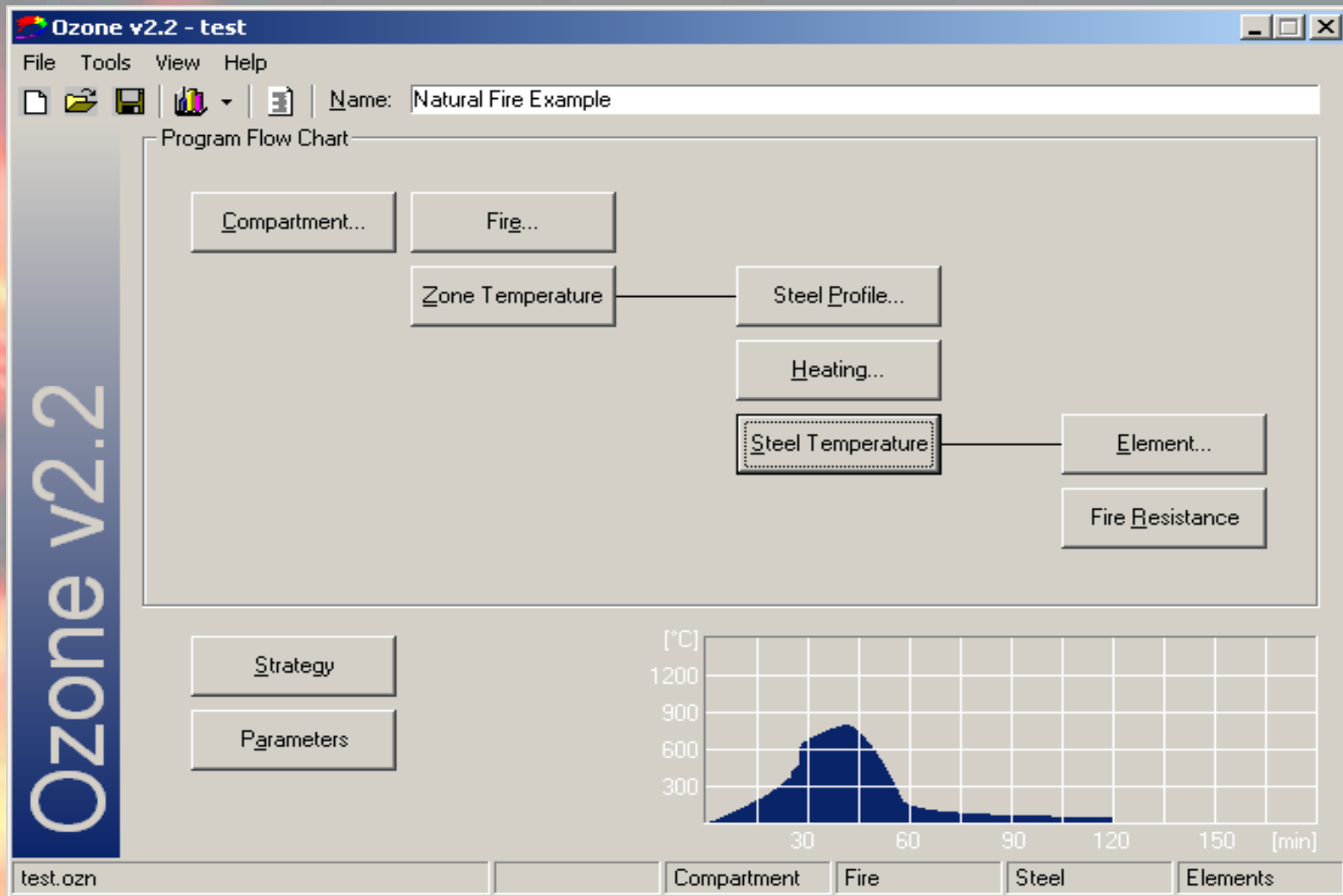
Chama no exterior durante o teste



Teste em grandes compartimentos após o teste

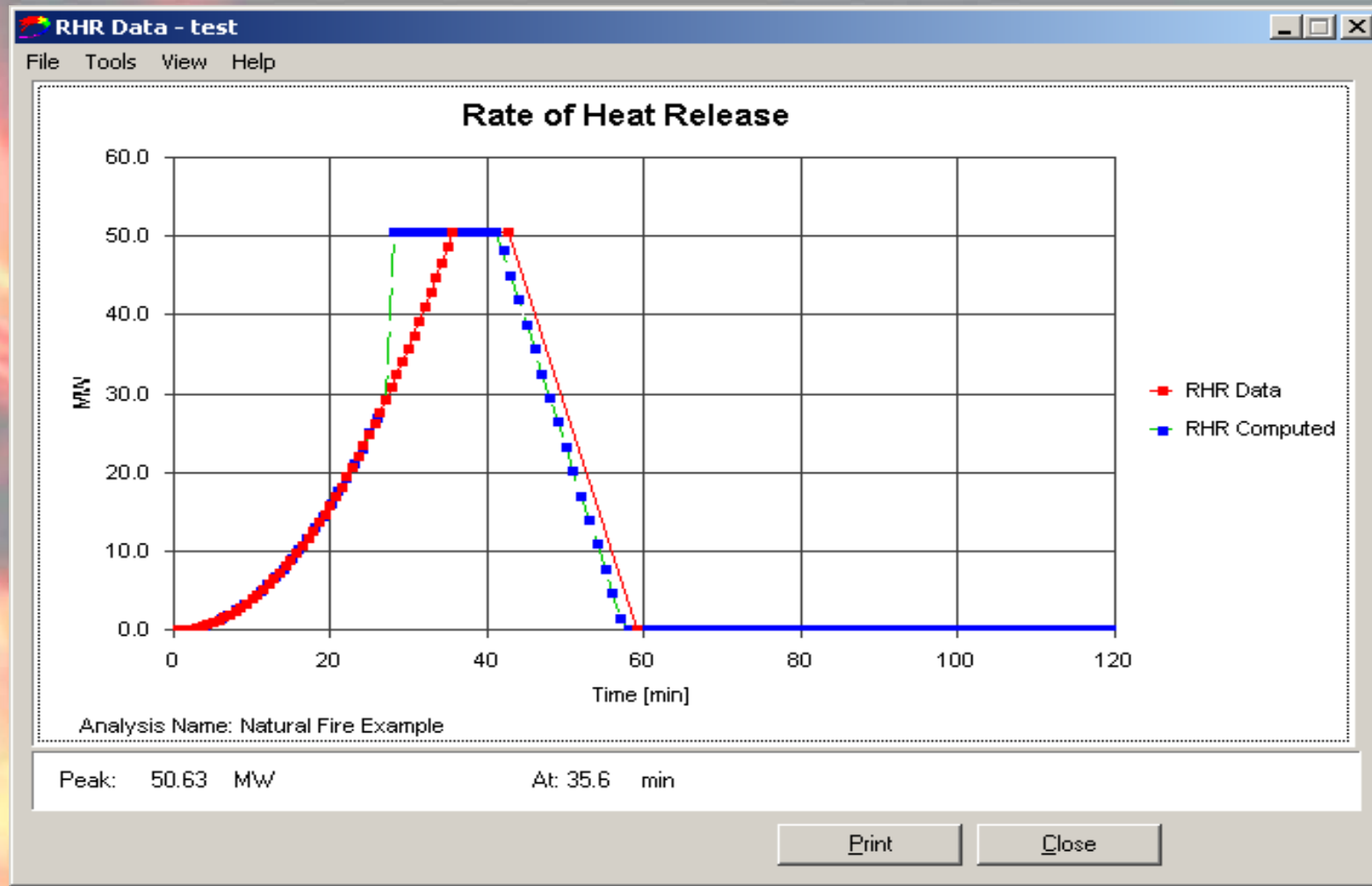


Software de duas zonas “OZone V2.2”

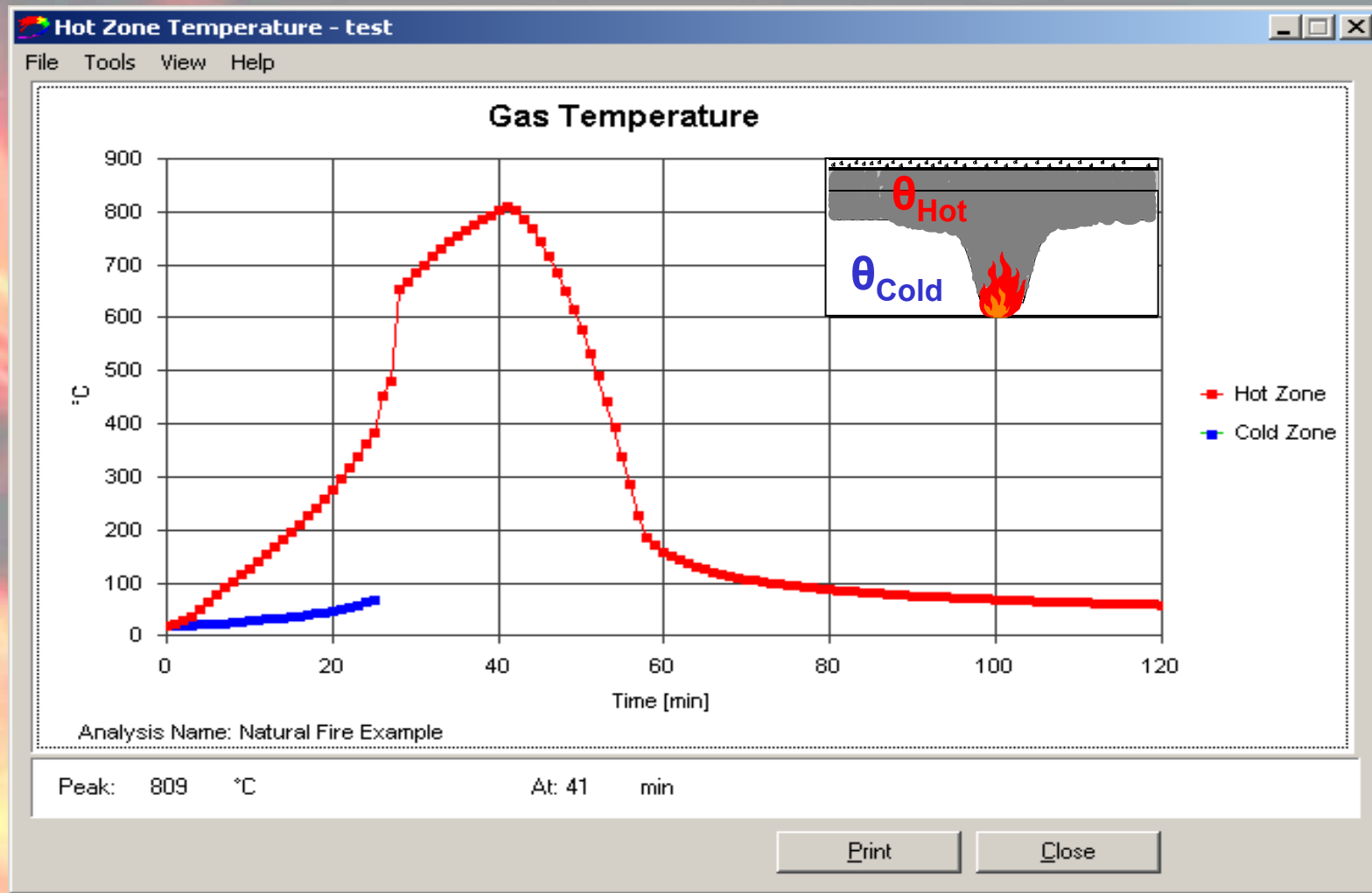


Ozone v2.2

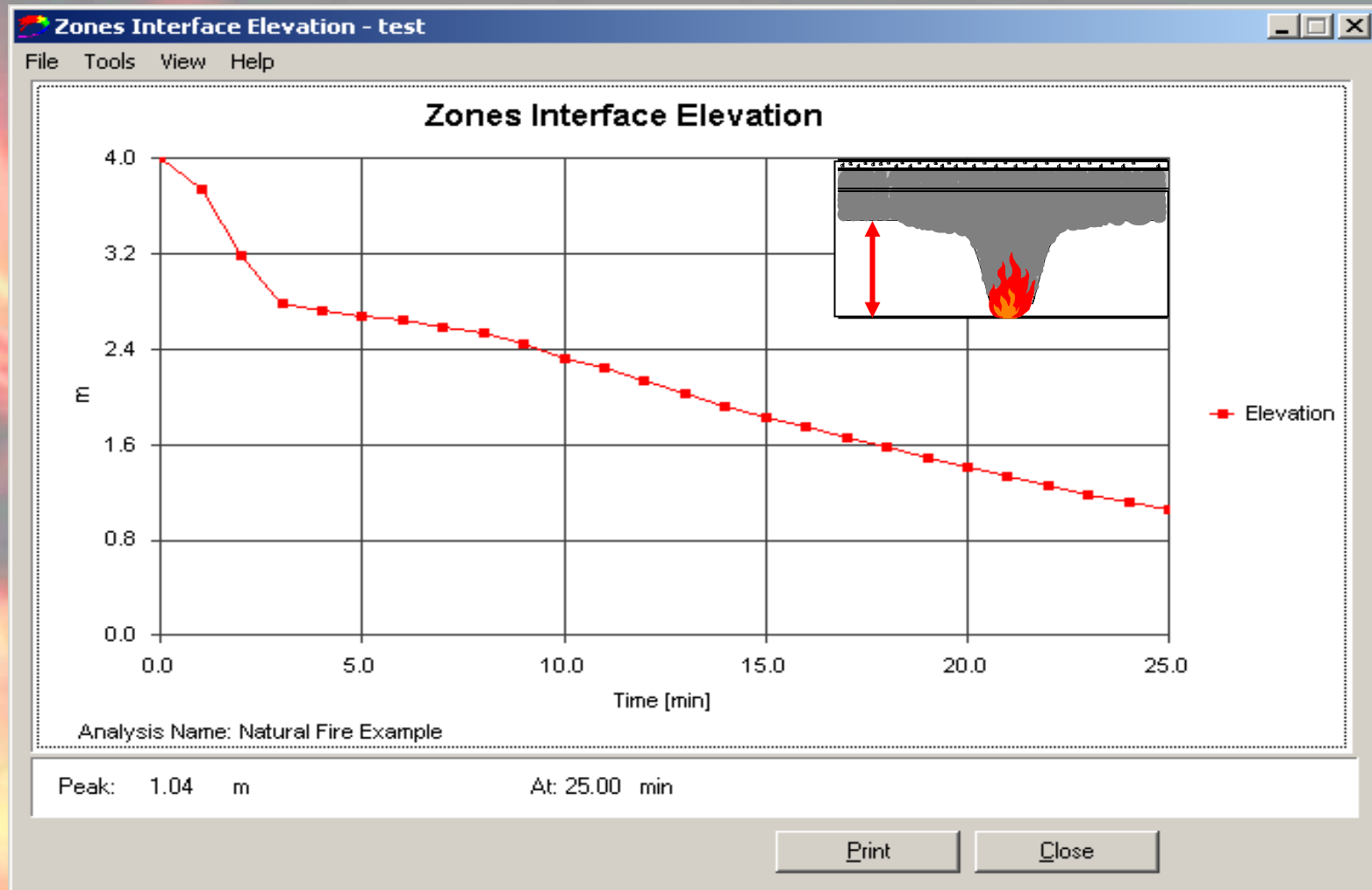
Resultados do Ozone : Dados introduzidos e calculados – Taxa de libertação de calor (RHR)



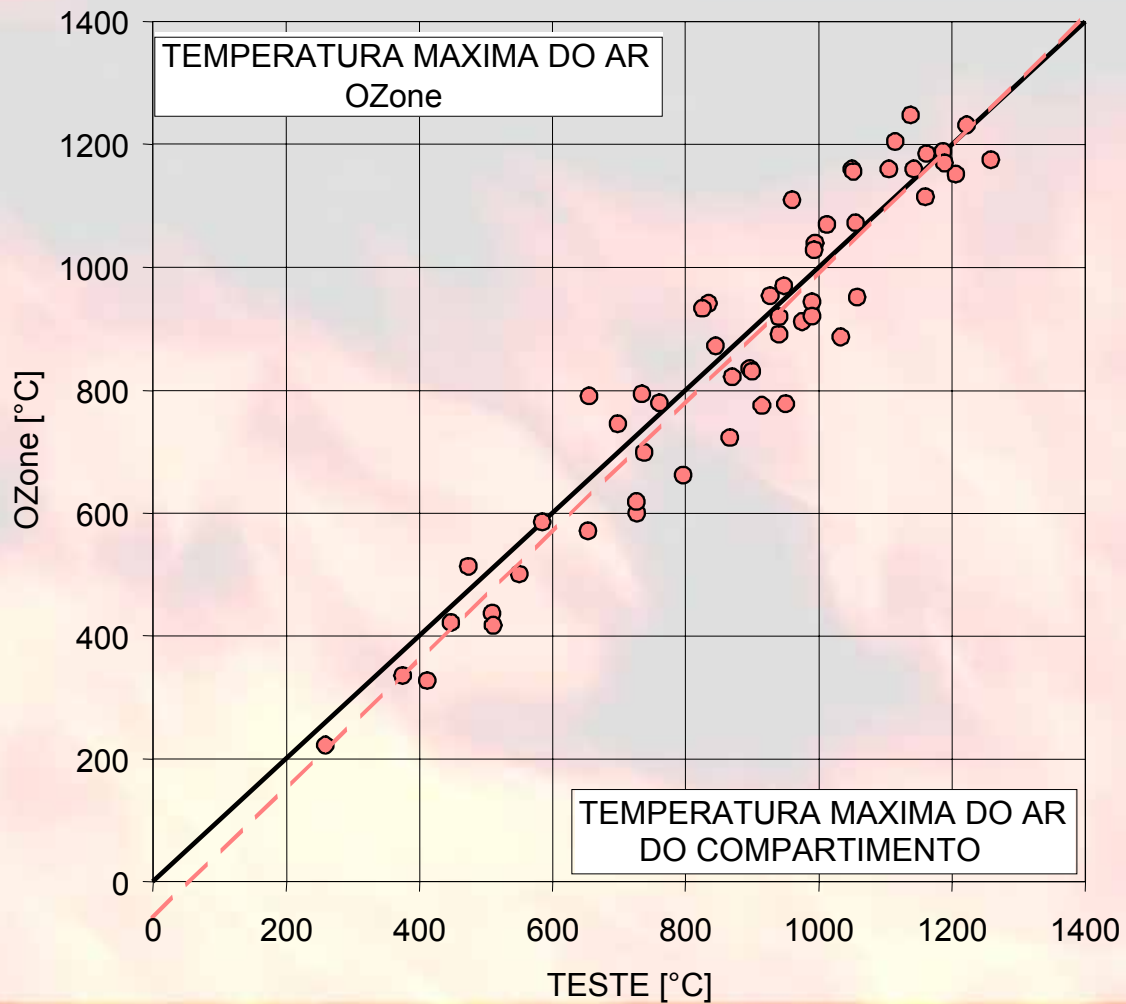
Resultados do OZone: Temperatura dos gases



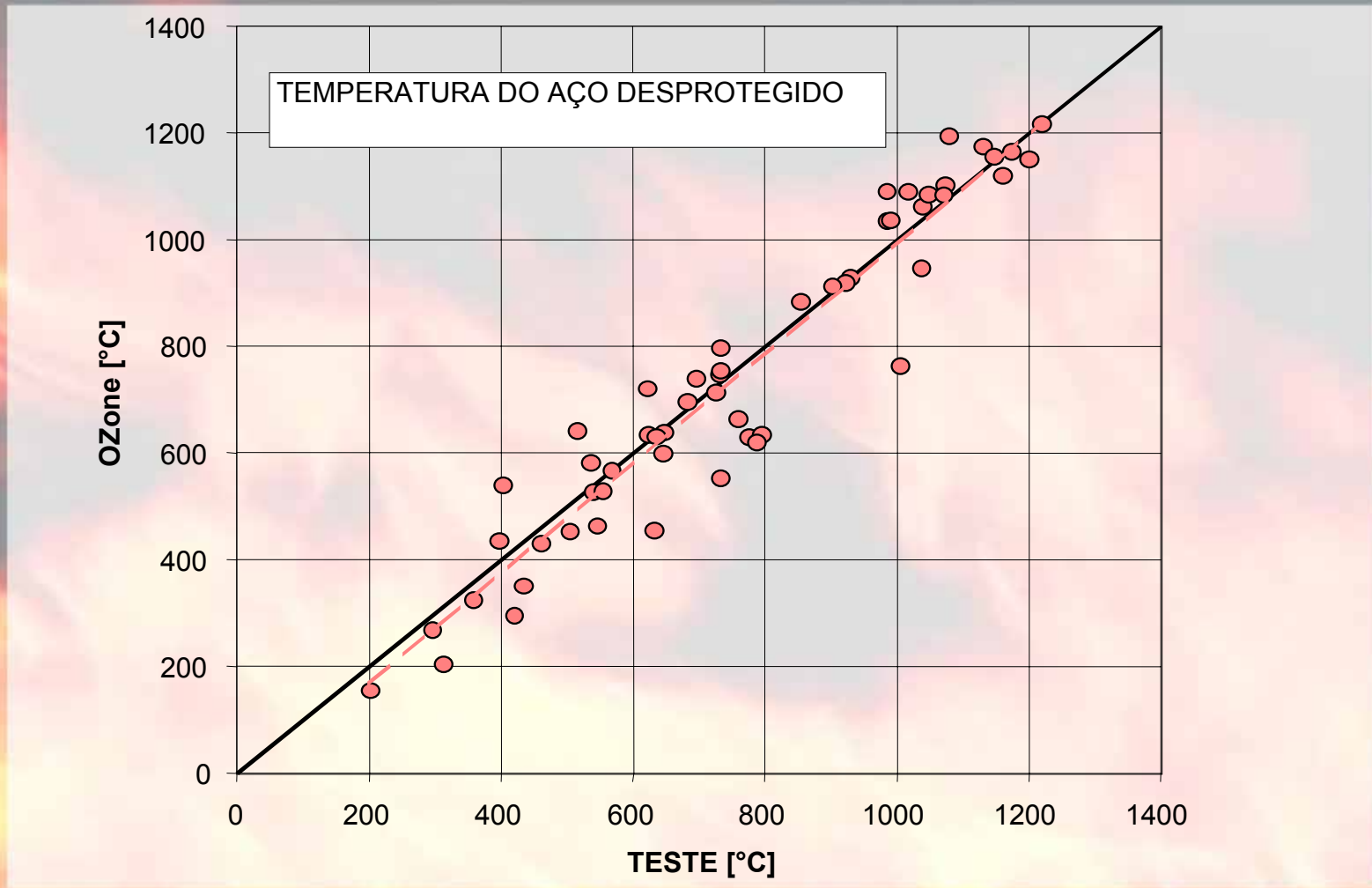
Resultados do Ozone : Espessura da camada de fumo



Calibração do Software OZone: Temperatura dos gases

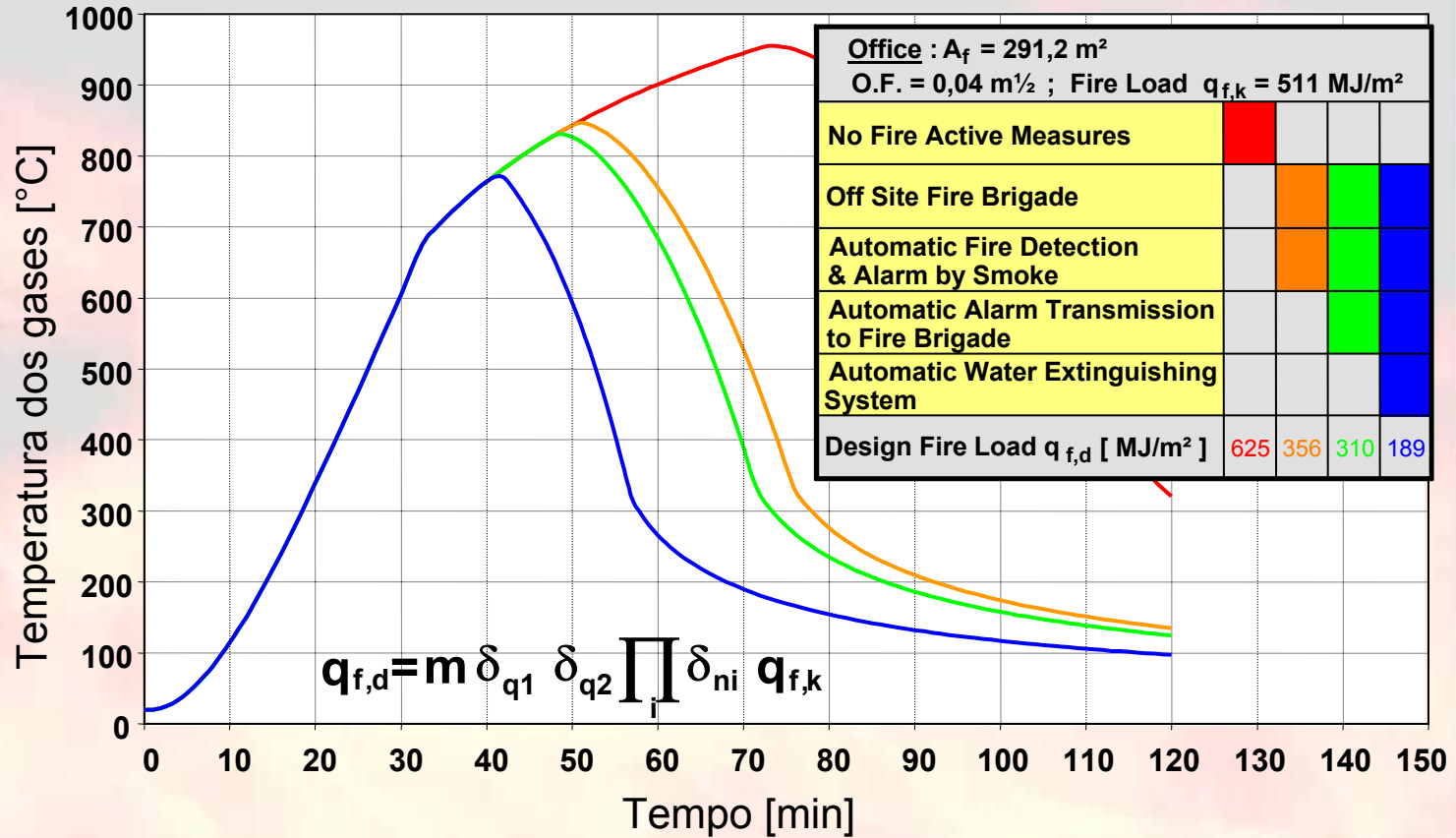


Calibração do Software OZone: Temperatura do aço



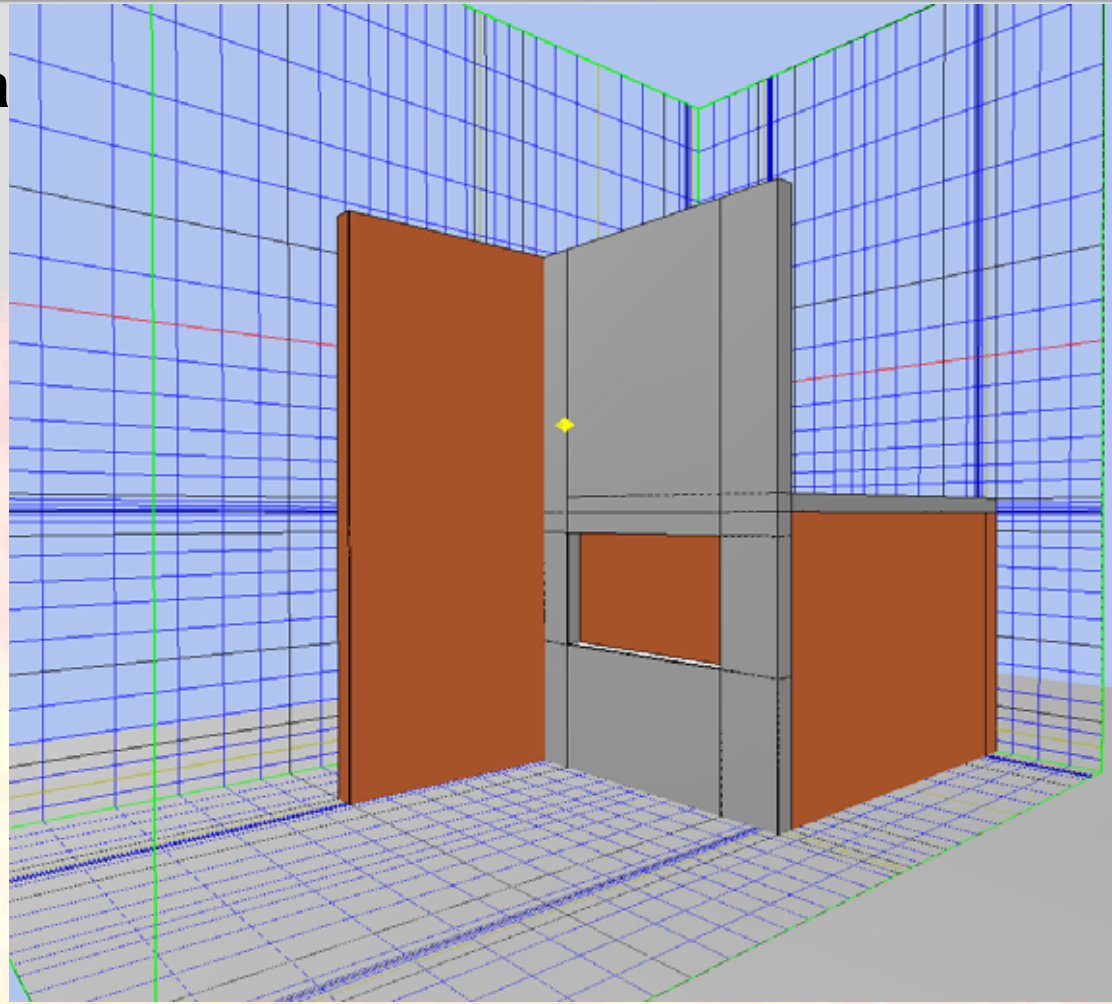
OZone: Caso de estudo

Influência das medidas activas de segurança contra incêndio

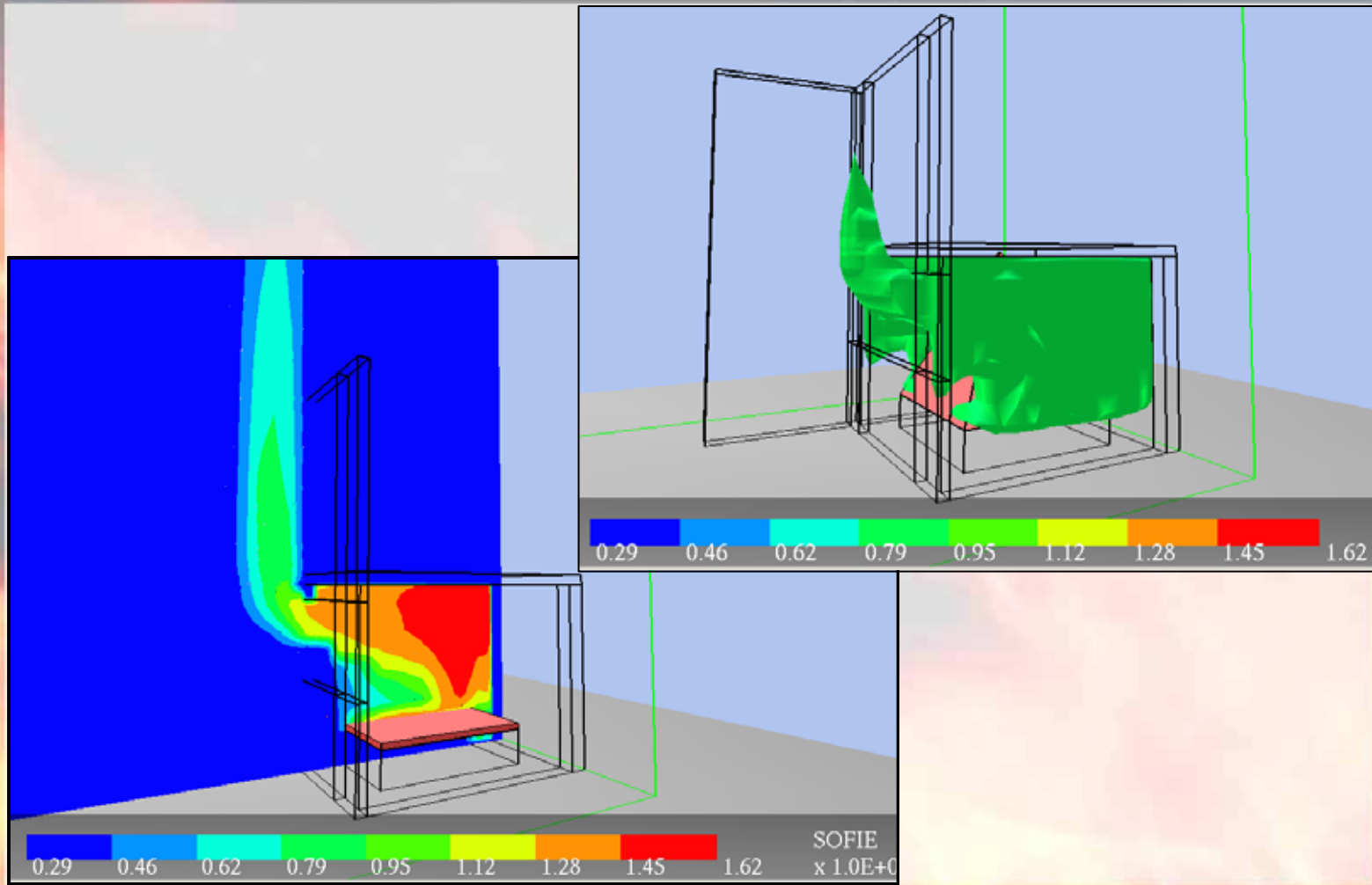


Computer Fluid Dynamics: Software Sofie

Definição da malha



Resultados do Sofie: Temperatura dos gases



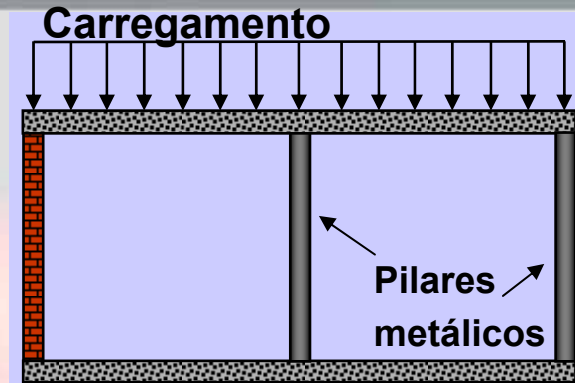
Resistência ao fogo – Sequência de eventos



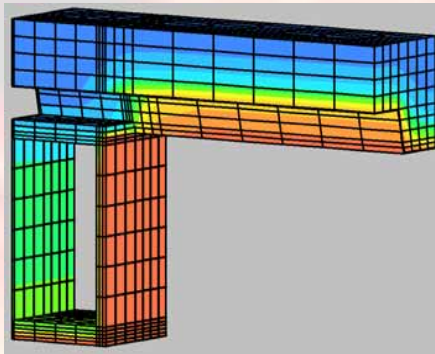
1: Ignição



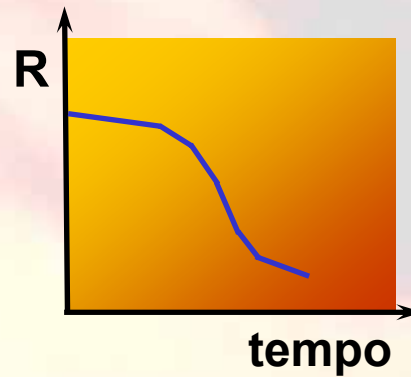
2: Acções térmicas



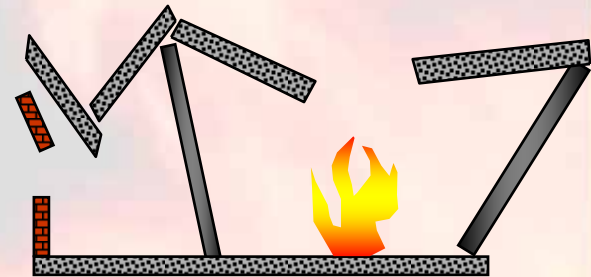
3: Acções mecânicas



4: Comportamento térmico

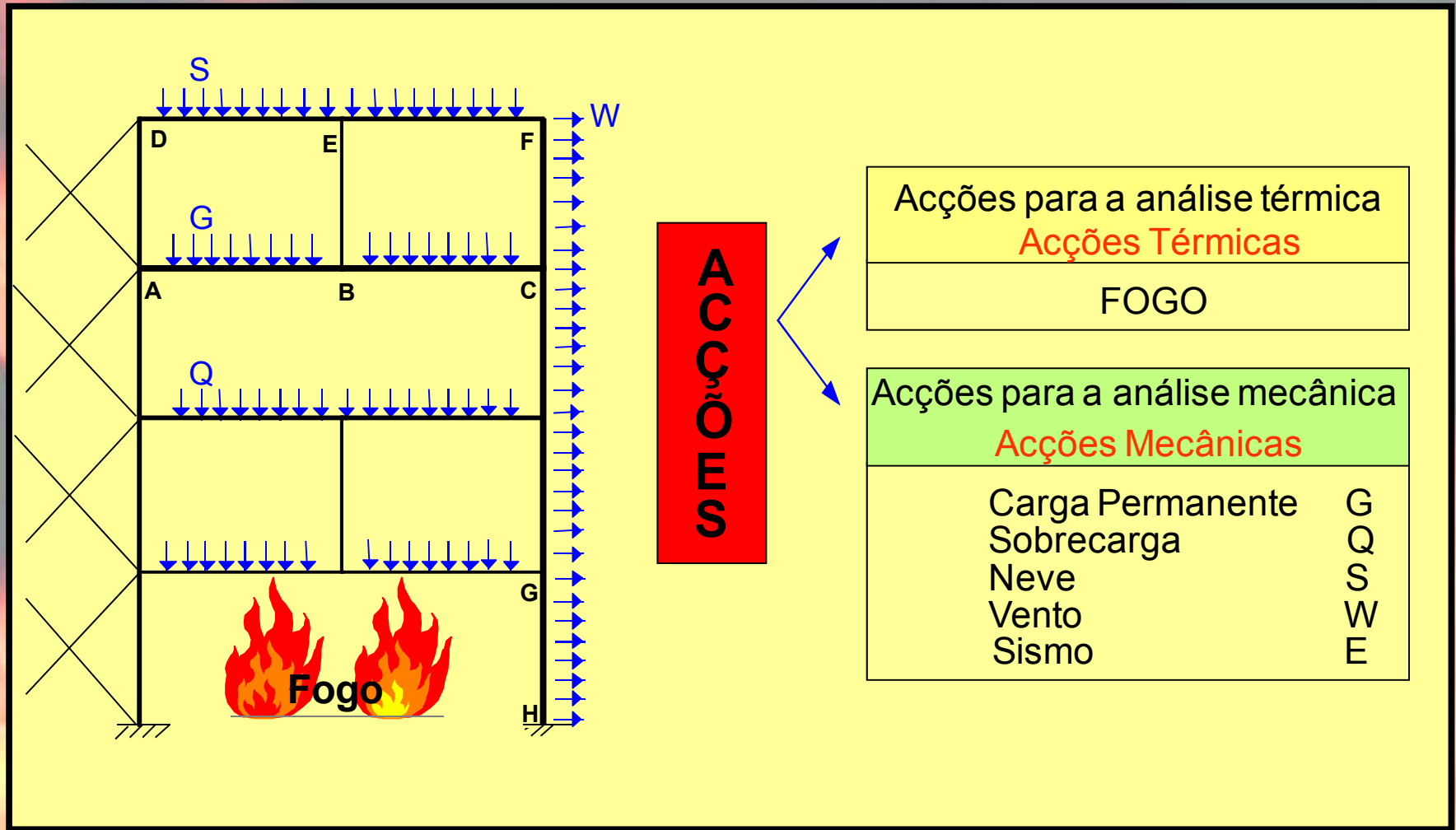


5: Comportamento mecânico



6: Colapso eventual

Acções em estruturas expostas a fogo



Regras de combinação para as acções mecânicas EN 1990: Bases para o projecto de estruturas

À temperatura normal

$$E_d = \gamma_G G + \gamma_{Q,1} Q_1 + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \gamma_{Q,i} Q_i$$

Ex: Edifício de escritórios em que Q,
é a acção variável de base

$$E_d = 1,35 G + 1,5 Q + 0,6 \cdot 1,5 W + 0,5 \cdot 1,5 S$$

Regras de combinação para as acções mecânicas EN 1990: Bases para o projecto de estruturas

Situação de incêndio \equiv Situação de acidente

$$E_{fi,d} = G + (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1})Q_1 + \sum \psi_{2,i}Q_i + A_d(t)$$

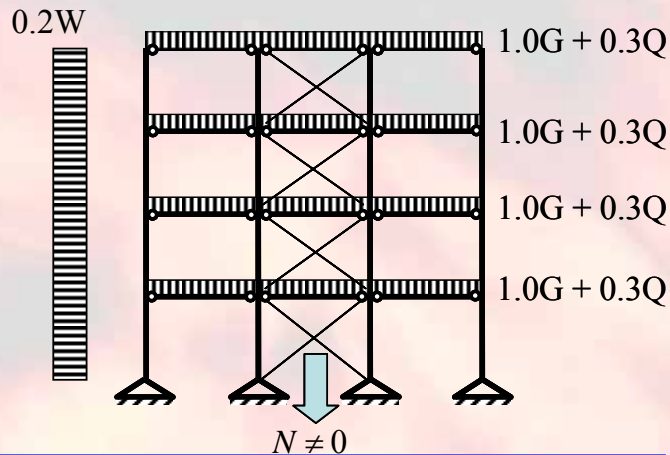
Acção	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga em edifícios de habitação e escritório.	0.5	0.3
Sobrecarga em edifícios comerciais e espaços públicos.	0.7	0.6
Sobrecarga em armazéns.	0.9	0.8
Veículos até 3 tons.	0.7	0.6
Veículos de 3 a 16 tons.	0.5	0.3
Sobrecarga em coberturas	0.0	0.0
Neve	0.2	0.0
Vento	0.2	0.0

ψ_2 – Valor frequente recomendado pela EN 1991-1-2. O Anexo Português recomenda o valor frequente ψ_1 , caso contrário não haveria nunca acções horizontais

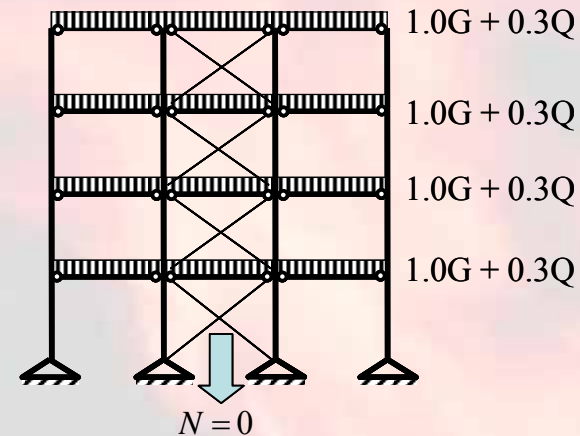
Regras de combinação para as acções mecânicas EN 1990: Bases para o projecto de estruturas

Situação de incêndio \equiv Situação de acidente

$$E_{fi,d} = G + (\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1})Q_1 + \sum \psi_{2,i}Q_i$$



$$E_{fi,d} = G + \psi_{1,1}Q_1 + \sum \psi_{2,i}Q_i$$



$$E_{fi,d} = G + \psi_{2,1}Q_1 + \sum \psi_{2,i}Q_i$$

Acção variável de base: vento

$$E_{fi,d} = G + 0,2 W + 0,3 Q$$

$$E_{fi,d} = G + 0,0 W + 0,3 Q$$

Obrigado pela Vossa atenção

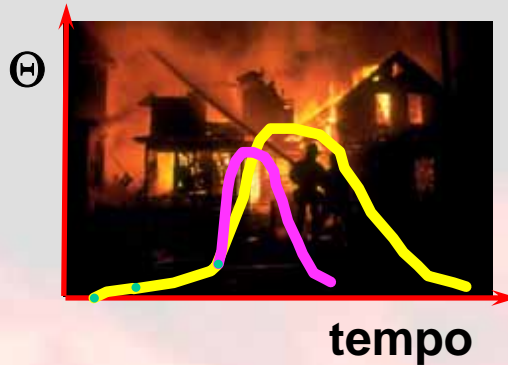


PARTE 2
COMPORTAMENTO TÉRMICO DAS ESTRUTURAS

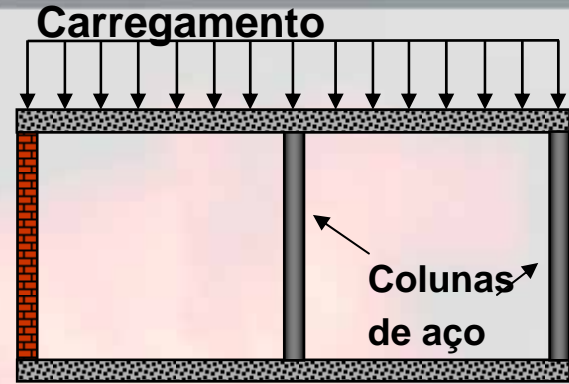
Resistência ao fogo – Sequência de eventos



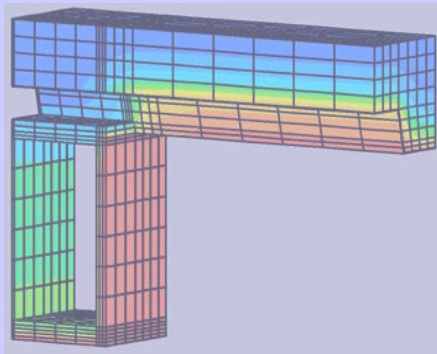
1: Ignição



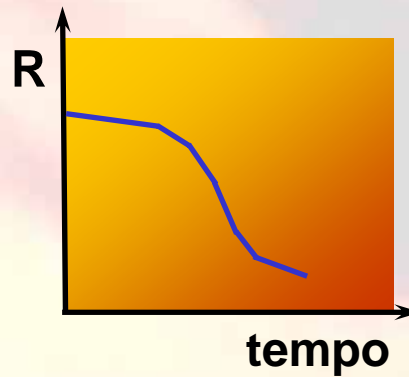
2: Acções térmicas



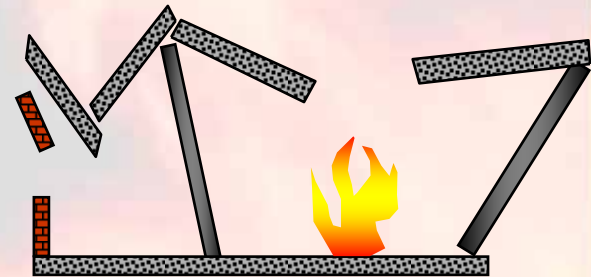
3: Acções mecânicas



4: Comportamento térmico



5: Comportamento mecânico



6: Colapso eventual

Índice

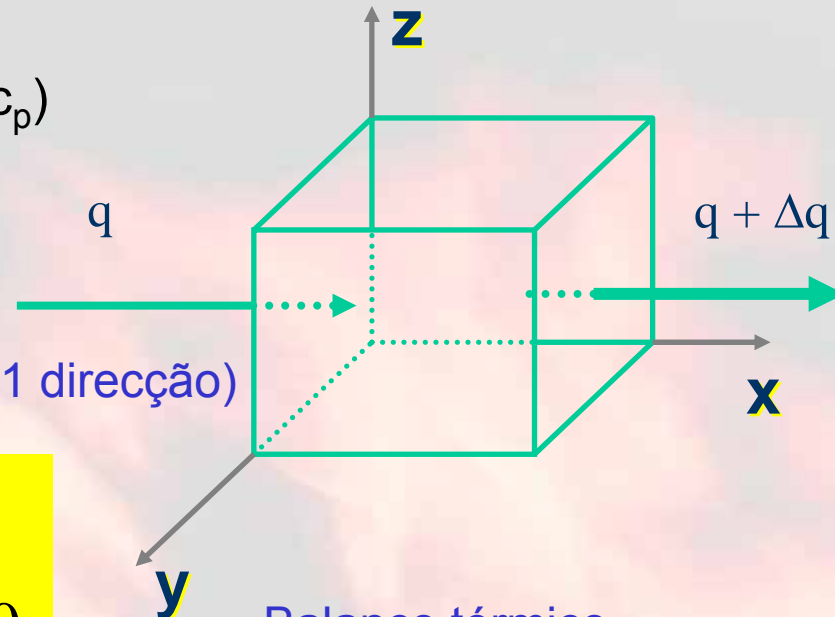
- 1. Introdução
- 2. Conceitos básicos
- 3. Regras de cálculo para elementos em aço
- 4. Regras de cálculo para elementos mistos aço-betão

- Anexos
 - ✧ Equação diferencial de Fourier
 - ✧ Resposta térmica de elementos em aço
 - ✧ Dados tabelados & modelos simples de acordo com a EN 1994-1-2
 - ✧ Regras do EC para isolamento de lajes mistas com chapa perfilada
 - ✧ Regras do EC para a temperatura dos varões da armadura de momentos positivos em lajes mistas

Comportamento térmico

Conceitos básicos

- Condução térmica ($= \lambda$)
- Capacidade térmica ($= \rho \cdot c_p$)



DV: (ilustrado para apenas 1 direcção)

$$\frac{\partial(\rho c_p \Theta)}{\partial t} + \frac{\partial(\lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x})}{\partial x} = 0$$

Balanço térmico

$$\Delta q / \Delta x + \Delta(\rho c_p \Theta) / \Delta t = 0$$

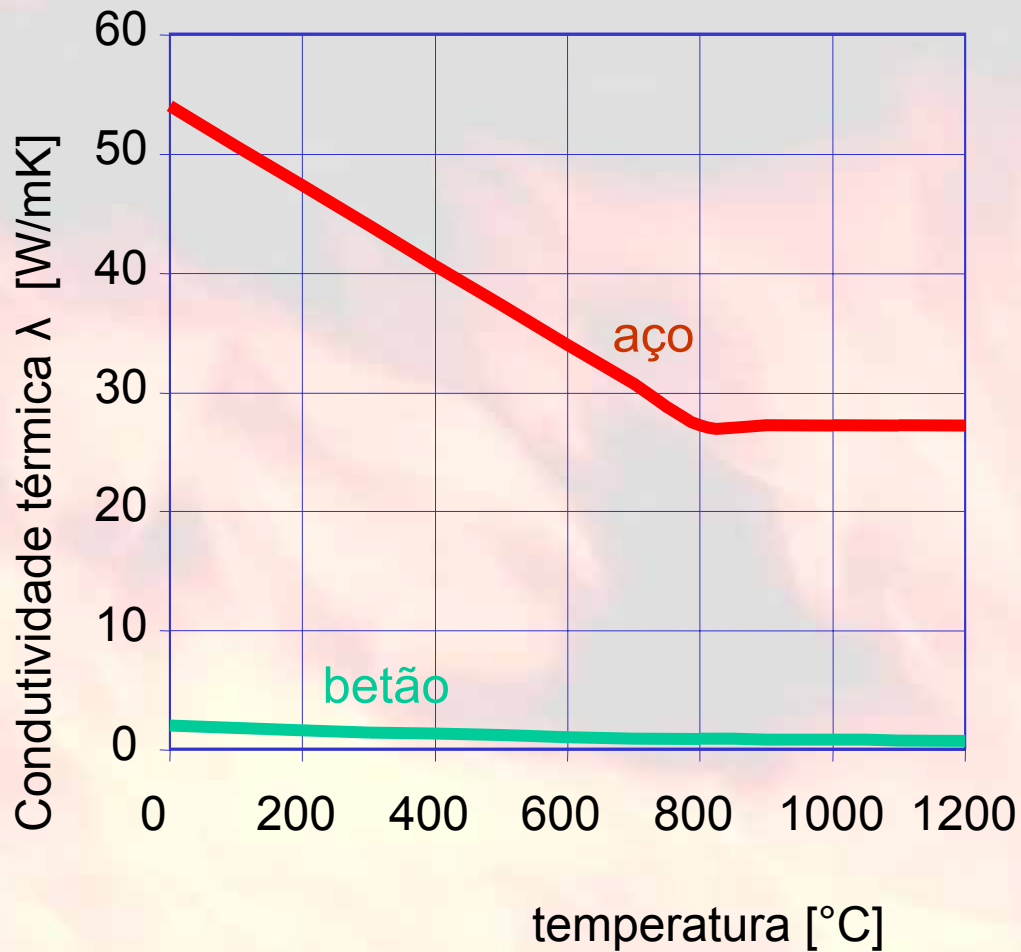
condições fronteira: entrada/saída de fluxo na
superfície: $h_{\text{net,tot}}$
condições iniciais: temperatura ambiente

Lei de Fourier

$$q = \lambda \Delta \Theta / \Delta x$$

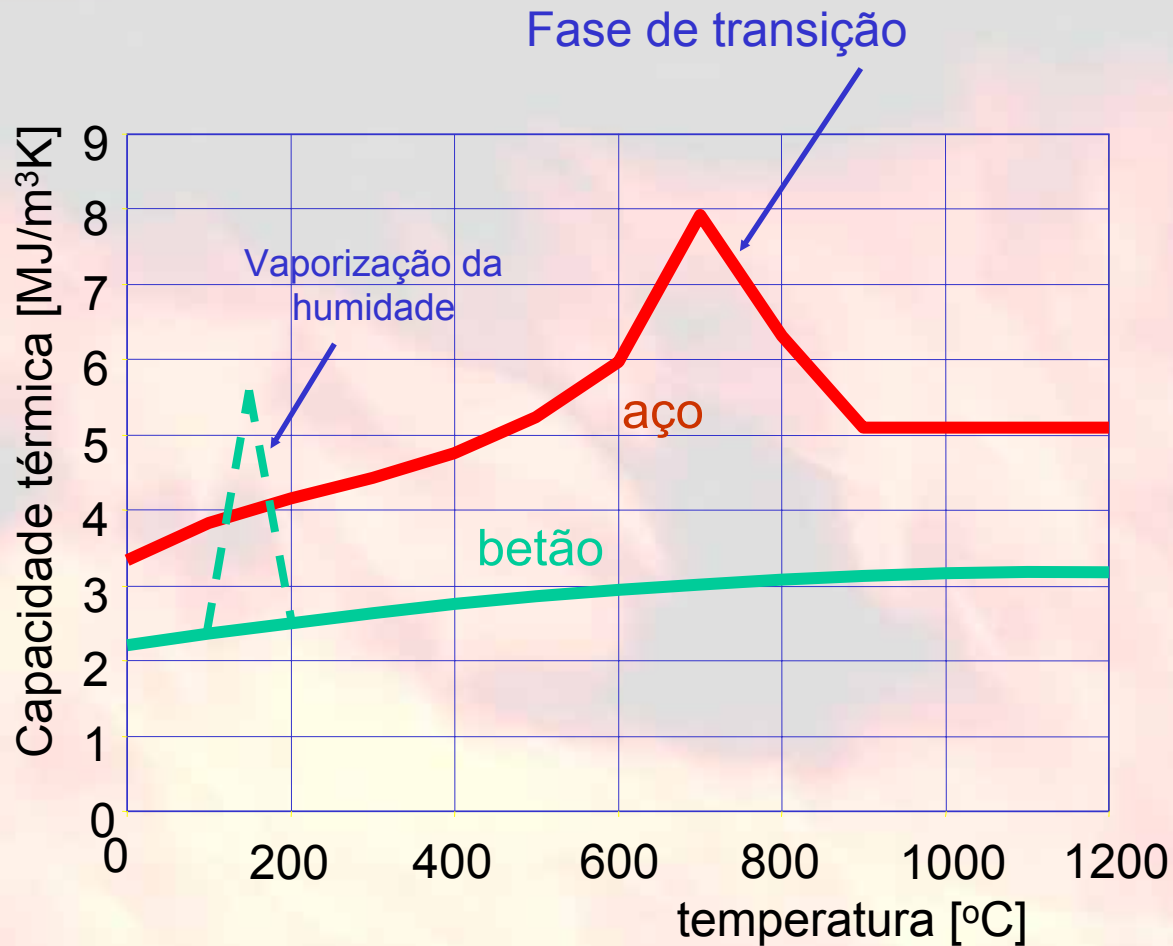
Condutividade térmica

Betão vs. aço



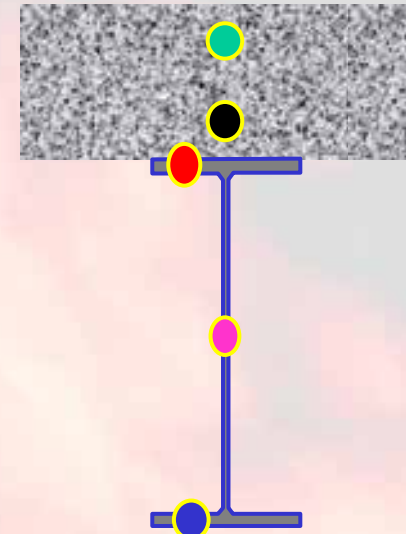
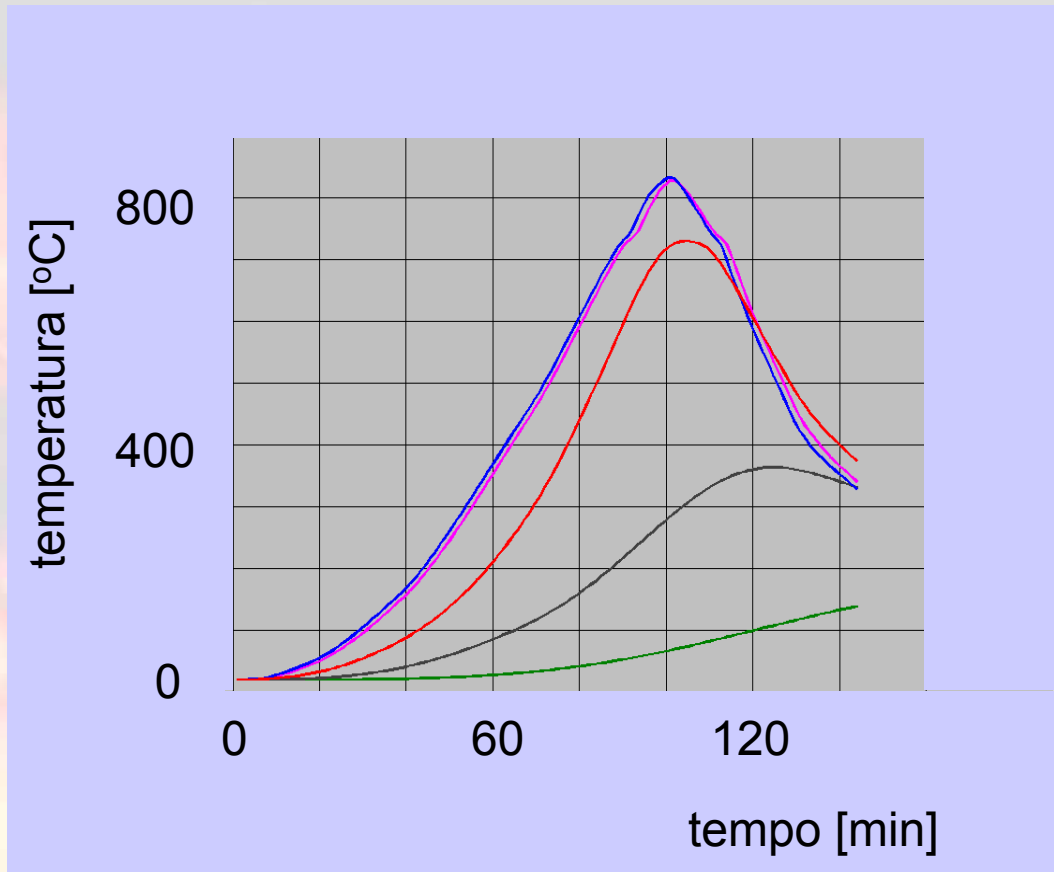
Capacidade térmica

Betão vs. aço



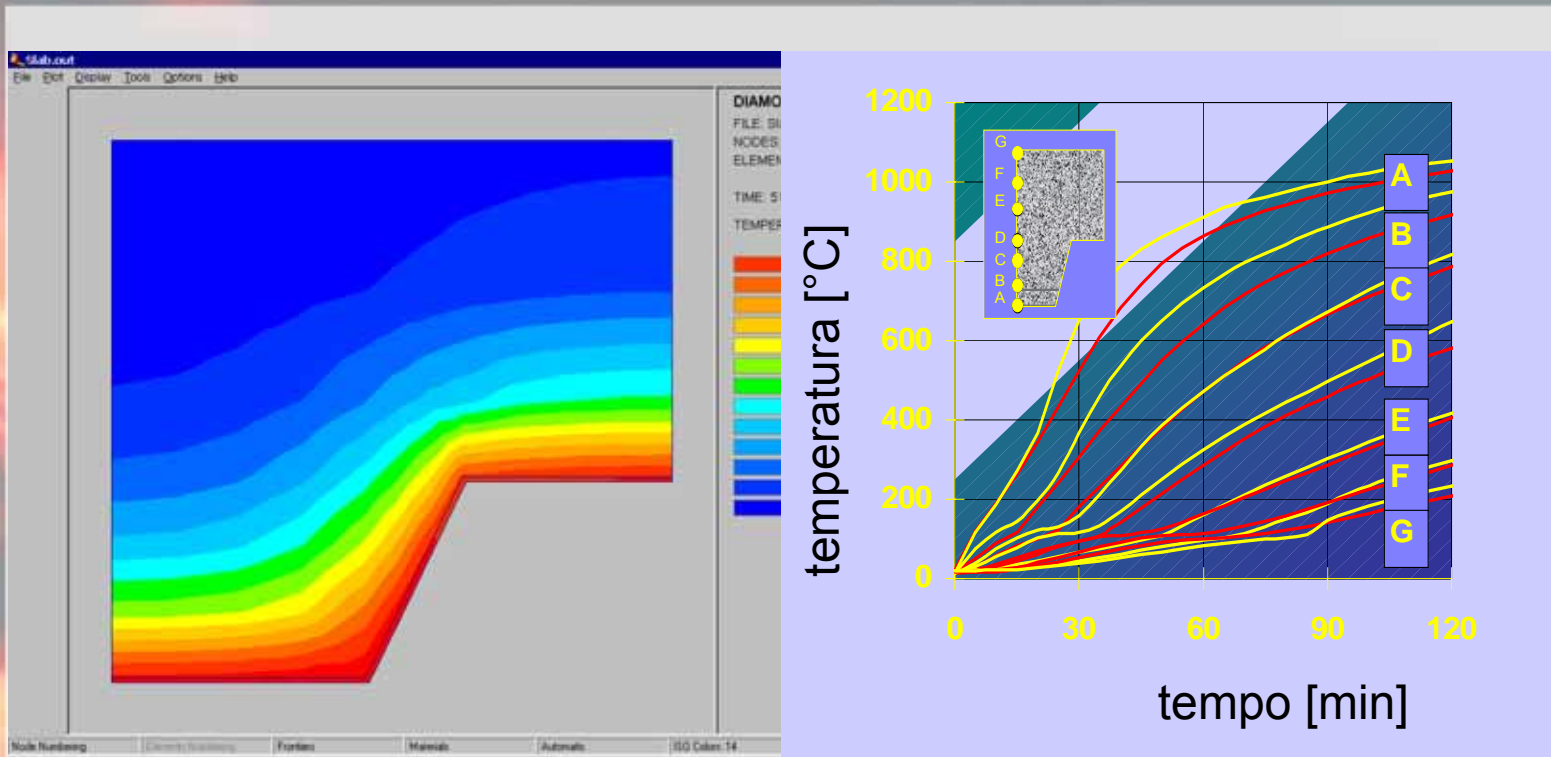
Comportamento térmico

Viga em aço/laje em betão (2D)



Comportamento térmico

Laje mista (2D)

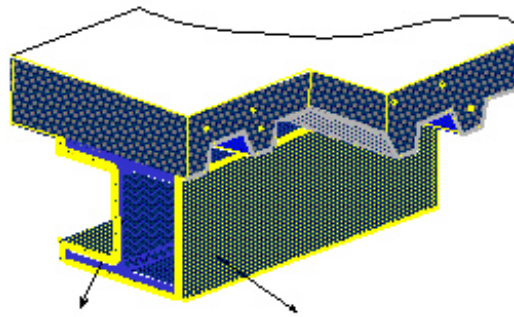


simulação computacional

teste vs. simulação

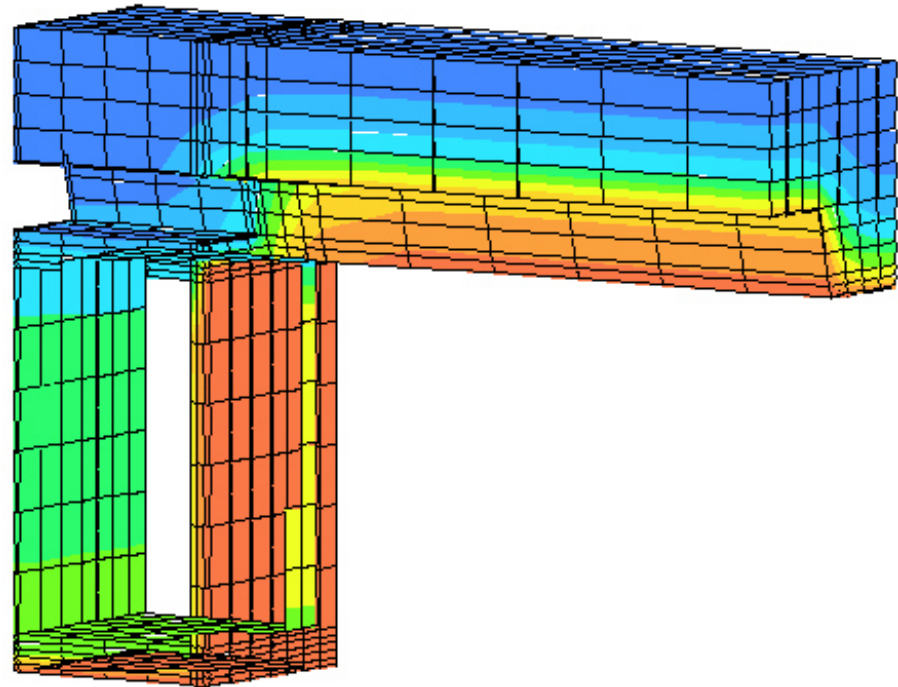
Comportamento térmico

Viga extrema mista (3D)



Viga em aço

Isolamento
ao fogo



Regras de cálculo para elementos em aço

- Âmbito
- Aço não protegido
- Aço protegido
- Parâmetros de cálculo do desenvolvimento das temperaturas
 - ✧ Geral
 - ✧ Factor de massividade
 - ✧ Características de isolamento ao fogo
 - ✧ A não utilização de condições de fogo padrão

Resistência ao fogo de elementos em aço

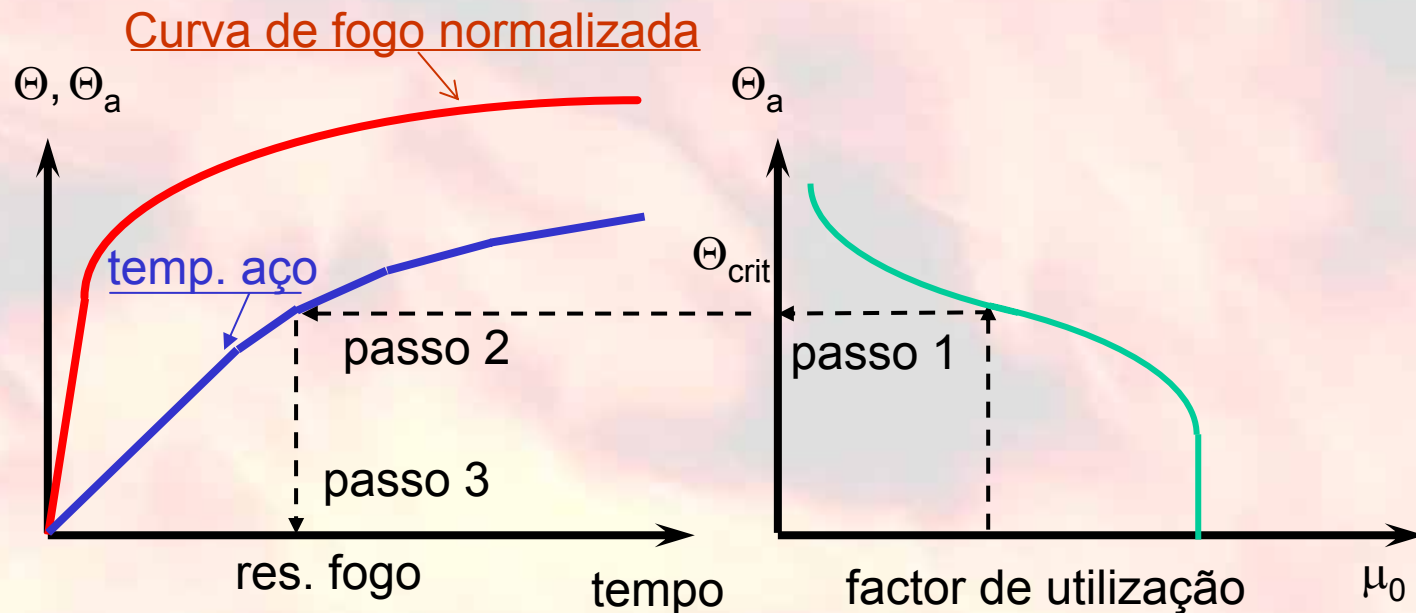
Conceitos básicos

- Apenas com função de resistência a carga
 - ⇒ Capacidade de resistência a carga
- Distribuição de temperaturas uniforme
 - ⇒ Conceito de temperatura crítica

Resistência ao fogo de elementos em aço

Procedimentos de cálculo

- Passo 1: determinação do comportamento mecânico $\mu_a \Rightarrow \Theta_{crit}$
- Passo 2: determinação do comportamento térmico $\Rightarrow \Theta_a$
- Passo 3: determinação da resistência ao fogo \Rightarrow res. fogo



Acções térmicas

Transferência de calor em exposição ao fogo

- Transferência de calor por radiação:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \sigma \cdot [(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4]$$

- Transferência de calor por convecção:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_m \cdot (\Theta_g - \Theta_m)$$

em que:

Θ_{rad} é a temperatura por radiação [°C] $\Rightarrow \Theta_{rad} \rightarrow \Theta_g \rightarrow$ curva de incêndio

Θ_m é a temperatura na superfície [°C] \Rightarrow comportamento térmico

ε_m é a emissividade de superfície [-] \Rightarrow aço: 0.7

α_c é o coeficiente de convecção \Rightarrow 25 - 50 W/m²K (dependendo do modelo de incêndio)

Φ é o factor de configuração [-] $\leq 1.0 \Rightarrow$ seguro: 1.0

ρ é a constante de Stephan Boltzmann = $5.67 \cdot 10^{-8}$ W/m²K⁴

Comportamento térmico

Perfis metálicos

$$\frac{\partial(\rho c \Theta)}{\partial t} + \frac{\partial(\lambda \frac{\partial \Theta}{\partial x})}{\partial x} = 0$$

Condições fronteira & iniciais

$$\frac{d \Theta_a}{dt} = \frac{\dot{h}_{tot} A_m}{\rho_a c_a V}$$

com

A_m é a área da superfície exposta do elemento [m^2/m]

V é o volume do elemento [m^3/m]

Aumento de temperatura em aço não protegido

Equações básicas

$$\frac{d\Theta_a}{dt} = k_{sh} \frac{A_m/V}{\rho_a c_a} \cdot \dot{h}_{net,tot}$$

Legenda:

... (1) $\Delta\Theta_a$: aumento de temp. no aço
 Δt : tempo do passo
 A_m/V factor de massividade
 K_{bare} : coef. de transferência de calor
 k_{sh} : factor de correcção para o efeito de sombra



$$\Delta\Theta_a = k_{sh} \frac{K_{bare}}{\rho_a c_a} \cdot \frac{A_m}{V} \cdot (\Theta_g - \Theta_a) \cdot \Delta t \quad \dots (2)$$

com

$$K_{bare} = \alpha_c + \frac{\varepsilon_m \sigma \left[(\Theta_g + 273)^4 - (\Theta_a + 273)^4 \right]}{\Theta_g - \Theta_a} \quad \dots (3)$$

Efeito de sombra

Princípios básicos

- Efeito de sombra causado por protecção local à transferência de calor por radiação, devido à forma do perfil metálico, i.e.:
 - ✧  perfis, efeitos de sombra: sim
 - ✧  perfis, efeitos de sombra: não
- Sem radiação térmica, sem efeitos de sombra; assim:
 - ✧ elementos não protegidos, efeitos de sombra: sim
 - ✧ elementos protegidos, efeitos de sombra: não

Efeito de sombra

Consequências

➤ Elementos não protegidos:

$$\Delta \Theta_a = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} h_{net} \Delta t$$

com:

✧ para secções em I :

$$k_{sh} = 0.9 [A_m/V]_{box} / [A_m/V]$$

✧ para “todas” as outras secções:

$$k_{sh} = [A_m/V]_{box} / [A_m/V]$$

➤ Elementos protegidos : sem efeitos

Aumento de temperatura em aço protegido

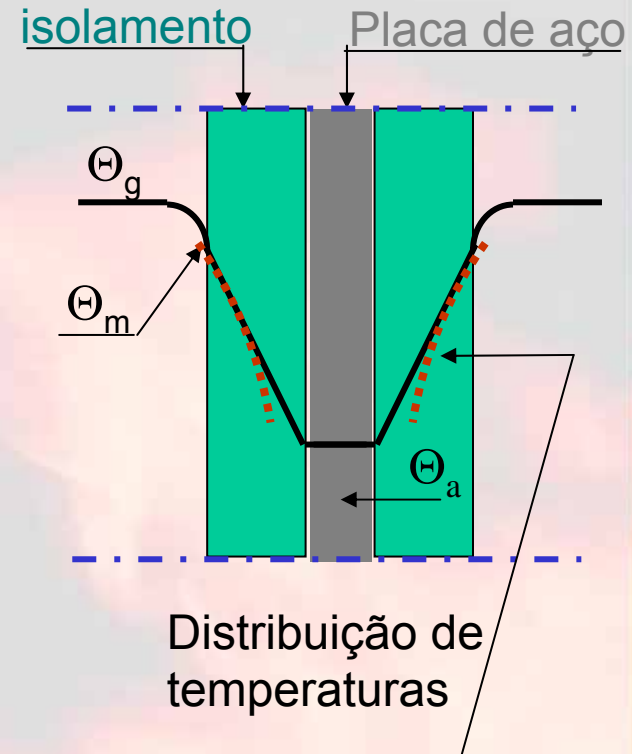
Equações básicas

$$\Delta \Theta_a = \frac{K_{ins}}{\rho_a c_a} \cdot \frac{A_m}{V} \cdot (\Theta_g - \Theta_a) \cdot \Delta t \quad \dots (a)$$

com

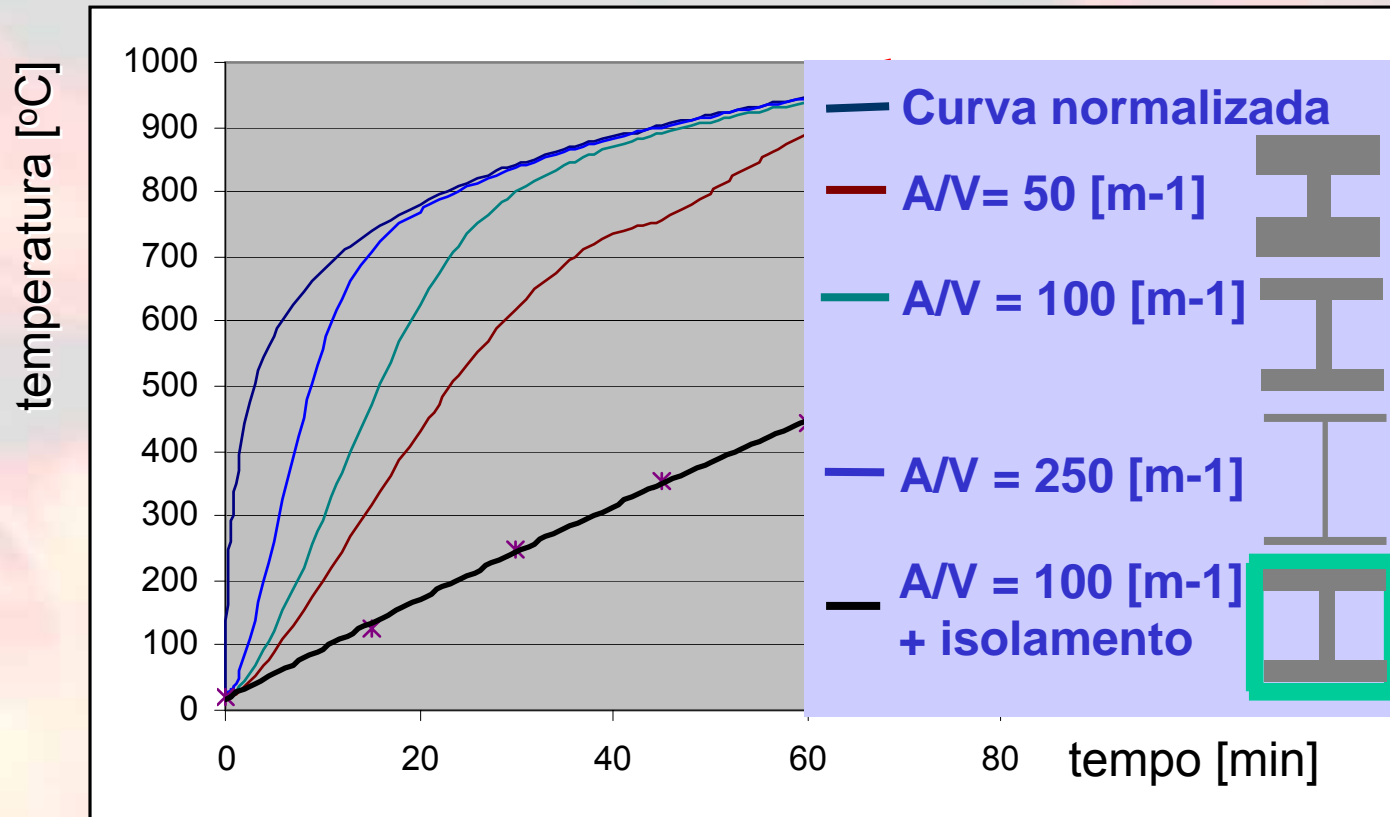
$$K_{ins} = K_{ins} \left(\frac{\lambda}{d}, \rho_p, c_p, \rho_a, c_a \right) \quad \dots (b)$$

- Notas: (a) $\Theta_g - \Theta_m \ll \Theta_m - \Theta_a$
 (b) para protecção leve: $K_{ins} \approx \lambda/d$



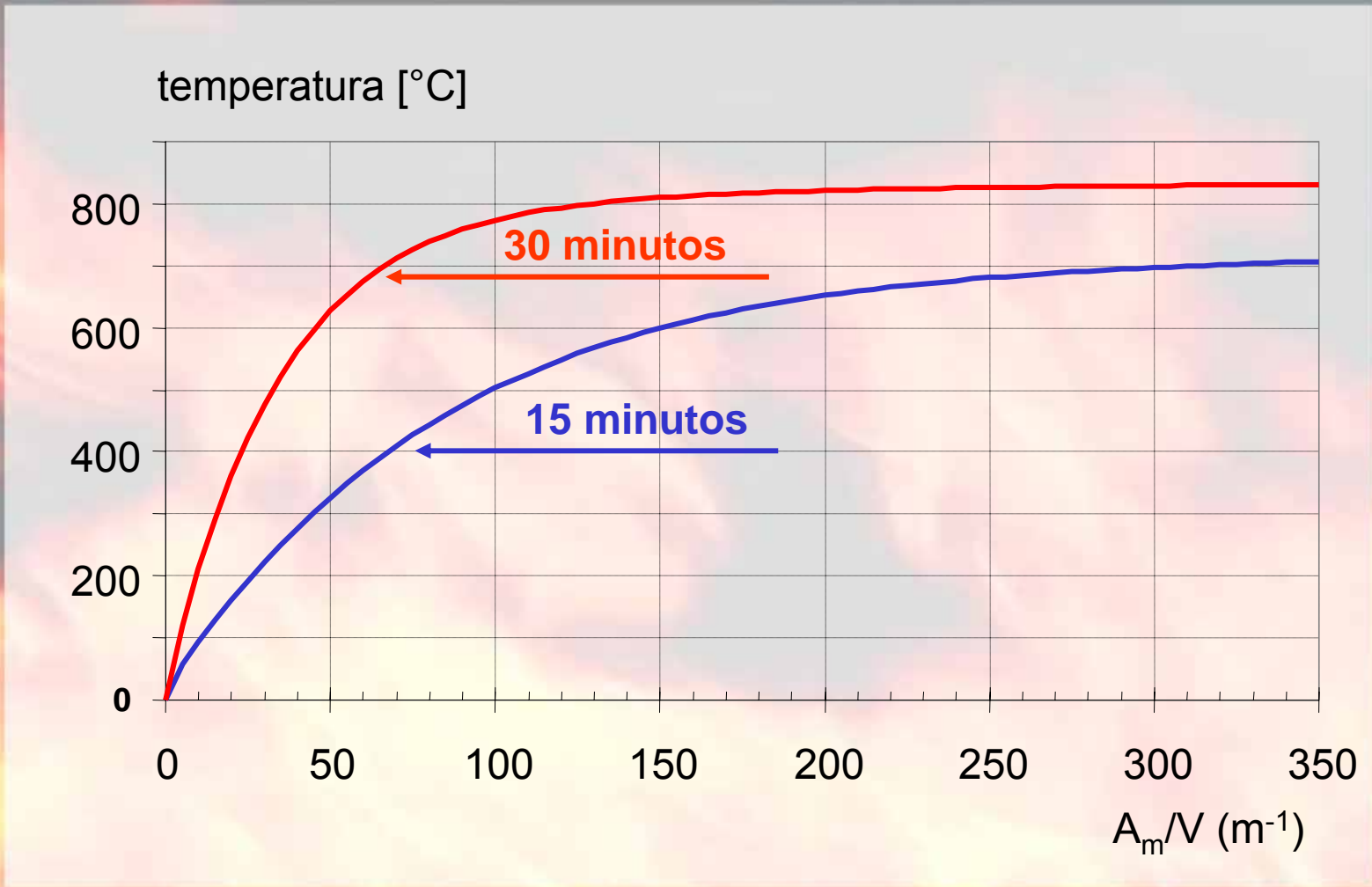
efeitos térmicos
 capacidade térmica
 isolamento

Evolução da temperatura em perfis metálicos



Temperatura no aço em função do factor de massividade

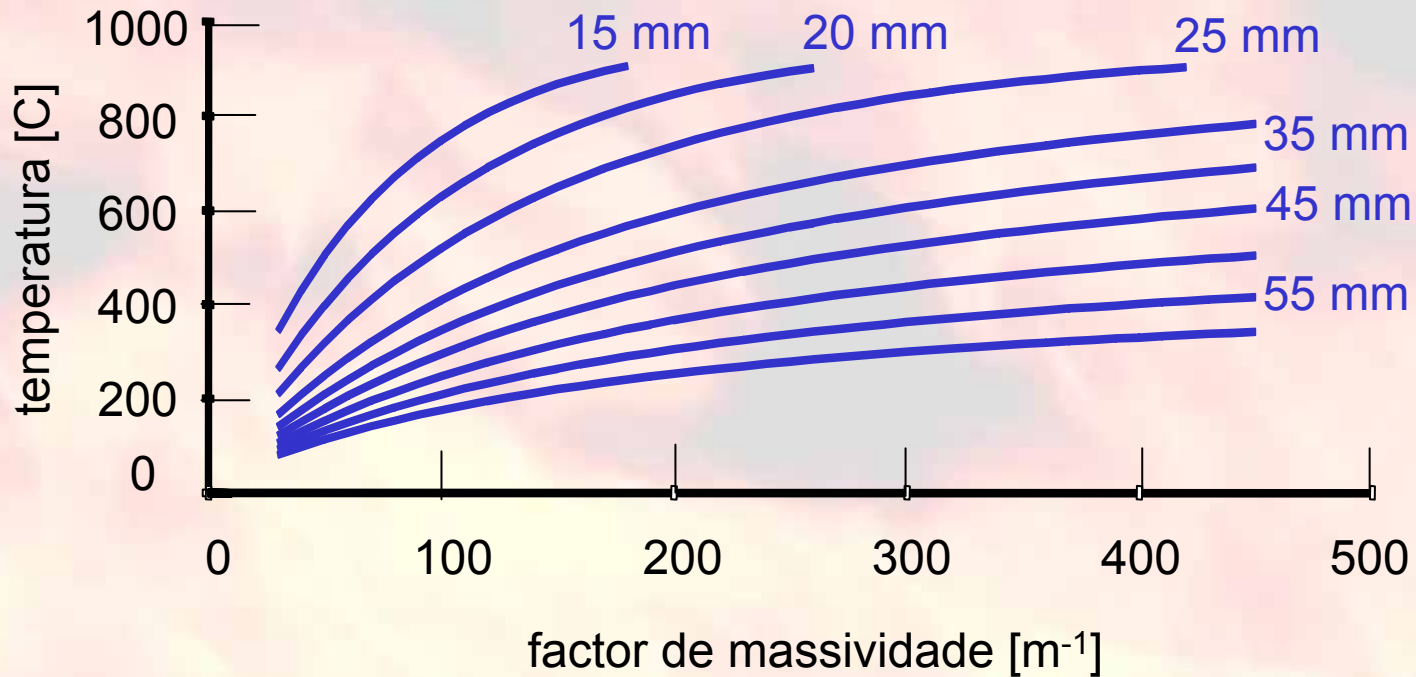
Elementos não protegidos



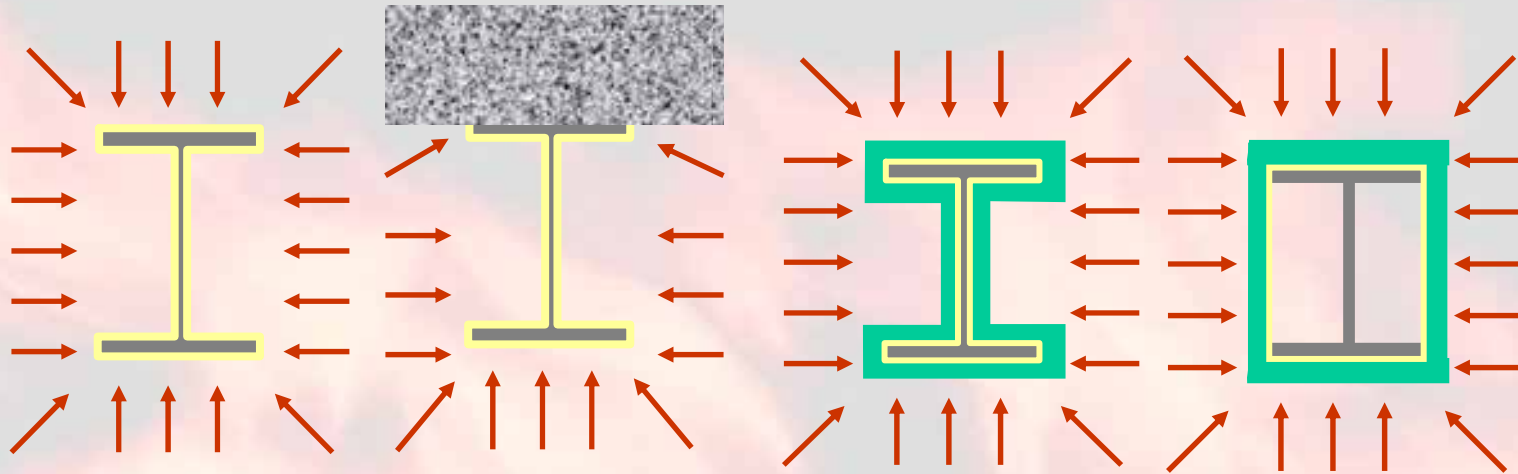
Temperatura no aço em função do factor de massividade

Elementos protegidos

duração com fogo normalizado: 90 min.



Factor de massividade conceito em perfis metálicos

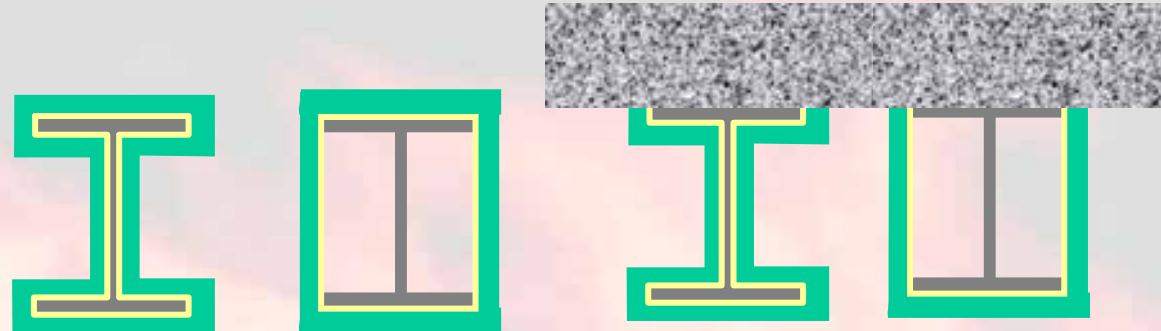


Elementos metálicos
não protegidos

Elementos metálicos
protegidos

Definição: rácio entre “área da superfície” por onde é transferido o calor ao aço e “volume do aço”

Factor de massividade (A/V) Valores numéricos



IPE100	387	300	334	247
HE280A	165	113	136	84
HE320B	110	77	91	58

Nota: gama: $\approx 50 - 400 \text{ [m}^{-1}\text{]}$

Coeficiente de transferência de calor

Elementos metálicos protegidos

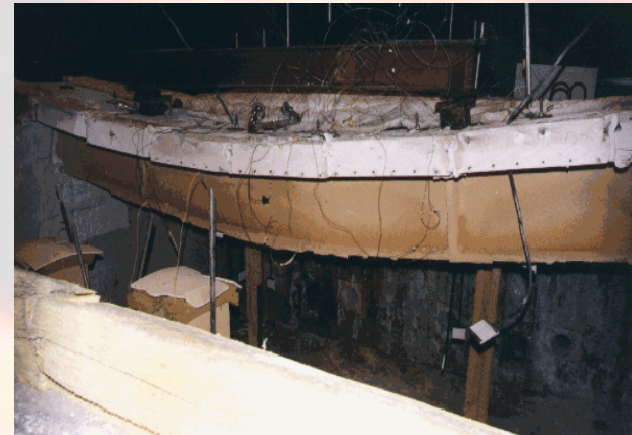
- Aproximação: $K_{ins} \approx \lambda/d$ (para protecção leve)
com: d é a espessura do material de protecção
 λ é o coeficiente de isolamento térmico
- Determinação: abordagem semi-empírica
⇒ ENV 13381, p. 4

Testes de caracterização da protecção ao fogo de elementos metálicos

- Objectivo: caracterizar o isolamento da protecção ao fogo do aço
- Complicação: “coesão e aderência”
- Metodologia:
 - ✧ Vigas carregadas & não carregadas (2 pares)
 - ✧ Pilar não carregado (10 x)
- Ref.: EN 13381-4



Viga antes do ensaio ao fogo



Viga depois do ensaio ao fogo

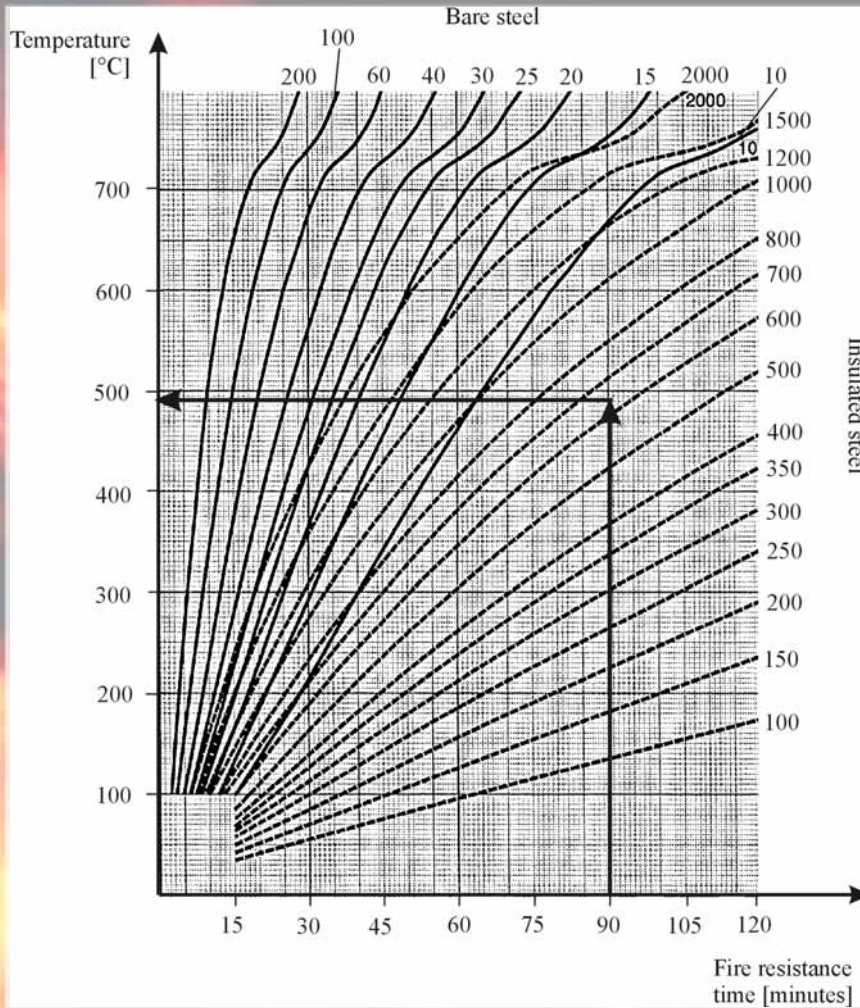
Sistemas de isolamento ao fogo

Opções

- Placas
- Sprays
- Tintas Intumescentes

- Telas
 - ✧ para proteger elementos horizontais (→ construção de tecto)
(EN 13381-1)
 - ✧ para proteger elementos verticais (→ separação)
(EN 13381-2)

Euronomogramas



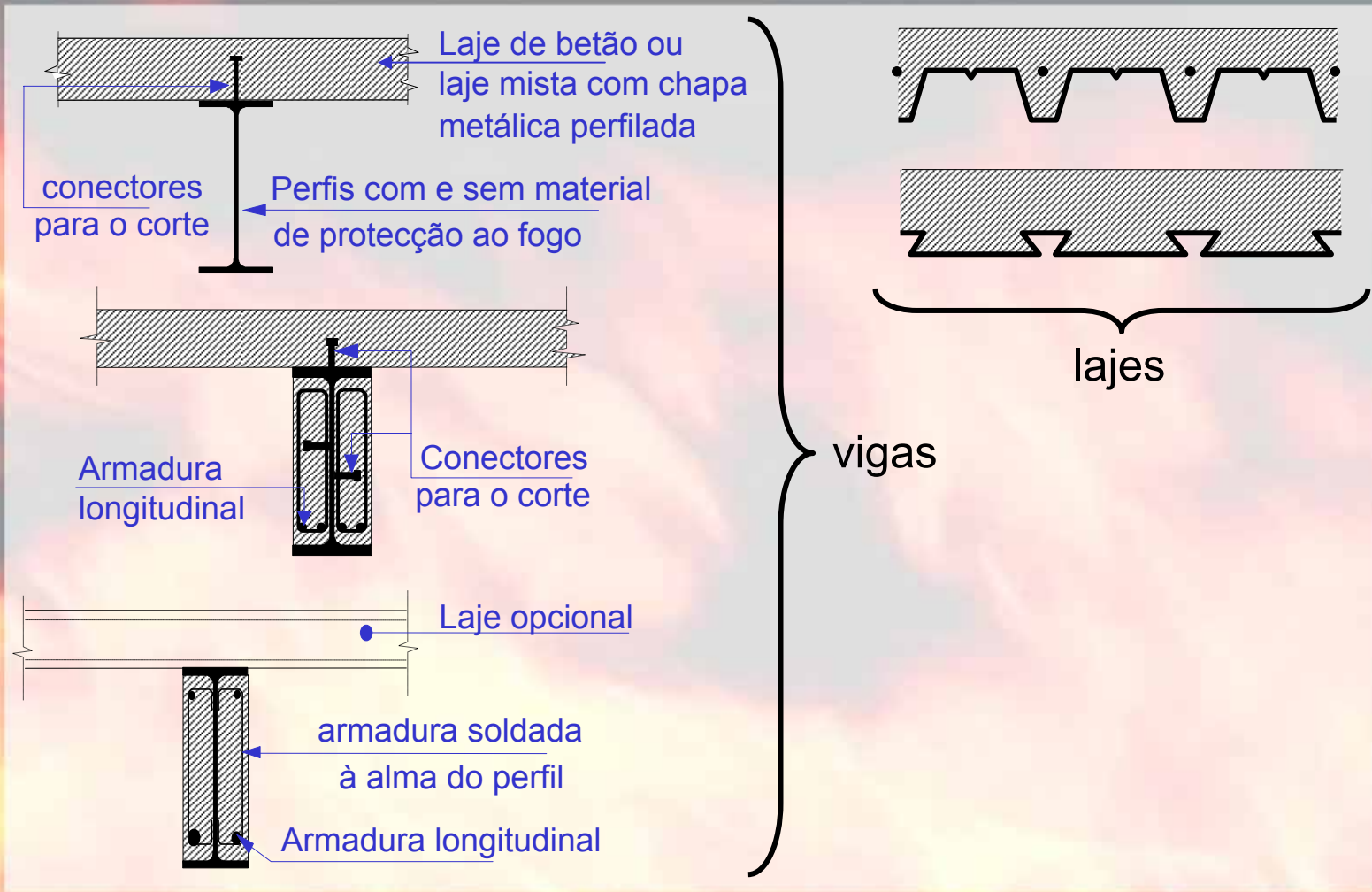
Para aço protegido;
para ser usado como
primeira aproximação

Regras de cálculo para elementos mistos aço-betão

- Domínio de Aplicação
- Comportamento térmico de pilares metálicos com betão entre banzos
- Verificação do critério de isolamento em lajes mistas
- Temperatura em reforços de lajes mistas
- Comportamento térmico de pilares SHS cheios de betão
- Avaliação

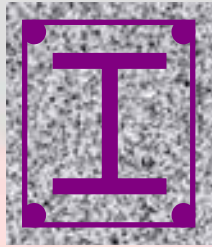
Vigas & lajes mistas

Opções

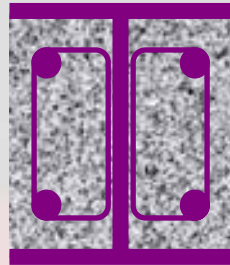


Pilares mistos

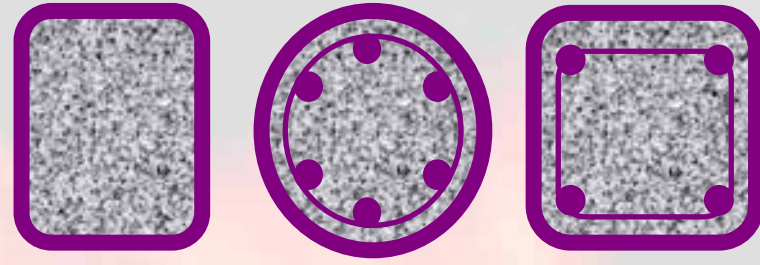
Opções



(a)



(b)



(c)

- a: aço embebido no betão (abordagem tradicional)
- b: betão entre banzos (res. fogo depende da armadura)
- c: SHS preenchidas com betão
 - sem armadura (res. fogo 30 minutos ou menos)
 - com armadura (res. fogo depende da armadura)

Procedimento de cálculo para o comportamento térmico de elementos mistos

- Distribuição de temperatura não uniforme
- Suporte de carga e (possivelmente) função de separação
 - ✧ Capacidade de resistência a carga
 - ✧ Isolamento térmico
 - ✧ Integridade

- Opções
 - ✧ Dados tabelados
 - ✧ Modelos de cálculo simples
 - ✧ Modelos de cálculo avançado

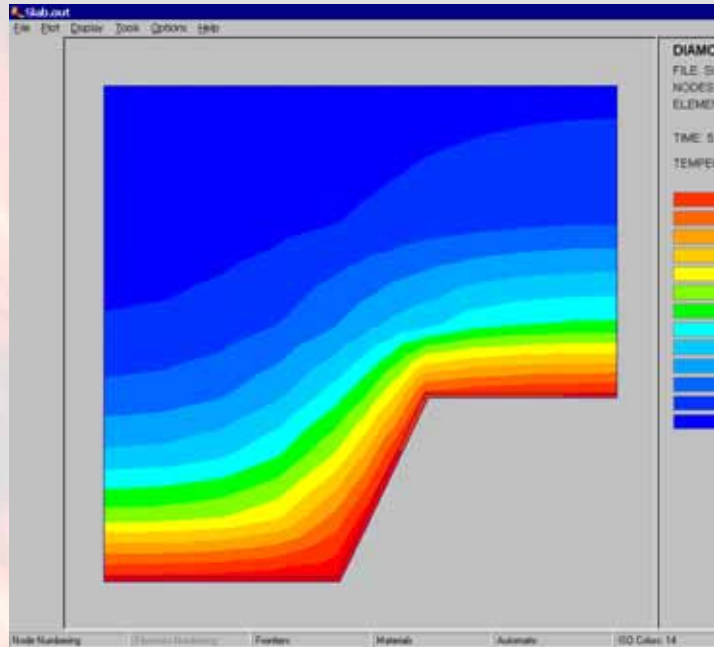
Nota: Referência: EN 1994-1-2

Elementos mistos

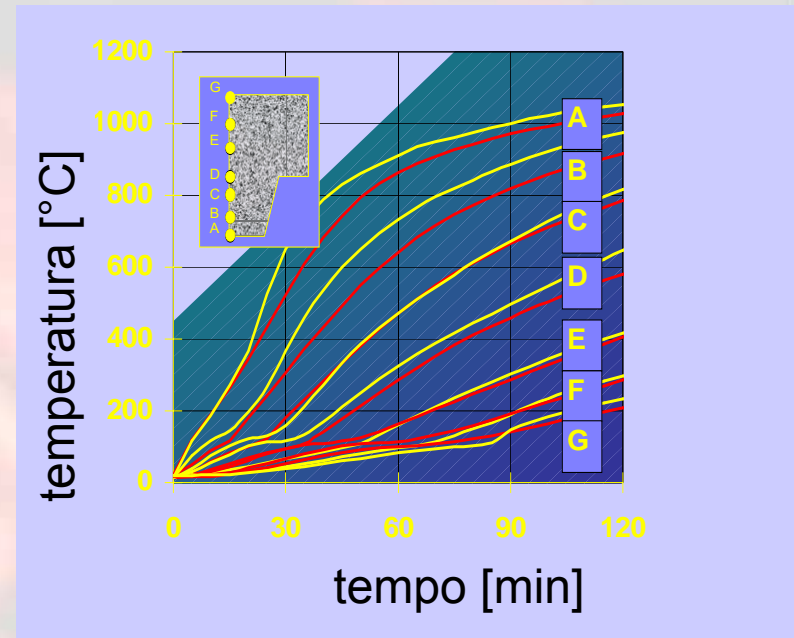
Regras de cálculo do comportamento térmico

- Similar a elementos em betão
- Complicações devido à forma
- Regras de cálculo simples disponíveis
 - ✧ variedade de abordagens
 - ✧ ver EN 1994-1-2

Comportamento térmico de elementos mistos Modelos avançados (ilustração)



simulação computacional



teste vs. simulação

Elementos mistos

modelos de cálculo simples

- Abordagem semi-empírica
- Estudo paramétrico baseado em sistemas de cálculo com modelos avançados de cálculo
- Aplicação directa dos modelos avançados de cálculo

Modelos de cálculo simples

Abordagem de estudos paramétricos

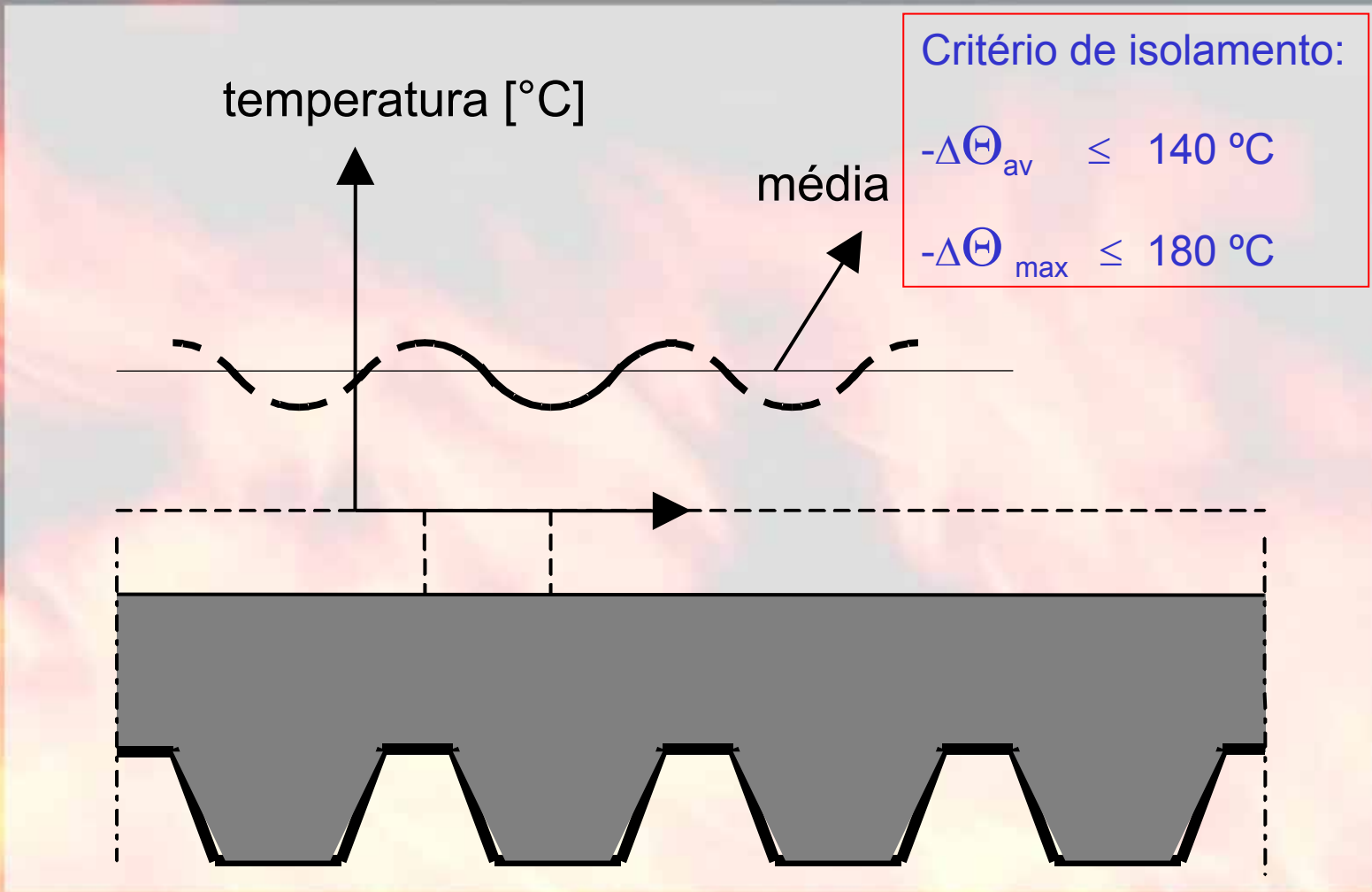
➤ Lajes mistas chapa em aço perfilada

Tipo de provete	Altura de betão H_B [mm]	Tipo de betão
reentrâncias (6x)	50, 60, 70, 80,	NCW e LWC
trapezoidal (49x)	90, 100, 110, 120	ENV 1994-1-1

- fogo normalizado
- considerar forma perfilada
- propriedades térmicas de acordo com o EC
- Teor de água médio: 4% (NWC) e 5% (LWC)

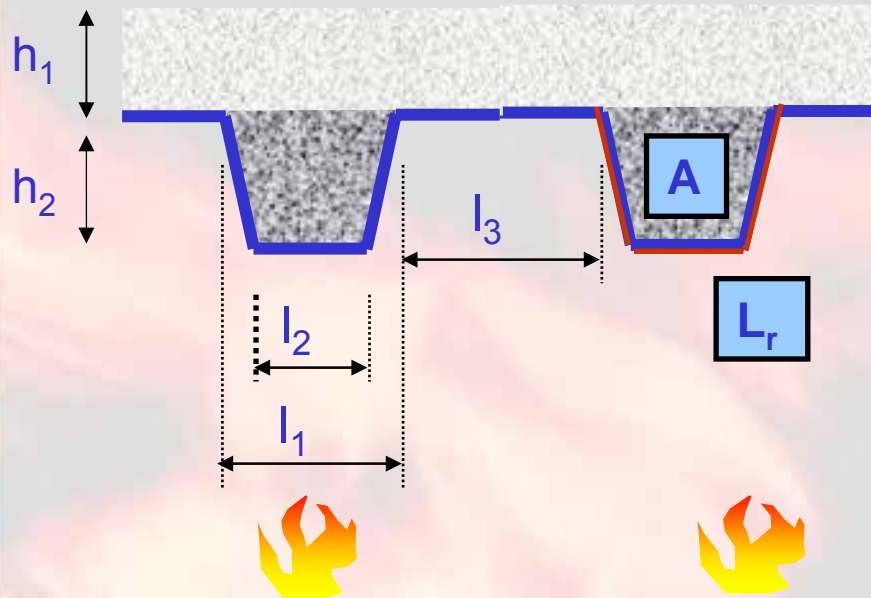
Nota: número total de simulações: 880

Típica distribuição de temperaturas da face não exposta de uma laje mista



Lajes mistas

Isolamento térmico (ilustração)



conceitos:

$$t_f = t_f(l_1, l_2, \dots, A/L_r, \phi)$$

com:

l_1, l_2, \dots geometria e laje

A volume nervura

L_r superfície exposta da nervura

ϕ factor configuração

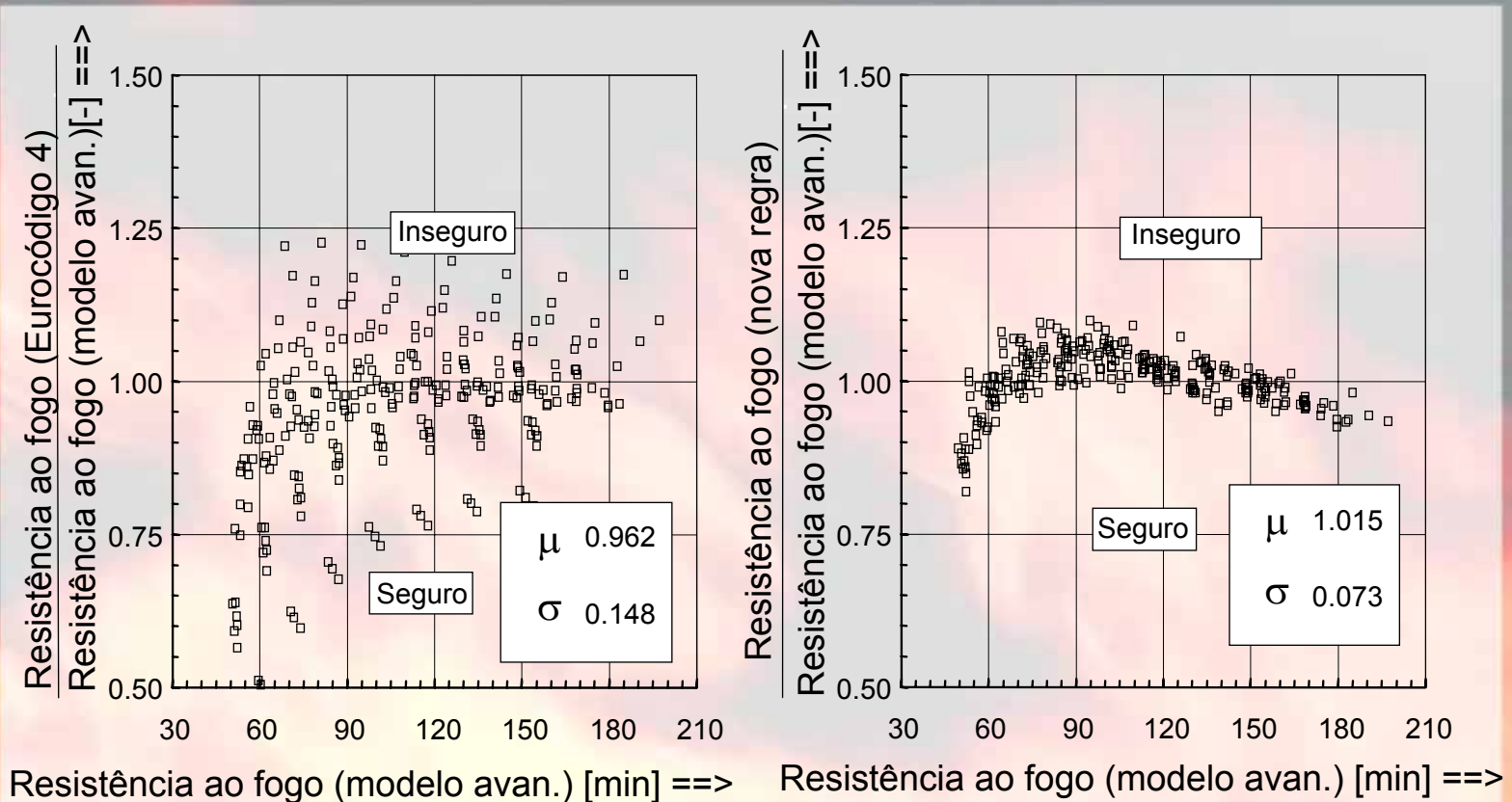
$$t_f = a_0 + a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot \phi + a_3 \cdot A/L_r + a_4 \cdot 1/L_3 + a_5 \cdot A/L_r \cdot 1/l_3 \quad [\text{min}]$$

com:

a_i coeficientes, dependendo da duração da exposição ao fogo

Isolamento térmico lajes mistas

Verificação por regras de cálculo simples

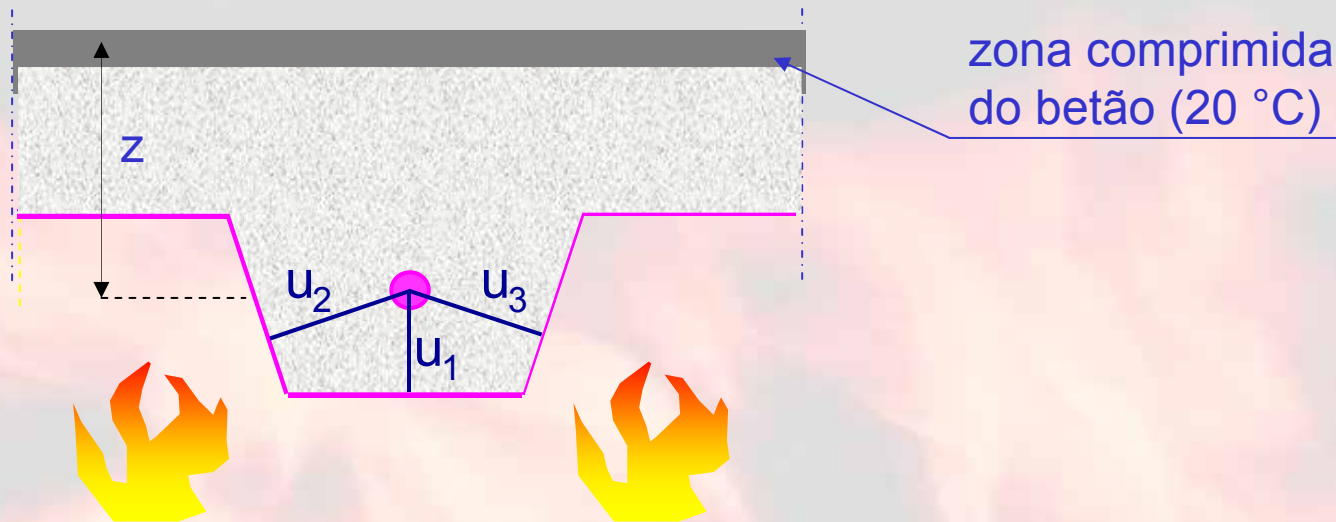


(a) Regra da ENV

(b) nova regra

Lajes mistas

Comportamento térmico da armadura positiva



A temperatura da armadura influencia significativamente o $M^+_{p,\Theta}$

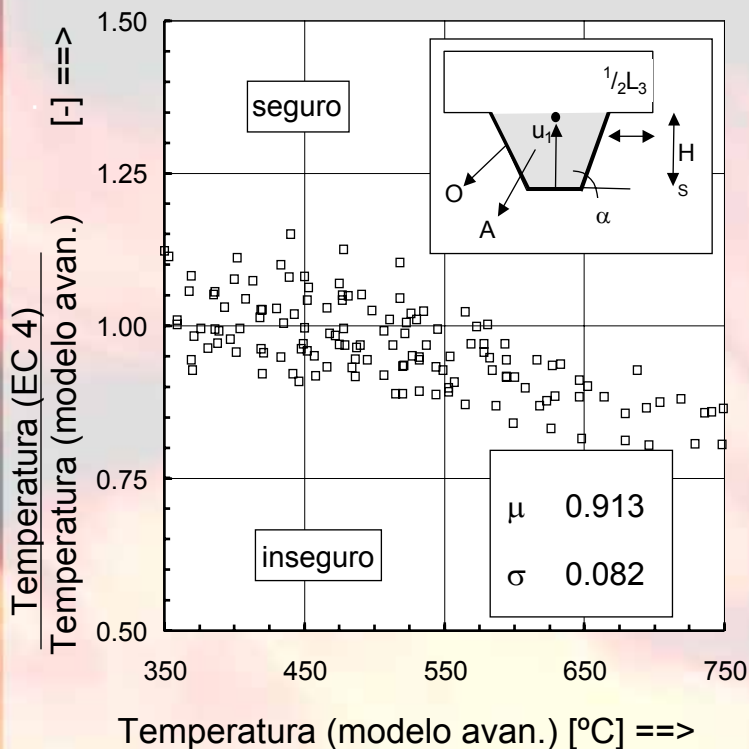
$$\Rightarrow \Theta_r = \Theta_r(u_1, A/O, l_3, z \dots)$$

$$\Rightarrow z = z(u_1, u_2, u_3)$$

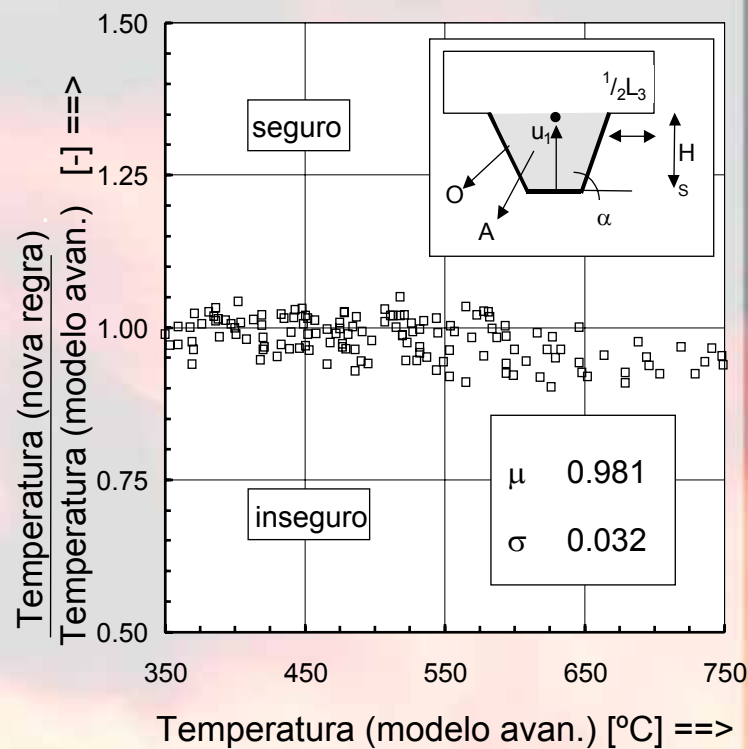
Nota: chapa metálica pode contribuir significativamente na capacidade resistente!

Comportamento térmico armadura positiva

Regras de cálculo simples



(a) Regra da ENV



(b) Nova regra

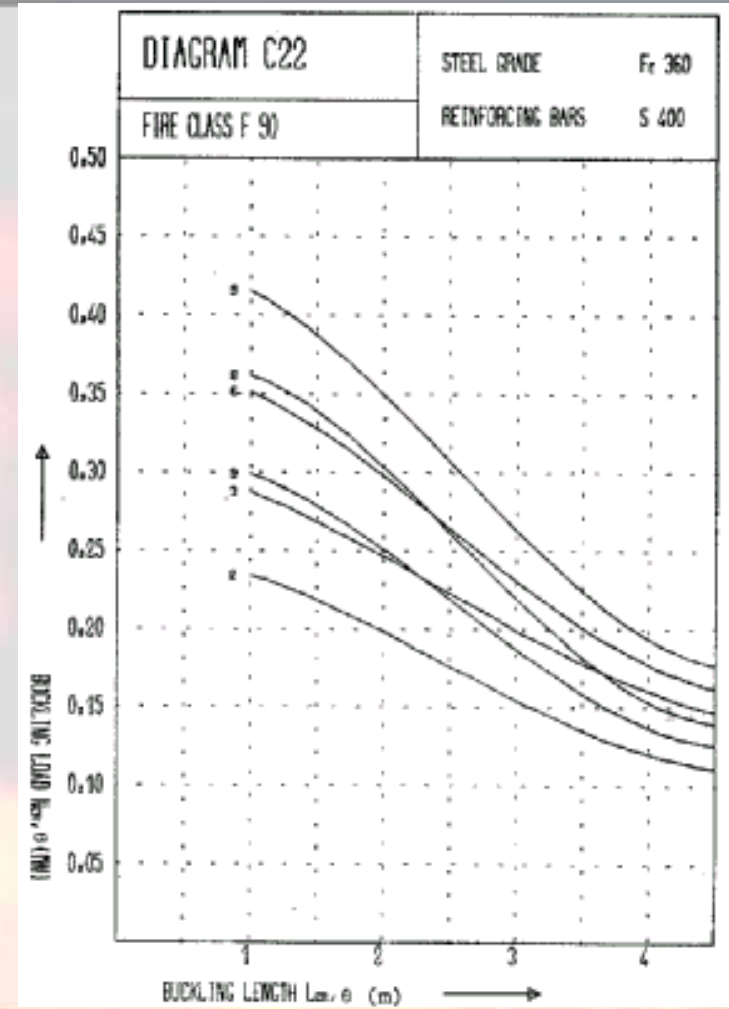
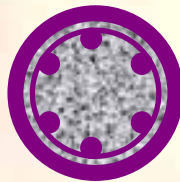
Pilares SHS cheios com betão

Resistência ao fogo (abordagem tradicional)

- Gráficos de dimensionamento
- Não prático
- Necessidade para ferramenta de dimensionamento “amigável”

⇒ ex. POTFIRE

Nº.	qualidade betão	armadura %
1	C20	1.0
2	C20	2.5
3	C20	4.0
4	C30	1.0
5	C30	2.5
6	C30	4.0
7	C40	1.0
8	C40	2.5
9	C40	4.0



POTFIRE

Entrada - & saída de dados

PotFire

Section

Type of section: Circular

Dimensions of steel section

Diameter: 323.9 mm

Wall thickness: 6 mm

Material characteristics

Yield strength of steel section: 355 N/mm²

Yield strength of re-bars: 500 N/mm²

Compressive strength of concrete (cylinder at 28 days): 30 N/mm²

Eccentricity of the load

Eccentricity \perp to buckling axis: 0 mm

Reinforcement bars

By nr of bars By %

Re-bars : # 4 20 mm

Concrete covering from rebars axis: 30 mm

Equal to: 1.645 %

Buckling length

Buckling length: 3 m

Calculation of

Ultimate load Fire resistance duration

Fire duration: 30 min

Result

Non-dimensional slenderness: 0.4185

Ultimate load: 2912 kN

pot1.txt - Notepad

File Edit Search Help

Calculation nr 18

Section :

Type of Section : Square

Width : 240 mm

Wall thickness : 8 mm

Reinforcement bars :

Number of re-bars :

- In the corner : 4

Diameter : 24 mm

- In the mid-size : None

Percentage of re-bars : 3.739 %

Concrete covering : 40 mm

Buckling length : 1.8 m

Material characteristics :

Steel section : 275 N/mm²

Reinforcement bars : 500 N/mm²

Concrete : 30 N/mm²

Eccentricity

(perp. to buckling axis) : 0 mm

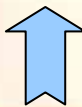
Calculation of : Ultimate load

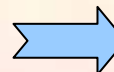
Fire duration : 90 min

Result :

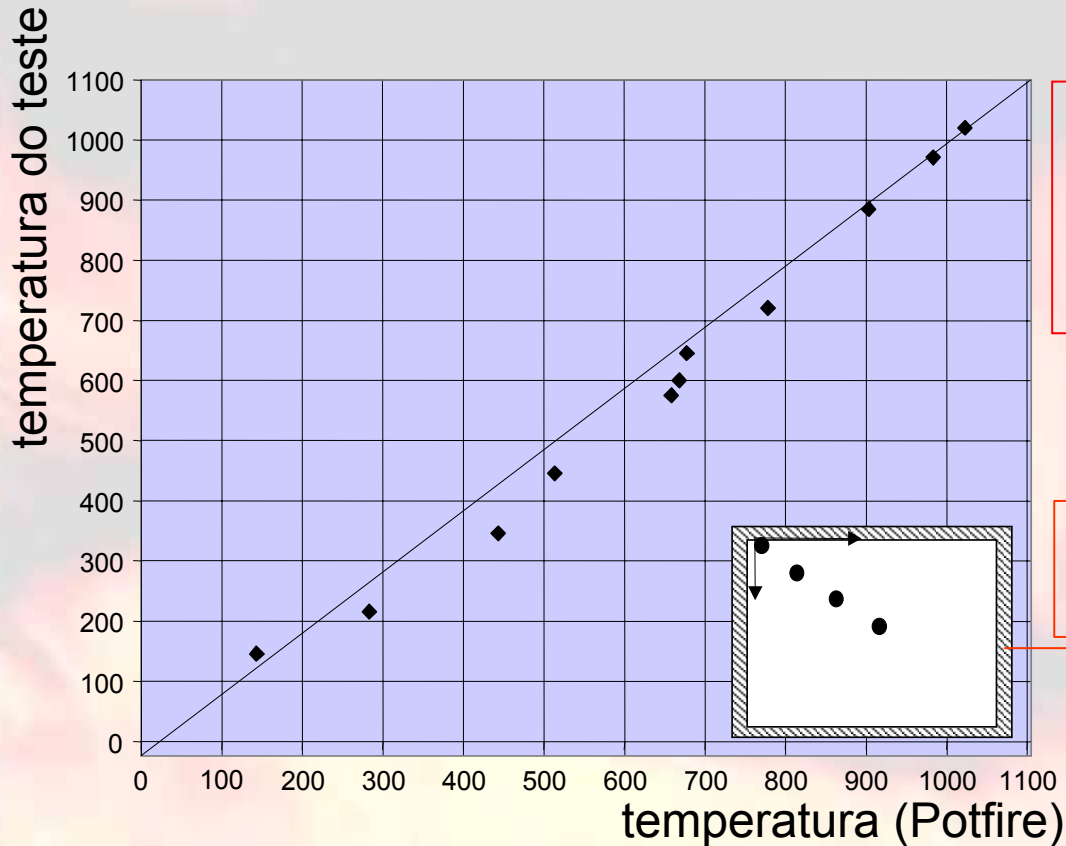
NON-DIMENSIONAL SLENDERNESS : .2718

ULTIMATE LOAD : 618 kN

entrada 

saída 

Validação POTFIRE



considerações:

- $\alpha_{\text{conv}} = 25 \text{ W/m}^2\text{k}$

- $\epsilon_{\text{res}} = 0.7$

SHS cheias de betão

Elementos mistos

Avaliação do comportamento térmico

- O comportamento térmico é relativamente complicado
- regras de verificação “Simples” estão disponíveis *):
 - ✧ dados tabulados
 - ✧ gráficos de dimensionamento
 - ✧ programas de computador específicos (ex. POTFIRE)
- Alternativa: modelos de cálculo “avançado”;
 - ✧ praticável o Conceito de Segurança contra o fogo Natural (NFSC)

*) “Regras simples” têm um campo de aplicação limitado!

Obrigado pela Vossa atenção



Parte 3:

Comportamento Mecânico das Estruturas

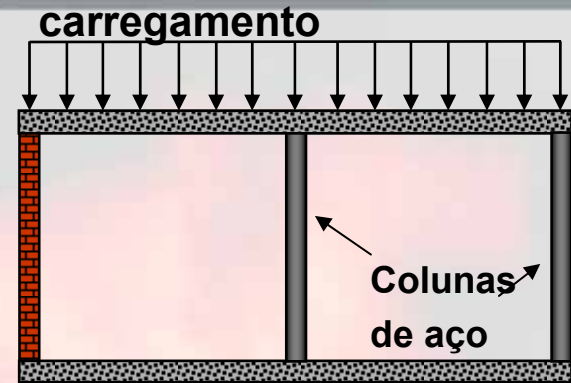
Resistência ao fogo – Sequência de acontecimentos



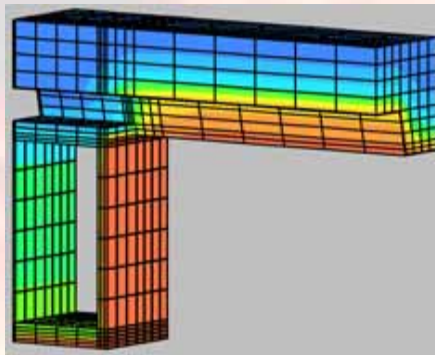
1: Ignição



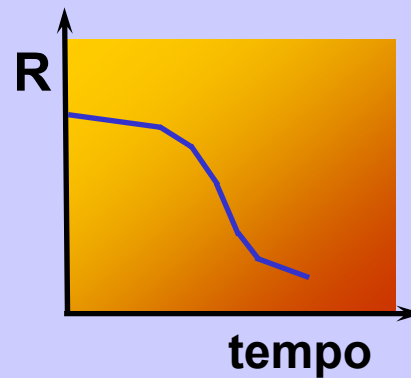
2: Acções térmicas



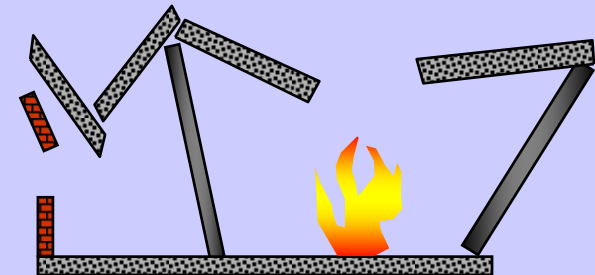
3: Acções mecânicas



4: Comportamento térmico



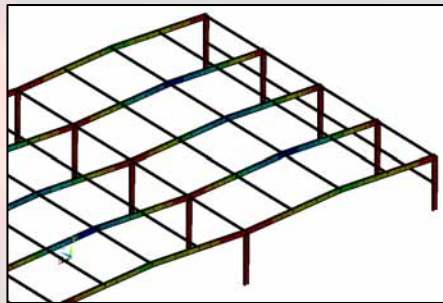
5: Comportamento mecânico



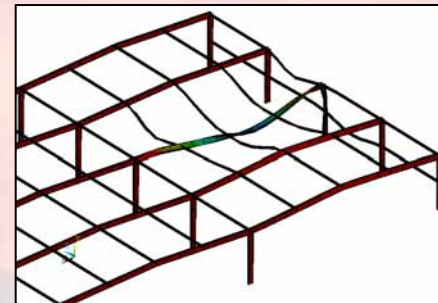
6: Colapso eventual

Qual o comportamento das estruturas em situação de incêndio

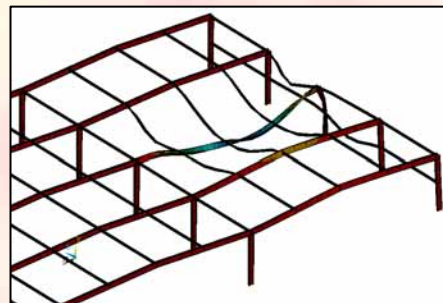
aumento de temperatura → dilatação térmica + diminuição da rigidez e resistência → deformações adicionais ⇒ **possível colapso**



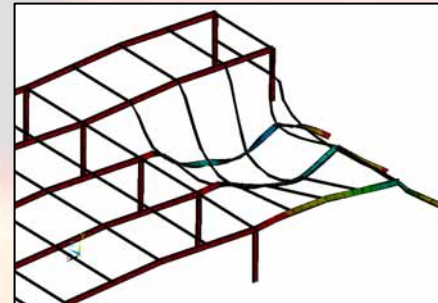
$t = 0$ $\theta = 20^{\circ}\text{C}$



16 min $\theta = 620^{\circ}\text{C}$



22 min $\theta = 720^{\circ}\text{C}$



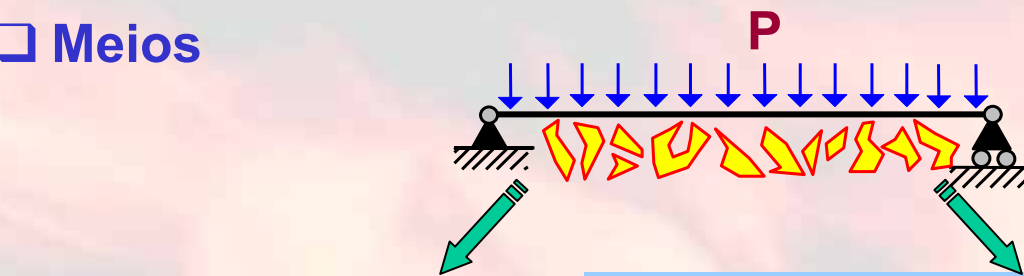
31 min $\theta = 820^{\circ}\text{C}$

Avaliação do comportamento mecânico de estruturas em situação de incêndio

□ Objectivo

- Descrever o **comportamento estrutural** devido ao efeito de qualquer tipo de incêndio.

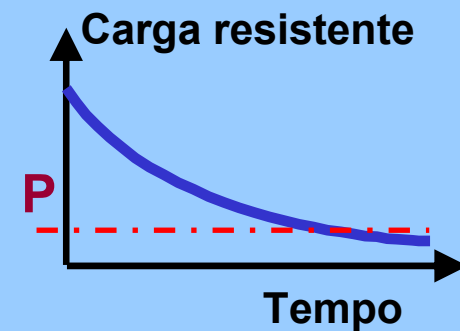
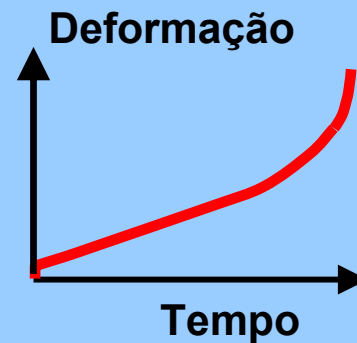
□ Meios



Ensaio ao fogo



Dimensionamento



Itens fundamentais na avaliação do comportamento mecânico de estruturas metálicas em situação de incêndio

- ❑ Carregamento mecânico em situação de incêndio
 - **combinação de acções adequada**

- ❑ Propriedades mecânicas dos materiais a temperaturas elevadas
 - **rigidez e resistência variam com a temperatura**

- ❑ Métodos para análise estrutural ao fogo
 - **níveis de sofisticação de análise**
 - **domínios de verificação**

- ❑ Situações específicas na análise ao fogo de estruturas metálicas e mistas
 - **elementos de ligação, etc**

Carregamento mecânico – combinação de acordo com os Eurocódigos (EN1990 e EN1991-1-2)

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$: valores característico das acções permanentes

$Q_{k,1}$: valor característico da acção variável de base

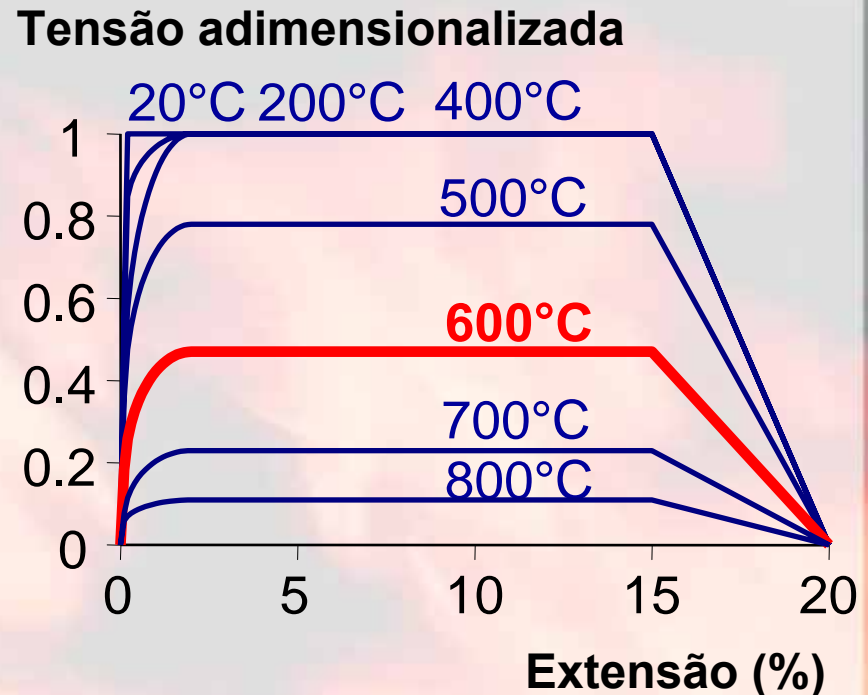
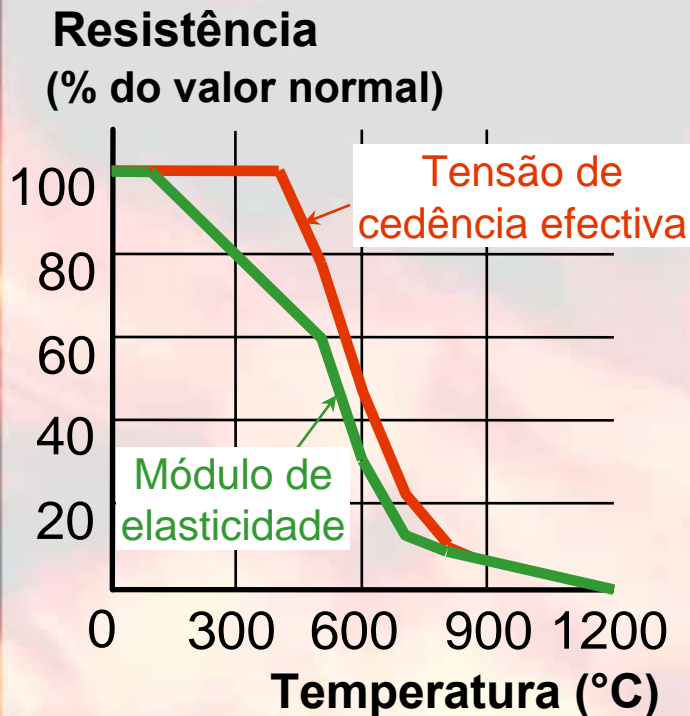
$Q_{k,i}$: valores característicos de outras acções variáveis

$\Psi_{1,1}$: factor de combinação associado à acção variável de base (valores frequentes - recomendado)

$\Psi_{2,i}$: factor de combinação associado às restantes acções variáveis

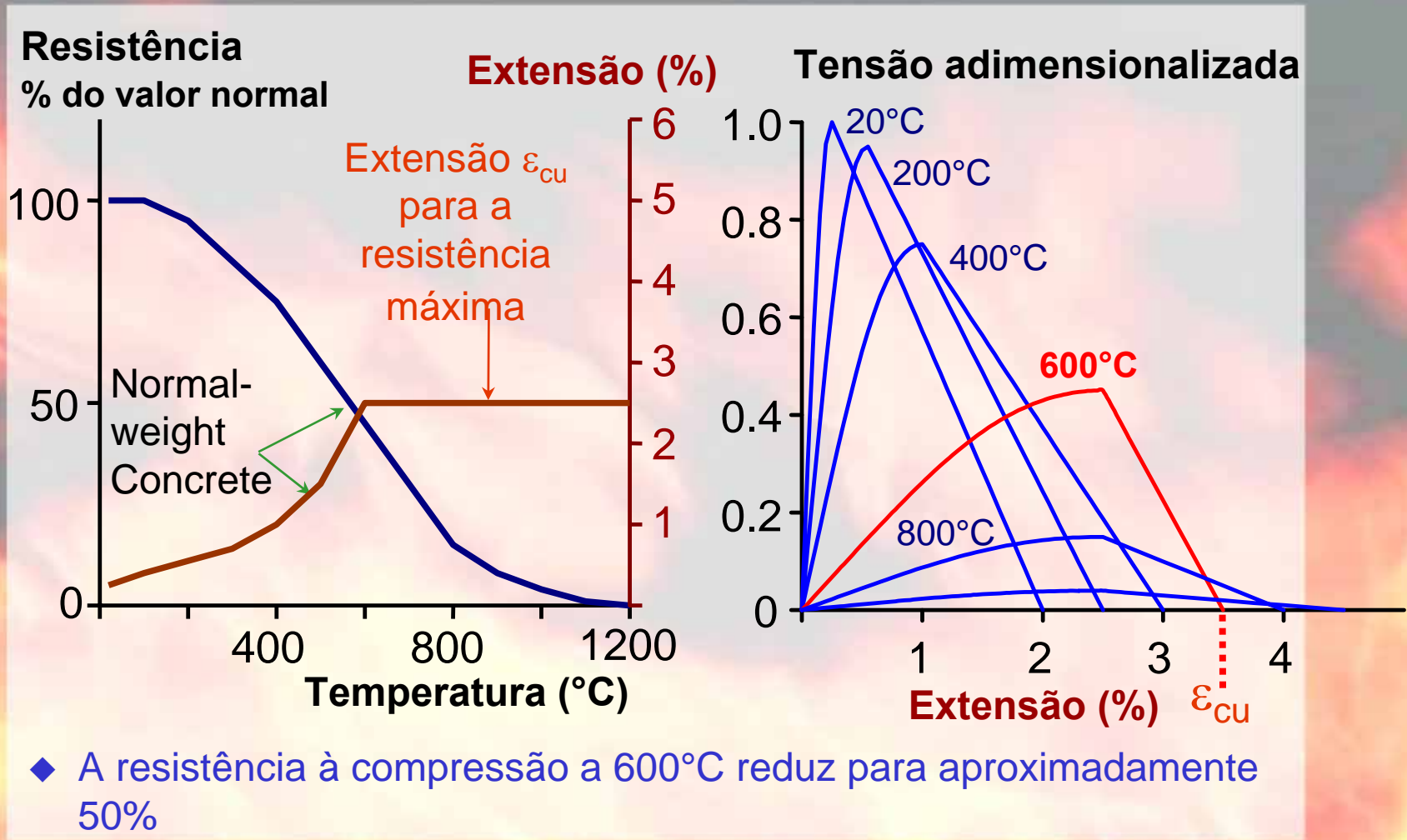
→ Nível de carregamento: $\eta_{fi,t}$ (ver apresentação WP1)

Propriedades mecânicas do aço a temperaturas elevadas (EN1993-1-2)

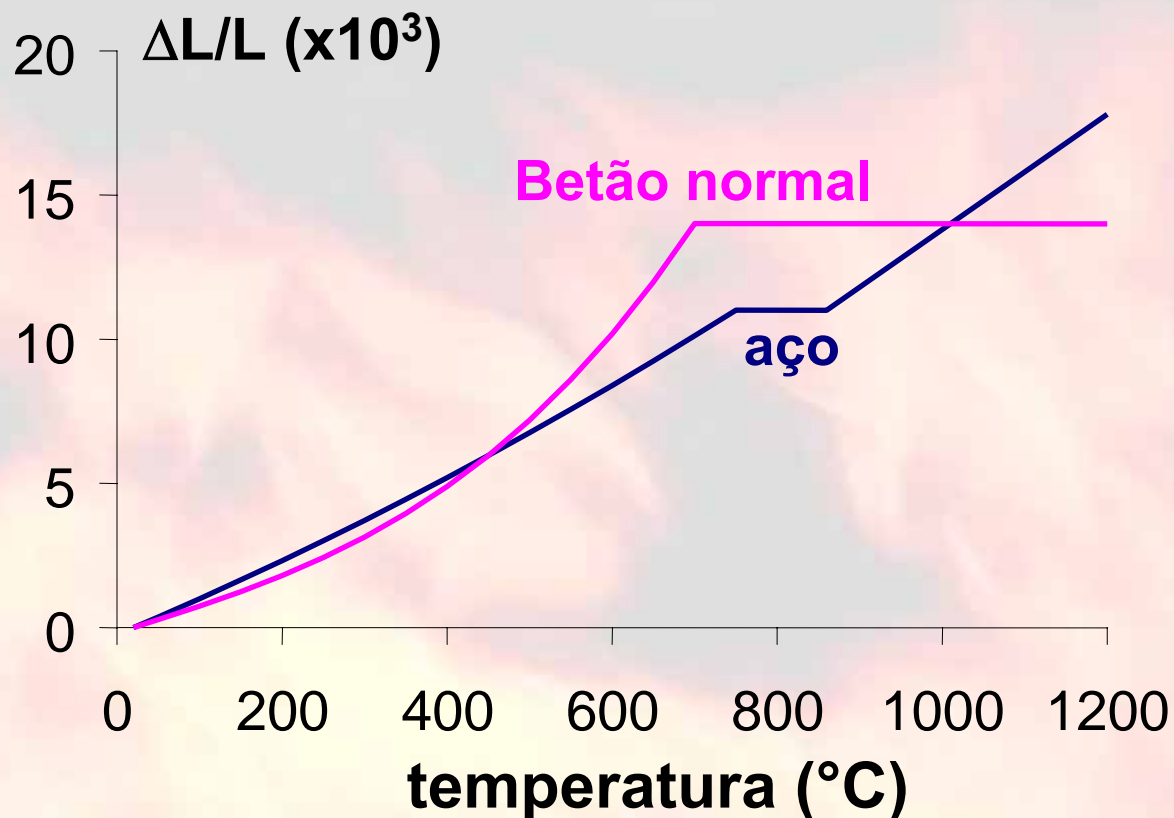


- ◆ O módulo de elasticidade a 600°C reduz para aproximadamente 70%
- ◆ A tensão de cedência a 600°C reduz para aproximadamente 50%

Propriedades mecânicas do betão a temperaturas elevadas (EN1994-1-2)



Dilatação térmica do aço e do betão (EN1993-1-2 e EN1994-1-2)



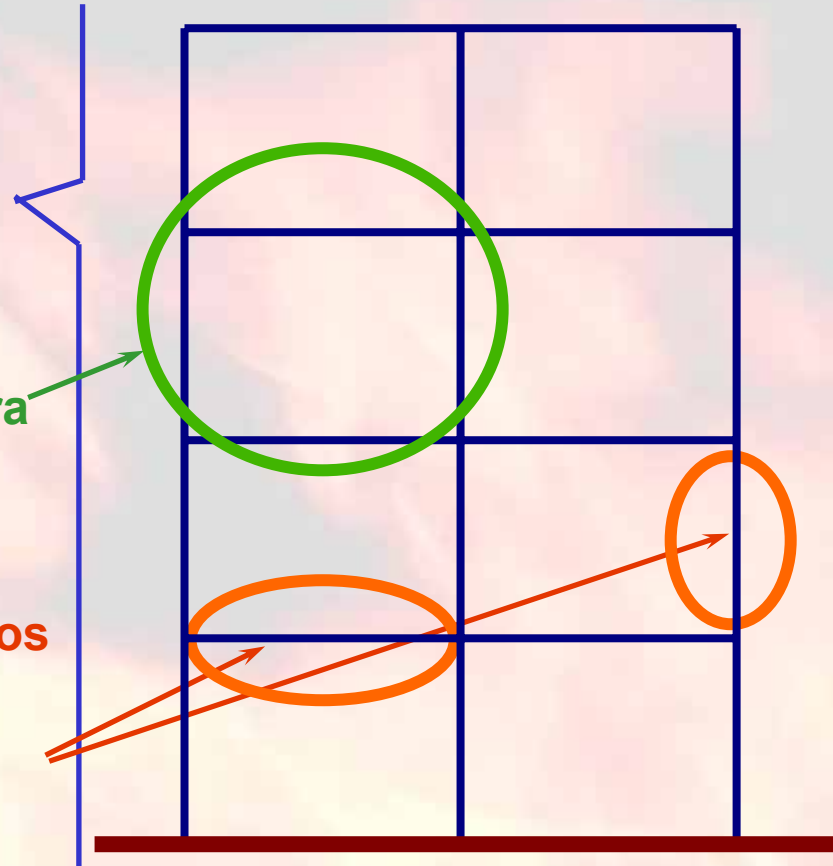
Abordagens de análise do comportamento mecânico de estruturas em situação de incêndio

❑ O Eurocódigo permite três abordagens

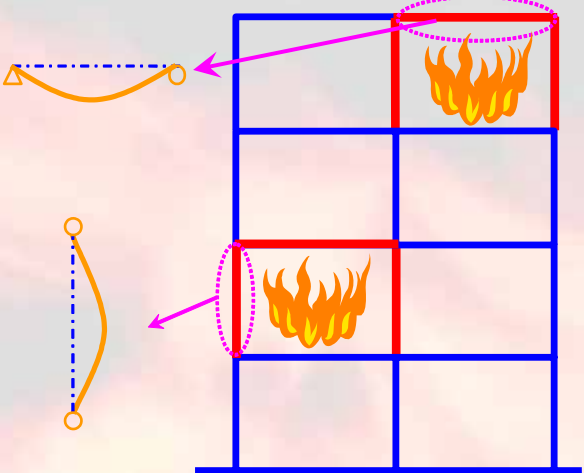
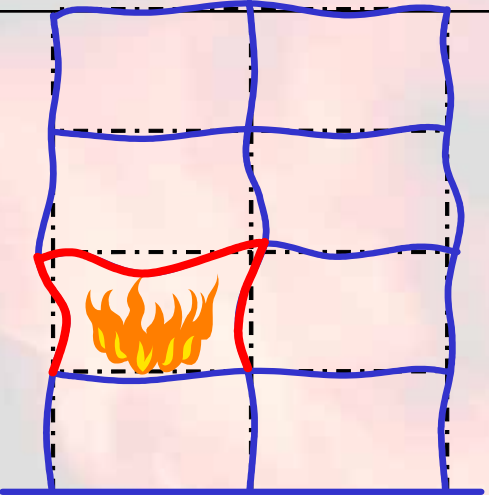
Análise global da estrutural

Análise de partes da estrutura

Análise de elementos isolados
(aplicado essencialmente quando se pretende verificar a resistência a um incêndio padrão)



Abordagens de análise do comportamento mecânico de estruturas em situação de incêndio

Análise de elementos isolados	Análise global da estrutura
 <p>The diagram shows a 3x2 grid of structural elements. The top-right and middle-left elements are highlighted in red and contain fire icons. To the left, two separate diagrams show the deflection curves for these elements: a horizontal beam for the top-right element and a vertical column for the middle-left element. Pink arrows point from the fire icons to these individual deflection diagrams.</p>	 <p>The diagram shows a 3x2 grid of structural elements. The middle-left element is highlighted in red and contains a fire icon. The entire grid is shown with dashed lines, indicating a global analysis of the structure's behavior under fire. The grid lines are slightly curved, suggesting overall deformation.</p>
<ul style="list-style-type: none">➤ análise individual de cada um dos elementos estruturais➤ fácil de aplicar➤ curvas de incêndio nominal (ex. curva 834)	<ul style="list-style-type: none">➤ efeito da interação entre as diferentes partes da estrutura➤ importância da compartimentação➤ estabilidade global

Três métodos de dimensionamento do comportamento mecânico de estruturas em situação de incêndio

❑ Tabelas

- elementos de estruturas mistas

❑ Métodos simplificados de cálculo

- temperatura crítica
- elementos de estruturas metálicas e estruturas mistas

Aplicação clássica e tradicional

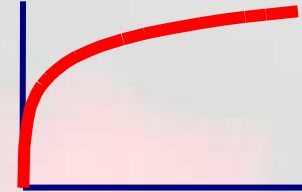
❑ Métodos avançados de cálculo

- todo o tipo de estruturas
- modelos numéricos baseados em:
 - método de elementos finitos
 - método das diferenças finitas

Aplicações avançadas e específicas

Domínios de aplicação dos diferentes métodos de dimensionamento ao fogo

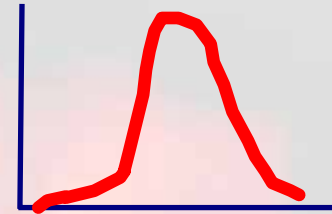
☐ Acções térmicas:
curvas de incêndios nominais



Tipos de análise	tabelas	métodos simplificados de cálculo	métodos avançados de cálculo
análise de elementos isolados	sim <u>Incêndio standard ISO-834</u>	sim	sim
análise de partes da estrutura	Não se aplica	sim (se disponível)	sim
análise global da estrutura	Não se aplica	não se aplica	sim

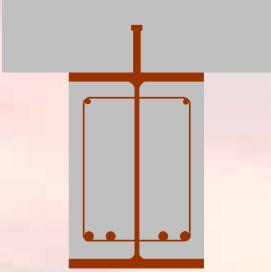
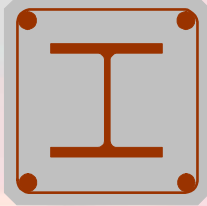
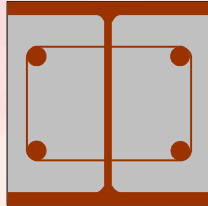
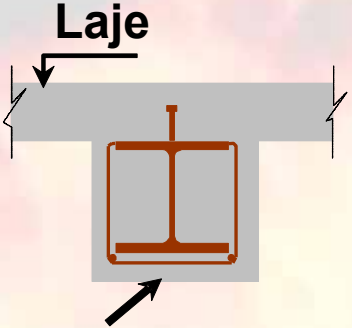
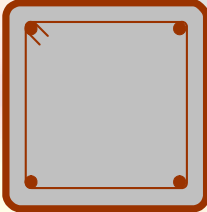
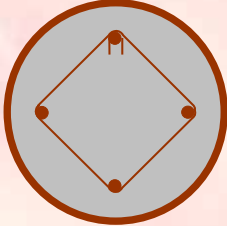
Domínios de aplicação dos diferentes métodos de dimensionamento ao fogo

☐ Acções térmicas:
curvas de incêndios naturais

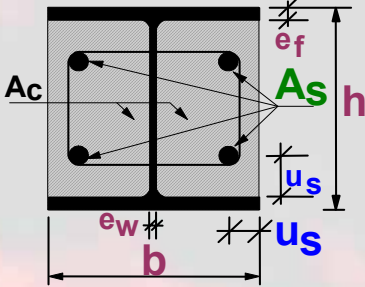


Tipos de análise	tabelas	métodos simplificados de cálculo	métodos avançados de cálculo
análise de elementos isolados	Não se aplica	sim (se disponível)	sim
análise de partes da estrutura	Não se aplica	Não se aplica	sim
análise global da estrutura	Não se aplica	não se aplica	sim

Valores tabelados (elementos metálicos e mistos)

Vigas mistas	Pilares mistos	
		
 <p data-bbox="293 789 392 839">Laje</p> <p data-bbox="192 1115 649 1165">Betão como protecção</p>		

Valores tabelados e parâmetros relevantes (pilares mistos – EN1994-1-2)



		Resistência ao fogo padrão			
		R30	R60	R90	R120
Relação mínima entre as espessuras da alma e do banzo e_w/e_f		0,5			
1	dimensões mínimas da secção transversal para o nível de carregamento	$\eta_{fi,t} \leq 0,28$			
1.1	dimensões mínimas h e b [mm]	160	200	300	400
1.2	distância ao eixo mínima u_s dos varões da armadura [mm]	-	50	50	70
1.3	percentagem mínima de armadura $A_s/(A_c+A_s)$ em %	-	4	3	4
2	dimensões mínimas da secção transversal para o nível de carregamento	$\eta_{fi,t} \leq 0,47$			
2.1	dimensões mínimas h e b [mm]	160	300	400	-
2.2	distância ao eixo mínima u_s dos varões da armadura [mm]	-	50	70	-
2.3	percentagem mínima de armadura $A_s/(A_c+A_s)$ em %	-	4	4	-
3	dimensões mínimas da secção transversal para o nível de carregamento	$\eta_{fi,t} \leq 0,66$			
3.1	dimensões mínimas h e b [mm]	160	400	-	-
3.2	distância ao eixo mínima u_s dos varões da armadura [mm]	40	70	-	-
3.3	percentagem mínima de armadura $A_s/(A_c+A_s)$ em %	1	4	-	-

Segurança contra incêndio

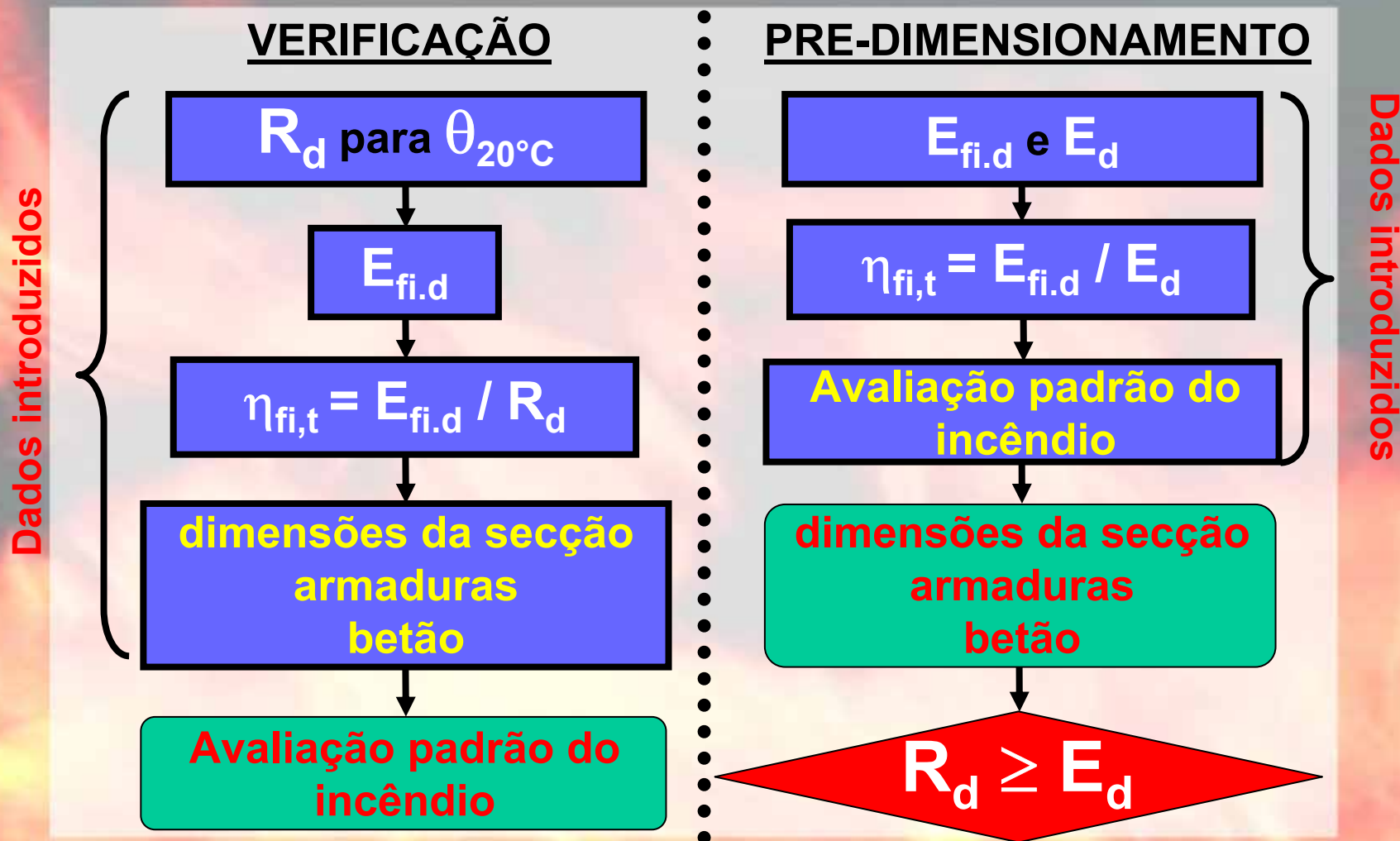
Nível de carregamento

Dimensões da secção





Armadura de reforço

Recobrimento do betão

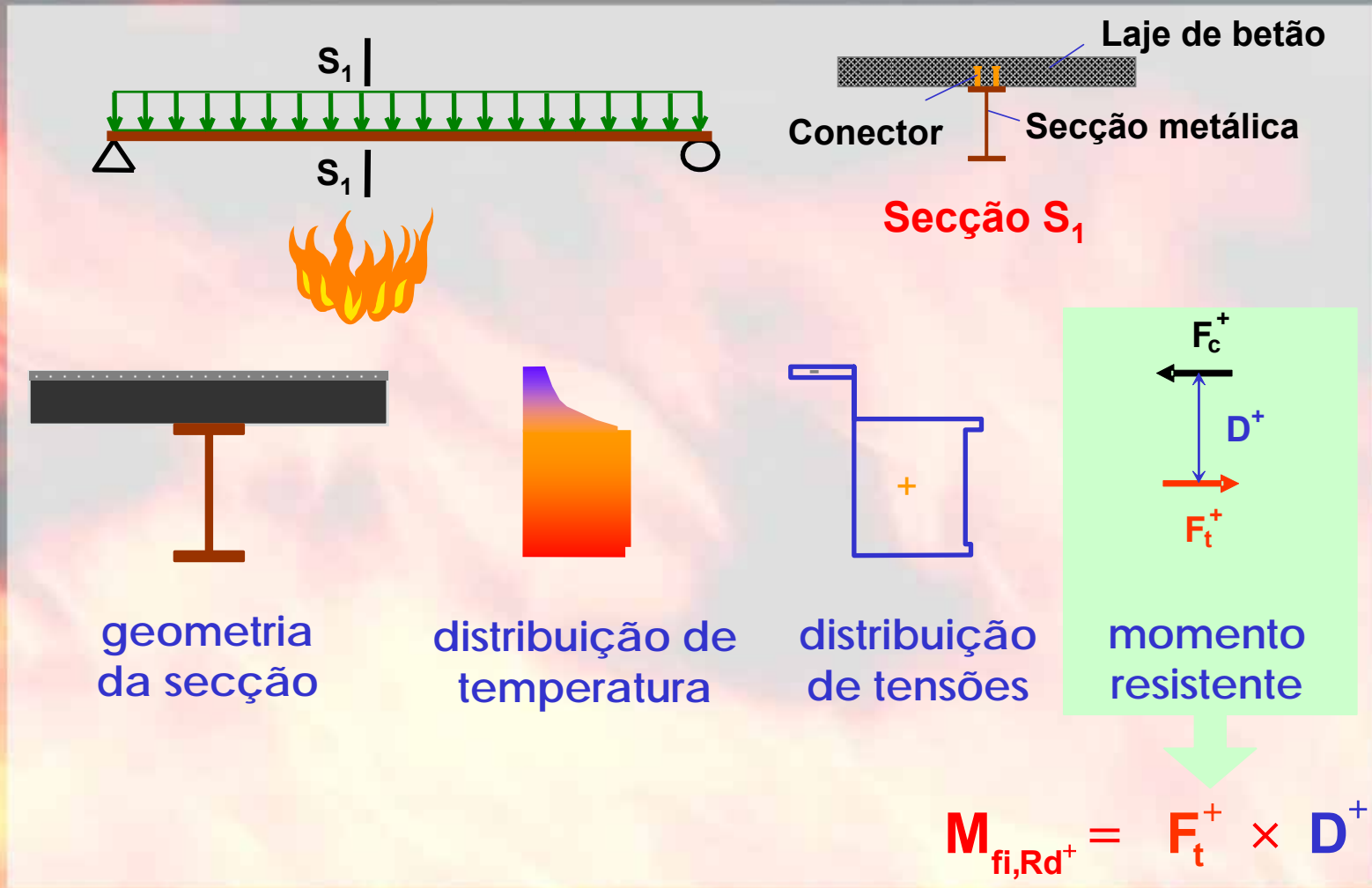
Como aplicar valores tabelados no dimensionamento ao fogo (2 situações diferentes)



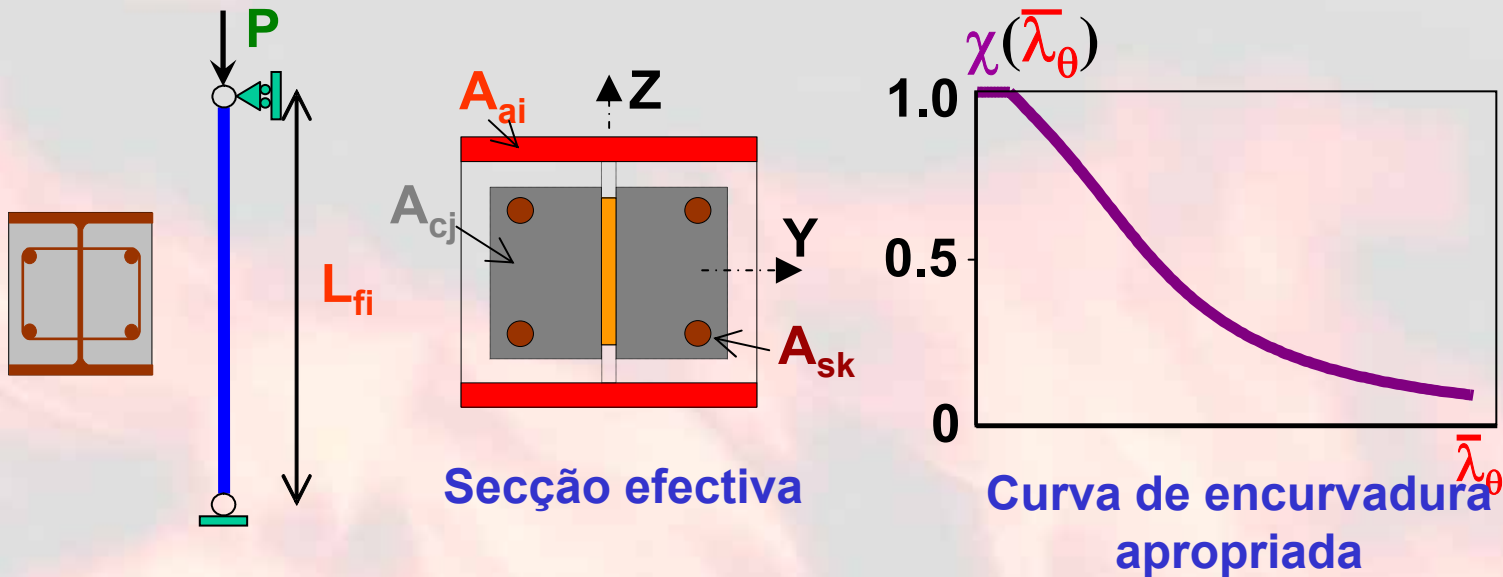
Modelo simplificado (elementos metálicos e mistos)

Vigas (metálicas e mistas)	Pilares
 <p>Diagrams showing cross-sections of beams. The left column shows a metal I-beam and a composite I-beam with a green concrete slab on top. The right column shows a composite I-beam with a green concrete slab on top and a composite I-beam with a brown concrete slab on top.</p>	 <p>Diagrams showing cross-sections of columns. The left column shows a metal I-beam and a composite I-beam with a green concrete slab on top. The right column shows a composite I-beam with a brown concrete slab on top and a composite I-beam with a brown concrete slab on top.</p>
 <p>Diagrams showing cross-sections of beams. The left column shows a composite I-beam with a green concrete slab on top. The right column shows a composite I-beam with a brown concrete slab on top.</p>	 <p>Diagrams showing cross-sections of columns. The left column shows a square column with a brown border and four reinforcement points. The right column shows a circular column with a brown border and four reinforcement points.</p>

Modelo simplificado (viga mista) teoria da resistência plástica



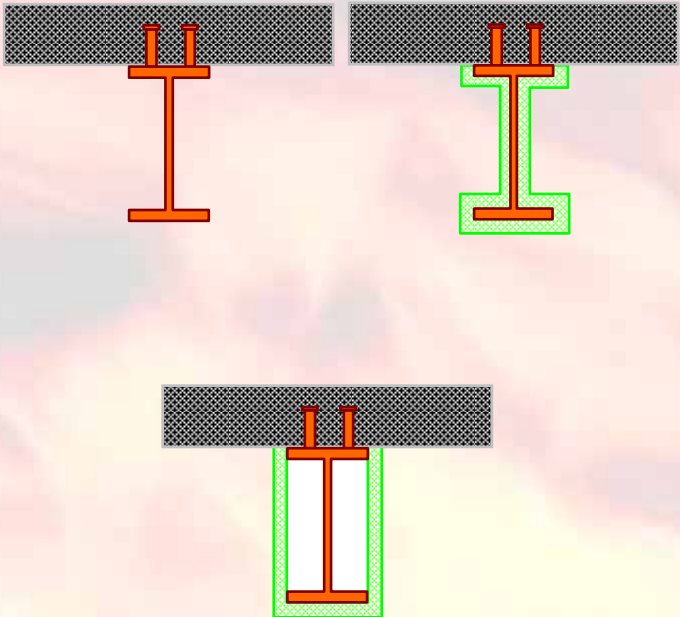
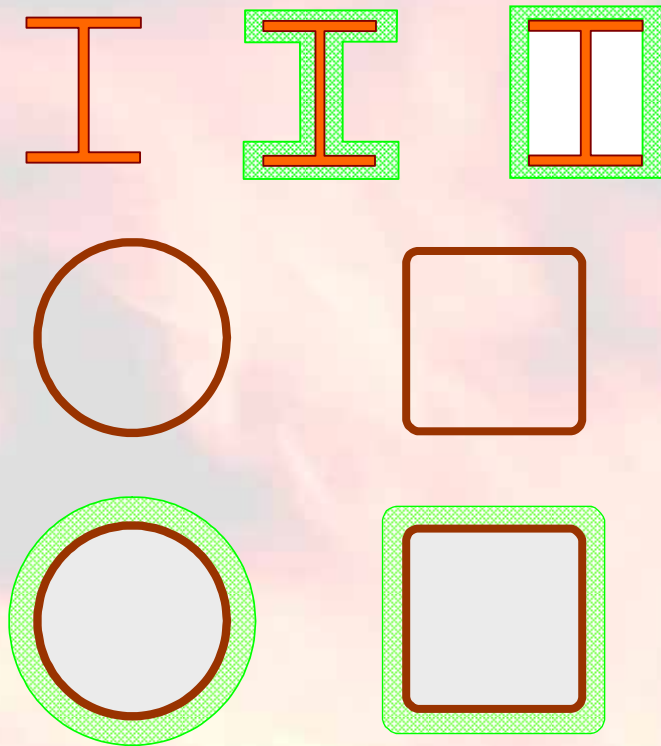
Modelo simplificado (pilar misto) curva de encurvadura



Capacidade resistente: $N_{fi.Rd} = \chi(\bar{\lambda}_\theta) N_{fi.pl.Rd}$

$\chi(\bar{\lambda}_\theta) \leftarrow$ **resistência e rigidez** da **secção efectiva** +
comprimento de encurvadura do pilar L_{fi}

Método da temperatura crítica (utilizado apenas em elementos metálicos e em algumas vigas mistas)

Vigas (metálicas e mistas)	Pilares
	

Método da temperatura crítica

- De acordo com os métodos simplificados, para perfis metálicos sujeitos a temperatura uniforme:

$$R_{fi,d,t} = k_{y,\theta} R_{fi,d,0}$$

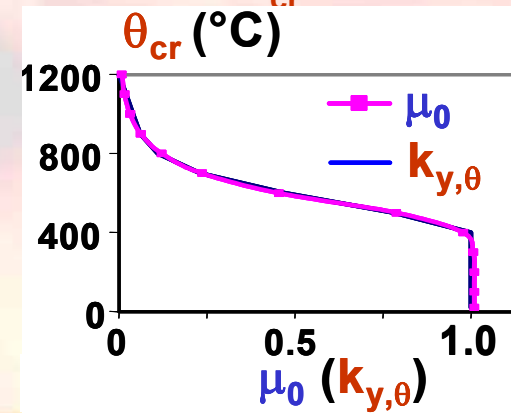
- Por outro lado, a resistência ao fogo deve satisfazer:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} R_{fi,d,0} = \mu_0 R_{fi,d,0} \Rightarrow k_{y,\theta} \geq \mu_0$$

- No caso particular, em que $k_{y,\theta} = \mu_0$, a temperatura correspondente é definida como temperatura crítica θ_{cr}

- No eurocódigo EN1993-1-2, a temperatura crítica θ_{cr} é calculada através da seguinte expressão:

$$\theta_{cr} = 39.19 \ln \left[\frac{1}{0.9674 \mu_0^{3.833}} - 1 \right] + 482$$



Como aplicar o método da temperatura crítica

RESISTÊNCIA AO FOGO

Acções em situação de incêndio $E_{fi,d}$

Resistência a 20°C : R_d ou
acções a 20°C : E_d

Factor de redução
do carregamento: $\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_d}$

Grau de utilização: $\mu_0 = \eta_{fi,t} \frac{\gamma_{M,fi}}{\gamma_M}$

Temperatura crítica: θ_{cr}

- método directo
- método iterativo

desde que: $R_d = f(\dots, \gamma_M)$ e

$$R_{fi,d,0} = f(\dots, \gamma_{M,fi})$$

então: $R_{fi,d,0} = R_d \frac{\gamma_M}{\gamma_{M,fi}}$

e $\mu_0 = \eta_{fi,t} \frac{\gamma_M}{\gamma_{M,fi}}$

Material	Incêndio	20°C
	$\gamma_{M,fi}$	γ_M
aço	1.0	1.1
armaduras	1.0	1.1
betão	1.0	1.5
ligações	1.0	1.25

Porque método da temperatura crítica directo e iterativo (no caso de pilares metálicos)

- Pilares curtos sem problemas de instabilidade



$$N_{b,fi,t,Rd} = A k_{y,\theta_{max}} f_y \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$



Factor de redução da resistência $k_{y,\theta_{max}}$ para $\theta_{a,max}$

- Pilares esbeltos com **risco de instabilidade**



$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi(\lambda_\theta) A k_{y,\theta_{max}} f_y \frac{1}{\gamma_{M,fi}}$$

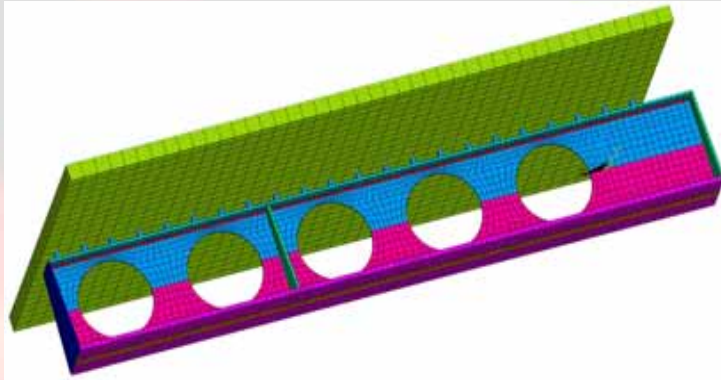


Factor de redução para a encurvadura $\chi(\lambda_\theta)$ depende de:

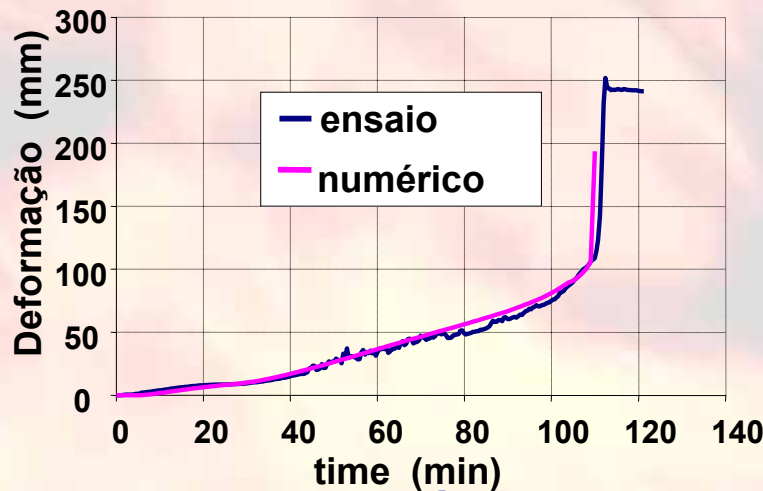
- resistência
- rigidez

- Consequentemente, é necessário um **processo iterativo simples** para determinar com precisão $\theta_{a,max}$ no caso de elementos com problemas de instabilidade

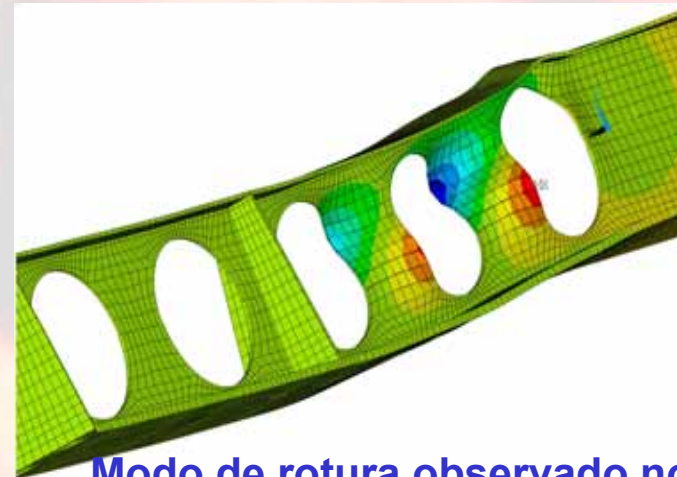
Modelos de cálculo avançados para todo o tipo de elementos (vigas mistas alveolares)



Modo de rotura experimental



Resultados numéricos vs resultados experimentais

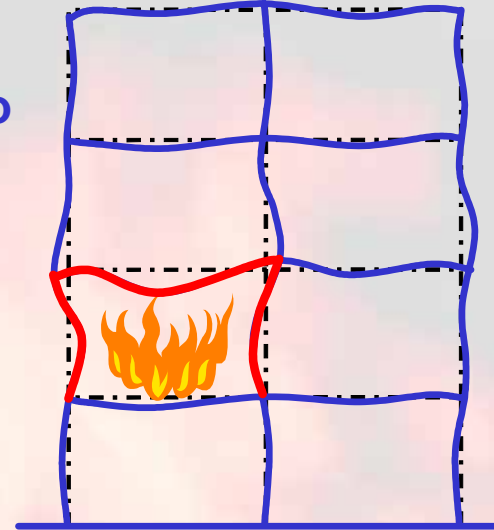


Modo de rotura observado no modelo numérico

Cálculo da resistência ao fogo por análise global da estrutura

□ Regras gerais

- **Necessário utilizar modelos de cálculo avançados**
- **Escolha do modelo estrutural adequado**
- **Condições de fronteira existentes**
- **Carregamentos**
- **Modelos materiais adequados**
- **Condições de restrição em relação às partes da estrutura não modelada**
- **Análise dos resultados e verificação dos critérios de rotura**
- **Revisão dos aspectos que não foram tratados na análise numérica (consistência entre o modelo numérico e os pormenores construtivos)**



Cálculo da resistência ao fogo por análise global da estrutura

□ Requisitos para aplicação dos modelos de cálculo avançado

➤ Modelos materiais

- Decomposição da extensão total
- Modelos materiais cinemáticos
- Resistência durante a fase de arrefecimento

➤ Processo de resolução iterativa e incremental

➤ Verificação de possível colapso não tratado directamente na análise numérica

- Rotura devido a deformação excessiva dos elementos metálicos
- Fendilhação e punçoamento do betão

Decomposição da extensão total do modelo de material na modelação numérica avançada

Decomposição da extensão

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{th} + (\varepsilon_\sigma + \varepsilon_c) + \varepsilon_r$$

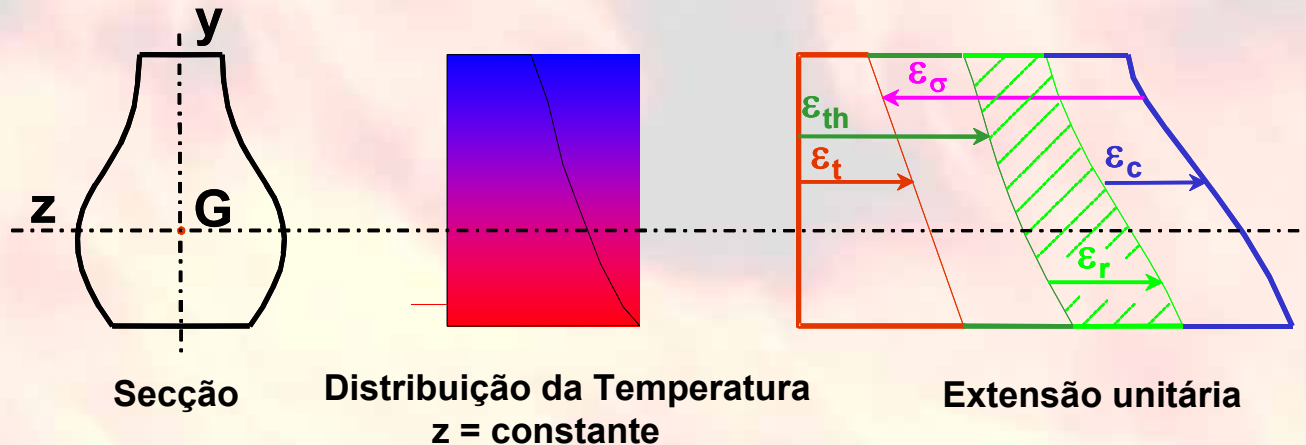
ε_t : extensão total

ε_{th} : extensão devido ao alongamento térmico

ε_σ : extensão devido ao tensor das tensões

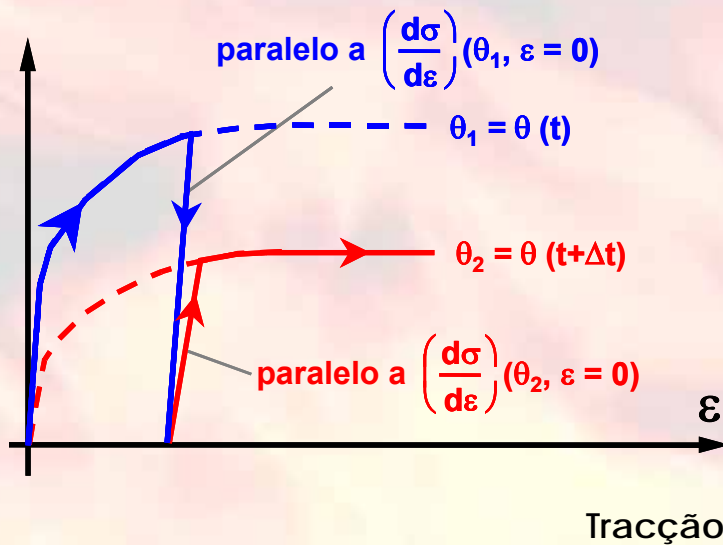
ε_r : extensão devida à tensão residual (se existir)

ε_c : extensão devida à fluência

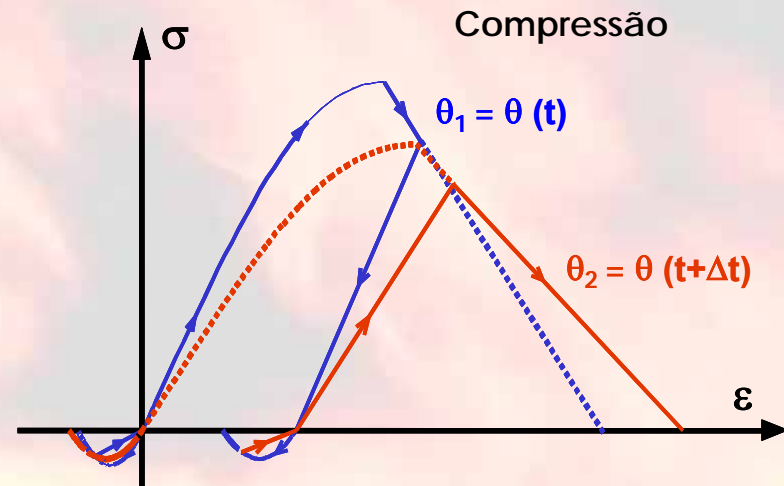


Modelo cinemático do material para ter em conta a evolução da temperatura

Aço
(material isotrópico)

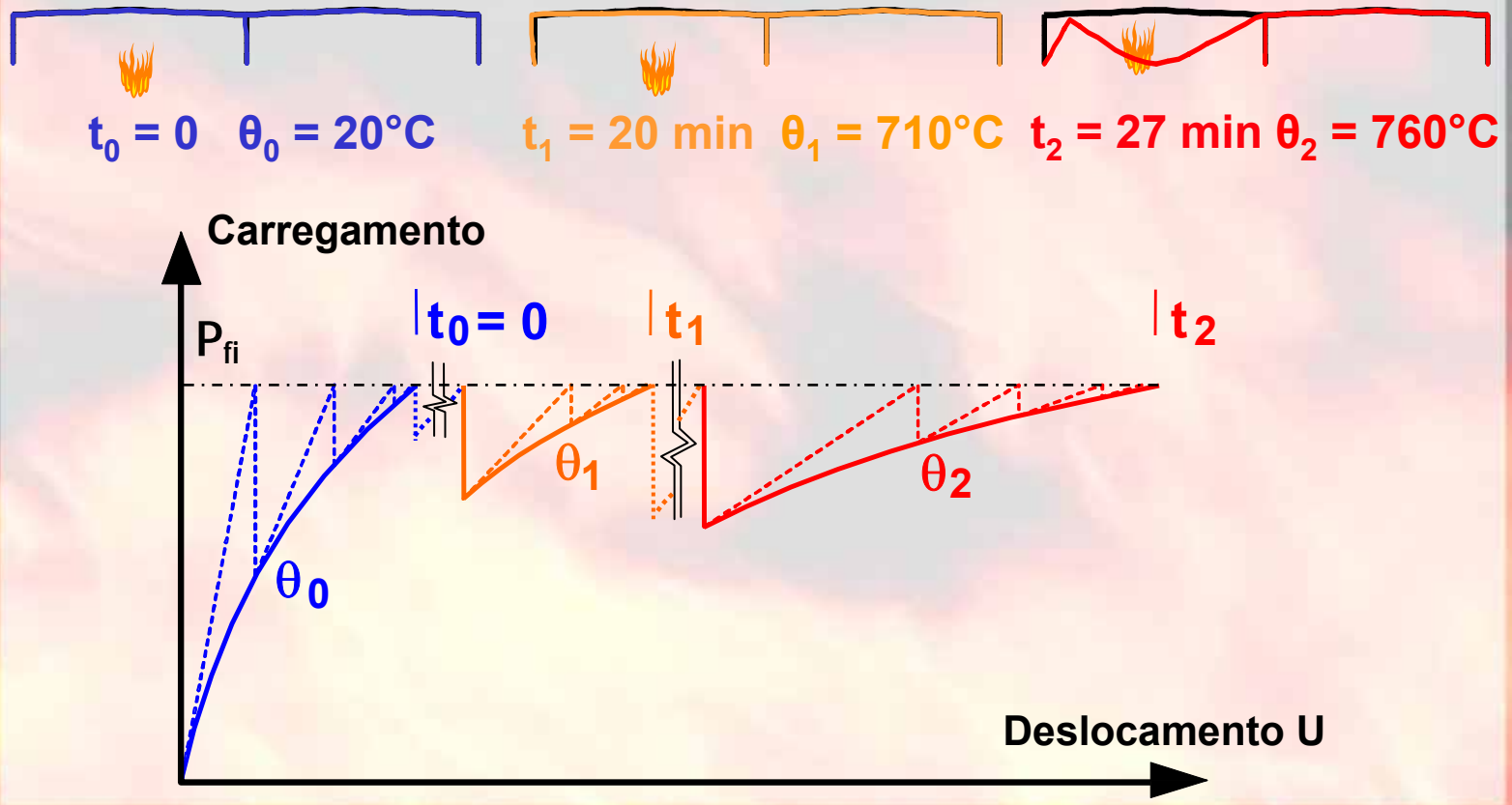


Betão
(material anisotrópico à tracção e à compressão)



Processo de resolução iterativa e incremental

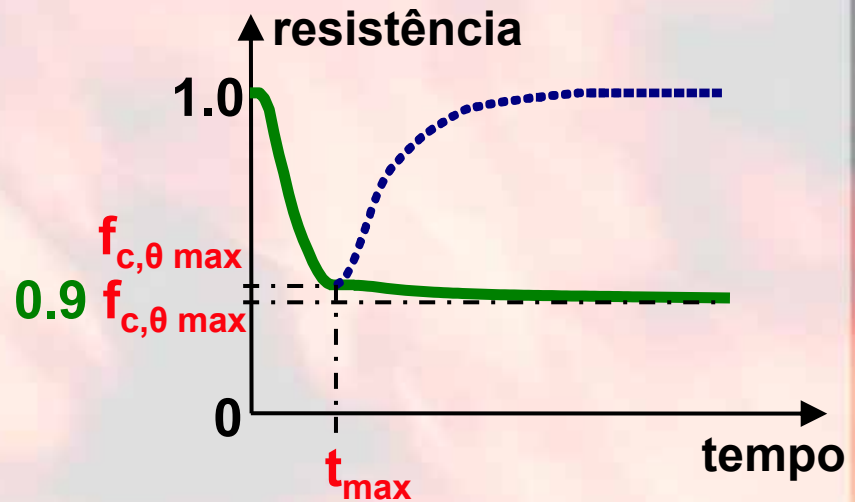
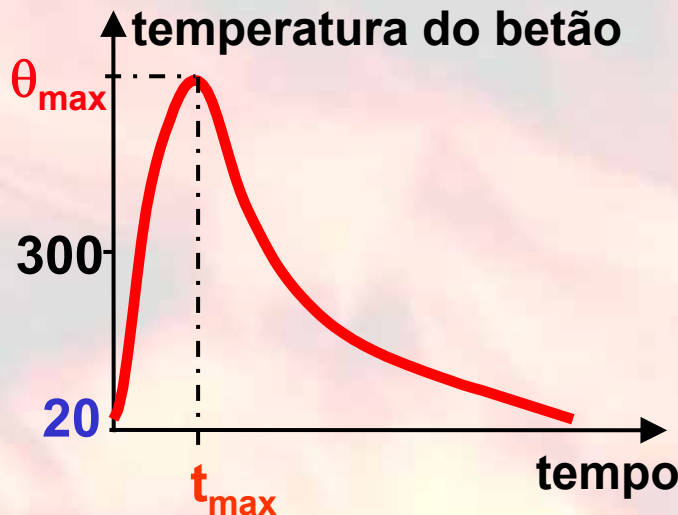
- O processo de cálculo deve ter em consideração a variação da resistência e da rigidez da estrutura em função da temperatura



Resistência material durante o arrefecimento

❑ Assume-se que o aço recupera a sua resistência total após o arrefecimento

❑ **Betão durante arrefecimento:**



Por exemplo, se $\theta_{max} \geq 300 \text{ }^\circ\text{C}$

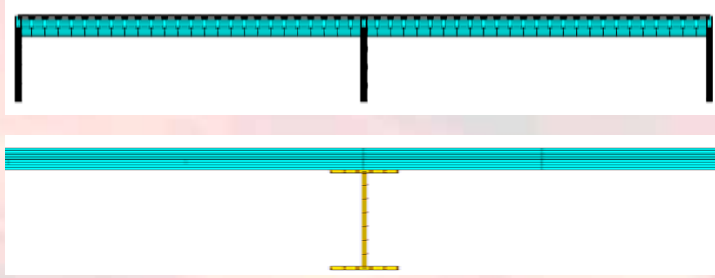
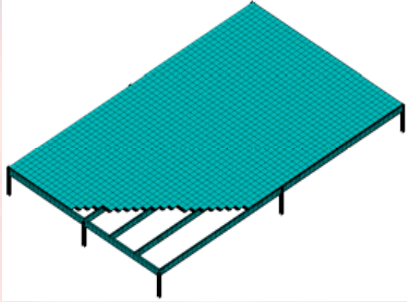
$$f_{c,\theta,20^\circ\text{C}} = 0.9 f_{c,\theta max}$$

A interpolação linear aplica-se a $f_{c,\theta}$ para θ entre θ_{max} e 20°C

Análise global de pisos mistos aço-betão sob o efeito de um incêndio localizado



Escolha do modelo estrutural

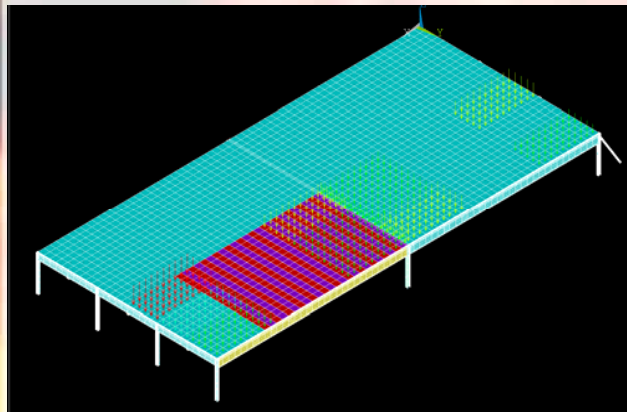
Modelo de pórtico misto bidimensional	Modelo de piso misto tridimensional
	
<ul style="list-style-type: none">➤ Não se considera o efeito de membrana da laje mista Não é possível a re-distribuição de esforços ao longo da viga mista➤ Cálculos simples e mais rápidos de realizar	<ul style="list-style-type: none">➤ Efeito membrana sobre todo o piso➤ Re-distribuição de carregamento entre vigas paralelas➤ Melhor avaliação da capacidade resistente

❑ Os modelos de piso misto tridimensionais aproximam-se mais da realidade

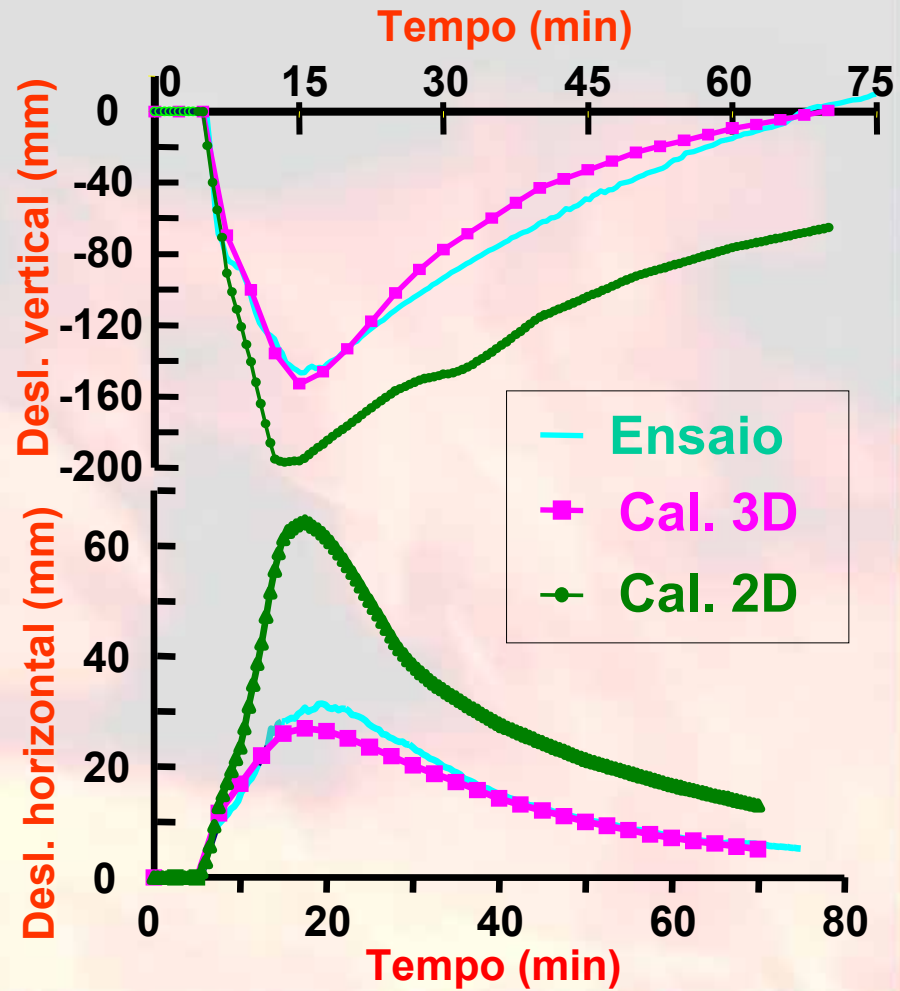
Validação do modelo de piso misto tridimensional



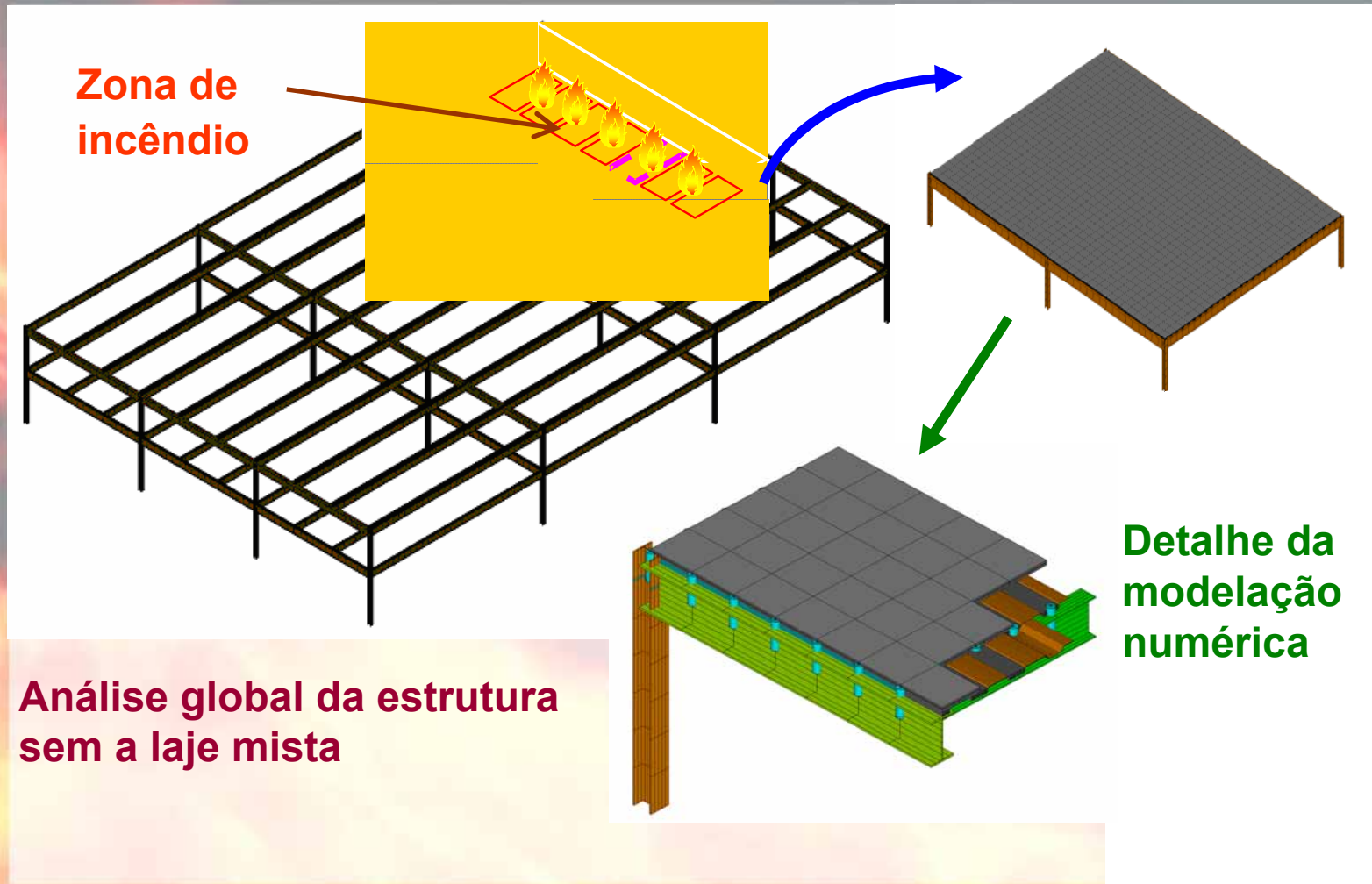
Ensaio



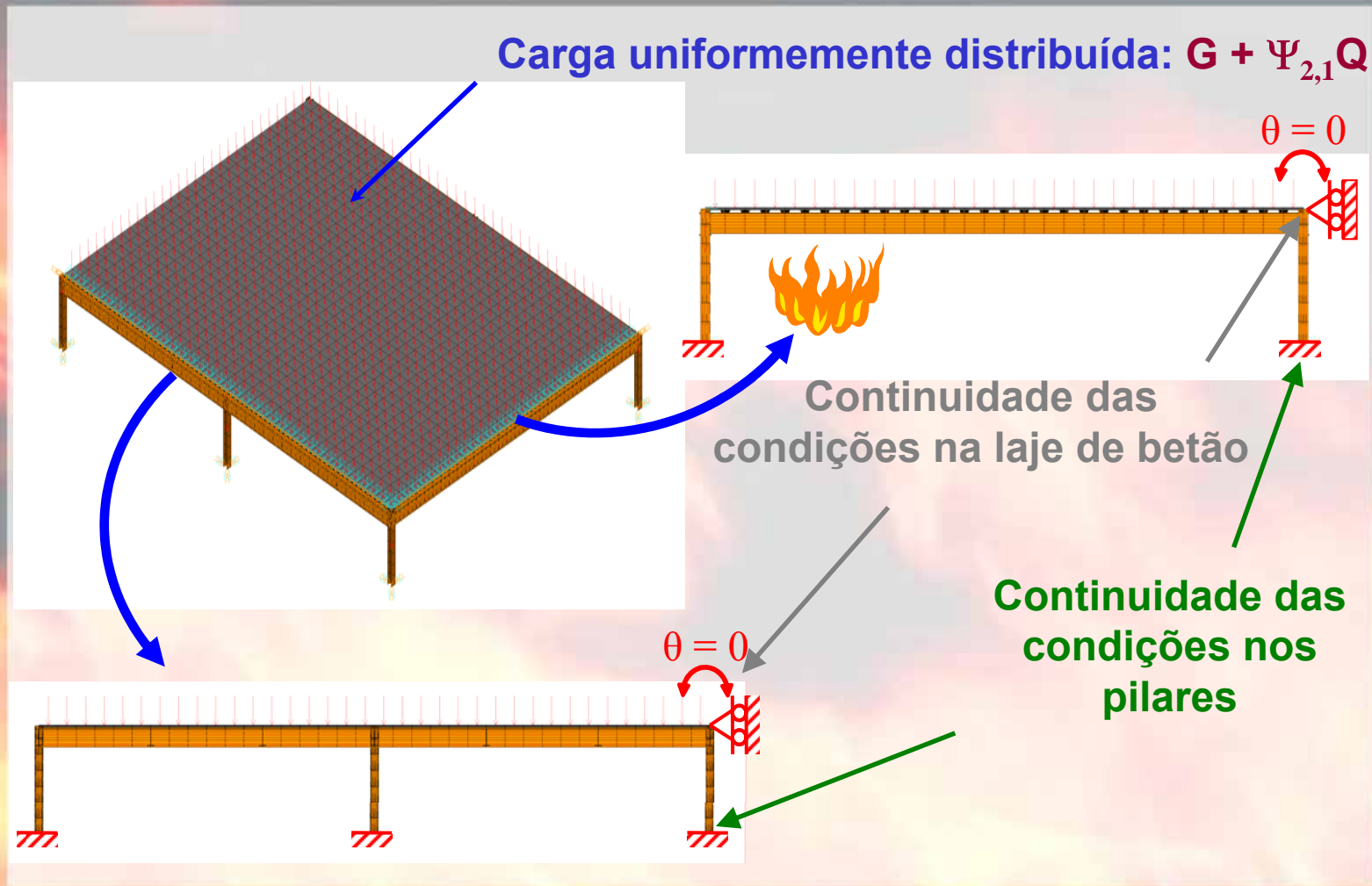
Modelo tridimensional



Estratégia de modelação dum piso misto tridimensional

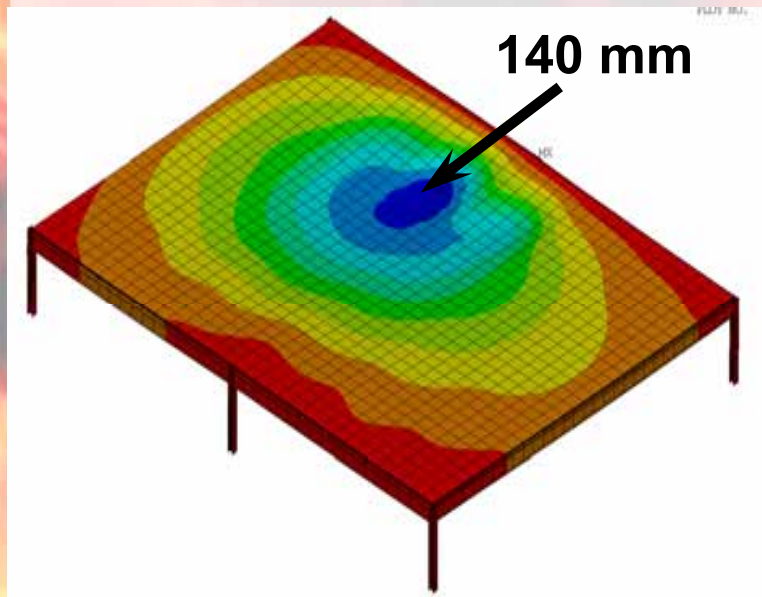


Carregamento mecânico e condições fronteira

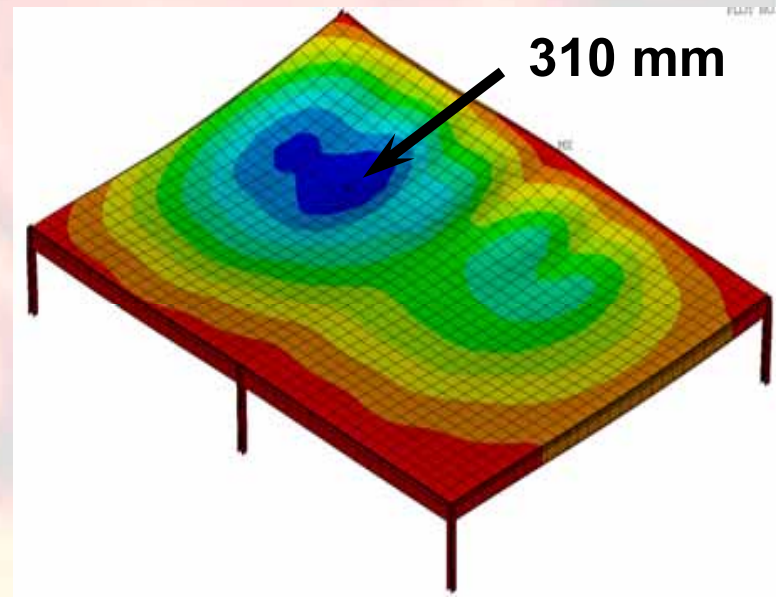


Comportamento mecânico da estrutura

- Deformação do piso e verificação dos modos de rotura correspondentes



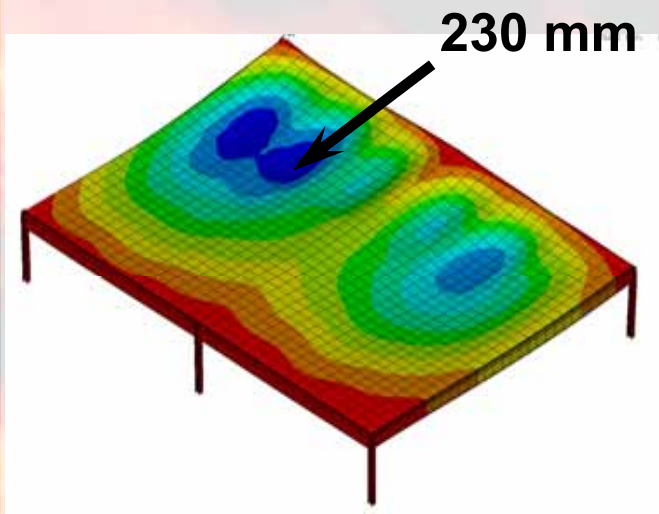
20 min



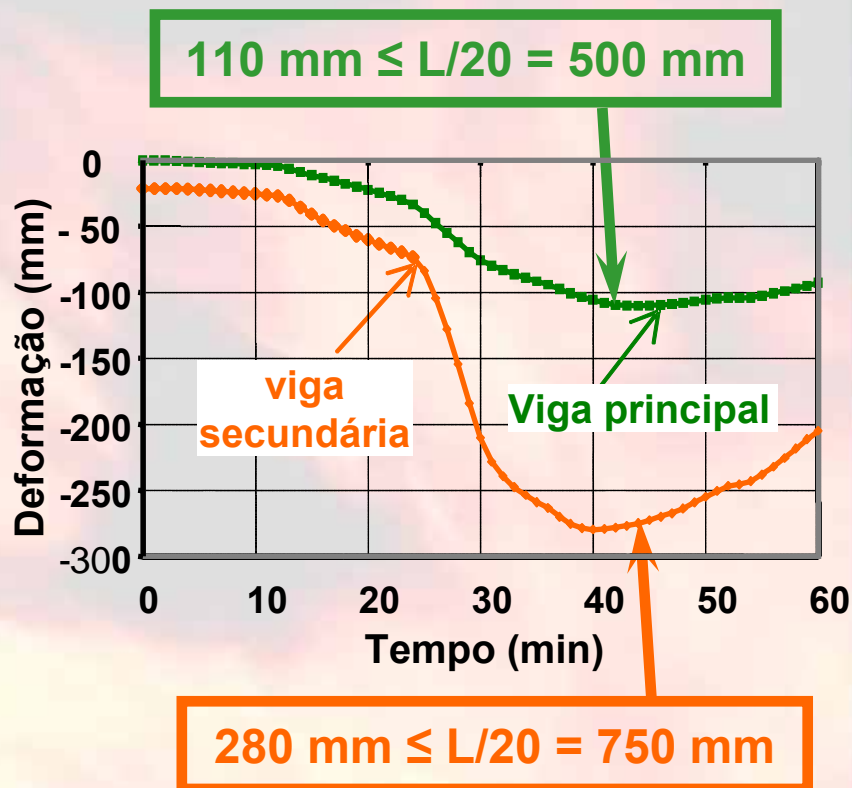
40 min

Comportamento mecânico da estrutura

- Deformação do piso e verificação dos modos de rotura correspondentes

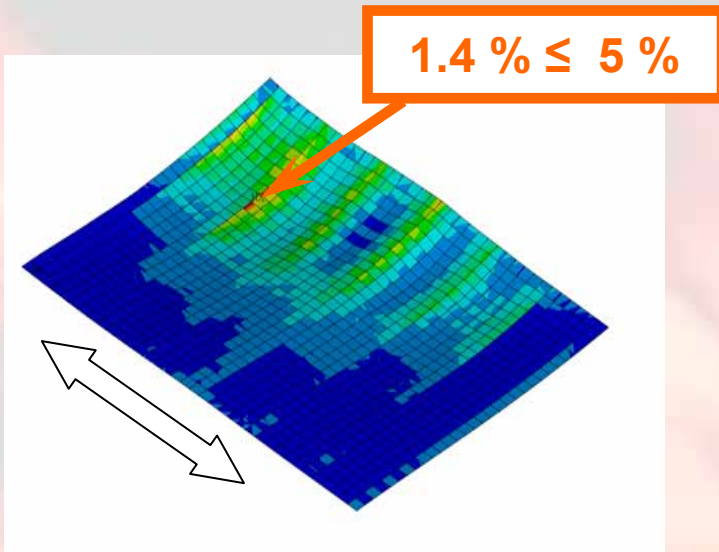


60 min

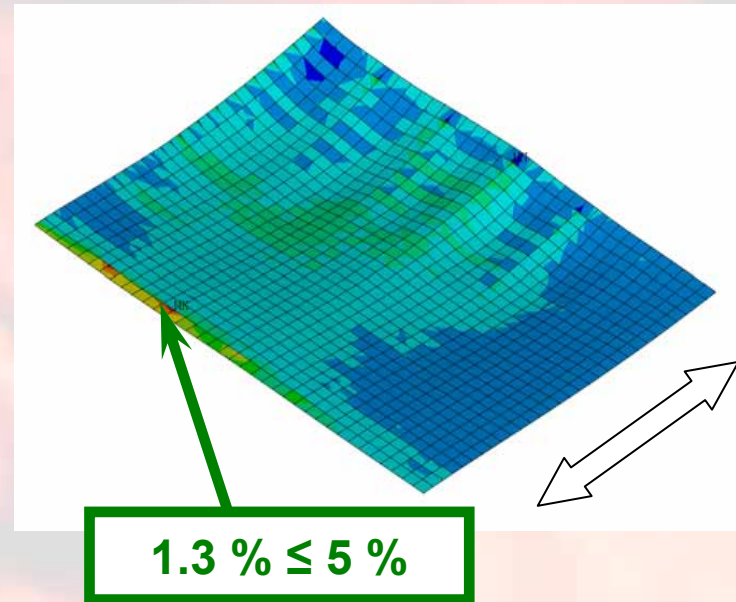


Comportamento mecânico da estrutura

➤ Verificação do critério de rotura: alongamento das armaduras



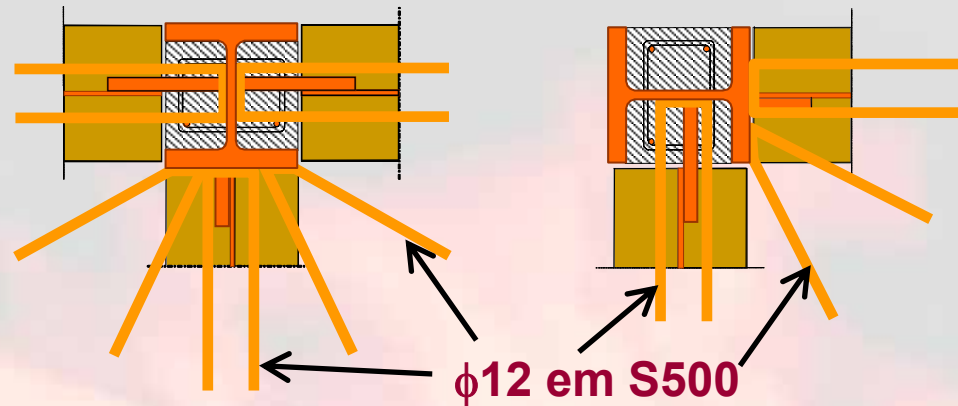
Deformação das armaduras
// vão da laje



Deformação das armaduras \perp
vão da laje

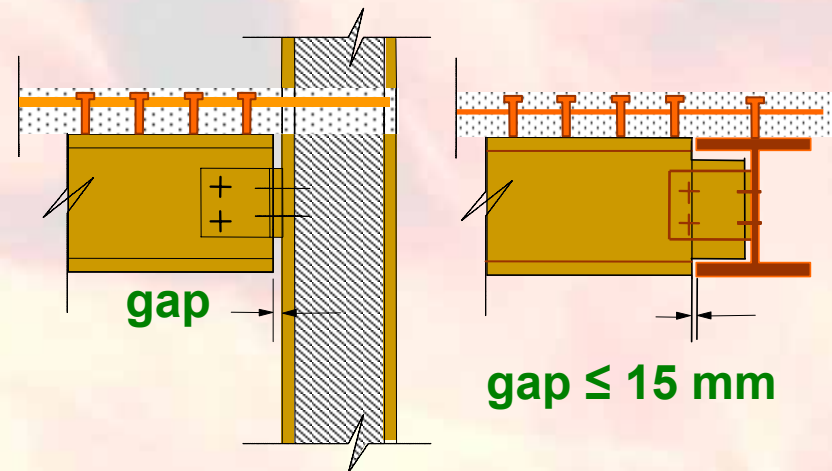
Pormenores construtivos consistentes com os modelos numéricos

Armaduras entre a laje e pilares de canto



Distância máxima de 15 mm entre:

- i) a viga e o pilar, e
- ii) entre a viga secundária, e o banço inferior da viga principal



Edifício de pórticos metálicos calculados com base numa análise global da estrutura



Durante a construção

Obra final



Considerações específicas no dimensionamento ao fogo de estruturas metálicas e estruturas mistas

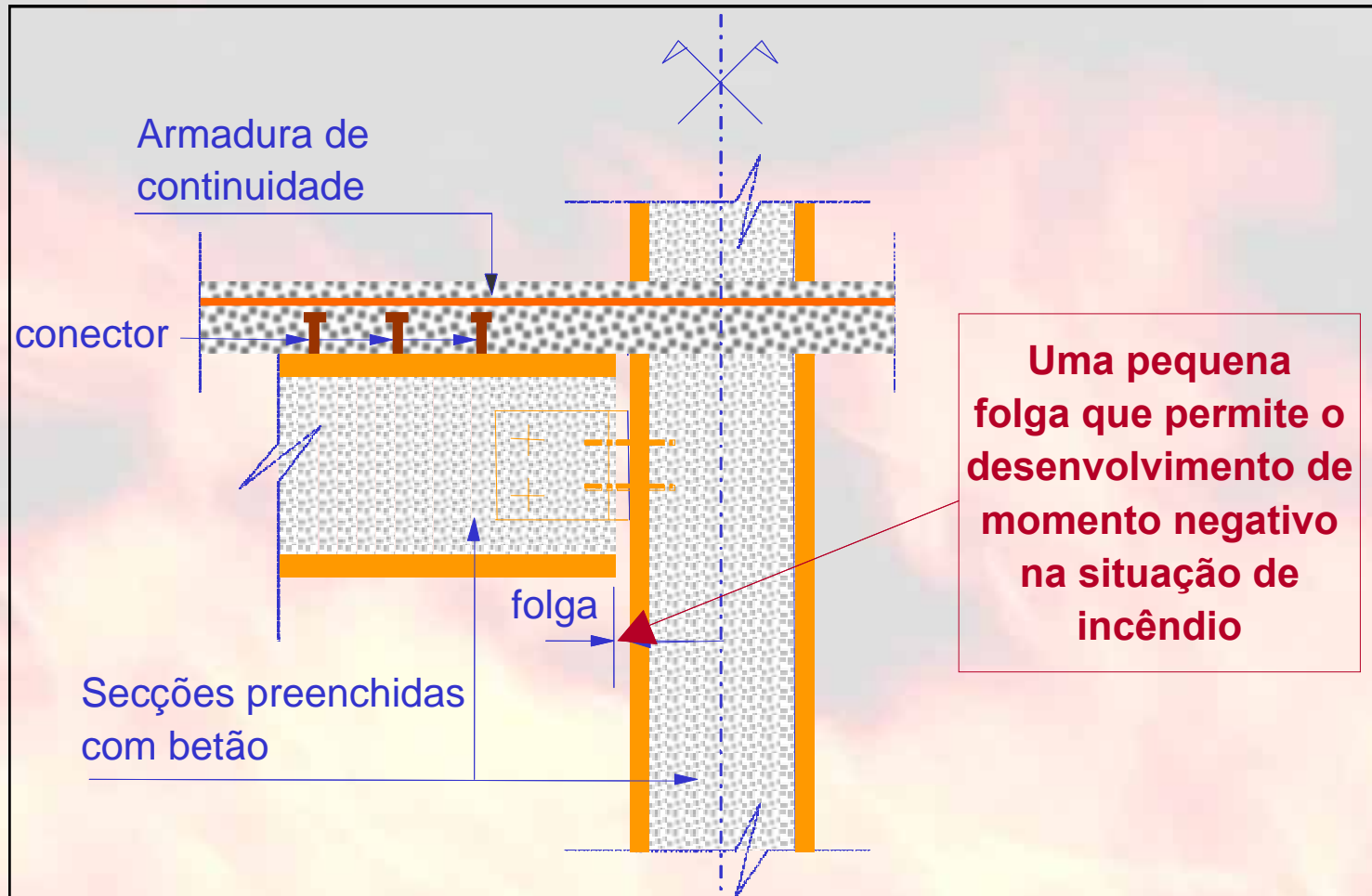
□ Pormenores construtivos

- Pormenores de ligações (metálicas e mistas)
- Ligação entre aço e betão
 - Conectores
 - Armaduras

□ Comportamento durante a fase de arrefecimento num incêndio natural

- Ligações

Pormenores construtivos para ligação viga-pilar (EN1993-1-2)



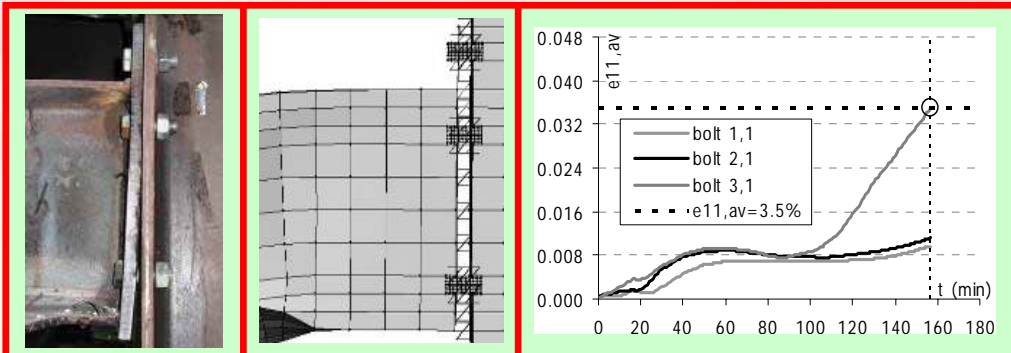
Comportamento de ligações metálicas e mistas durante a fase de arrefecimento de um incêndio natural



**Fase de arrefecimento:
combinação de forças de
tracção elevadas e
inversão do sentido de
momento flector**

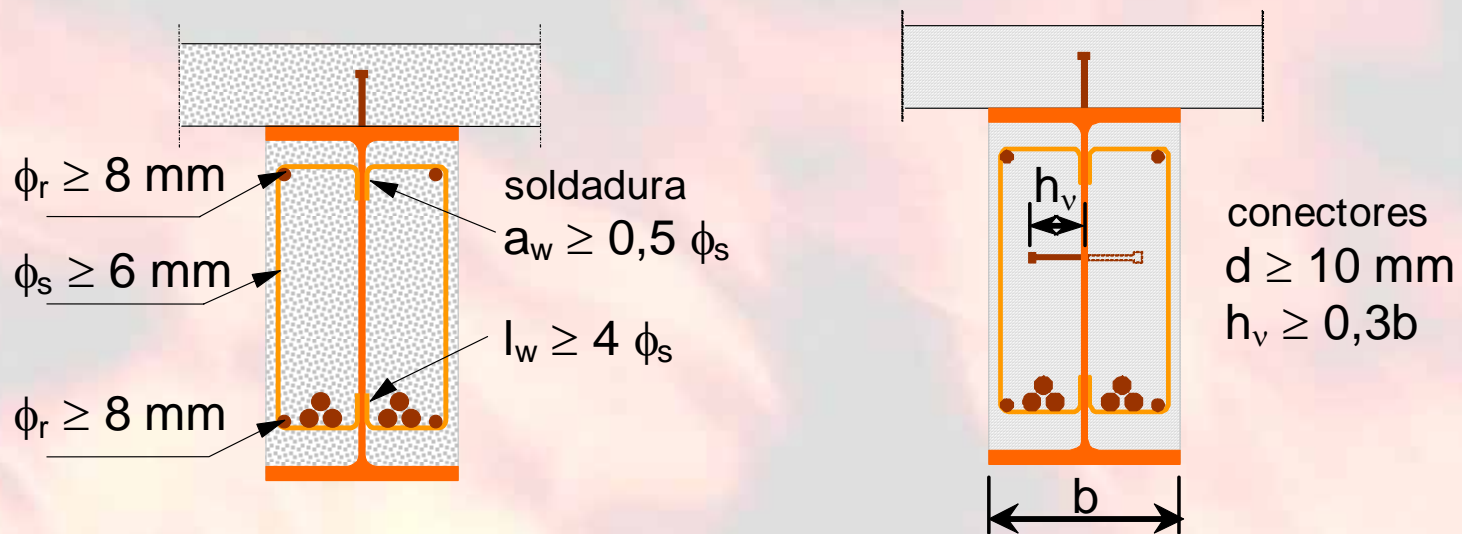


**Rotura dos
elementos mais
frágeis da ligação,
nomeadamente na
zona inferior da
ligação**



Pormenores construtivos para ligação entre aço e betão (EN1994-1-2)

□ Ligação aço-betão para vigas embebidas em betão



Soldadura de estribos à alma

Soldadura de conectores à alma



PARTE 4

SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO AO FOGO

Objectivo do dimensionamento ao fogo

R

Resistência da estrutura em situação de incêndio

>

R_{req}

Resistência ao fogo da estrutura requerida para ser segura

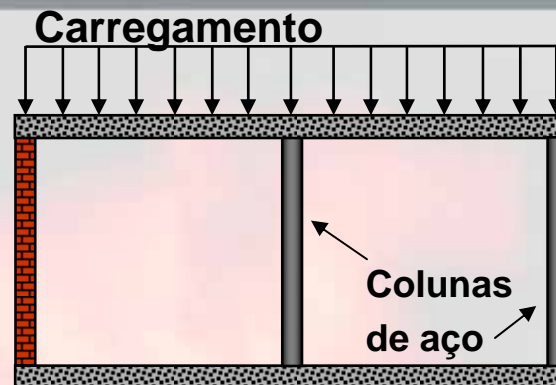
R Sequência de eventos durante um incêndio



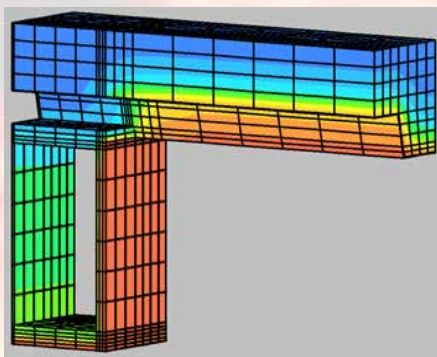
1: Ignição



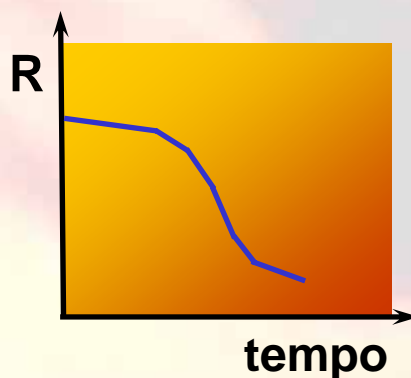
2: Acções térmicas



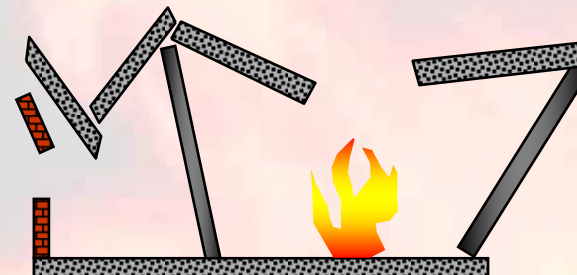
3: Acções mecânicas



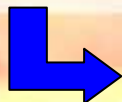
4: Comportamento térmico



5: Comportamento mecânico



6: Colapso eventual



R_{req}



Resistência requerida

$R_{requerida}$: O critério “R” é considerado satisfeito quando a função de suporte de cargas se mantém durante o tempo de resistência ao fogo requerido regulamentarmente.



Análise prescritiva:
Regulamentos
nacionais

Análise baseada no
desempenho:
Engenharia de
segurança contra
incêndio

Softwares para dimensionamento ao fogo – Classificação

Os softwares de cálculo dividem-se nas cinco categorias seguintes:

- Modelos térmicos de fogo
- Modelos de resistência ao fogo



R

- Modelos de evacuação
- Modelos de detecção
- Modelos diversos



R_{req}
(Baseados no desempenho)

Modelos térmicos de fogo

Modelos térmicos de fogo

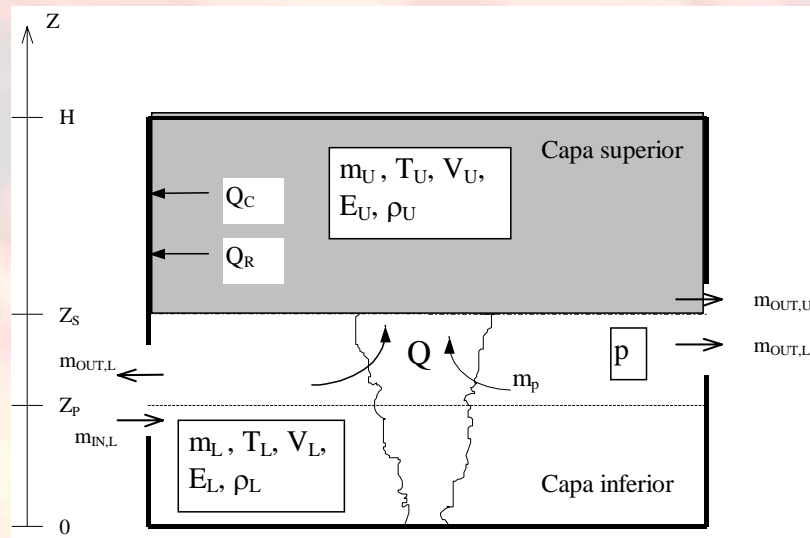
Modelos térmicos de fogo		
Curvas Temperatura – tempo nominais (Regulamentação prescritiva)	Curva de incêndio padrão ISO 834	
	Curva de incêndio exterior	
	Curva de hidrocarbonetos	
Incêndio natural (Regulamentação baseada no desempenho)	Modelos de fogo simples	Fogo de compartimento
		Fogo localizado
	Modelos de fogo avançados	Modelos de zona
		Modelos de campo

Modelos de Zona

Modelos de Zona

Há tipicamente dois modelos de zona:

- Modelos de duas zonas: o compartimento de incêndio divide-se em duas zonas (zona superior a temperatura mais elevada que a inferior)
- Modelos de uma zona: o compartimento de incêndio considerado com uma fornalha a temperatura uniforme



Há modelos para apenas um compartimento e modelos para vários compartimentos em simultâneo

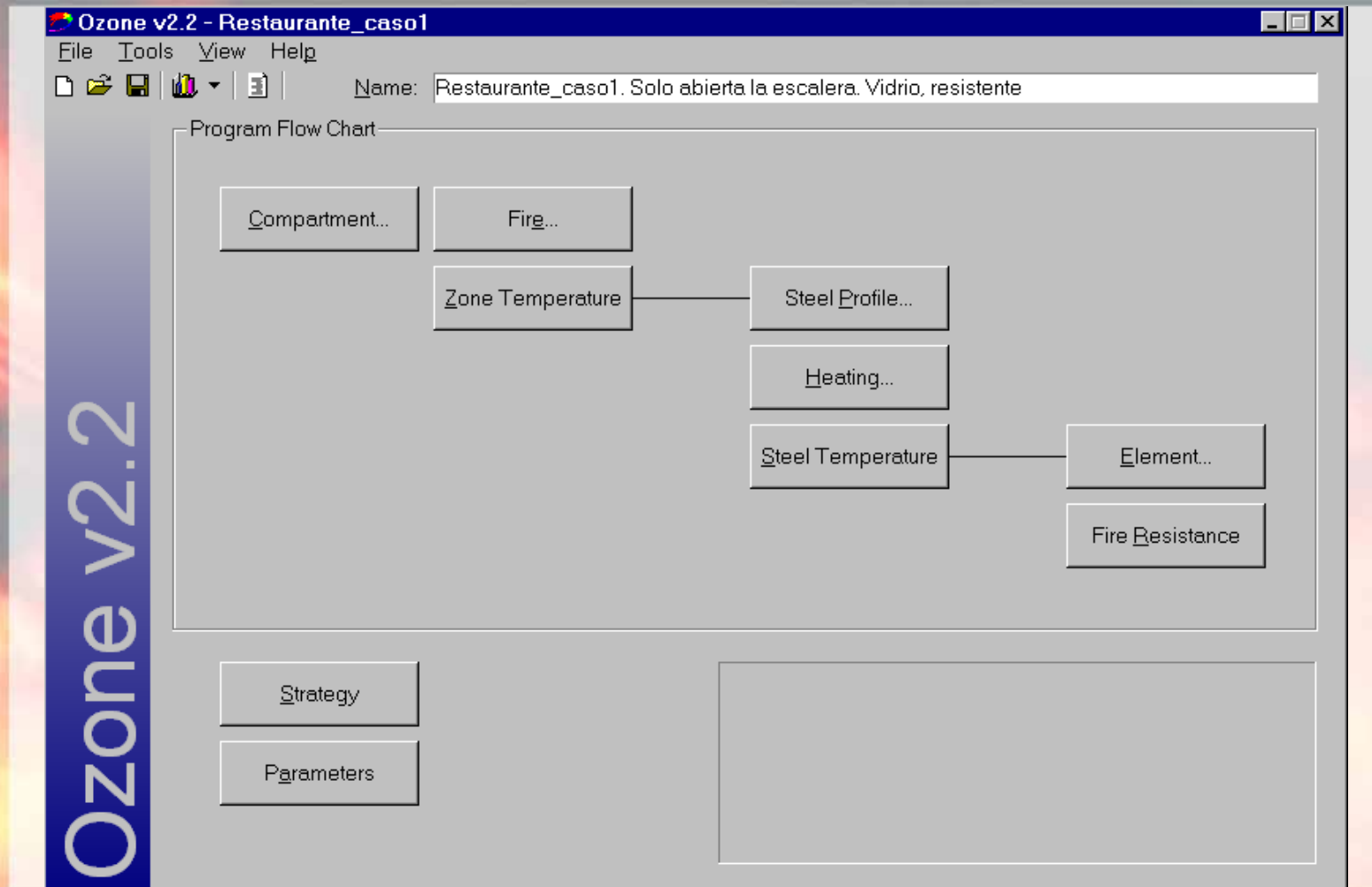
Resolução das equações :

- Balanço de massa
- Balanço de energia

Modelo de zona - Ozone

Descrição geral			
Nome	OZone		
Versão	2.2.2	Ano	2002
País	Luxemburgo	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	5 MB
Autores	J. F. Cadorin, J. M. Franssen (Uni. Liège) L.G. Cajot, M. Haller, J.B. Schleich		
Organização	Arcelor LCS Research Centre		
Campo de aplicação	Fire Thermal model - Zone		
Disponibilidade	Grátis – www.ulg.ac.be Grátis – www.sections.arcelor.com		
Contacto	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Formulação	Baseado em equações de balanço de massa e de energia		
Breve descrição	Avalia as temperaturas do compartimento de incêndio e do elementos de aço e o tempo de colapso (ENV 1993-1-2)		

Ozone – Menu principal



Ozone - Case de estudo

Cenário de incêndio: fogo num restaurante no 3º andar

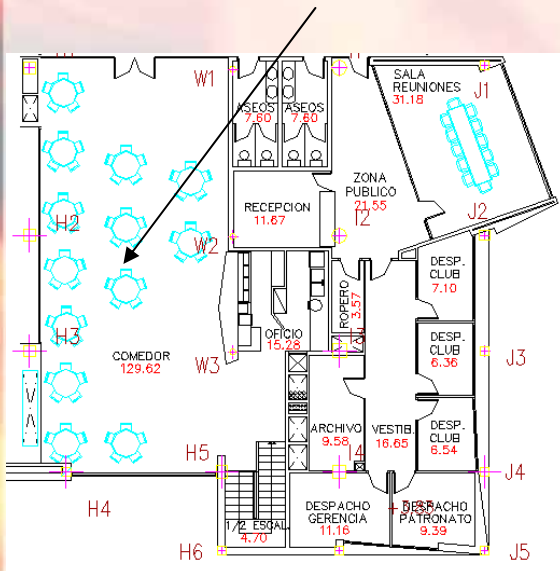
Fogo de cálculo: fogo totalmente desenvolvido - fase de crescimento t_{α}

Objectivo: resistência ao fogo de vigas metálicas

(Resistência ao fogo exigida R90)

Definição do compartimento de incêndio:

Área de incêndio



Compartement - Restaurante_caso1

File Tools View Help

Form of Compartment

Rectangular Floor

Flat Roof

Single Pitch Roof

Double Pitch Roof

Any Compartment

Number of Walls: 4

Floor Area: 150 m²

Height: 5,74 m

Define Layers and Openings

Select Wall: Floor

Define

Select Walls to Copy to:

Ceiling

Wall 1

Wall 2

Wall 3

Wall 4

Copy

Copy Openings

Defined Walls:

Wall	Type	Openings
Floor	1	
Ceiling	1	
Wall 1	2	
Wall 2	3	
Wall 3	4	yes
Wall 4	4	

Forced Ventilation

Smoke Extractors:

0

Height	m			
Diameter	m			
Volume	m ³ /sec			
In/Out				

Ozone – Dados de entrada: Definição do incêndio

Fire - difisek_restaurant

File Tools View Help

Fire Curve

NFSC Design Fire User Defined Fire

Max Fire Area: m²

Fire Elevation: m Fuel Height: m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf [kW/m ²]	Fire Load q _{f,k} 80% Fractile [MJ/m ²]	Danger of Fire Activation
User Defined	150	250	300	1
Description	Fast			Medium

Automatic Water Extinguishing System $\gamma_{n,1} = 1$
 Independent Water Supplies (1 2) $\gamma_{n,2} = 1$
 Automatic Fire Detection by Heat $\gamma_{n,4} = 0,73$
 Automatic Fire Detection by Smoke $\gamma_{n,4} = 0,73$
 Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade $\gamma_{n,5} = 1$
 Work Fire Brigade $\gamma_{n,7} = 0,78$
 Off Site Fire Brigade $\gamma_{n,7} = 0,78$
 Safe Access Routes $\gamma_{n,8} = 1$

Design Fire Load

Fire Risk Area: m² $\gamma_{q,1} = 1,42$

Danger of Fire Activation: $\gamma_{q,2} = 1$

Active Measures: $\prod \gamma_{n,i} = 0,8541$

$q_{f,d} = \gamma_{q,1} \cdot \gamma_{q,2} \cdot \prod \gamma_{n,i} \cdot m \cdot q_{f,k} = 291,1$ MJ/m²

Combustion

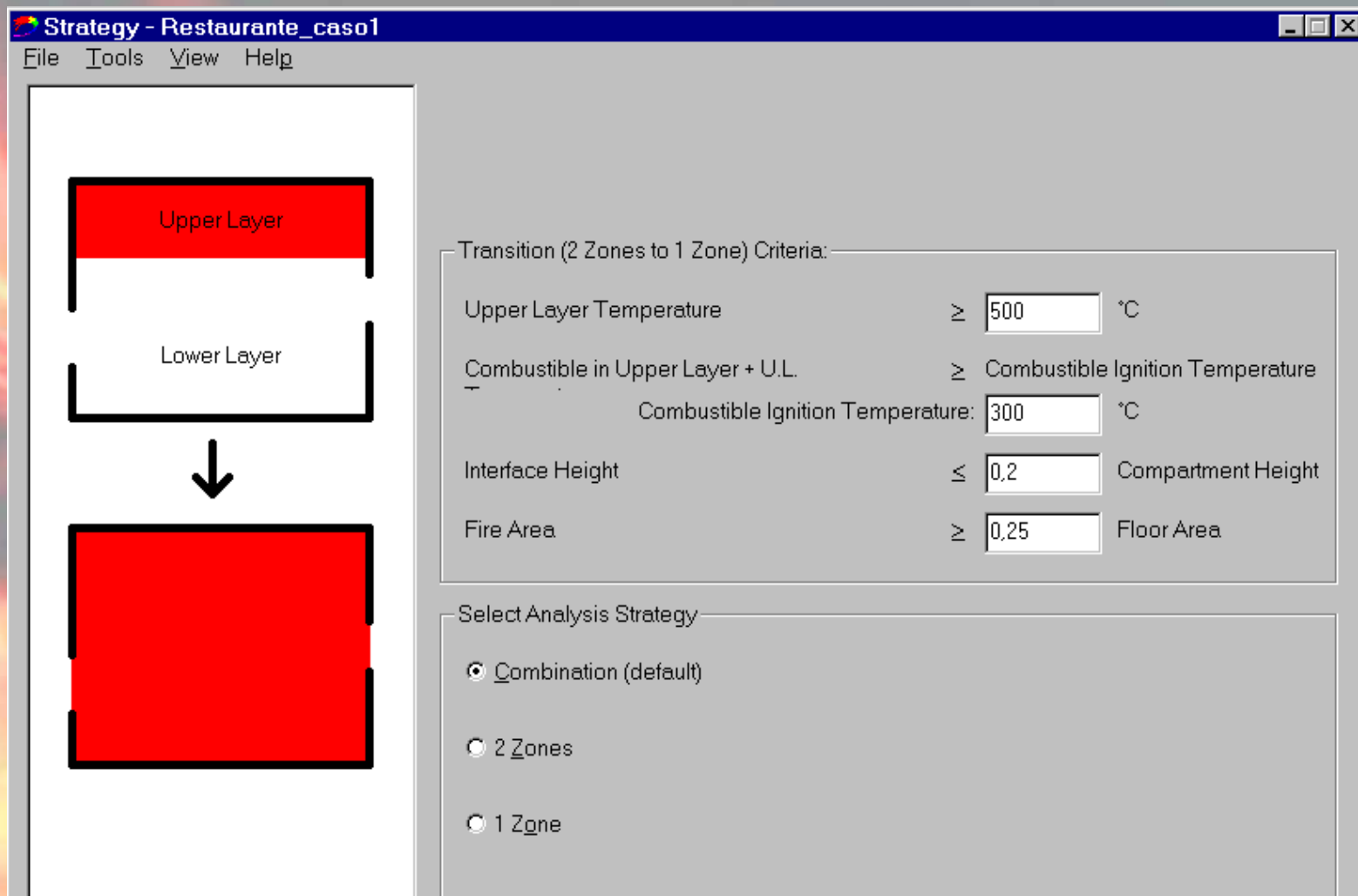
Combustion Heat of Fuel: MJ/kg

Combustion Efficiency Factor:

Combustion Model:

OK Cancel

Ozone – Dados de entrada: Critério de transição de 2 zonas to 1 zona



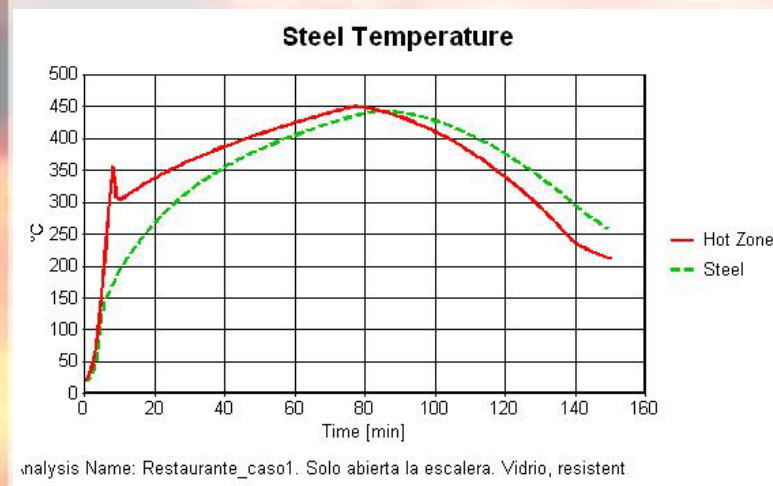
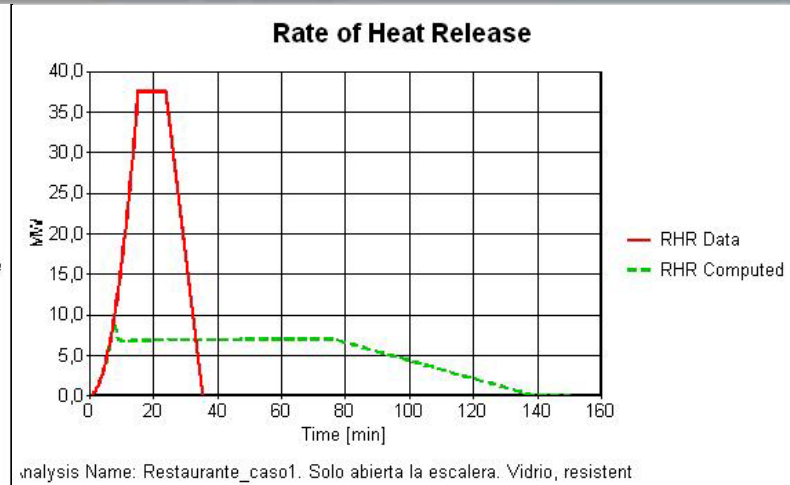
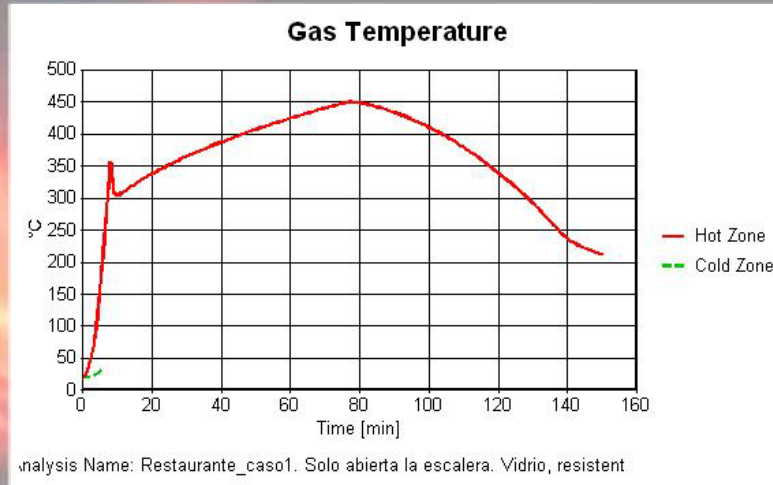
The screenshot shows a software window titled "Strategy - Restaurante_caso1" with a menu bar (File, Tools, View, Help). On the left, a diagram illustrates the transition from a two-zone fire (Upper Layer and Lower Layer) to a single-zone fire (entire compartment filled with smoke). On the right, the "Transition (2 Zones to 1 Zone) Criteria:" section lists the following parameters and values:

Parameter	Operator	Value	Unit/Reference
Upper Layer Temperature	\geq	500	°C
Combustible in Upper Layer + U.L.	\geq	Combustible Ignition Temperature	
Combustible Ignition Temperature:		300	°C
Interface Height	\leq	0,2	Compartment Height
Fire Area	\geq	0,25	Floor Area

Below the criteria, the "Select Analysis Strategy:" section has three radio button options:

- Combination (default)
- 2 Zones
- 1 Zone

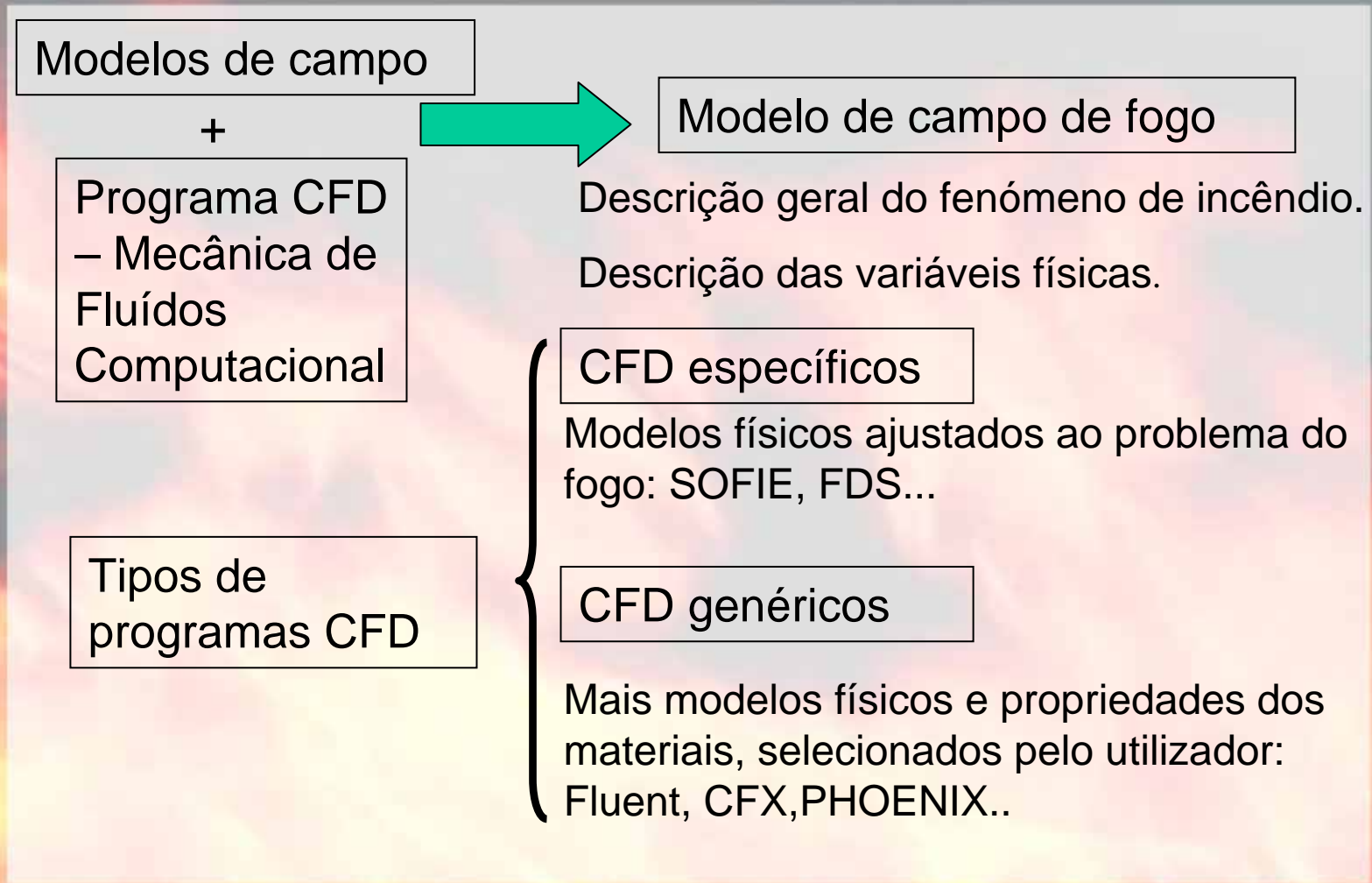
Ozone - Resultados



Transição de 2 zonas para 1 zona:
120”
(Incêndio é controlado pela
ventilação)

Modelos de campo

Modelos de campo



Modelo de campo - Fluent

Descrição geral			
Nome	Fluent		
Versão	6.3	Ano	2008
País	EUA	Idioma	Inglês
Sistema	Windows/UNIX		
Organização	Fluent Inc.		
Campo de aplicação	Modelo térmico de fogo - Campo.		
Disponibilidade	Software comercial		
Contacto	www.fluent.com		
Formulação	Baseado nas equações de conservação da massa e energia.		
Breve descrição	CFD de uso geral		

Fluent – Dados de entrada

The image shows two overlapping dialog boxes in the Fluent software. The 'Viscous Model' dialog is on the left, and the 'Materials' dialog is on the right. The 'Viscous Model' dialog has several sections: 'Model' with radio buttons for Inviscid, Laminar, Spalart-Allmaras (1 eqn), k-epsilon (2 eqn) (selected), k-omega (2 eqn), Reynolds Stress (7 eqn), and Large Eddy Simulation; 'k-epsilon Model' with radio buttons for Standard, RNG, and Realizable (selected); 'Near-Wall Treatment' with radio buttons for Standard Wall Functions, Non-Equilibrium Wall Functions (selected), and Enhanced Wall Treatment; and 'Options' with checkboxes for Viscous Heating and Full Buoyancy Effects (checked). The 'Model Constants' section has input fields for C2-Epsilon (1.9), TKE Prandtl Number (1), TDR Prandtl Number (1.2), and Energy Prandtl Number (0.85). The 'User-Defined Functions' section has dropdown menus for Turbulent Viscosity (none), Prandtl Numbers (TKE, TDR, Energy, all set to none), and Turbulent Viscosity. The 'Materials' dialog has a table with columns for Name, Material Type, and Order Materials By. The 'Name' column contains 'co', 'Chemical Formula' contains 'co', 'Material Type' is 'fluid', 'Fluid Materials' is 'co', and 'Mixture' is 'pdf-mixture'. The 'Properties' section has dropdown menus for Cp (piecewise-polynomial), Molecular Weight (constant, 28.01055), Standard State Enthalpy (constant, -1.105396e+08), and Standard State Entropy (constant, 197535.7). Both dialog boxes have OK, Cancel, and Help buttons at the bottom.

É necessário definir os materiais, os modelos físicos e as condições de fronteira. Alguns deles são mostrados neste slide.

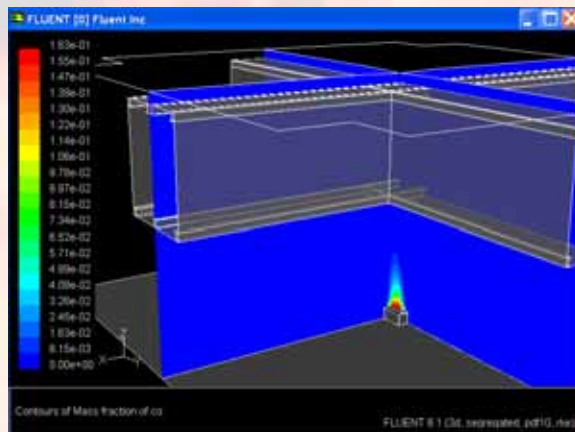
The 'Radiation Model' dialog box is shown at the bottom right. It has a 'Model' section with radio buttons for Off, Rosseland, P1 (selected), Discrete Transfer (DTRM), Surface to Surface (S2S), and Discrete Ordinates. It also has OK, Cancel, and Help buttons at the bottom.

Fluent- Resultados

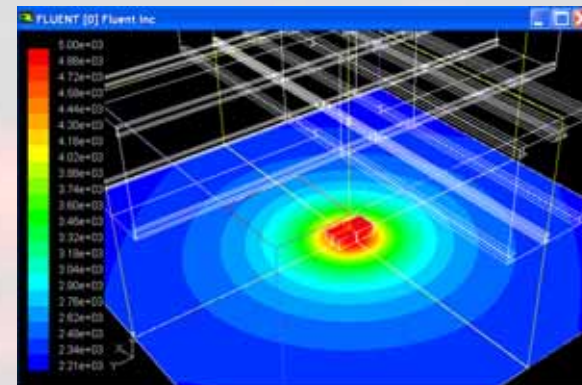
Pré e pós processadores amigáveis, mas é necessário um profundo conhecimento sobre engenharia de incêndio e CFD.

Exemplos de resultados

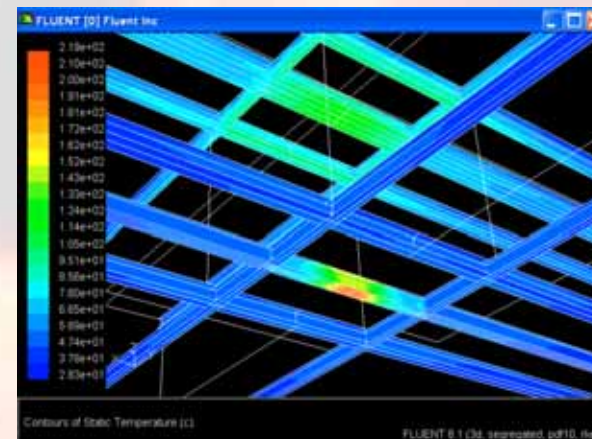
Controlo de fumos: concentração de CO



Valores de radiação


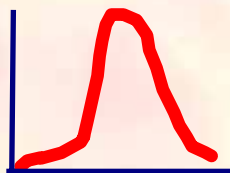


Temperaturas no aço



Modelos de resistência ao fogo

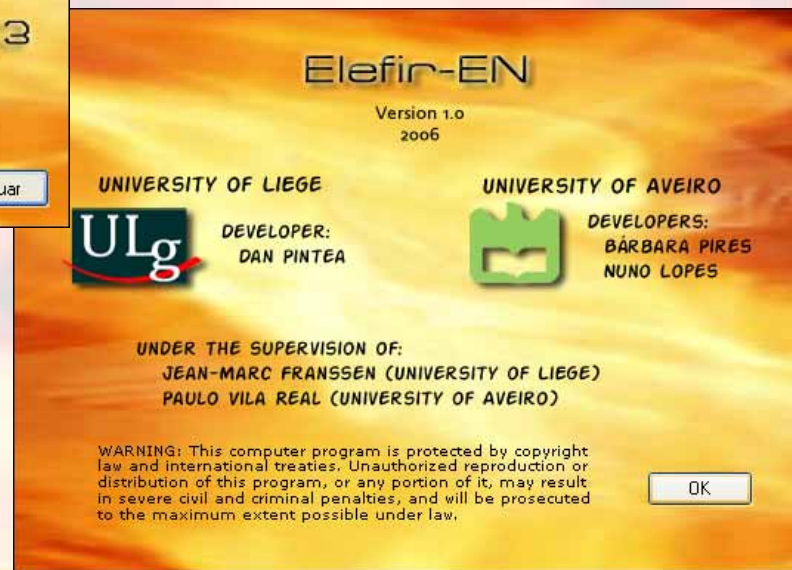
Modelos de resistência ao fogo

Procedimento de cálculo			Valores tabelados	Modelos de cálculo simples	Modelos de cálculo avançado
Regulamentação prescritiva 	Análise por elementos	Cálculo das acções mecânicas e condições de fronteira	SIM	SIM	SIM
	Análise de partes da estrutura	Cálculo das acções mecânicas e condições de fronteira	Não	SIM, caso existam	SIM
	Análise da estrutura global	Seleccção das acções mecânicas	Não	Não	SIM
Regulamentação baseada no desempenho 	Análise por elementos	Cálculo das acções mecânicas e condições de fronteira	Não	Sim, caso existam	SIM
	Análise de partes da estrutura	Cálculo das acções mecânicas e condições de fronteira	Não	Não	SIM
	Análise da estrutura global	Seleccção das acções mecânicas	Não	Não	SIM

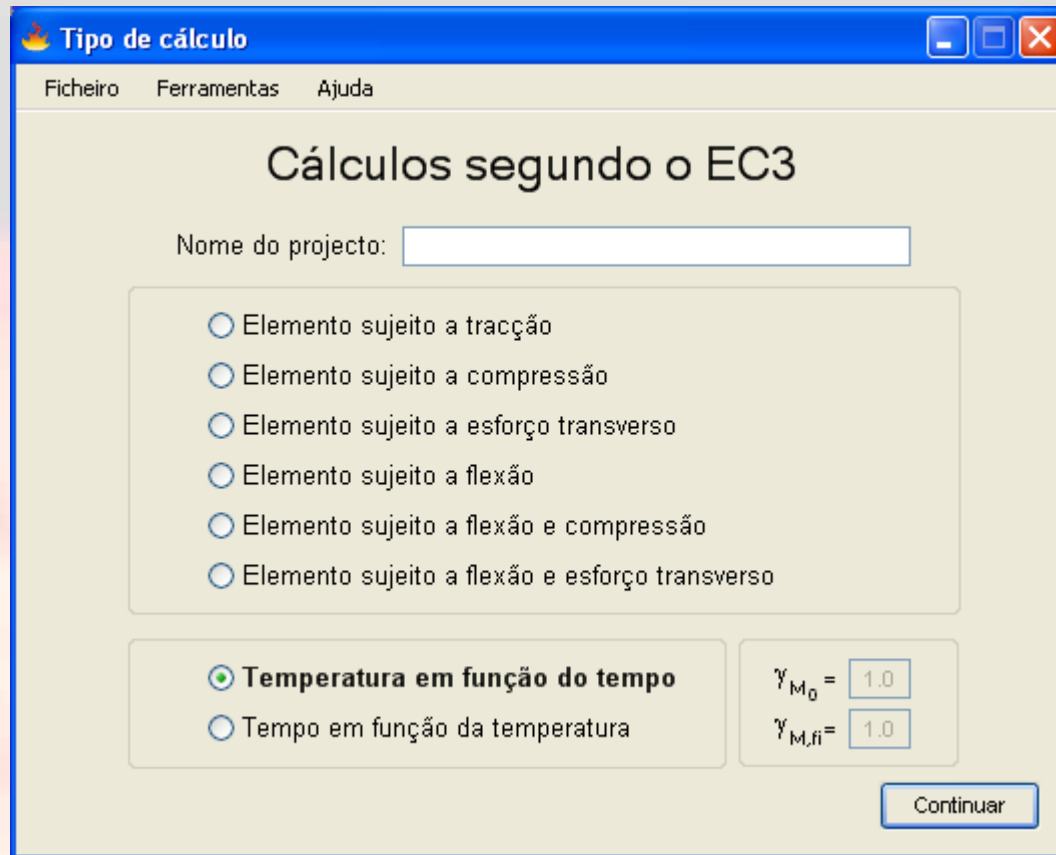
Modelo simplificados – Elefir-EN

Software sheet – general description			
Nome	Elefir-EN		
Versão	Beta	Ano	2008
País	Portugal / Bélgica	Idioma	Português / Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	8 MB
Autores	Paulo Vila Real; Bárbara Pires, Nuno Lopes, D. Pintea, J. M. Franssen		
Organização	University of Aveiro / University of Liege		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao Fogo (simplificado)		
Disponibilidade	Grátis a versão beta – http://www2.civil.ua.pt/Downloads/Downloads.asp www.ulg.ac.be		
Contacto	Universidade de Aveiro - http://www2.civil.ua.pt/Downloads/Downloads.asp University of Liege - www.ulg.ac.be		
Formulação	Baseado na EN 1993-1-2		
Breve descrição	Software para cálculo da resistência ao fogo de elementos estruturais em aço de secção aberta ou tubular		

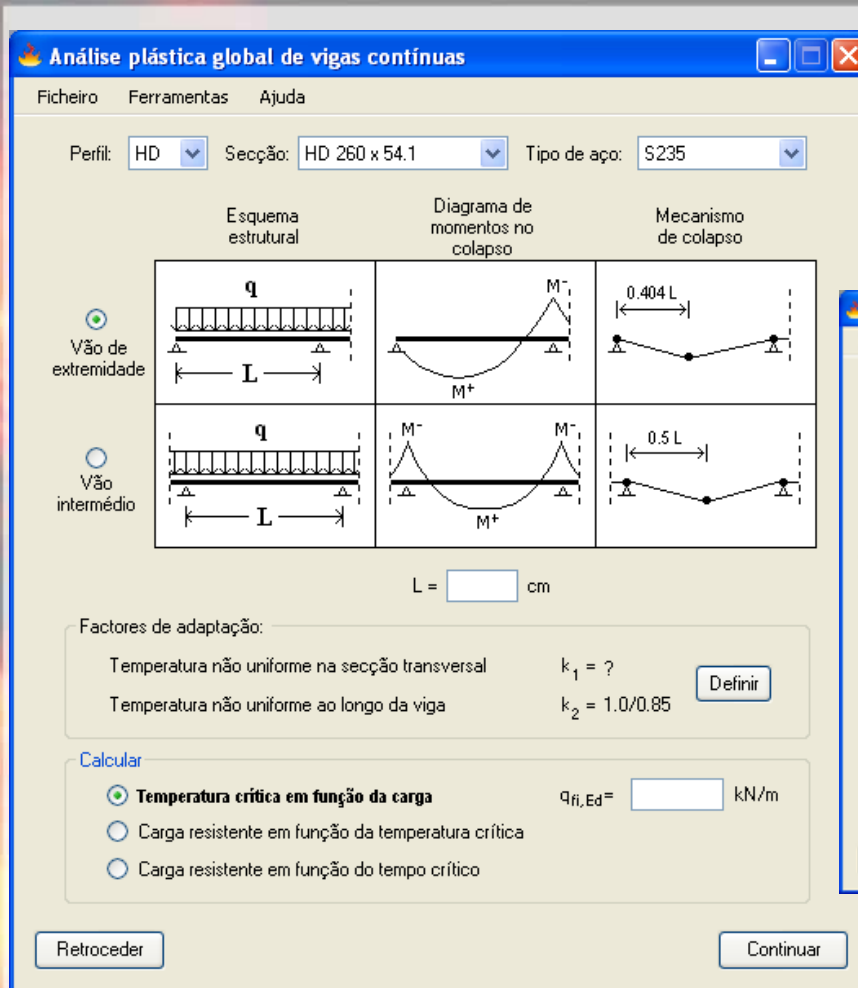
Programa Elefir-EN



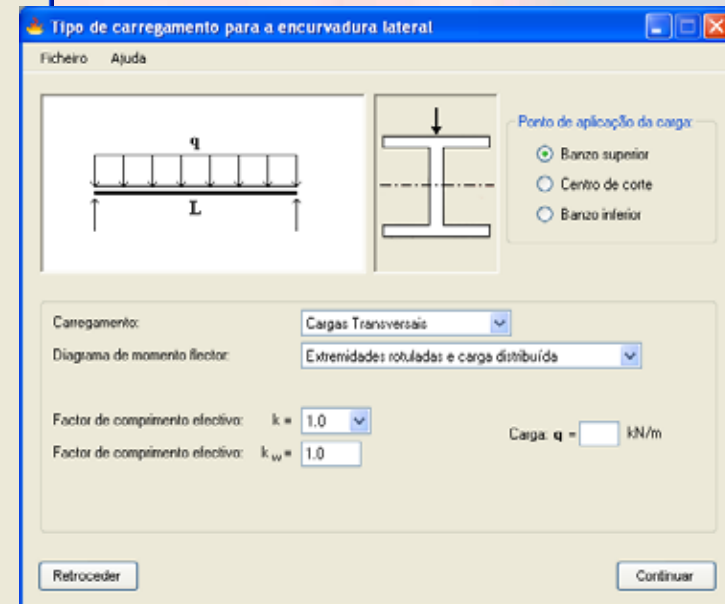
Elefir-EN – Menu principal

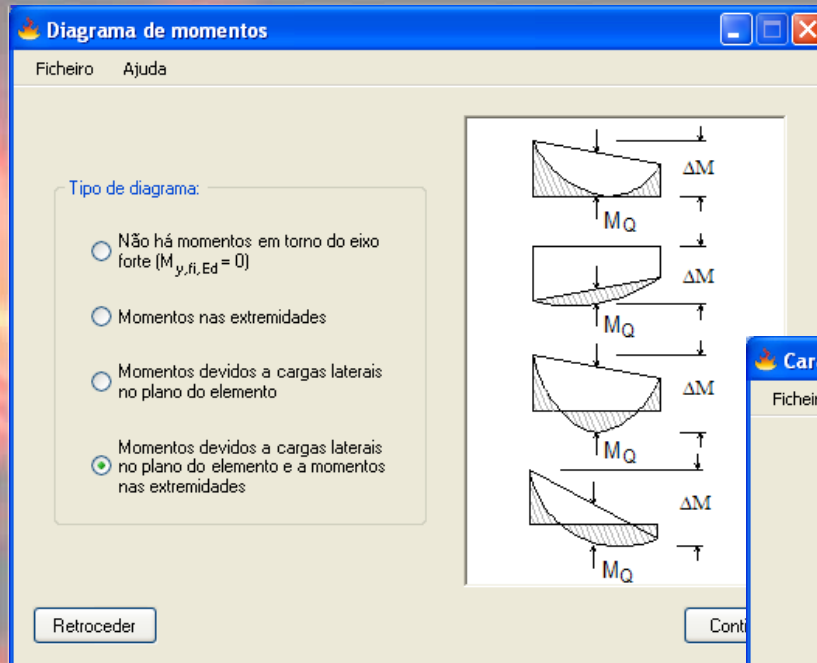


The screenshot shows a software window titled "Tipo de cálculo" (Calculation Type) with a menu bar containing "Ficheiro", "Ferramentas", and "Ajuda". The main content area is titled "Cálculos segundo o EC3" (Calculations according to EC3). It features a text input field for "Nome do projecto:" (Project Name:). Below this is a list of radio buttons for different calculation types: "Elemento sujeito a tracção" (Element subjected to tension), "Elemento sujeito a compressão" (Element subjected to compression), "Elemento sujeito a esforço transversal" (Element subjected to shear), "Elemento sujeito a flexão" (Element subjected to bending), "Elemento sujeito a flexão e compressão" (Element subjected to bending and compression), and "Elemento sujeito a flexão e esforço transversal" (Element subjected to bending and shear). A second group of radio buttons is located below, with "Temperatura em função do tempo" (Temperature as a function of time) selected. To the right of these radio buttons are two input fields: $\gamma_{M_0} = 1.0$ and $\gamma_{M,fi} = 1.0$. A "Continuar" (Continue) button is positioned at the bottom right of the window.

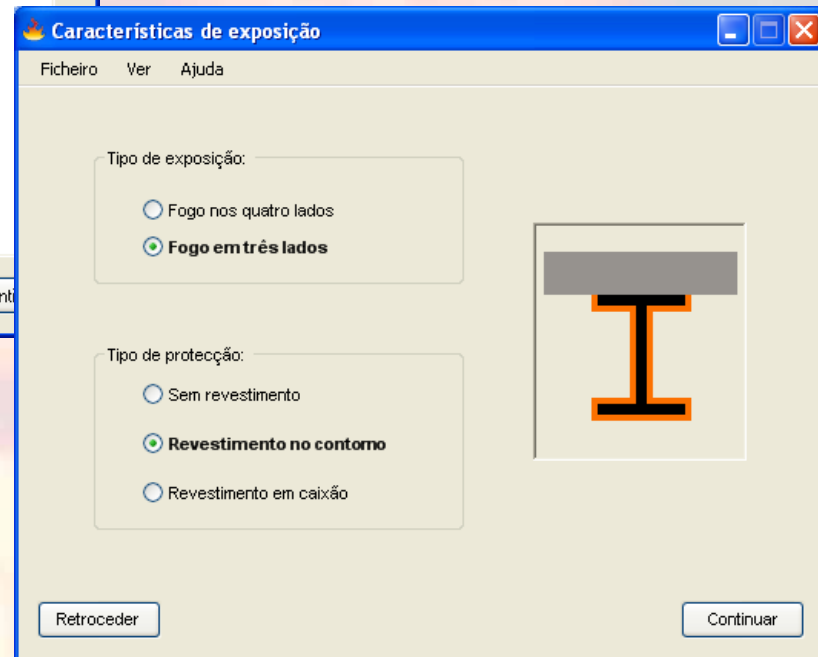


Janela de entrada de dados relativos às cargas





Janela de entrada de dados relativos às cargas



Janela de entrada de dados relativos à protecção

Elefir-EN - Resultados

Relatório resumido de Cálculo Elefir-EN

Conf. Página Pré-visualizar Imprimir Gravar Como Fechar

RELATÓRIO DO ELEFIR-EN

Nome do projecto: DIFISEK+
Data: 03-12-2008

TEMPO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Perfil: IPE 140
Temperatura crítica: 600 °C

EXPOSIÇÃO

Tipo de exposição: Fogo em três lados
Tipo de protecção: Revestimento no contorno

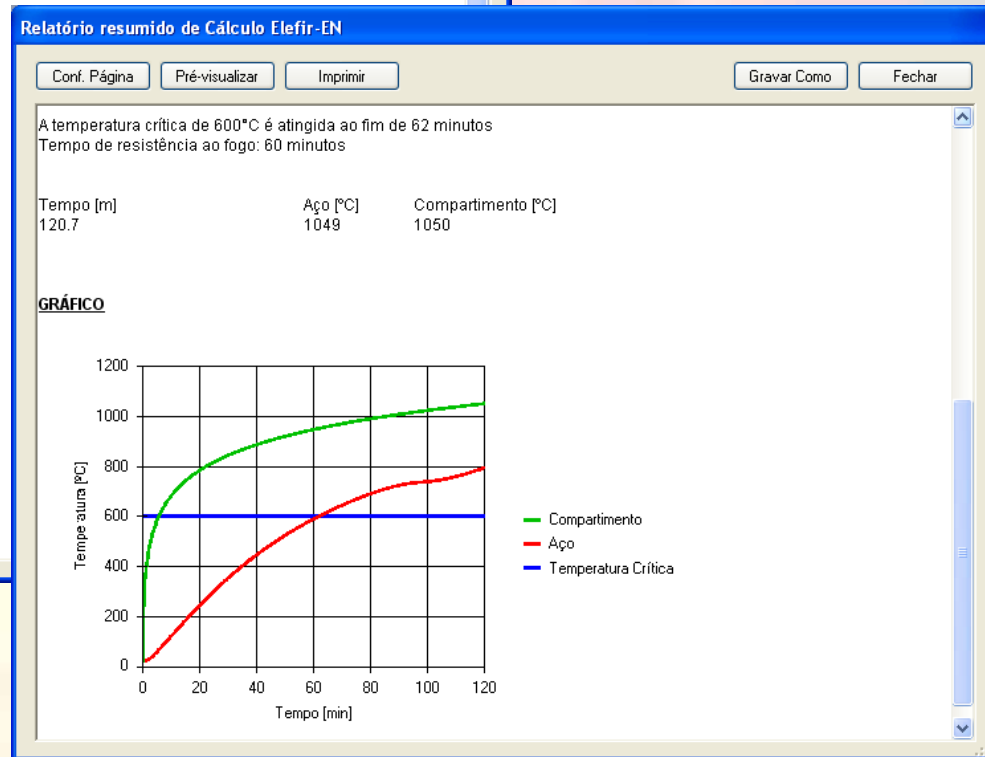
PROTECÇÃO

Material de revestimento: fibra mineral
Condutividade térmica: $\lambda = .12 \text{ W/mK}$
Densidade: $\rho = 300 \text{ Kg/m}^3$
Calor específico: $c = 1200 \text{ J/KgK}$
Teor de humidade: $p = 1 \%$

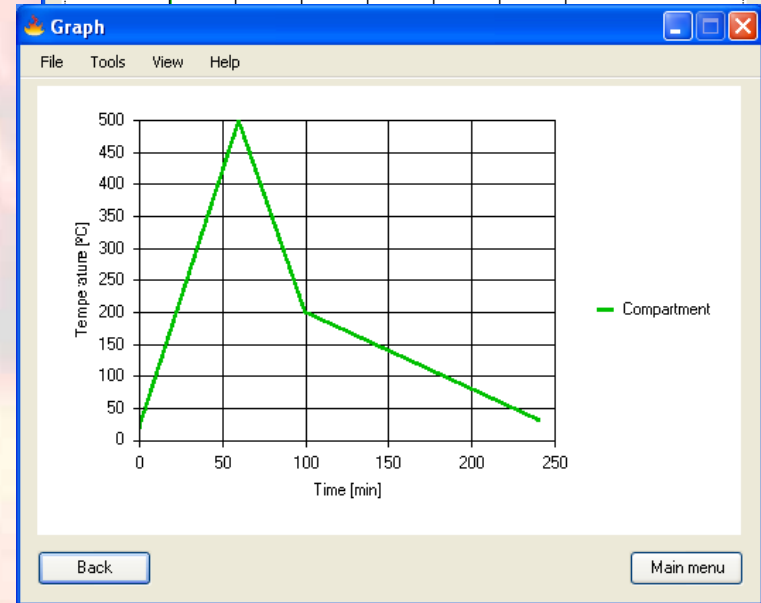
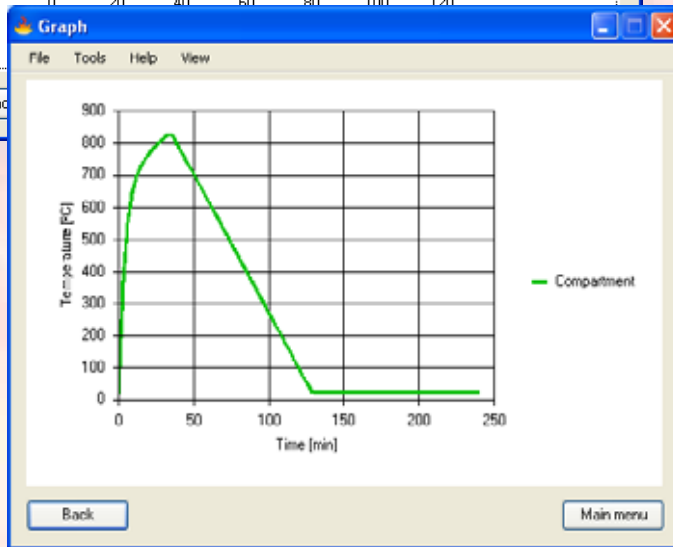
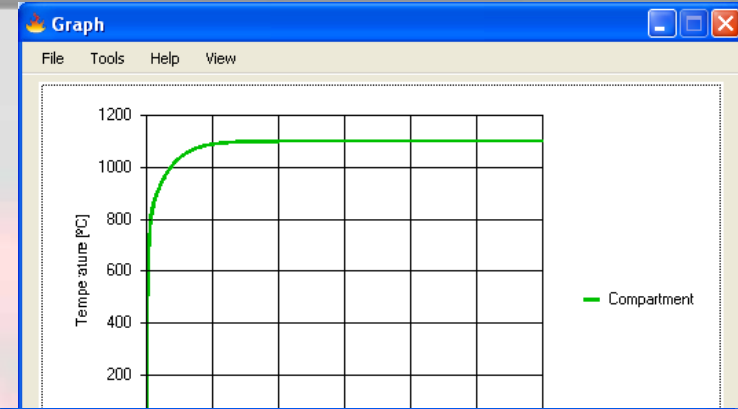
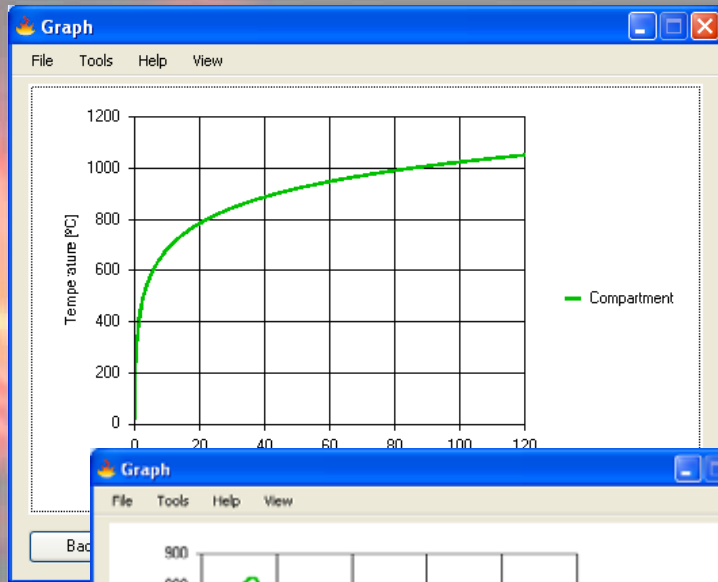
RESULTADOS

Factor de massividade: $[A_p/M] = 290.7 \text{ m}^{-1}$

A temperatura crítica de 600°C é atingida ao fim de 62 minutos
Tempo de resistência ao fogo: 60 minutos



Elefir-EN - Resultados



Modelo simplificado - Potfire

Descrição geral			
Nome	Potfire		
Versão	1.11	Ano	2001
País	França	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	15 MB
Autores	G. Fouquet, G. Tabet, B. Zhao, J. Kruppa		
Organização	CTICM, CIDECT, TNO		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao fogo (simplificado)		
Disponibilidade	Grátis – www.cidect.org		
Contacto	CIDECT - www.cidect.org		
Formulação	Baseado na ENV 1994-1-2 Annex G		
Breve descrição	Resistência ao fogo de colunas tubulares cheias de betão não protegidas		

Potfire – Menu principal

Entrada de dados e resultados

The screenshot shows the PotFire software interface with the following sections and data:

- Section**
 - Type of section: Circular
 - Dimensions of steel section
 - Diameter: 323.9 mm
 - Wall thickness: 6 mm
- Material characteristics**
 - Yield strength of steel section: 355 N/mm²
 - Yield strength of re-bars: 500 N/mm²
 - Compressive strength of concrete (cylinder at 28 days): 30 N/mm²
- Eccentricity of the load**
 - Eccentricity | to buckling axis: 0 mm
- Reinforcement bars**
 - By nr of bars (selected) / By %
 - Re-bars : #: 8 / 12 mrr
 - Concrete covering from rebars axis: 20 mrr
 - Equal to: 1184191 %
- Buckling length**
 - Buckling length: 3.0 m
- Calculation of**
 - Ultimate load (selected) / Fire resistance duration
 - Fire duration: 60 min
- Result**
 - Non-dimensional slenderness: 4140.0000
 - Ultimate load: 1582 kN

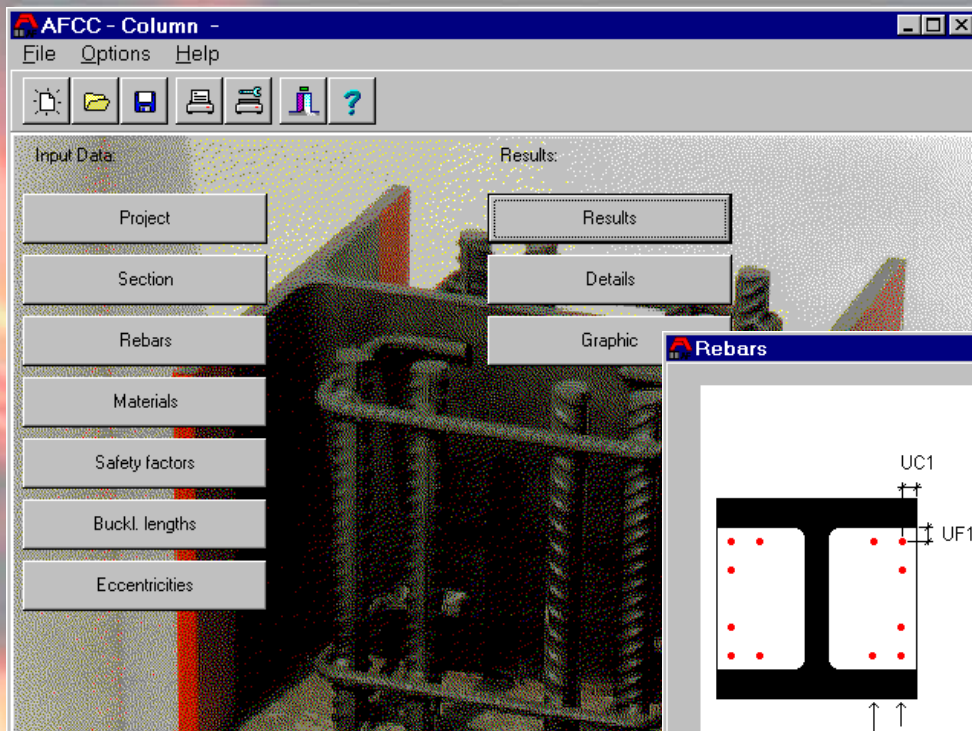
Annotations on the image:

- A large orange bracket on the left side spans from the 'Section' section down to the 'Buckling length' section, labeled '1°'.
- An orange bracket on the right side spans from the 'Material characteristics' section down to the 'Eccentricity of the load' section, labeled '2°'.
- An orange bracket on the right side spans from the 'Calculation of' section down to the 'Result' section, labeled '3°'.
- An orange bracket on the right side spans from the 'Result' section down to the bottom of the window, labeled '4°'.

Modelo simplificado - AFCC

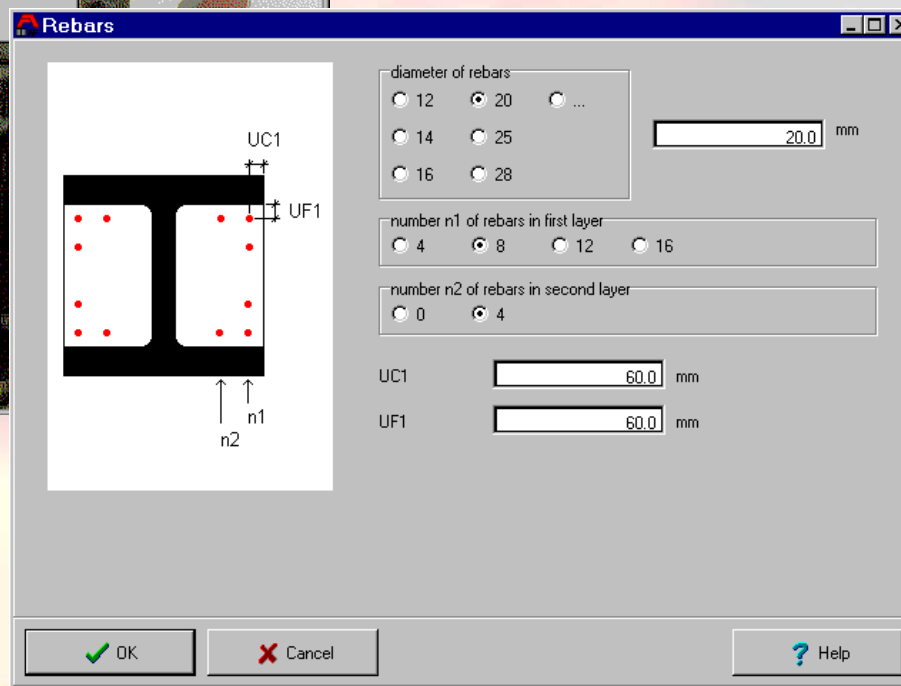
Descrição geral			
Nome	AFCC		
Versão	3.06	Ano	2004
País	Luxemburgo	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	2.5 MB
Autores	H. Colbach		
Organização	Arcelor LCS Research Centre		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao fogo (simplificado)		
Disponibilidade	Free – www.sections.arcelor.com		
Contacto	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Formulação	Baseado na ENV 1994-1-2		
Breve descrição	Resistência ao fogo de colunas mistas		

AFCC – Menu principal / Entrada de dados



Menu principal

Armadura de reforço



AFCC - Resultados

Resultados

Relatório escrito

Results

Ultimate loads [kN]

	axial	axial	eccentrically	eccentrically	eccentrically
	weak axis	strong axis	weak axis	strong axis	biaxial
eccent. [mm]			0.00	0.00	
Service	6403	7256	6403	7256	6403
R 30	5352	5708	5352	5708	5352
R 60	4005	4311	4005	4311	4005
R 90	3019	3277	3019	3277	3019
R 120	1872	2059	1872	2059	1872

Warnings

Number or diameter of the re-bars too high for design at room temperature. Percentage of the reinforcement = 4.16 %
 0.3 % < allowed percentage < 4 % (ENV 1994-1-1,4.8.3.1 and 4.8.2.5)
 4 % assumed for the calculation at room temperature
 Reduced diameter of re-bars for calculation at room-temperature = 19.62 mm

OK Help

Details

Project

Project-Name: DIFISEK
 Project-Number: Example
 Position-Name: AFCC - Example
 Position-Number: 001
 User: DIFISEK
 Comment: Example of use
 created: 5/8/04
 modified last: 5/8/04

Warnings

Number or diameter of the re-bars too high for design at room temperature. Percentage of the reinforcement = 4.16 %
 0.3 % < allowed percentage < 4 % (ENV 1994-1-1,4.8.3.1 and 4.8.2.5)
 4 % assumed for the calculation at room temperature
 Reduced diameter of re-bars for calculation at room-temperature = 19.62 mm

Input values:

Steel-Profile: HE 360 A
 h: 350 mm

OK Help

Graphic

Steel-Profile: HE 360 A
 Rebars: 12 x d = 20 mm

OK ?

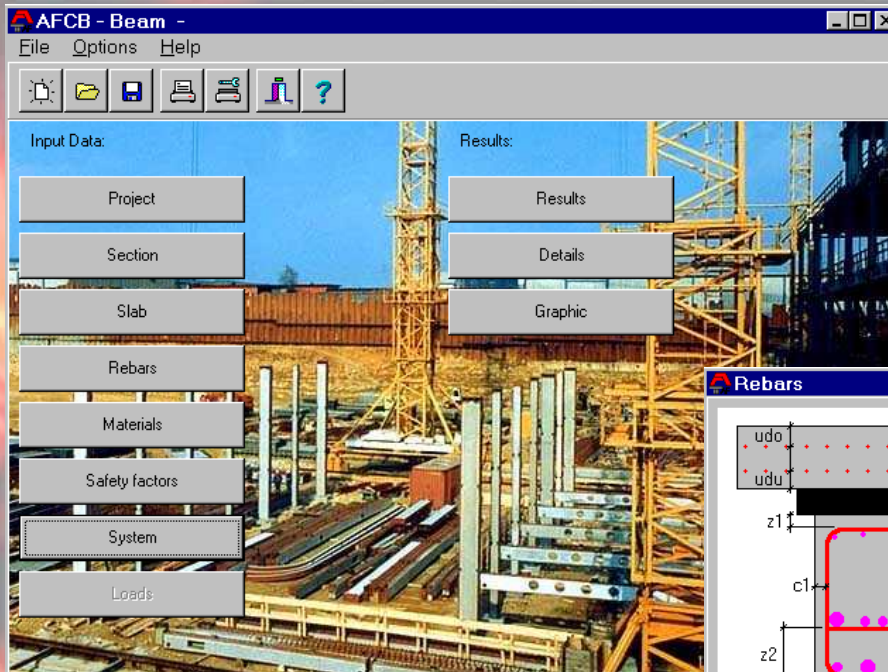
Desenho



Modelo simplificado - AFCB

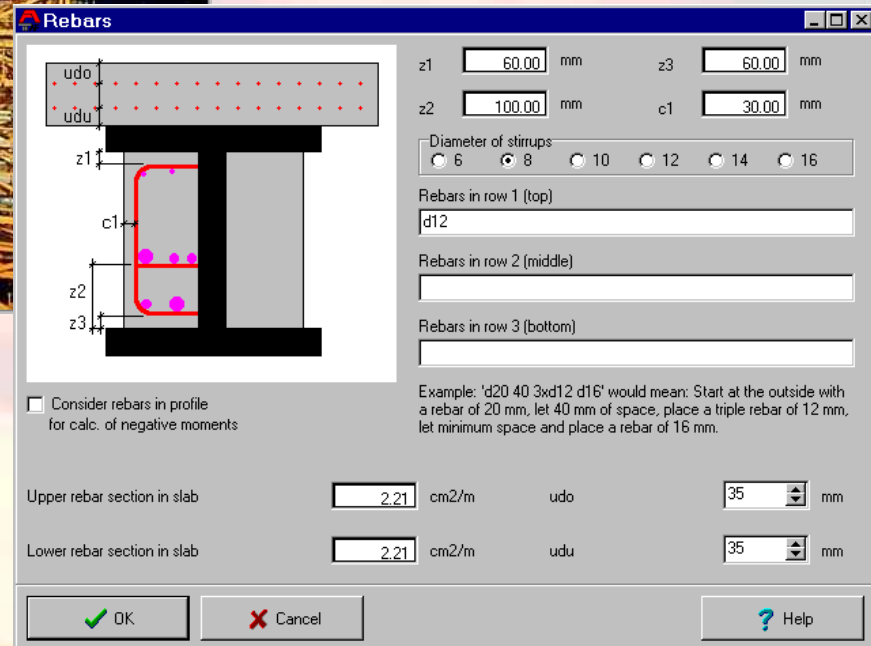
Descrição geral			
Nome	AFCB		
Versão	3.07	Ano	2004
País	Luxemburgo	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	3 MB
Autores	H. Colbach		
Organização	Arcelor LCS Research Centre		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao fogo (simplificado)		
Disponibilidade	Grátis – www.sections.arcelor.com		
Contacto	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Formulação	Baseado na ENV 1994-1-2		
Breve descrição	Resistência ao fogo de vigas mistas		

AFCB – Menu principal / Entrada de dados



Menu principal

Armadura de reforço



AFCB - Resultados

Resultados

Relatório escrito

Results

Ultimate plastic moments and shear forces

	Ultimate positive	Ultimate negative	Ultimate Shear
	Moments M+ [kNm]	Moments M- [kNm]	Forces T.ult [kN]
cold	1748.31	858.47	1221.19
R60	1376.58	518.56	1211.41

Calculation of fire resistance class under given load
Calculation type: Calculation of section resistance

Warnings

OK Help

Desenho

Details

Project

Project-Name: DIFISEK
Project-Number: Example
Position-Name: 001
Position-Number: 001
User: DIFISEK
Comment: Example of use
created: 5/8/04
modified last: 5/8/04

Input values:

Steel-Profile: IPE 600

h: 600 mm
b: 220 mm
t.w: 12 mm
t.f: 19 mm
r: 24 mm
b*: 220 mm

Concrete slab
Type of slab : Cast in place slab
Orientation of joints or ribs : perpendicular to beam-axis

OK Help

Graphic

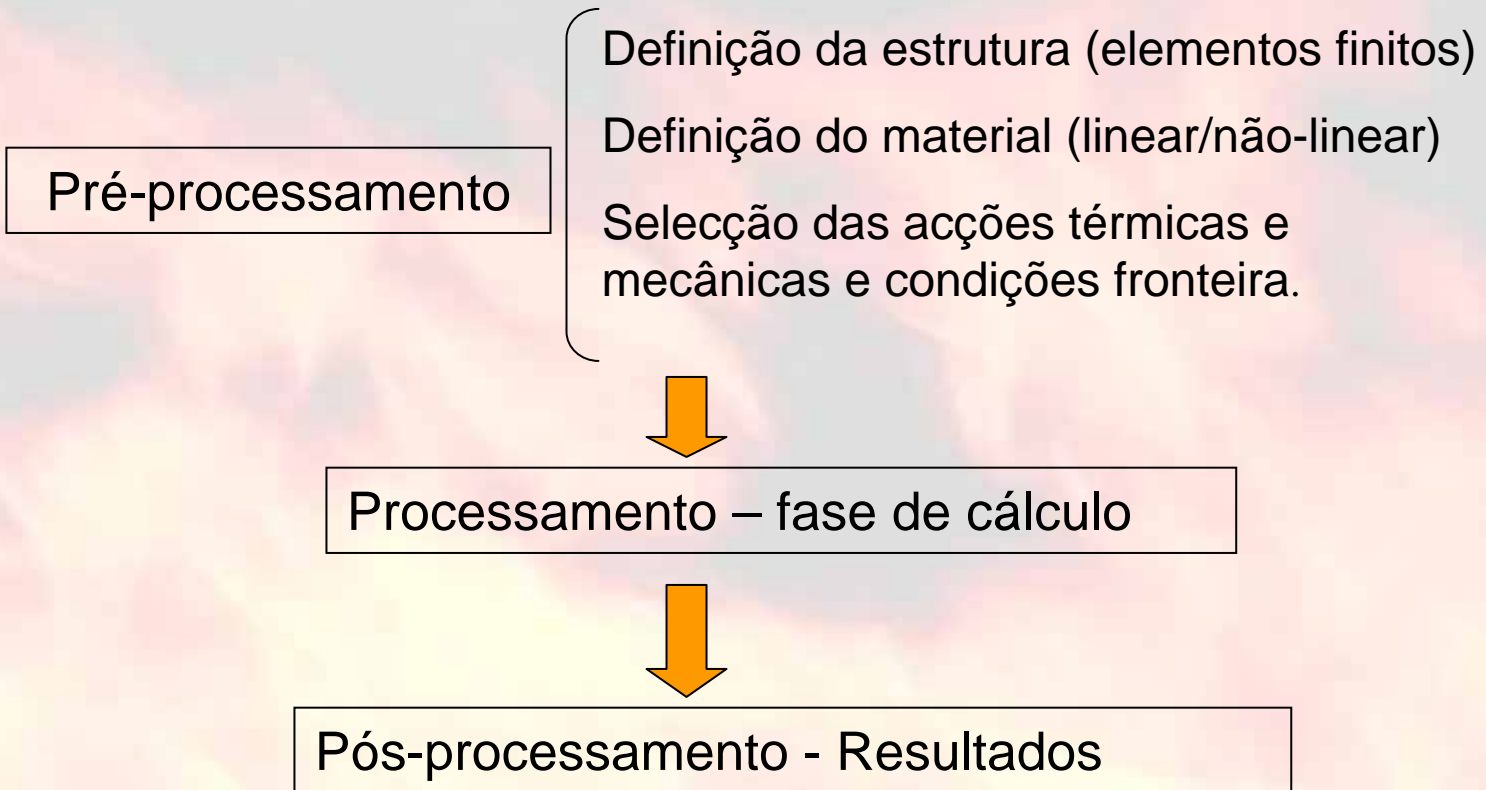
Steel-Profile: IPE 600
Cast in place slab
Orientation of joints or ribs : perpendicular to beam-axis

OK Section Hogging-cold Sagging-cold Hogging-fire Sagging-fire

Help

Modelos avançados de cálculo

Os métodos avançados de cálculo têm três fases fundamentais



Modelo avançado - Safir

Descrição geral			
Nome	Safir		
Versão	9.8	Ano	2007
País	Belgium	Idioma	Inglês
Sistema	Fortran/Visual Basic	Tamanho	----
Autores	J. M. Franssen		
Organização	Universidade de Liège		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao Fogo (avançado)		
Disponibilidade	Software comercial		
Contacto	JM.Franssen@ulg.ac.be		
Formulação	Programa de elementos finitos		
Breve descrição	Modelo de elementos finitos para o comportamento de estruturas ao fogo.		

Modelo avançado - Ansys

Descrição geral			
Nome	Ansys		
Versão	10	Ano	2008
País	EUA	Idioma	Inglês
Sistema	-----	Tamanho	----
Autores	-----		
Organização	ANSYS Inc.		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao fogo (avançado)		
Disponibilidade	Software comercial		
Contacto	Ansys – www.ansys.com		
Formulação	Programa de elementos finitos		
Breve descrição	Software de uso geral		

Modelo avançado - Abaqus

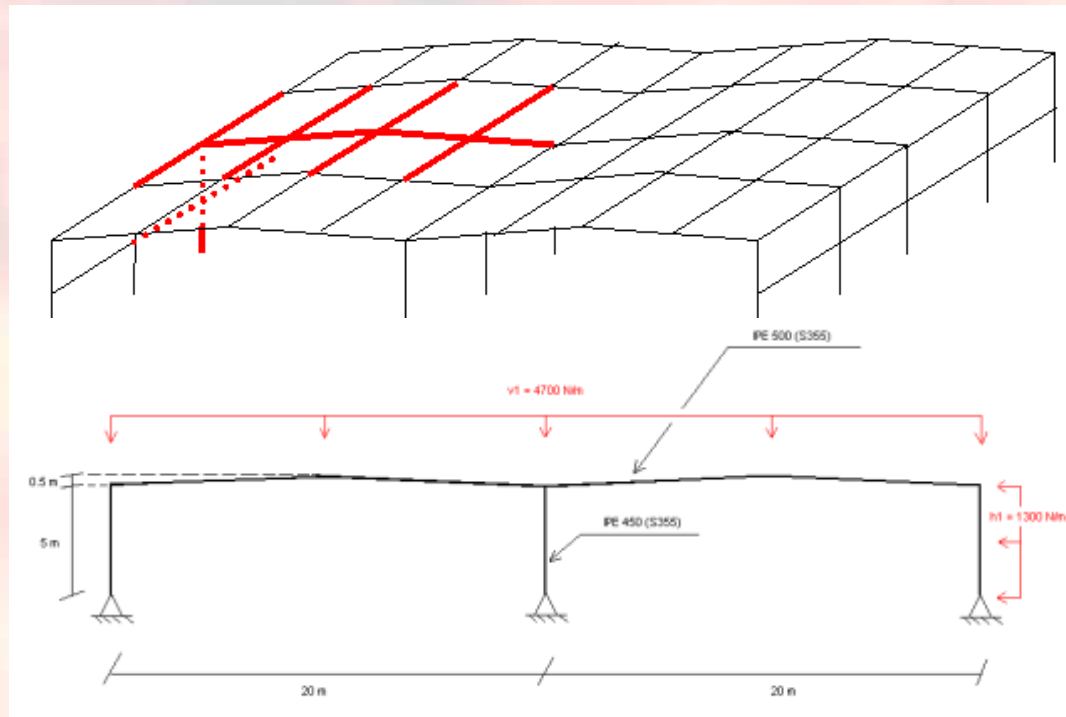
Descrição geral			
Nome	Abaqus		
Versão	6.7	Ano	2008
País	EUA	Idioma	Inglês
Sistema	MS-DOS	Tamanho	----
Autores	Hibbitt, Krlsson and Sorensen		
Organização	ABAQUS Inc.		
Campo de aplicação	Modelo de resistência ao fogo (avançado)		
Disponibilidade	Software comercial		
Contacto	Abaqus – www.abaqus.com		
Formulação	Programa de elementos finitos		
Breve descrição	Software de uso geral		

SAFIR/ANSYS/ABAQUS – Caso de estudo

Cenário de incêndio: Incêndio num pavilhão industrial

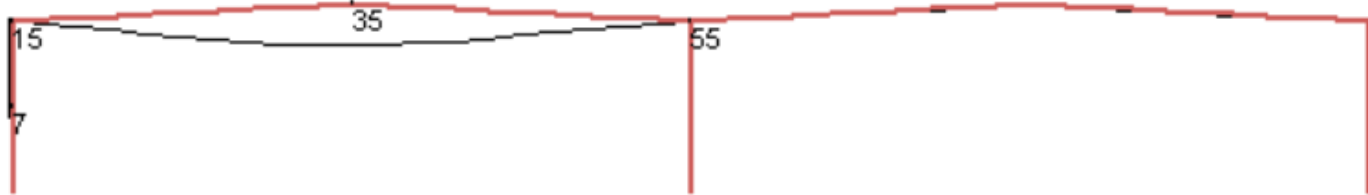
Fogo de cálculo: Curva ISO 834

Objectivo: Cálculo da resistência ao fogo da estrutura e da influência das zonas afectadas no resto da estrutura.

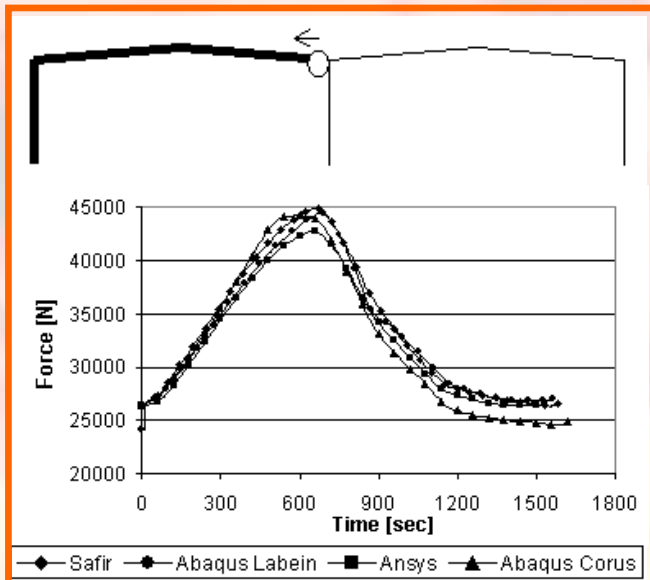


SAFIR/ANSYS/ABAQUS – Caso de estudo

2D



Deformada sem amplificação (modo estático)



Deformada sem amplificação (modo dinâmico)

O pórtico da esquerda entra em colapso para o interior.

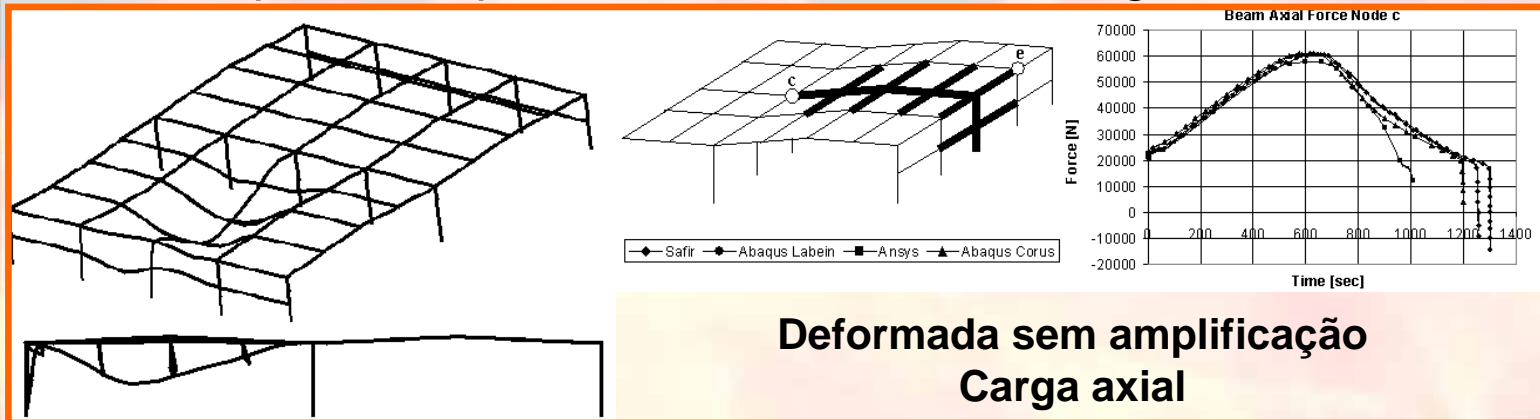
Esforço axial – inferior ao efeito do vento no estado limite de utilização.

SAFIR/ANSYS/ABAQUS – Caso de estudo

3D – Um só pórtico aquecido



3D – Um pórtico aquecido e as madres a ele ligadas



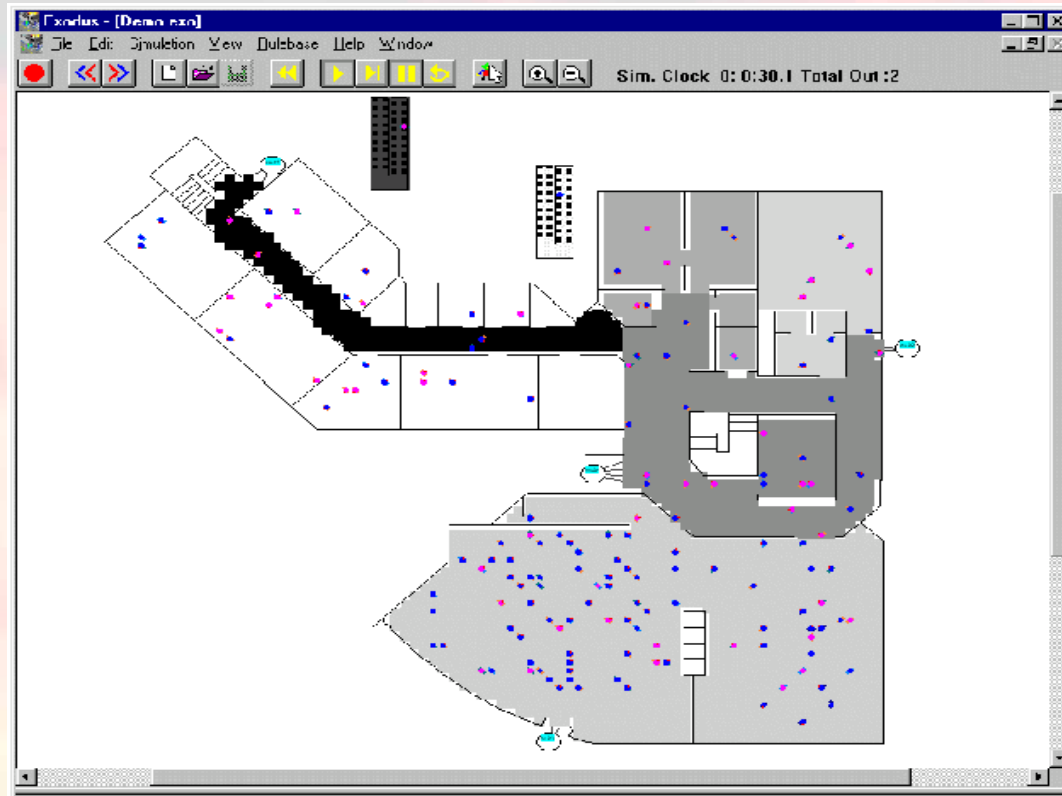
Modelos de evacuação e modelos de extinção (sprinklers)

Modelo de evacuação - Exodus

Descrição geral			
Nome	Exodus		
Versão	4.0	Ano	2004
País	Reino Unido	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	-----
Autores	E. Galea, St. Gwyne, S. Blake, L. Filippidis		
Organização	Universidade de Greenwich		
Campo de aplicação	Modelo de evacuação		
Disponibilidade	Commercial – www.fseg.gre.ac.uk		
Contacto	E.R.Galea@greenwich.ac.uk		
Formulação	-----		
Breve descrição	Modelo de evacuação baseado no comportamento humano		

Modelo de evacuação - Exodus

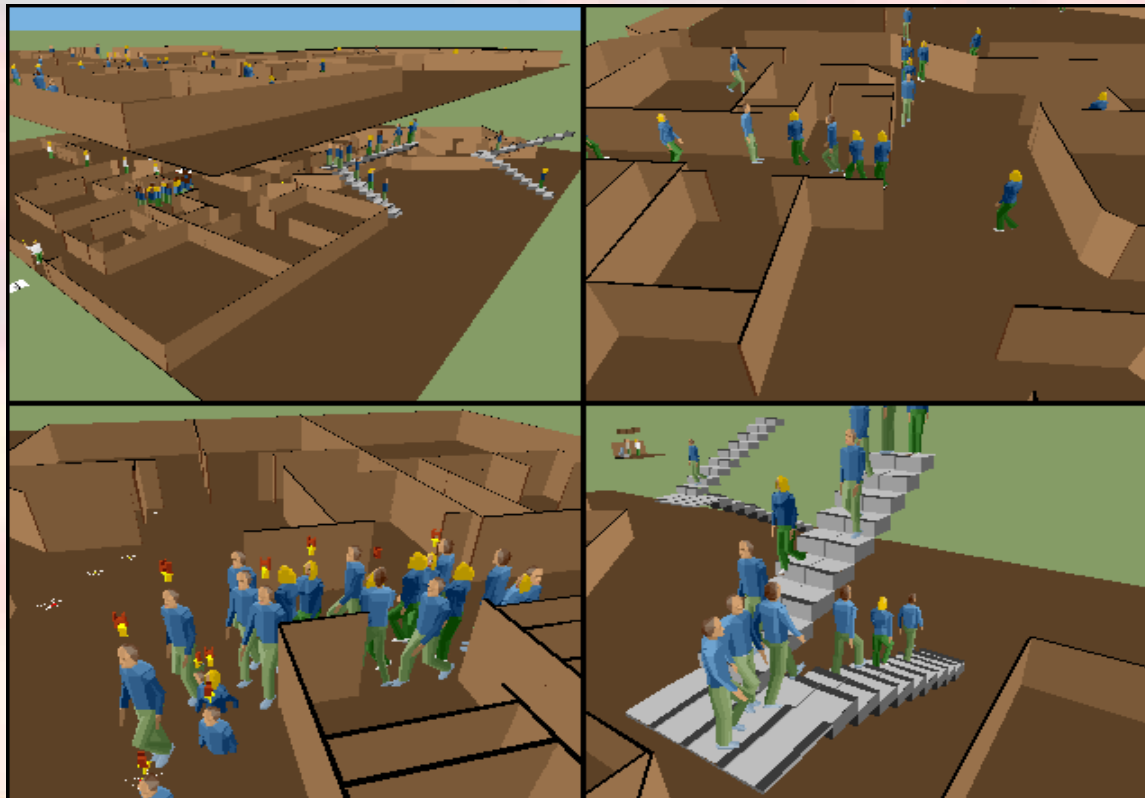
- A simulação permite ao utilizador avaliar o nível de segurança durante a evacuação.



Modelo de evacuação - Exodus

Resultados:

A simulação pode ser visualizada com o pós-processador VR-EXODUS



Modelo de extinção - Jet

Descrição geral			
Nome	Jet		
Versão	1.0	Ano	1999
País	EUA	Idioma	Inglês
Sistema	Windows	Tamanho	4 MB
Autores	W. D. Davids		
Organização	NIST (National Institute of Standards and Technology)		
Campo de aplicação	Modelo de detecção		
Disponibilidade	Free – www.fire.nist.gov		
Contacto	NIST - www.fire.nist.gov		
Formulação	Modelo de zona baseado no programa LAVENT Algoritmo para avaliar a temperatura no eixo da chama Algoritmo dependente da espessura da camada de fumo		
Breve descrição	Resposta dos sprinklers – Tempo de activação		

Jet – Menu principal / entrada de dados

jet

vents fire links

Open File Unit Convert Save File Run Jet End

JET

Room Geometry (m)

Room Length (m)	11,52
Room Width (m)	9,35
Ceiling Height (m)	5,12
Curtain Length (m)	1,50
Curtain Height (m)	2,00

Ceiling Properties

INSULATED METAL DECK	
Th. Cond. (W/(m °C))	1,50E-01
Ht. Cap. (J/kg °C)	1,16E+03
Density (kg/cu m)	1,05E+03
Ceiling Thickness (m)	0,10

Sprinkler Links

Link #	Rad. Dist. (m)	RTI sqrt(m.s)	Fuse Temp (°C)	Below Ceiling	C-factor sqrt(m/s)
1	1,75	350,00	79,00	0,62	1,00
2	1,75	350,00	79,00	0,62	1,00
3	3,20	350,00	79,00	0,62	1,00
4	3,0	350,00	79,00	0,62	1,00

Vent Properties

Vent #	Vent Area (sq m)	Link #

Forced Ventillation

Air Flow (m3/s)	Temp °C	Time s
0,00	20,00	20,00

Program Times (s)

Output Time	25,00
End Time	300,00

Solver Inputs

DDDRIVE Tol.	1,00E-06
SOLVER Type	1
Flux Update Int. (s)	2,00
Smallest Value	1,00E-06
# Ceiling Seg.	6

Fire Properties

Ambient Temp (°C)	20,00
Fire Height (m)	1,00
Fire Diameter (m)	255,00

Fire Input

Seg. #	Time (s)	HRR (kW)	Rad. Frac. (<1.0)
1	0,00	0,00	0,33
2	0,00	1,000,00	0,33
3	0,00	1,000,00	0,33
4	120,00	640,00	0,33
5	180,00	1.440,00	0,33
6	300,00	4.000,00	0,33

HRR/Area for selected fuels



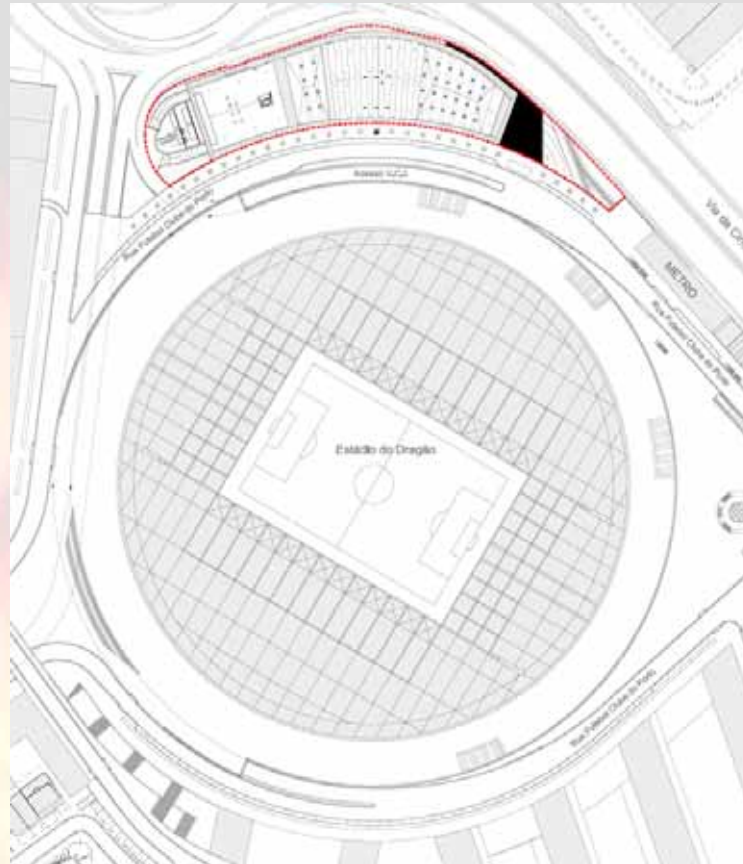
**Cobertura do Pavilhão Gimnodesportivo do
Futebol Clube do Porto**

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto



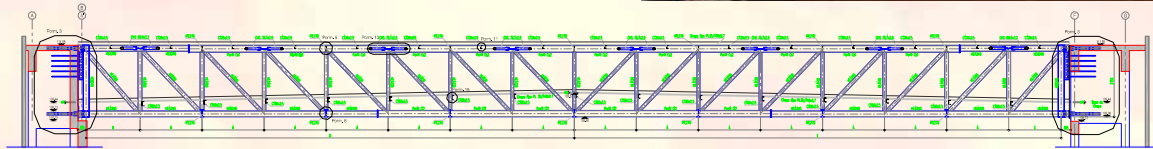
Tipo: Pavilhão Gimnodesportivo
Construção: 2008/2009
Altura máxima: 13.5 m
Área em planta: 76.7 m x 29.5 m

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto

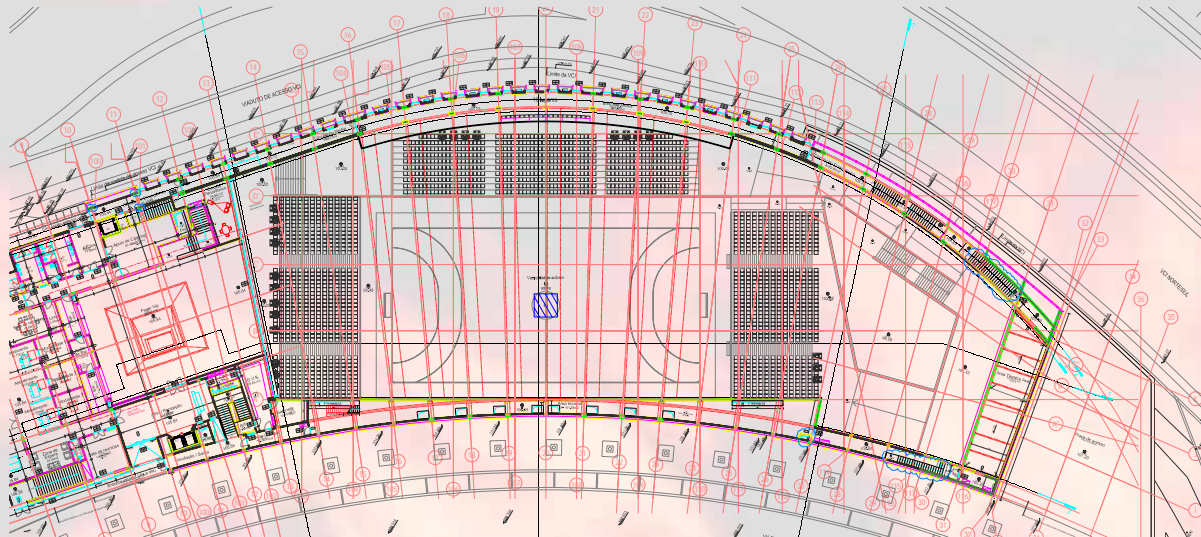


Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto

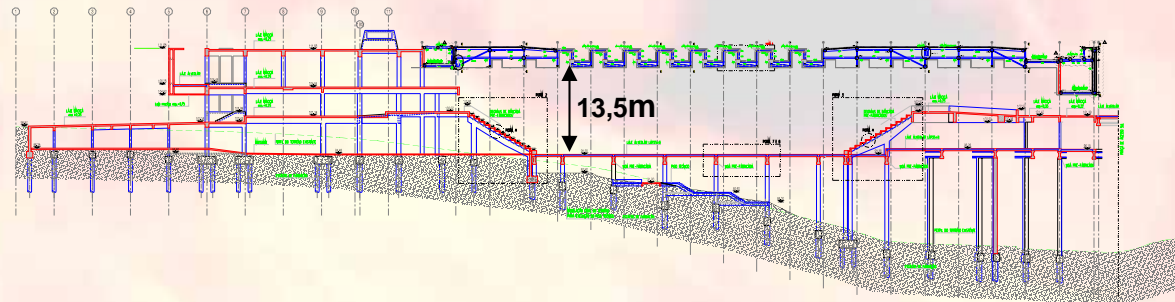
- Asnas: vão máximo = 36 m
- Perfis utilizados: HEA 120, HEA 140, HEA 160, HEA 240, HEA 260, HEA 280 e HEB 240.
- Aço da classe S275



Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto



Planta



Corte

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto

Resistência ao fogo exigida: **R 60**

A verificação da Estabilidade ao Fogo R60 foi feita comprovando-se que:

1. Com o incêndio padrão o colapso da estrutura não deve ocorrer antes de 60 minutos;
2. Com o incêndio natural e métodos simplificados do comportamento mecânico, o colapso da estrutura deve ocorrer durante todo o desenvolvimento do incêndio;
3. Com o incêndio natural e métodos avançados de cálculo o colapso da estrutura deve ocorrer antes de 60 minutos ou mesmo durante todo o desenvolvimento do incêndio.

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto

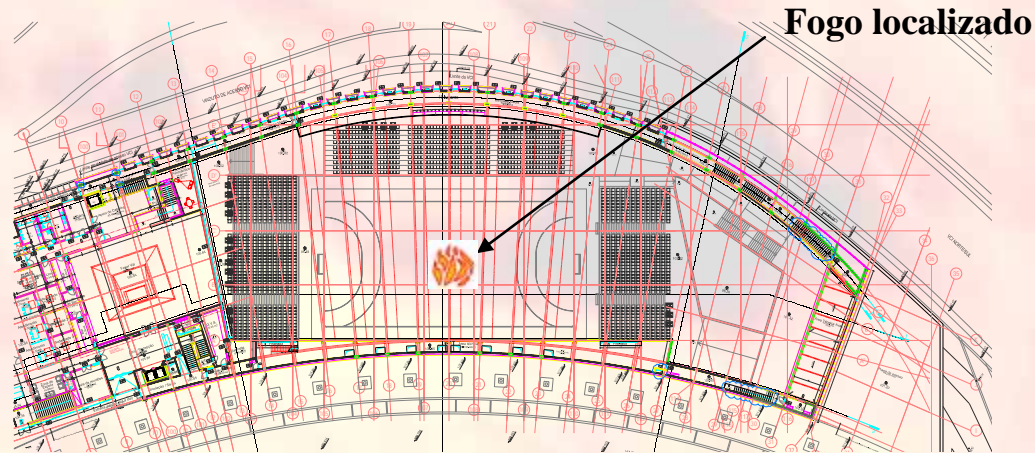
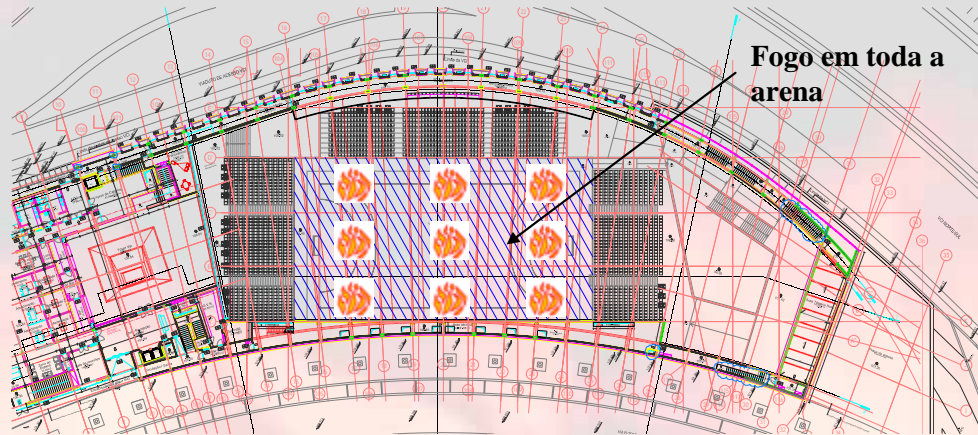
Resistência ao fogo exigida: **R 60**

- Incêndio natural
- Não se consideraram medidas activas de segurança
- Incêndio padrão
- Taxa de libertação de calor,
 $RHR_f = 250 \text{ kN/m}^2$
- Velocidade de propagação: média
- Valor característico da densidade de carga de incêndio: 200 MJ/m^2

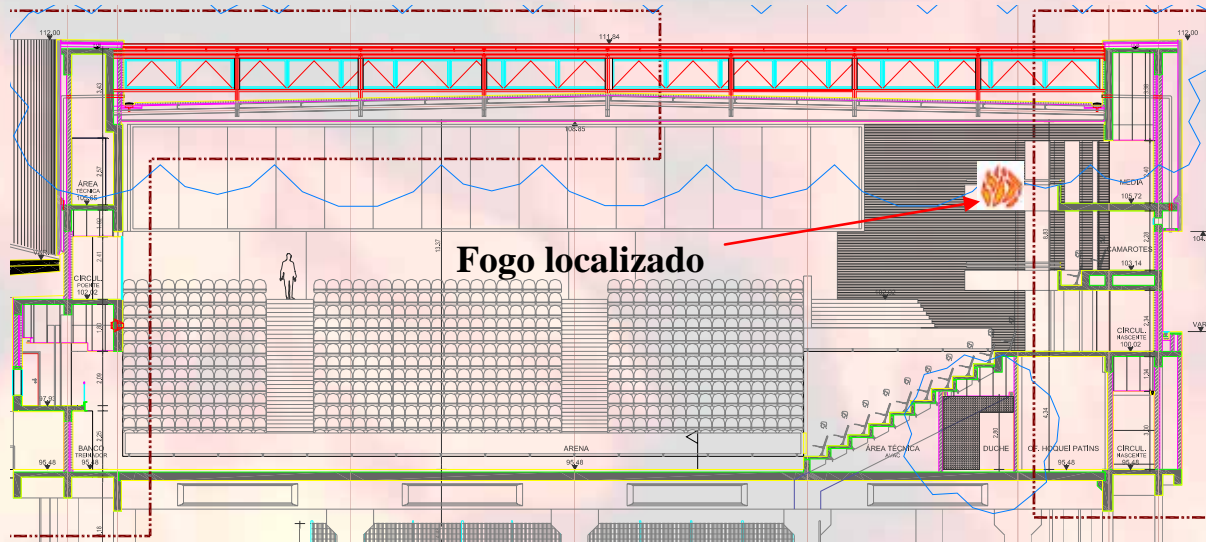
Temperaturas
calculadas com o
programa OZone

Comportamento
mecânico avaliado
com o programa de
elementos finitos
SAFIR

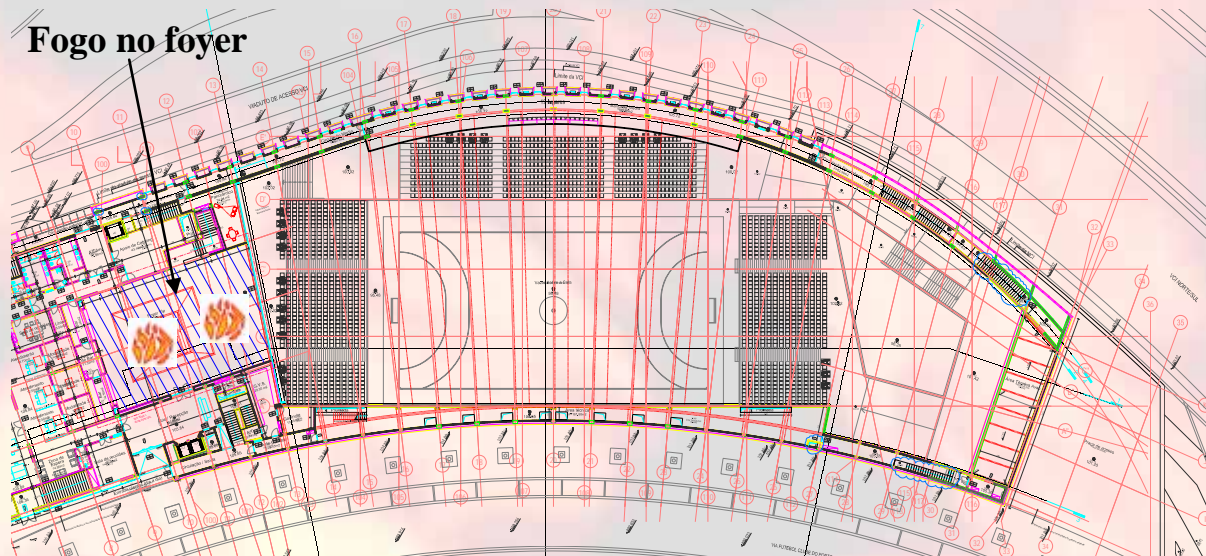
Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Cenários de incêndio analisados



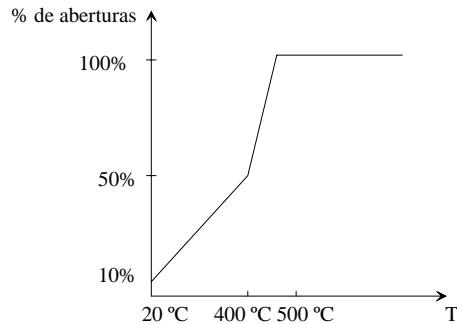
Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Cenários de incêndio analisados



Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Cenários de incêndio analisados



Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Critério para as aberturas



Variação linear

Percentagem de aberturas constante ao longo do incêndio na arena

Tabela 1: Temperatura máxima em função da percentagem de aberturas

Percentagem de aberturas durante o incêndio	Temperatura máxima [°C]
10 %	305
20 %	334
30 %	384
40 %	420
50 %	446
60 %	482
70 %	475
80 %	464
90 %	454
100 %	444

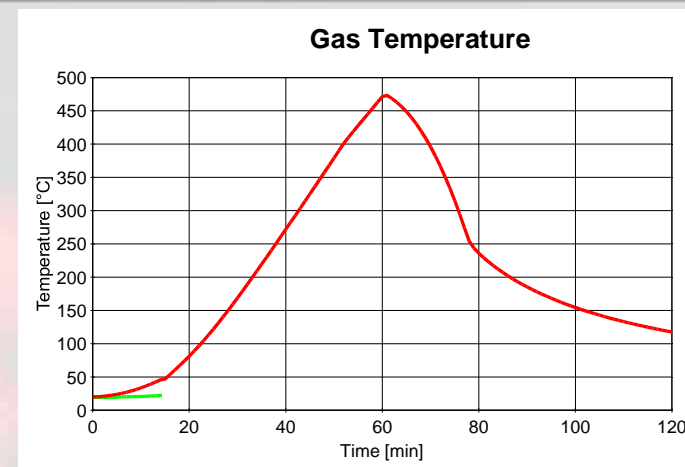
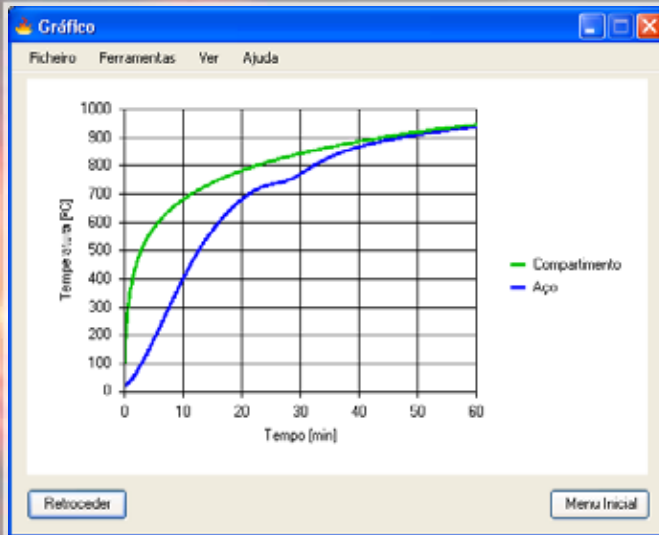
Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Critério para as aberturas

Percentagem de aberturas constante ao longo do incêndio
incêndio no foyer

Tabela 2: Temperatura máxima em função da percentagem de aberturas

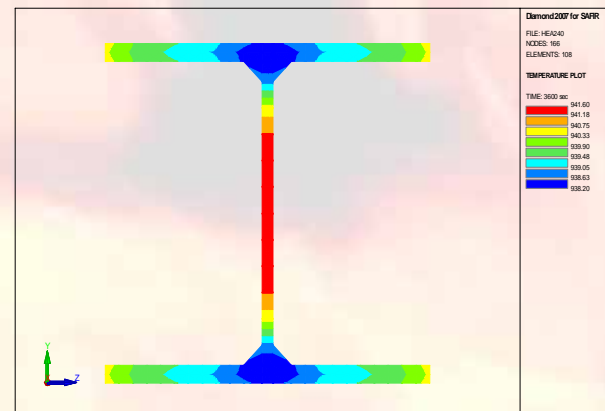
Percentagem de aberturas durante o incêndio	Temperatura máxima [°C]
10 %	434
20 %	554
30 %	627
40 %	680
50 %	719
60 %	752
70 %	780
80 %	802
90 %	820
100 %	828

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Temperaturas calculadas



OZone

Elefir-EN



SAFIR

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Análise Mecânica

Método simplificado de cálculo

Tabela 4: Esforços mais desfavoráveis a 20 °C, temperaturas críticas correspondentes e temperaturas máximas com incêndio natural

	Esforços [kN]		Temperatura crítica Elefir-EN [9] [° C]	T _{máx} dos perfis com incêndio natural (OZone) na arena [° C]	T _{máx} dos perfis com incêndio natural (OZone) no Foyer VIP [° C]
	Compressão	Tracção			
HEA280	-110.3		943	435	735
HEA260		144.1	899	438	736
HEA240	-212.5		774	440	738
HEB240		3.74	1195	589	781
HEA160	-82	113	808	451	753
HEA140	-60	89	814	455	765
HEA120	-40	56	859	457	769

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Análise Mecânica

Método simplificado de cálculo

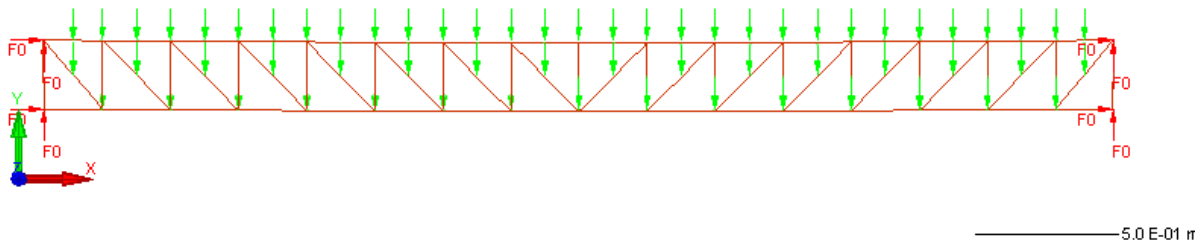
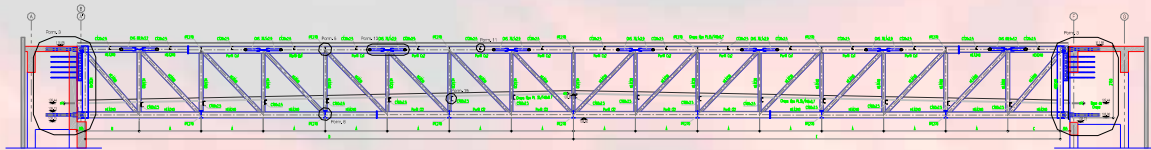
Tabela 5: Esforços mais desfavoráveis a 20 °C, temperaturas críticas correspondentes, tempos e temperaturas máximas com incêndio padrão ISO 834

	Esforços [kN]		Factor de Massividade para os perfis aquecidos em 4 lados [m ⁻¹]	Temperatura crítica Elefir-EN [9] [°C]	Tempo crítico com ISO 834 [min]	Temperatura atingida aos 60 min. Com ISO 834 [°C]
	Compressão	Tracção				
HEA280	-110.3		943	943	62	938
HEA260		144.1	899	899	47	938
HEA240	-212.5		774	774	29	939
HEB240		3.74	1195	1195	320	954
HEA160	-82	113	808	808	27	940
HEA140	-60	89	814	814	26	941
HEA120	-40	56	859	859	26	941

Nota: para garantir uma resistência R60 com a curva ISO 834 seria necessário utilizar protecção passiva

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Análise Mecânica

Método avançado de cálculo



Diamond 2007 for SAFIR

FILE: PavFCPv1
NODES: 621
BEAMS: 326
TRUSSES: 0
SHELLS: 0
SOILS: 0

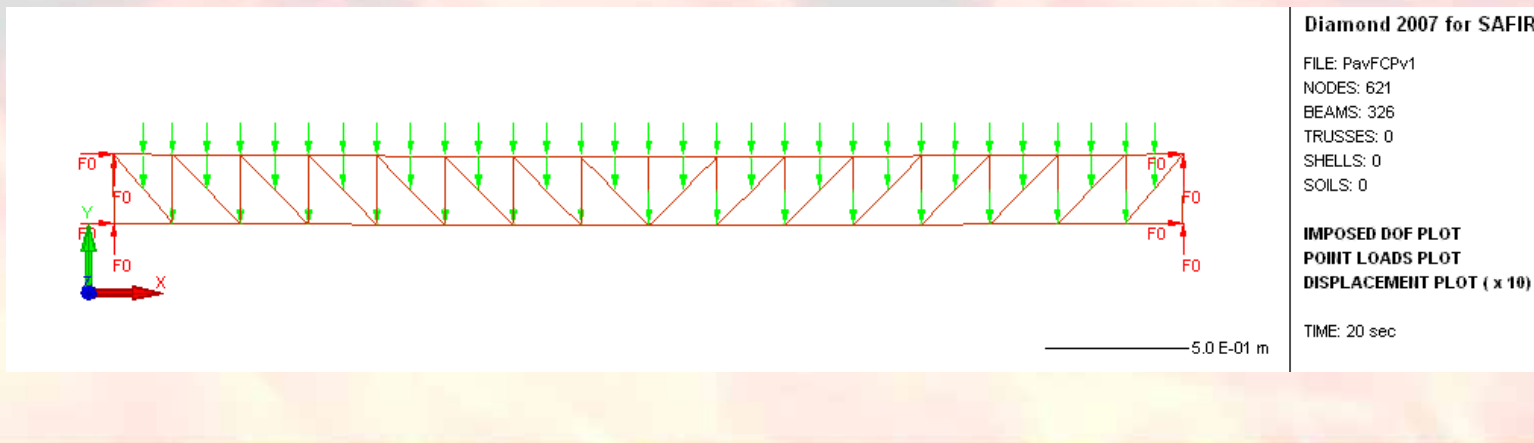
IMPOSED DOF PLOT
POINT LOADS PLOT
DISPLACEMENT PLOT (x 10)

TIME: 20 sec

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Análise Mecânica Método avançado de cálculo

Foram efectuadas as análises seguintes:

- Viga sem possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio padrão ISO 834;
- Viga com possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio padrão ISO 834;
- Viga sem possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio natural;
- Viga com possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio natural.



Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Análise Mecânica Método avançado de cálculo - Resultados

- a) Viga sem possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio padrão ISO 834;
- b) Viga com possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio padrão ISO 834;
- c) Viga sem possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio natural;
- d) Viga com possibilidade de dilatar na direcção horizontal sujeita ao incêndio natural.

Tabela 6: Resultados da análise por métodos avançados

Caso estudado	Tempo de colapso [min]	Reacção máxima [kN]	Deslocamento horizontal máximo [cm]
a) ISO 834	24.8	2100	-
b) ISO 834	26.6	-	43
ISO 834*	60	2100	-
c) “natural”	66.1	2100	-
d) “natural”	(Não ocorreu colapso)	-	21

* Nota: A título informativo junta-se também a o valor da reacções horizontais máximas que se gerariam no caso de se proteger a estrutura de modo a esta ter uma resistência ao fogo de 60 minutos com a curva ISO 834.

Pavilhão Gimnodesportivo do Futebol Clube do Porto. Conclusões

Não foi necessário proteger a estrutura metálica da cobertura, mesmo não tendo considerado medidas activas de segurança, nem o efeito dos exaustores de tecto

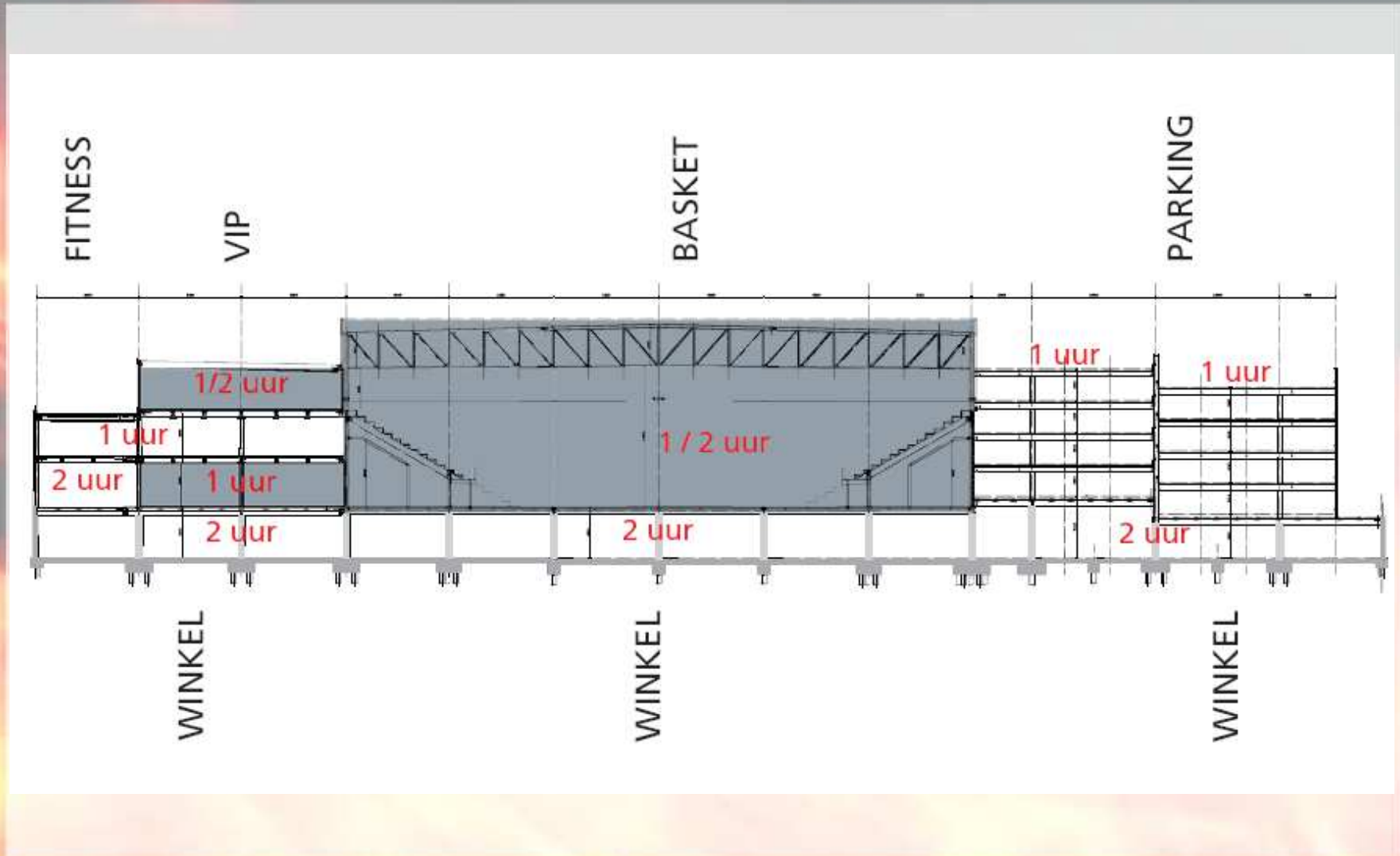


EJEMPLOS DE CÁLCULO

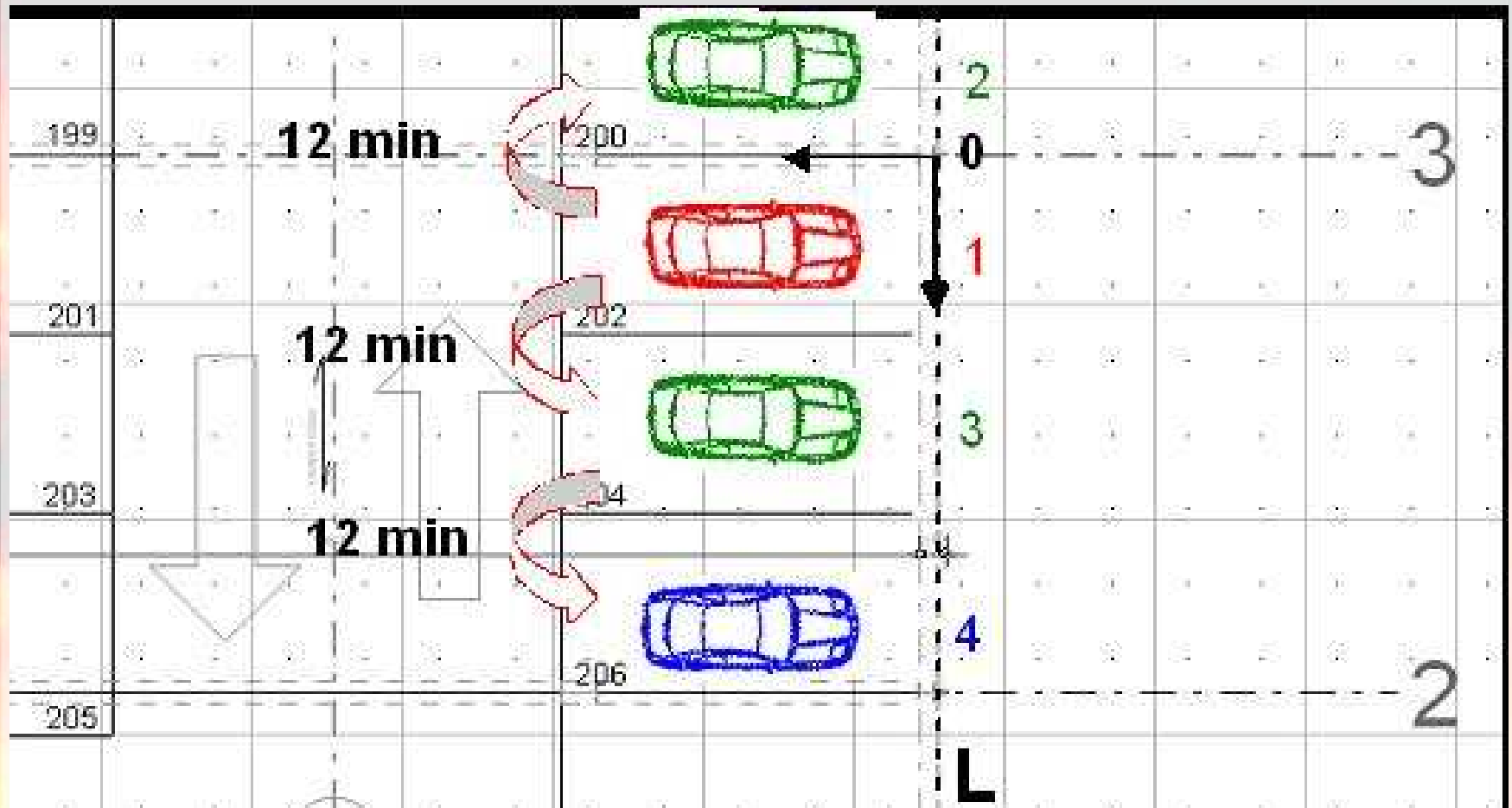
Aparcamiento de Ostende (Bélgica)

Definición del escenario de incendio

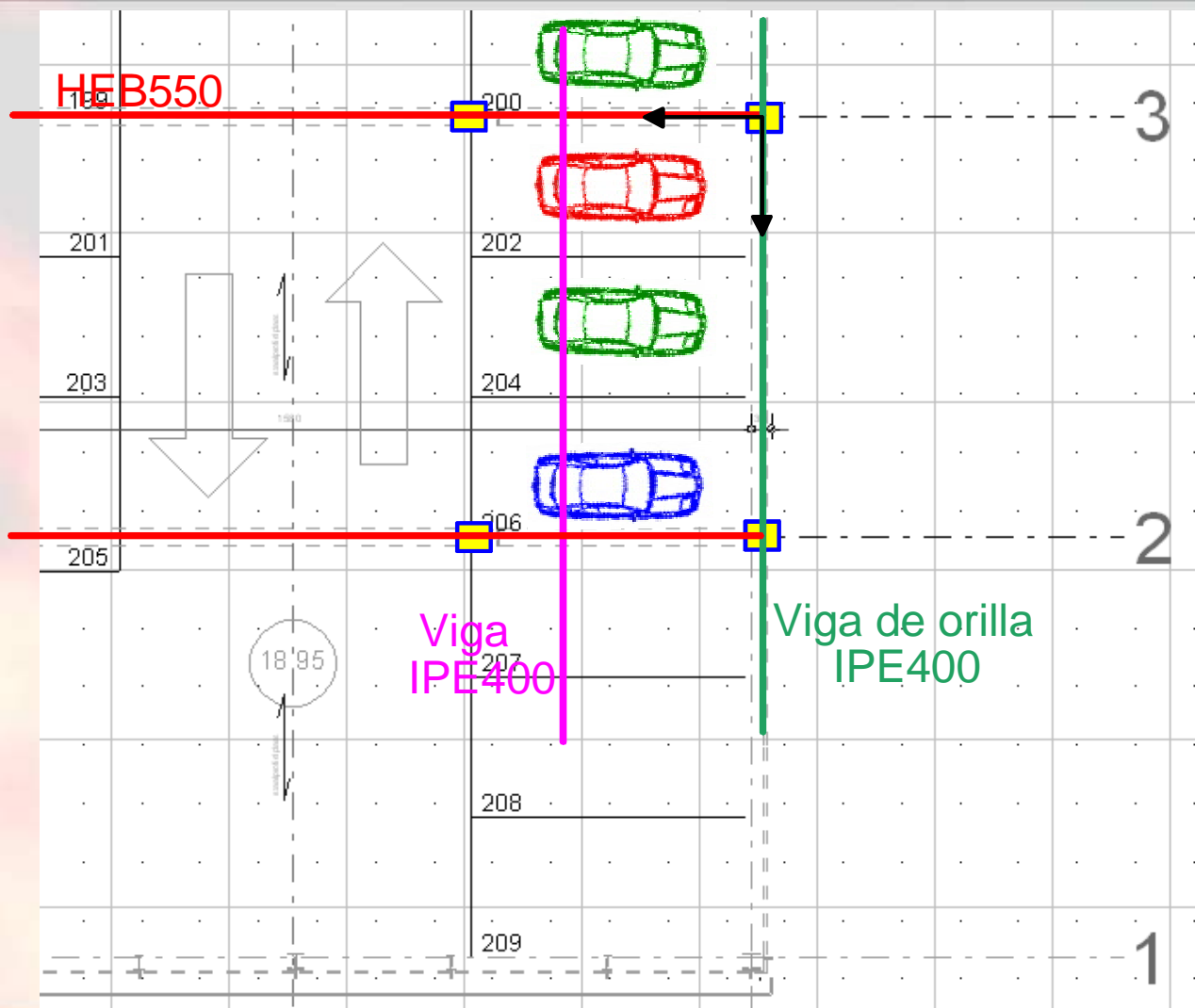
Resistencia al fuego solicitada



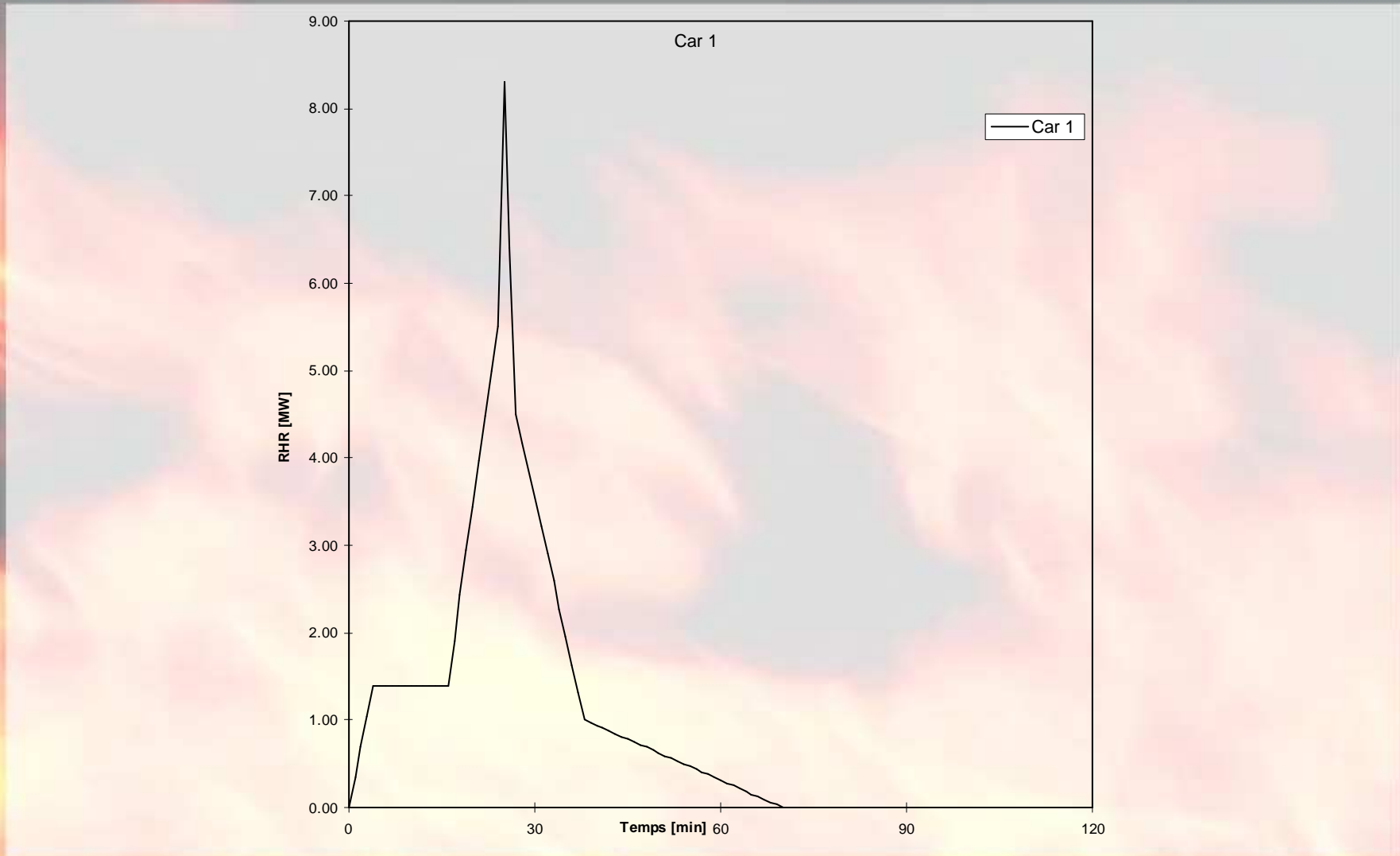
Escenario 1



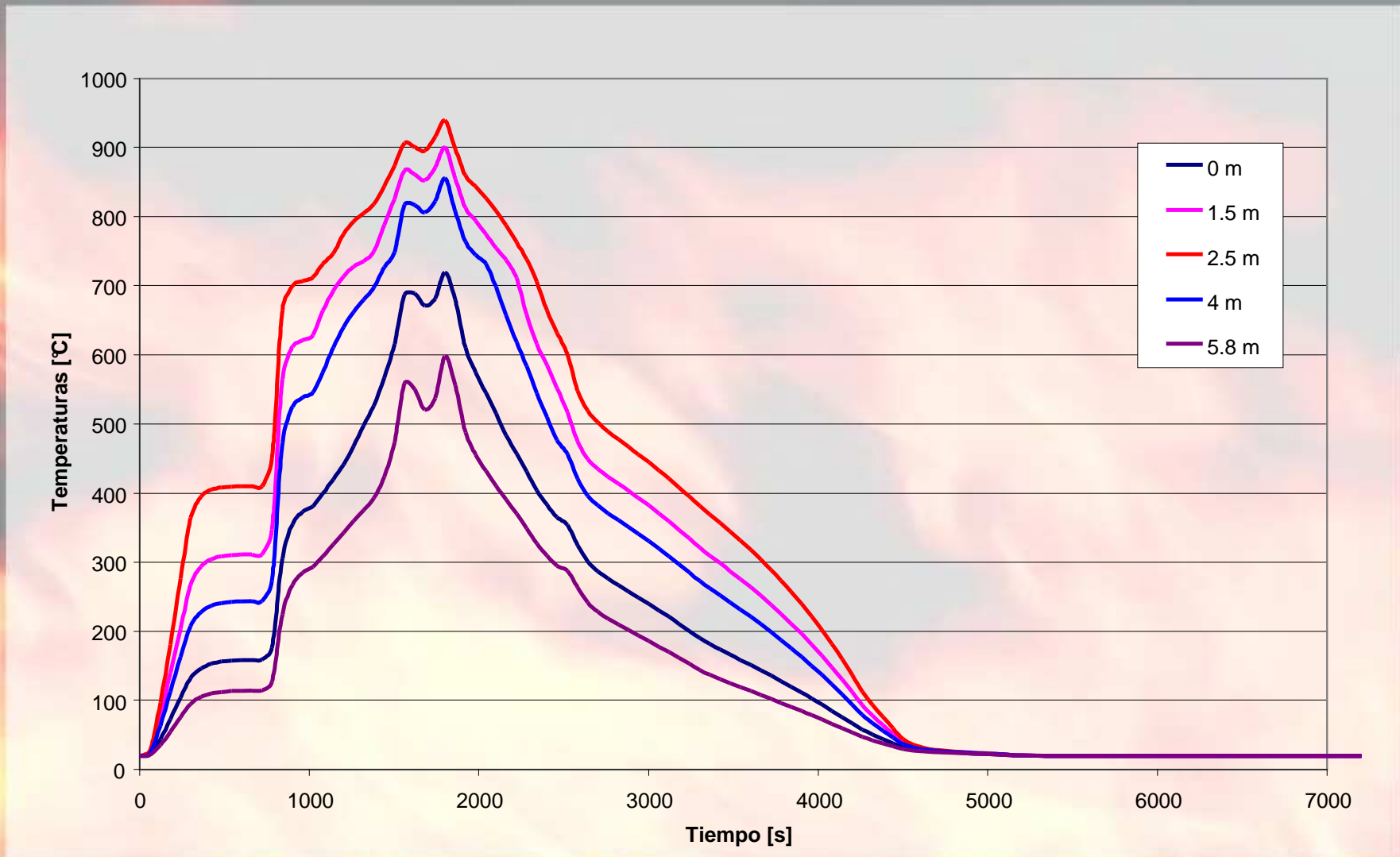
Escenario 1



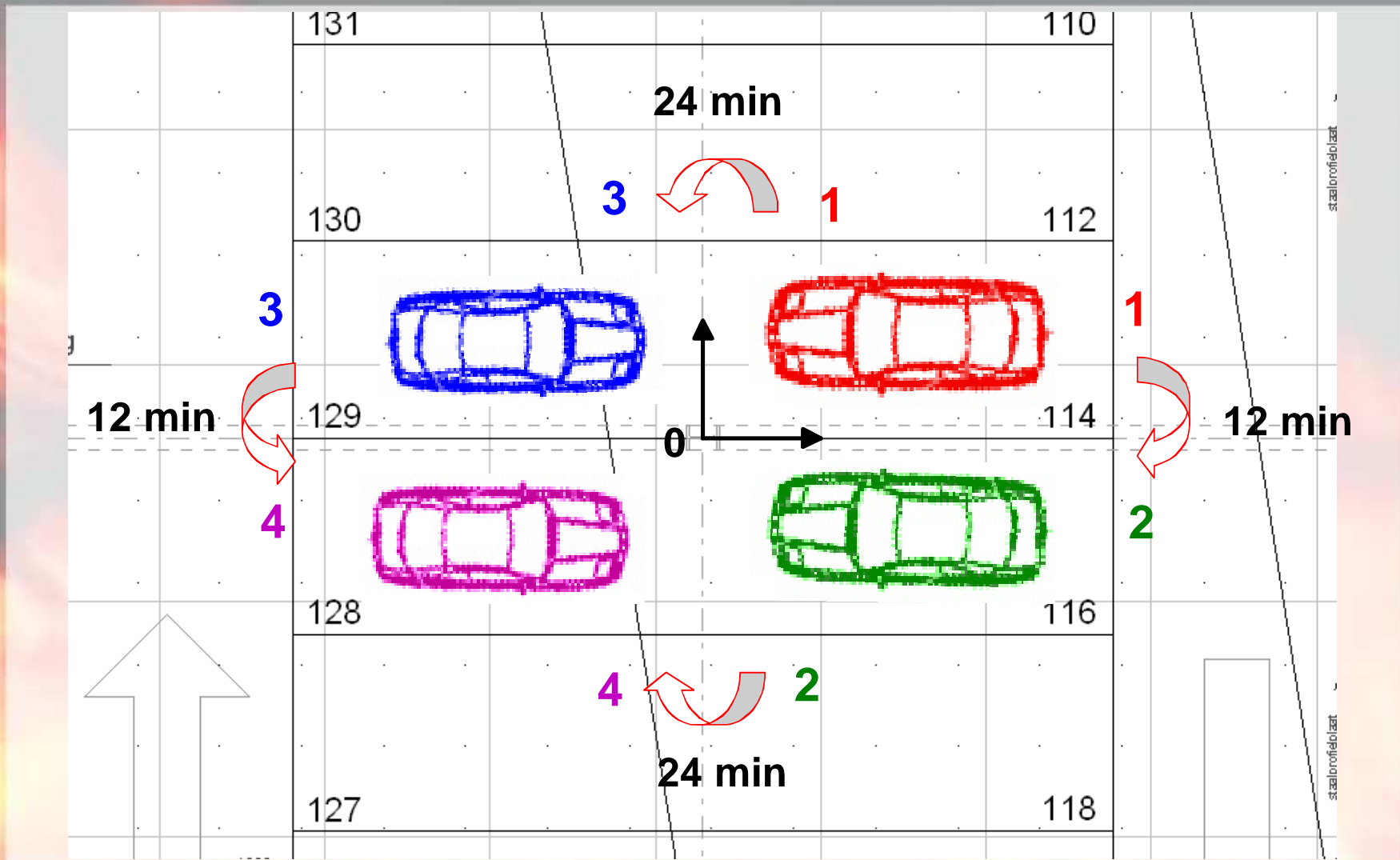
Curva de Referencia RFCS: Rhr 6700 MJ por coche



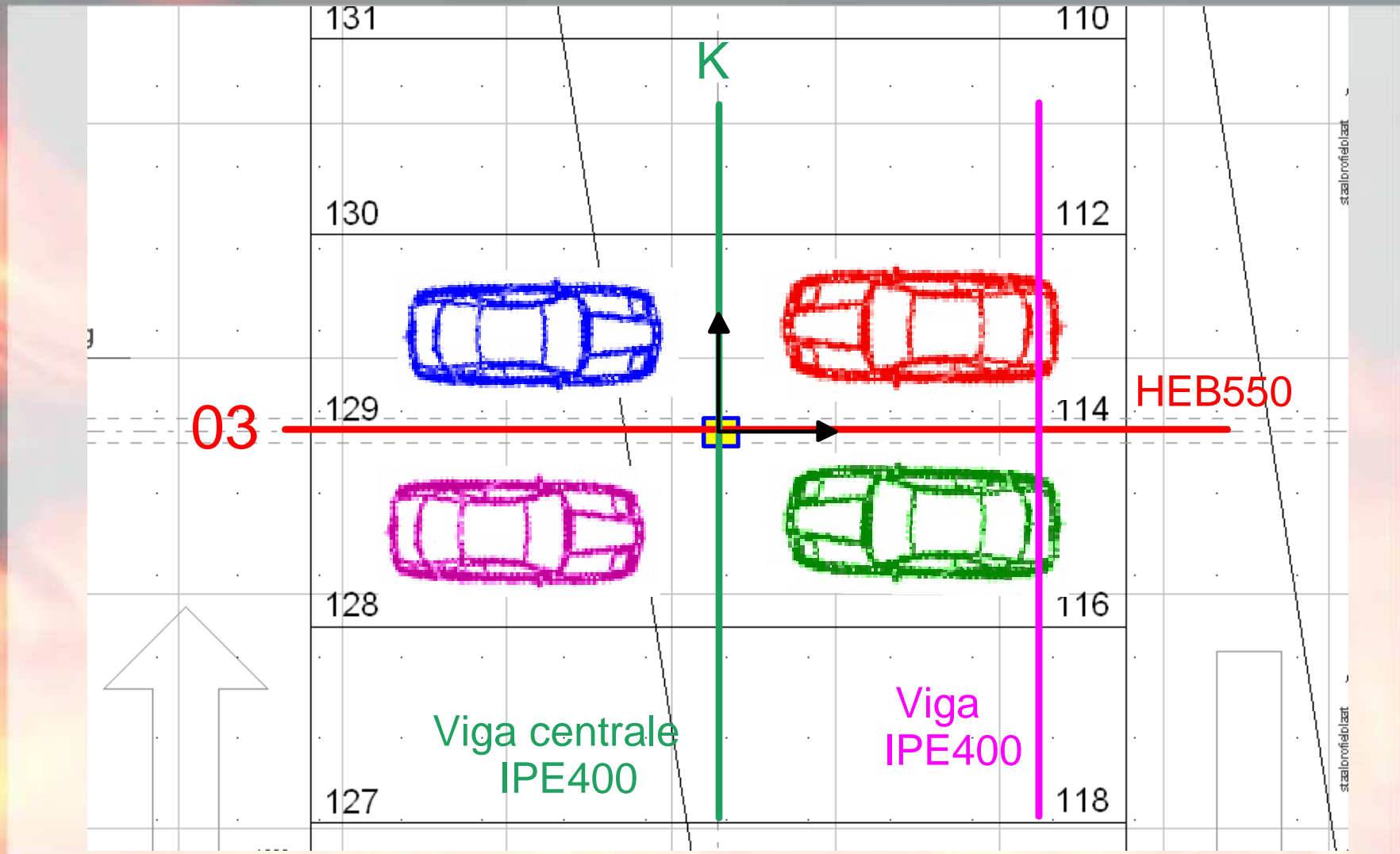
Temperaturas a lo largo de la viga principal (HEB550)



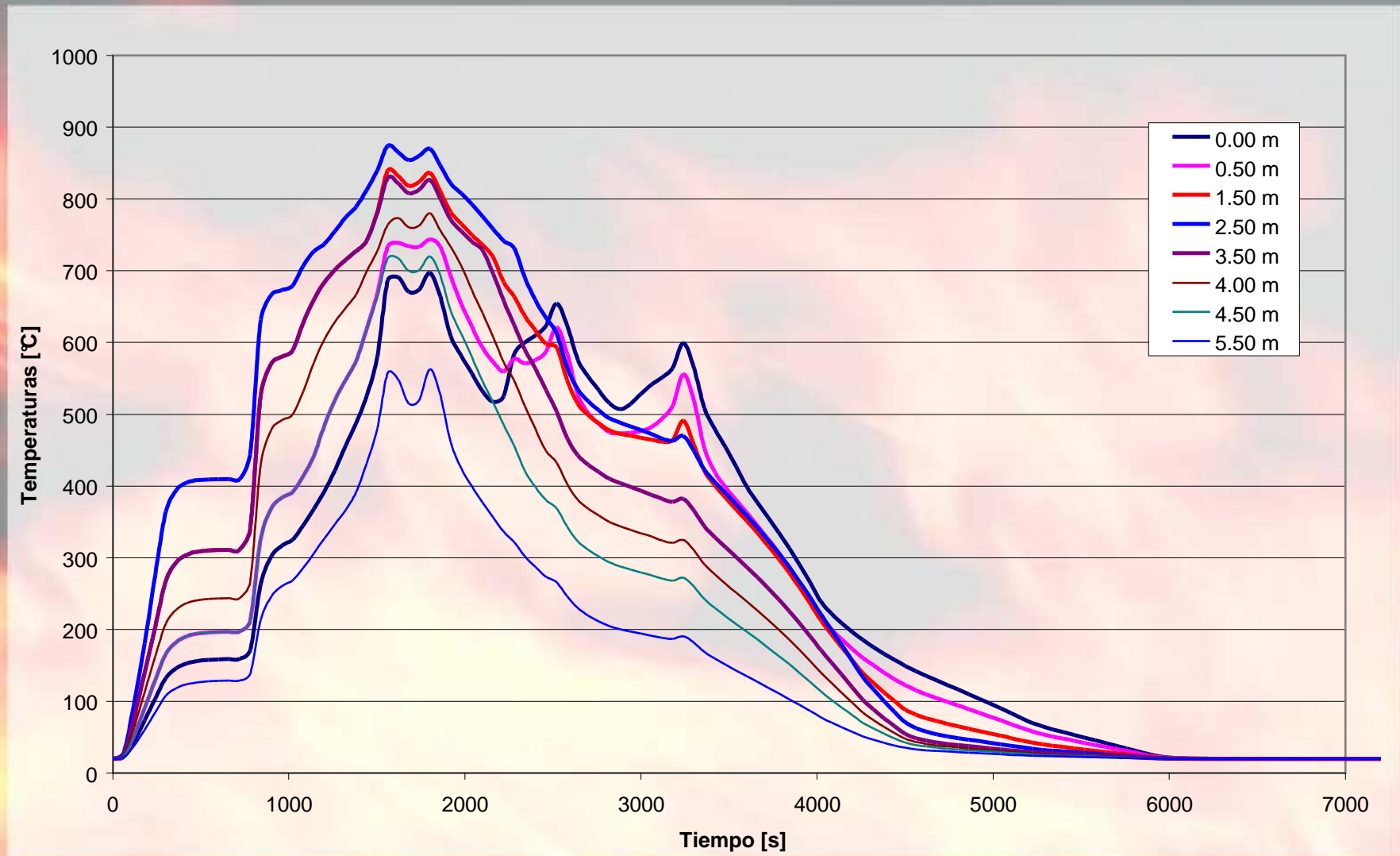
Escenario 2



Escenario 2



Temperaturas a lo largo de la viga principal (HEB550)

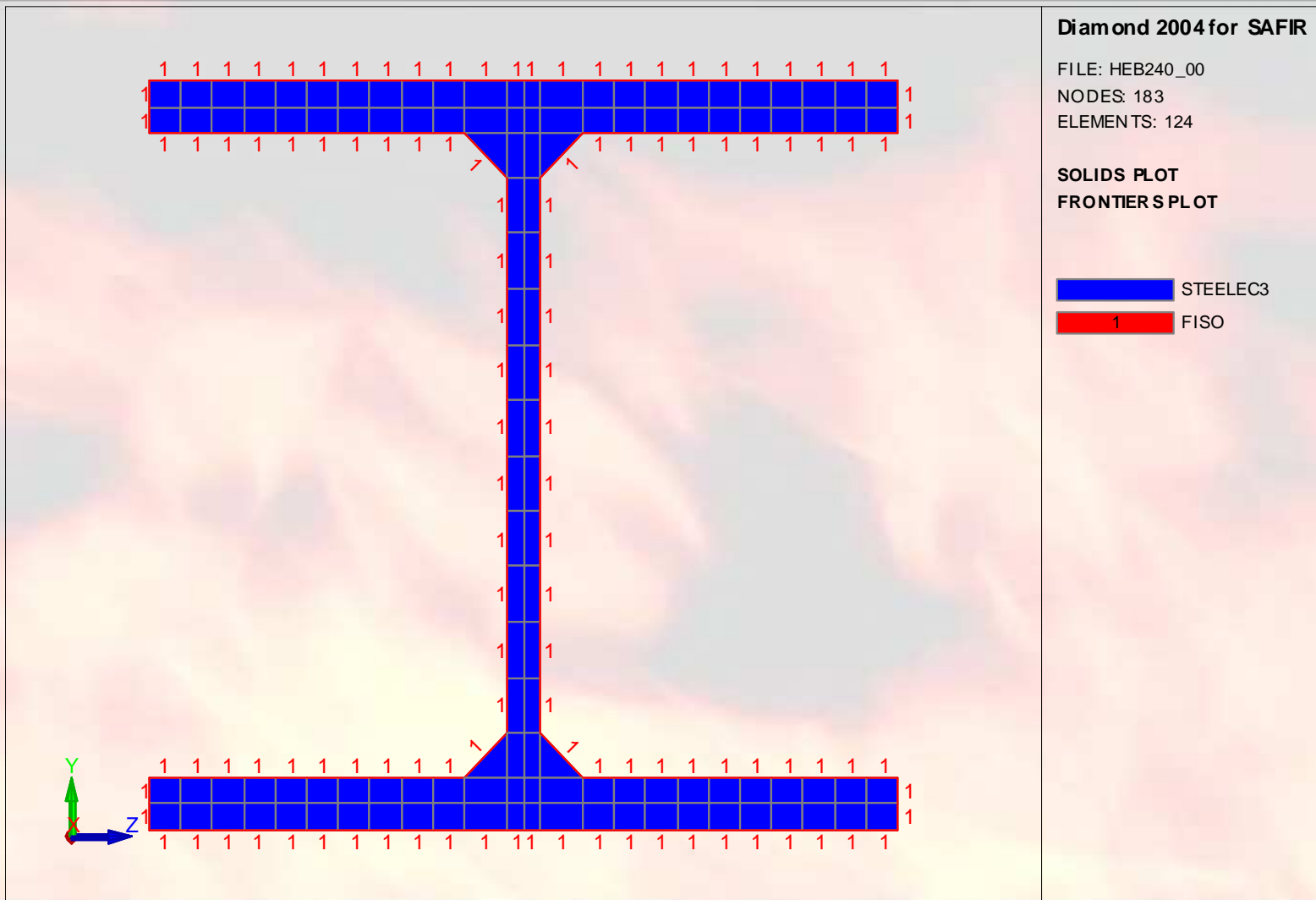


Cálculo térmico y geometría de los diferentes perfiles

Perfil de acero para las columnas

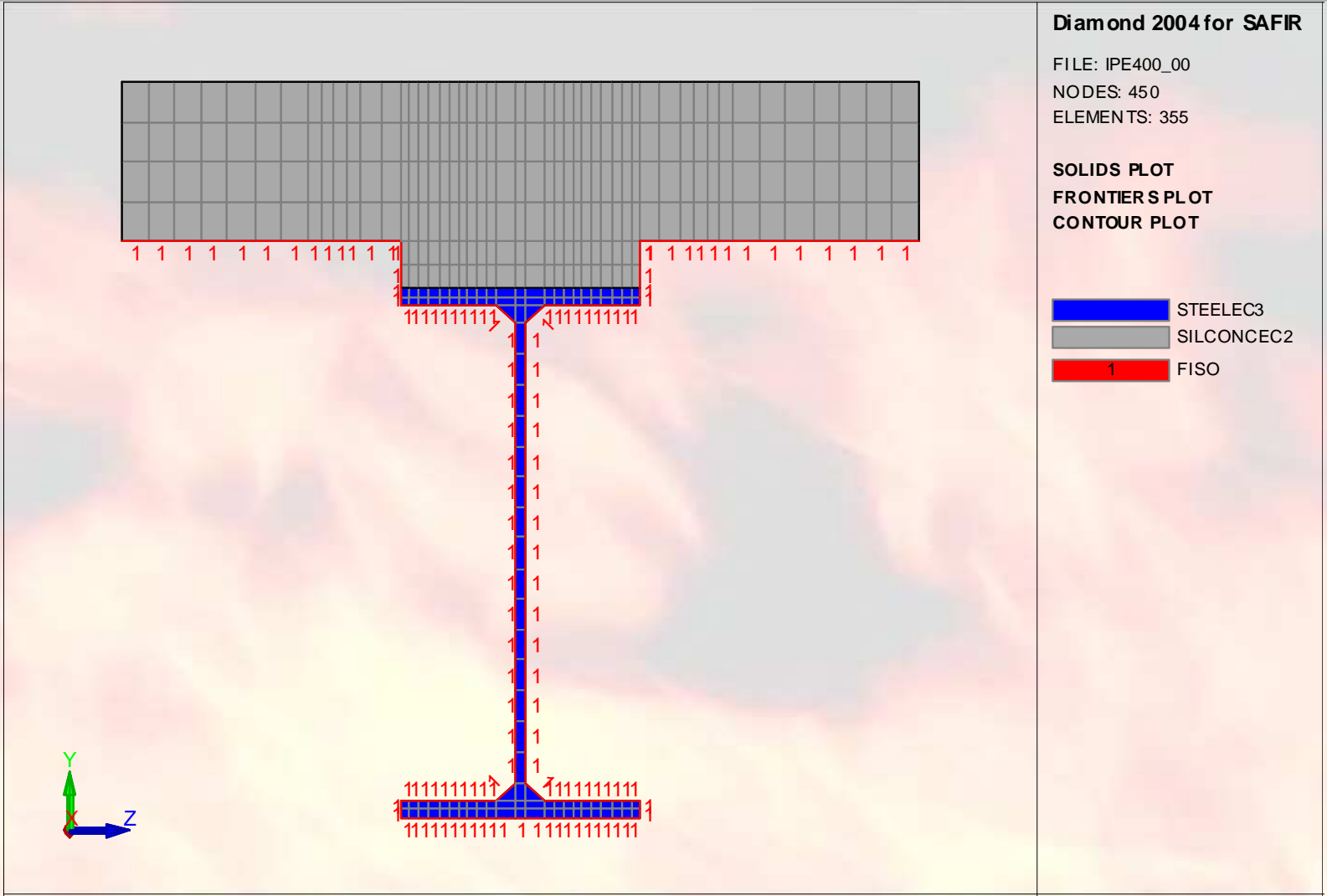


Perfil de acero para las columnas



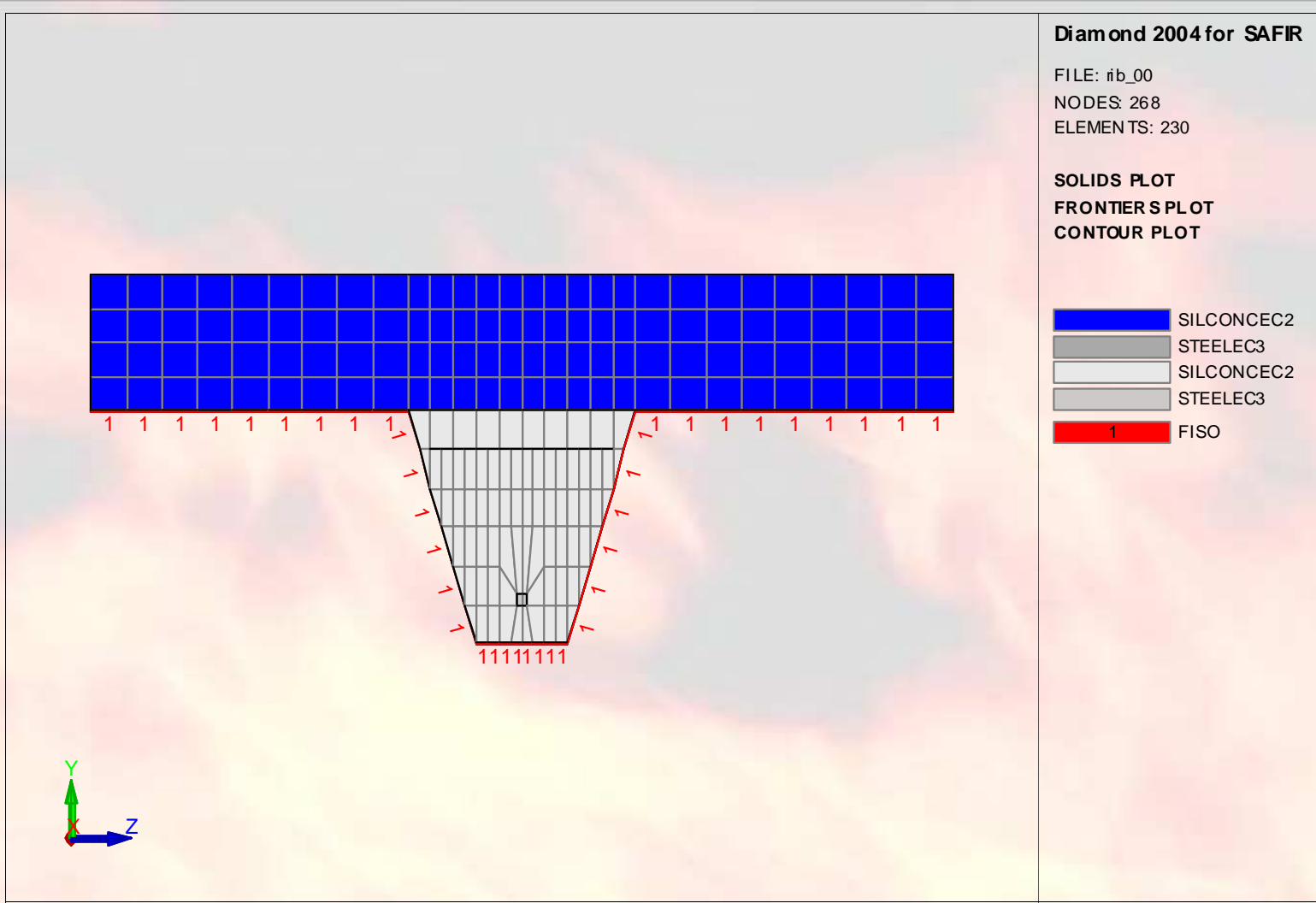


Perfil de acero con el suelo

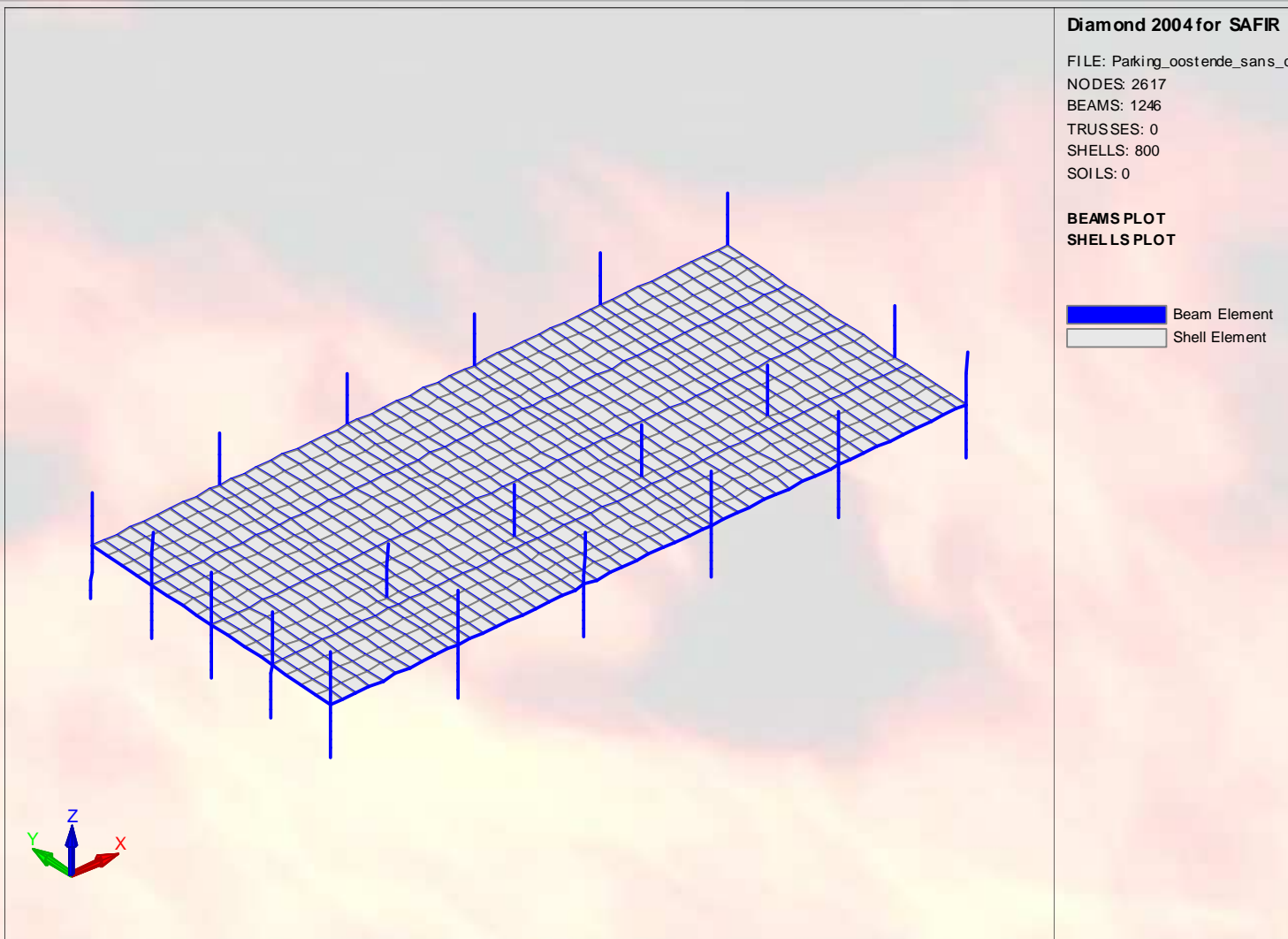




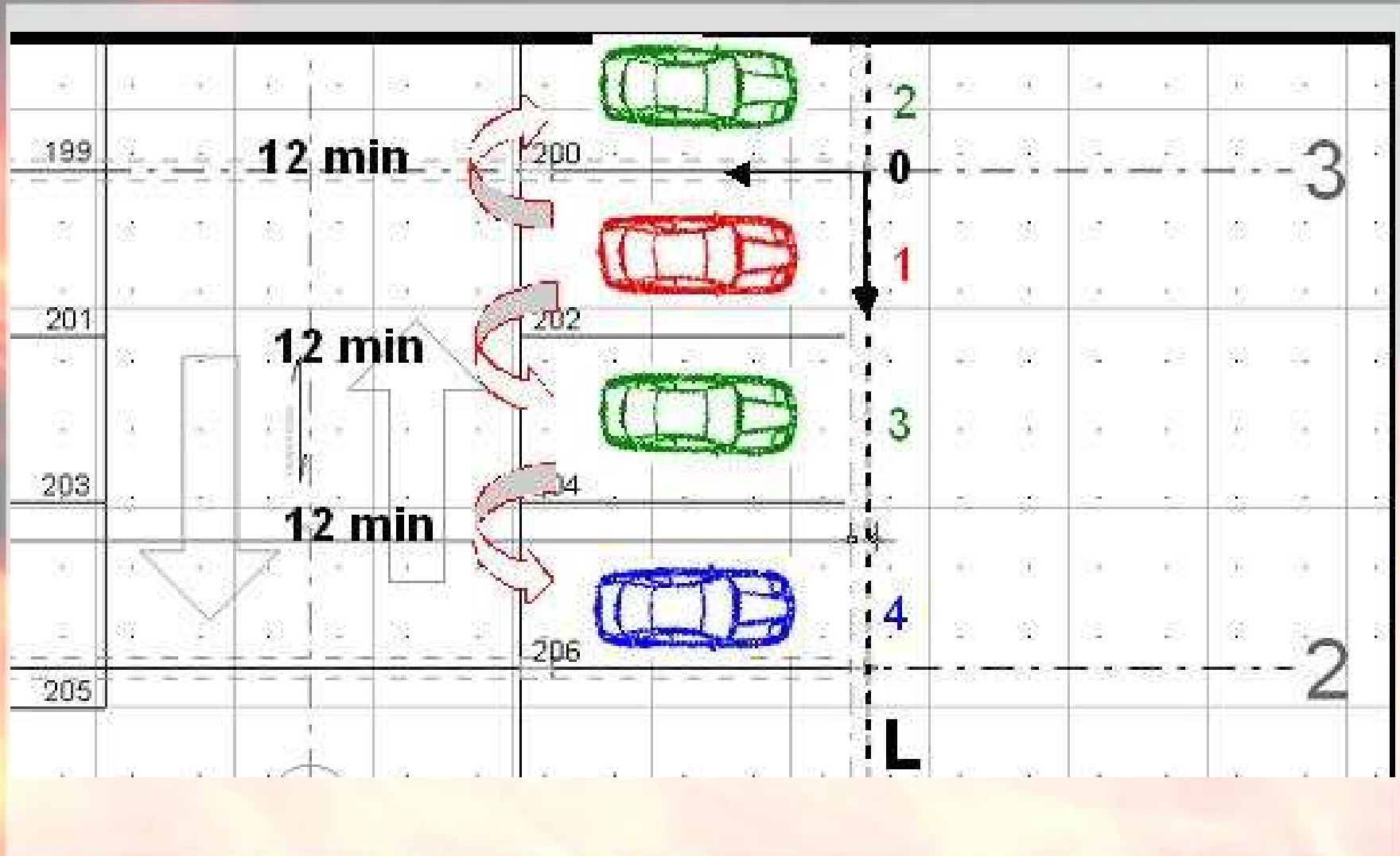
Suelo con Hoesch Additiv Decke



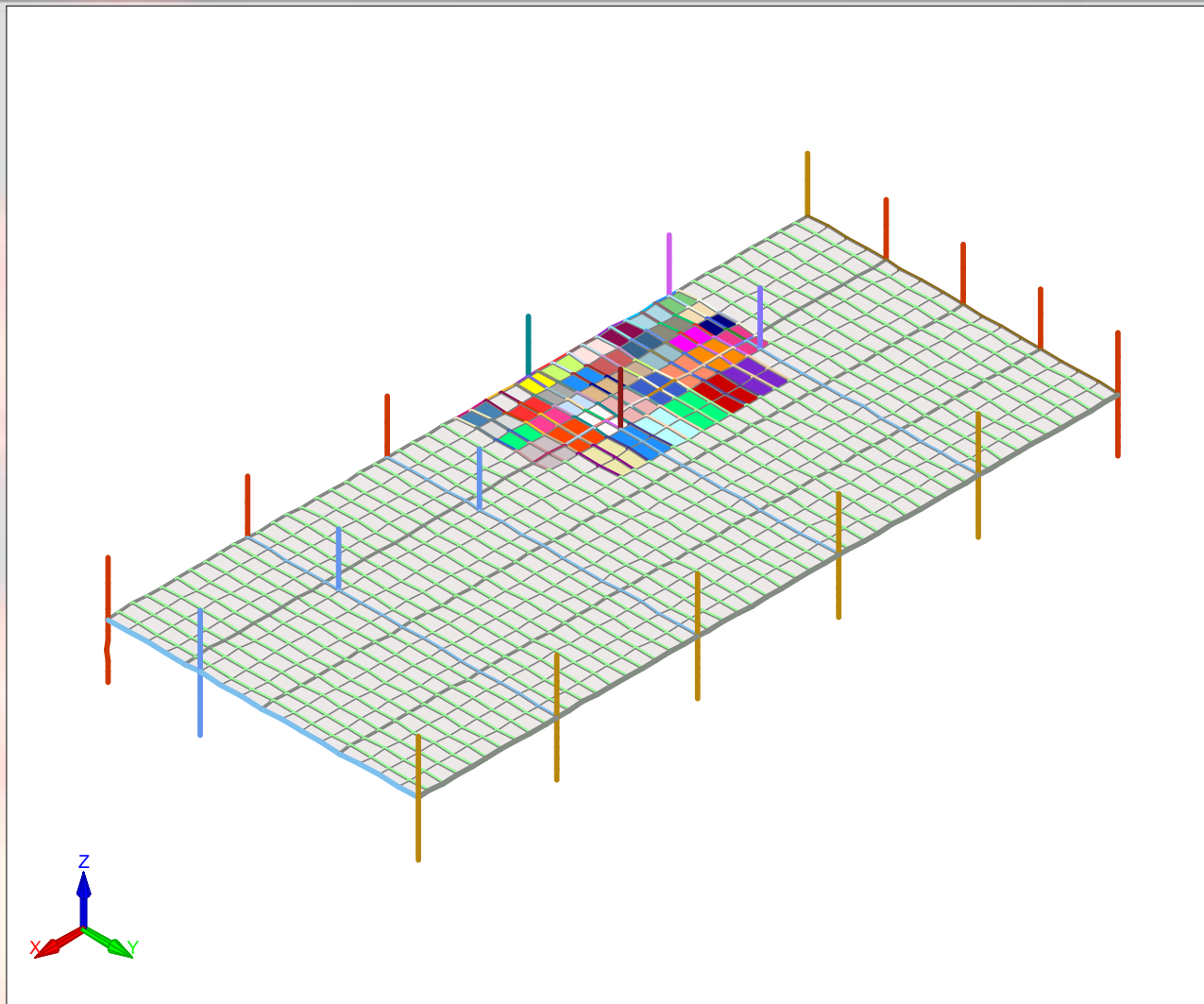
Estructura en 3 Dimensiones



Escenario 1



Escenario 1



Diamond 2004 for SAFIR

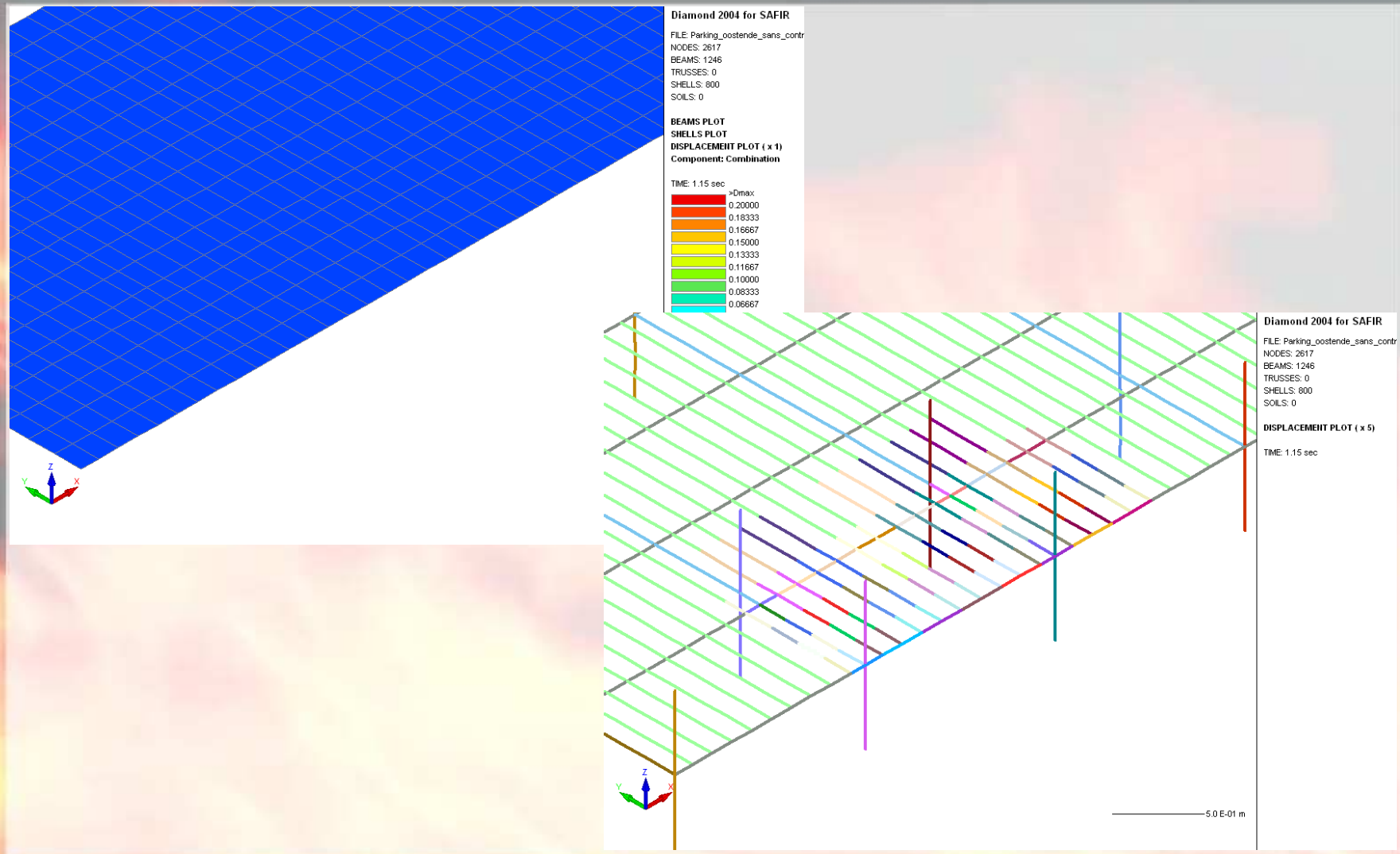
FILE: Parking_oostende_sans_...
NODES: 2617
BEAMS: 1246
TRUSSES: 0
SHELLS: 800
SOILS: 0

BEAMS PLOT
SHELLS PLOT

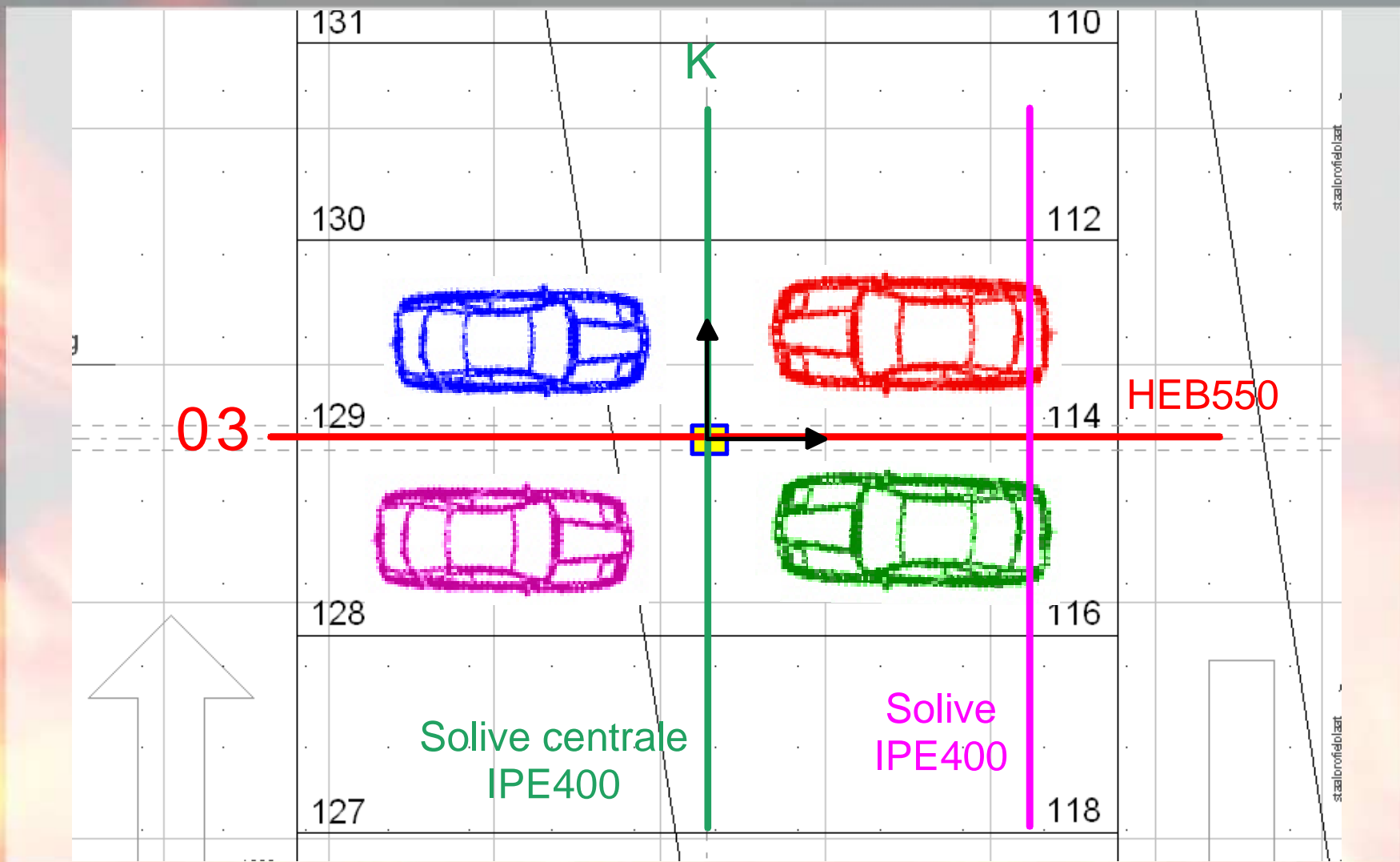
HEB240_Cold.tem
HEM360_Cold.tem
HEM450_Cold.tem
IPE330_Cold.tem
HEB550_COLD.tem
IPE400_Cold.tem
Rib_cold.tem
L_100_12_Cold.tem
HEB240_72_0.tem
HEB240_0_0.tem
HEM360_72.tem
HEM360_0.tem
HEB550_0_0.tem
HEB550_72_0.tem
HEB550_0_15.tem
HEB550_72_15.tem
HEB550_0_25.tem
HEB550_72_25.tem
HEB550_0_4.tem
HEB550_72_4.tem
HEB550_0_58.tem
IPE400_72_0.tem
IPE400_58_0.tem
IPE400_43_0.tem
IPE400_28_0.tem
IPE400_13_0.tem
IPE400_0_0.tem
IPE400_14_0.tem
IPE400_29_0.tem
IPE400_72_4.tem
IPE400_58_4.tem



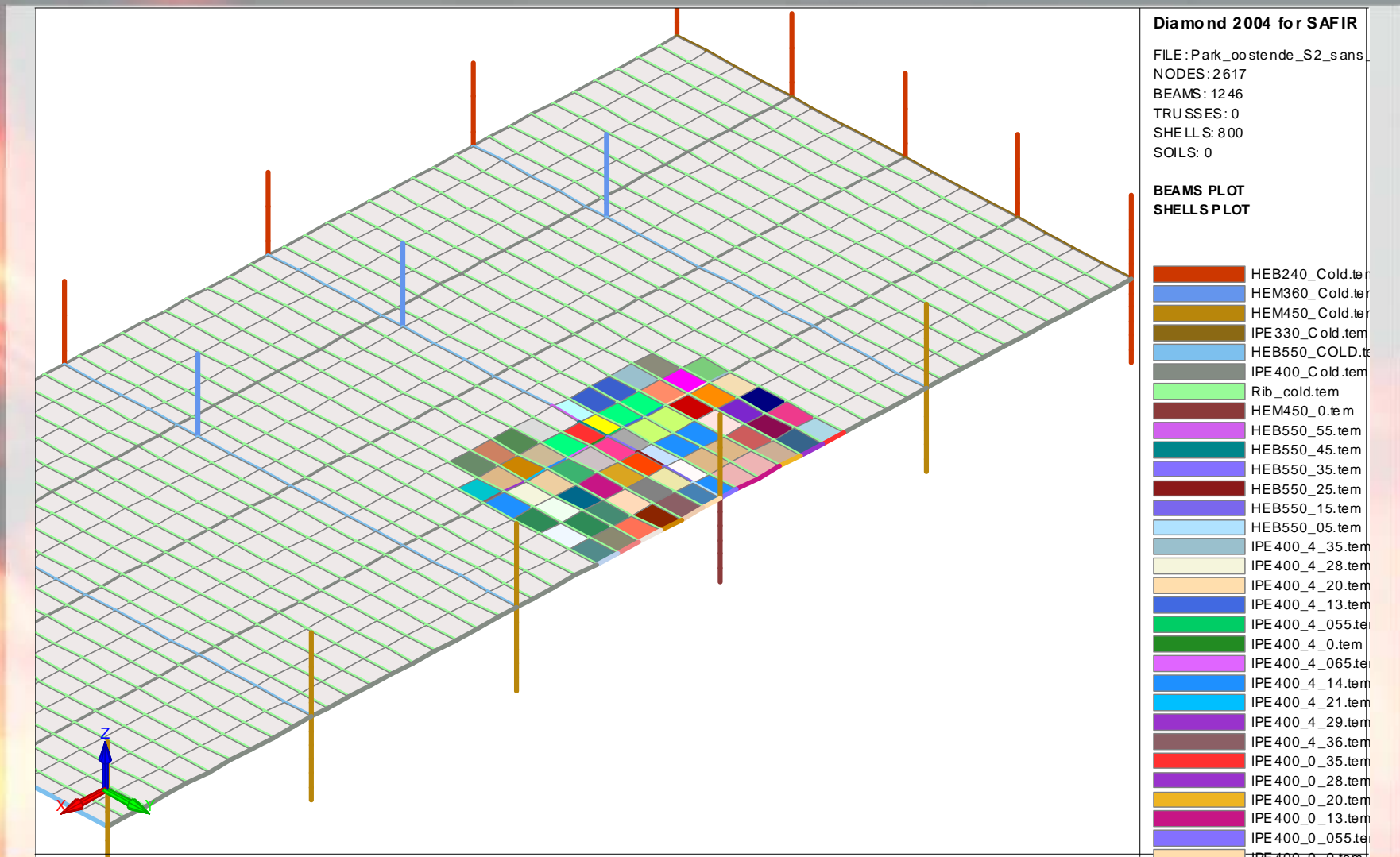
Desplazamiento Vertical en función del tiempo



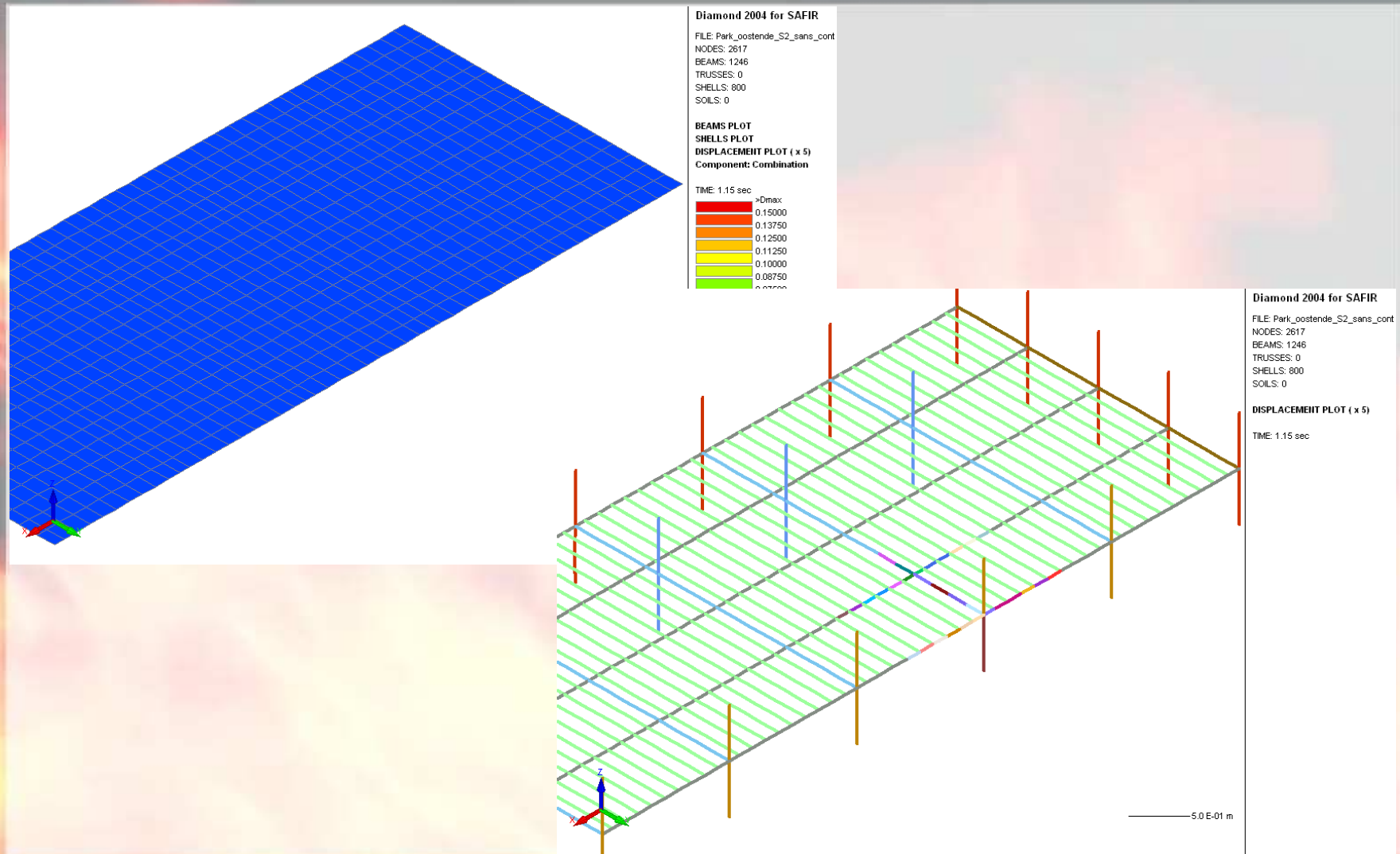
Escenario 2



Escenario 2

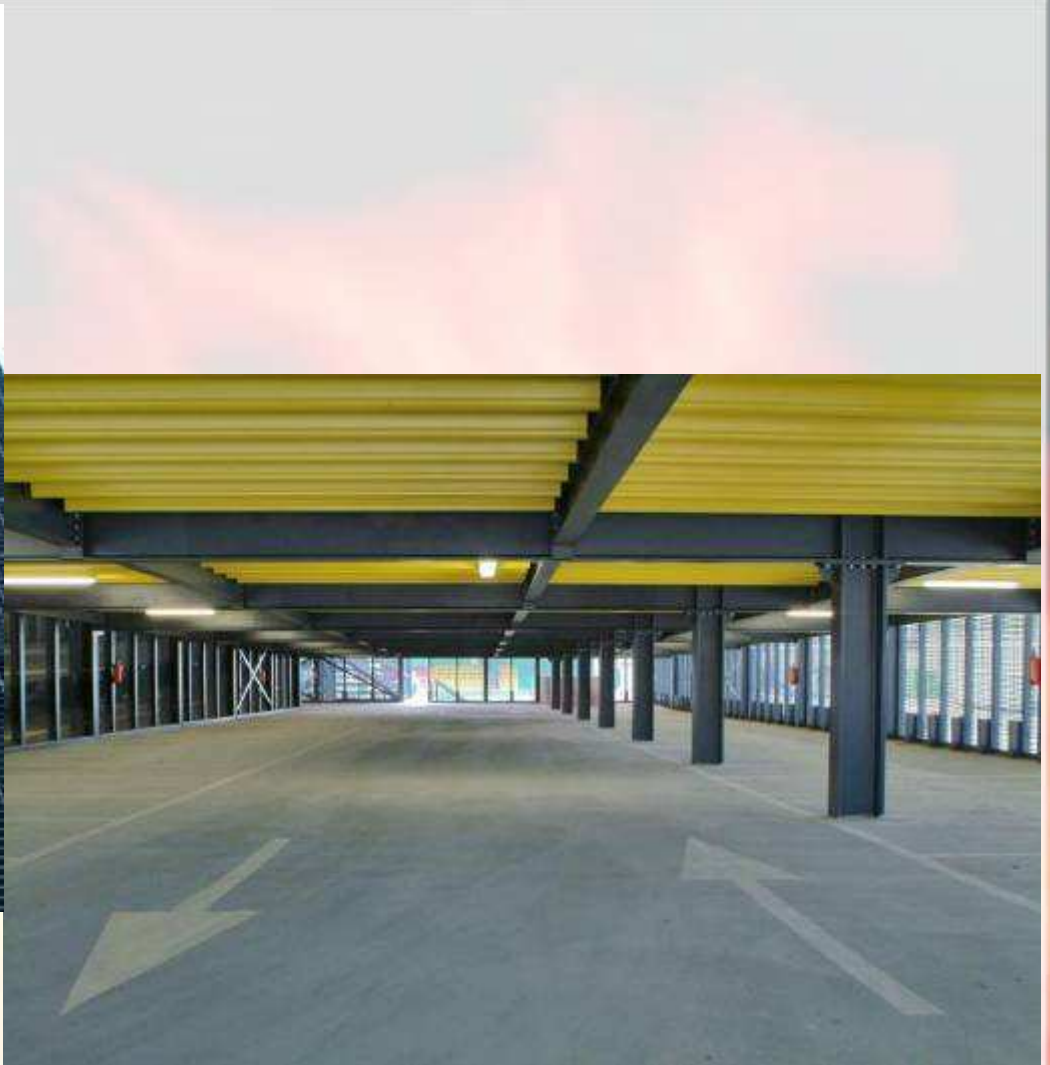


Desplazamiento Vertical en función del tiempo









Cálculo en situación de fuego de un nuevo edificio en Suiza

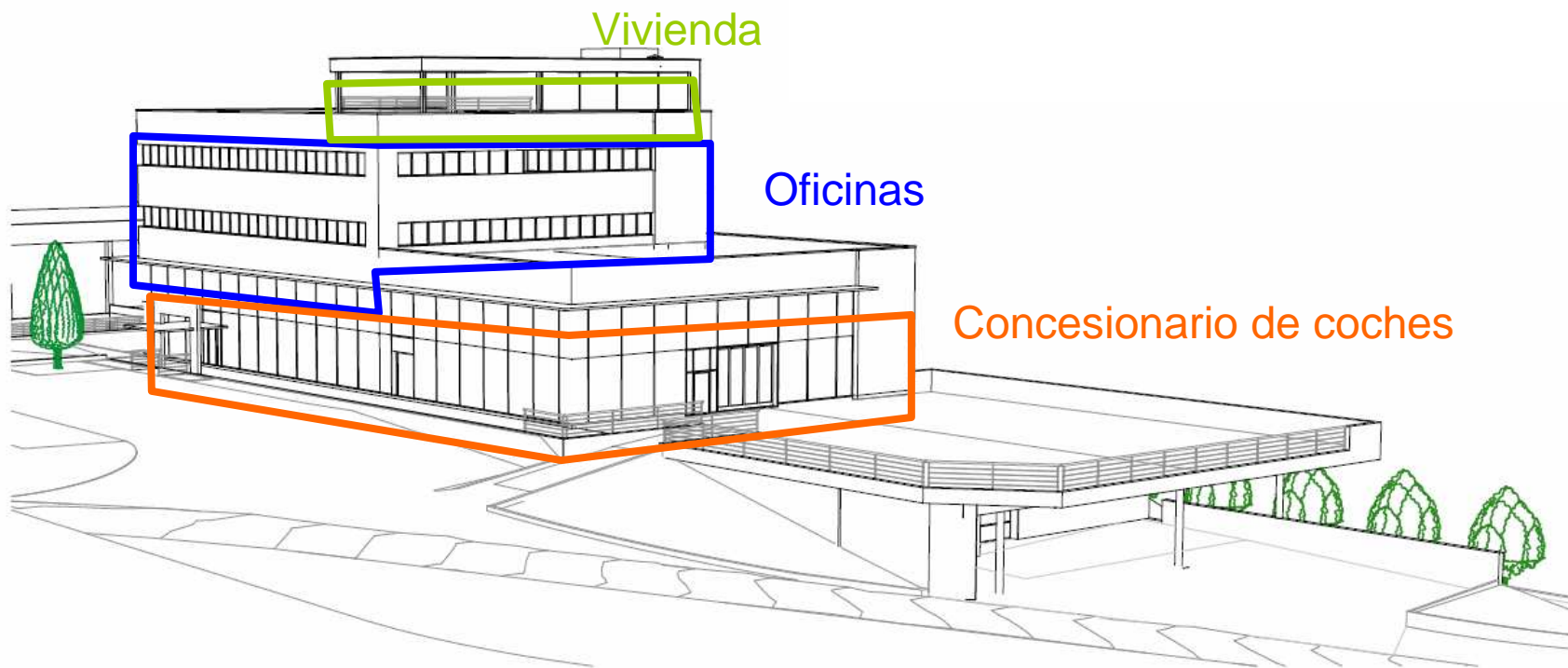
Realizado por



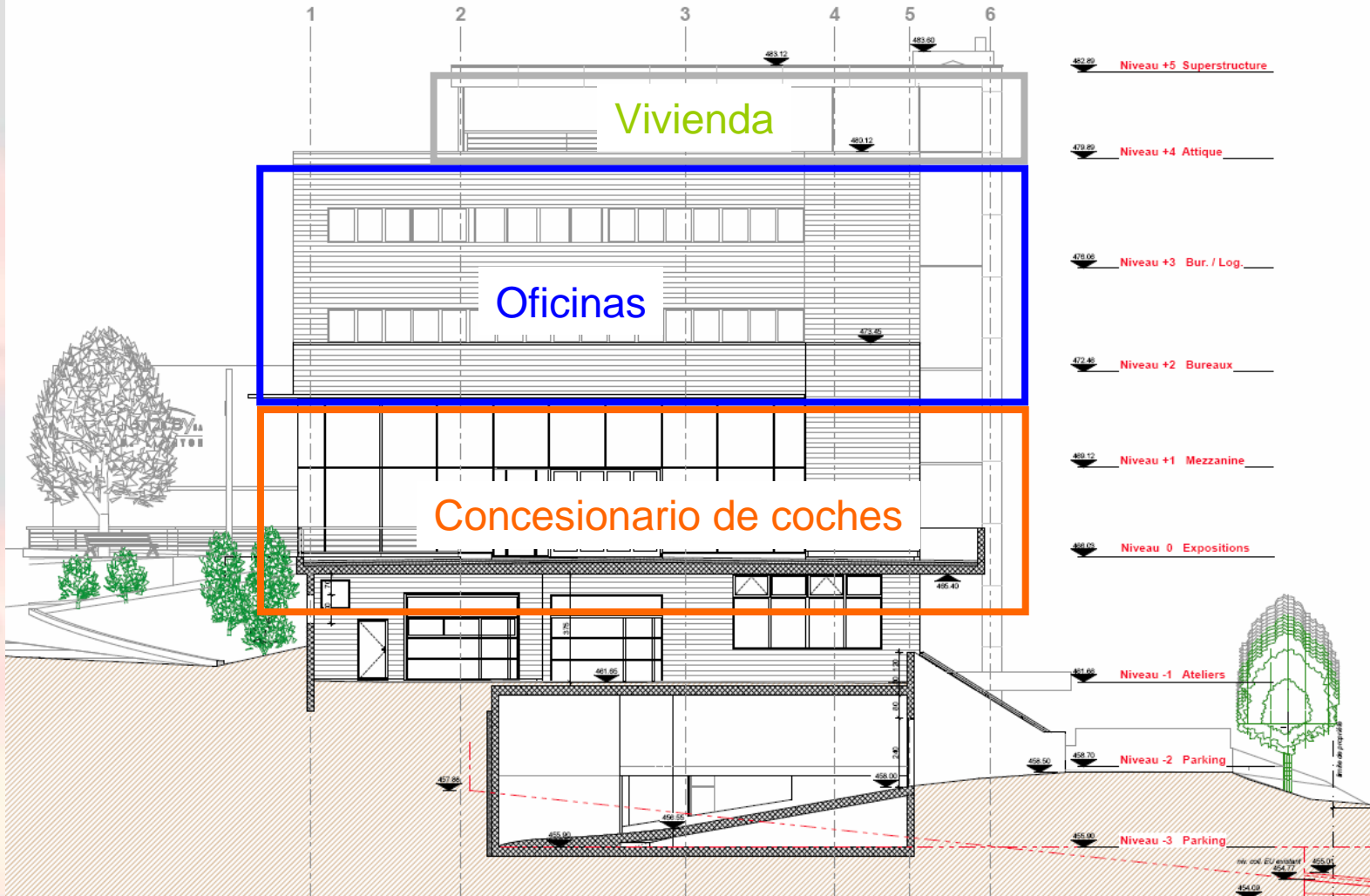
Sumario

- El proyecto
- Escenario de fuego y acciones térmicas
- Respuesta estructural
- Conclusiones y resultados

Proyecto de Edificio y la ocupación por piso



Proyecto de Edificio y la ocupación por piso



Reglas sobre la resistencia al fuego para sistemas estructurales

Numero de Piso

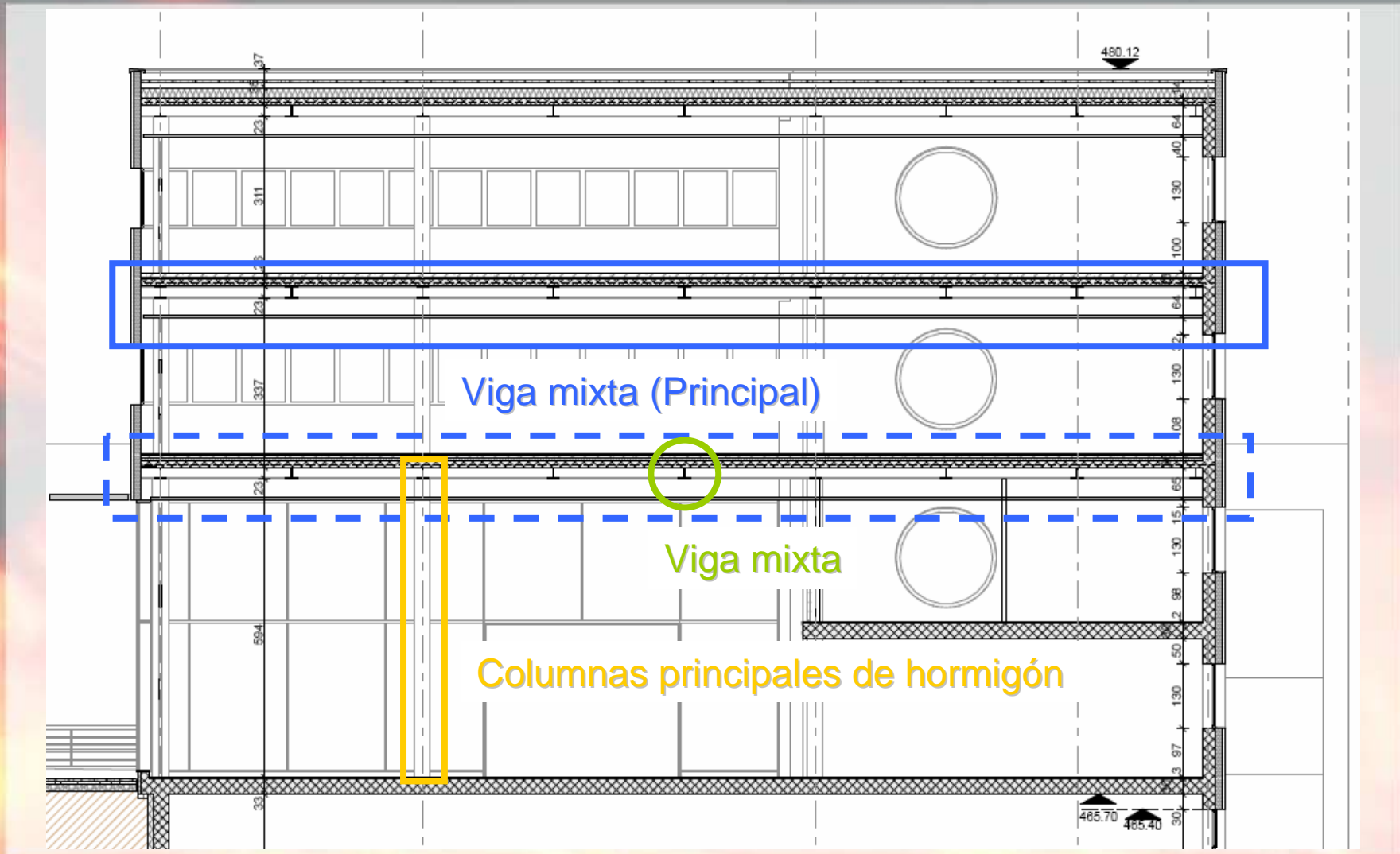
Ocupación del lugar

Numero de niveles hors terre	2 jusqu'à 600 m ² cb [1] jusqu'à 1200 m ² icb	2 plus de 600 m ² cb [1] plus de 1200 m ² icb	3	4	5 – 6	7 – 8 sans les bâti- ments élevés
Affectation						
• Bâtiments d'habitation • Bâtiments administratifs • Bâtiments scolaires	incombustible [2] combustible [2]	R 30 (icb) R 30	R 30 (icb) R 30	R 60 (icb) R 60	R 60 (icb) R60/ revêt. EI 30 (icb) [4]	R 60 (icb)
• Locaux industriels/ artisansaux q inférieur ou égal à 1000 MJ/m ²	incombustible [2] combustible [2]	R 30 (icb) R 30	R 30 (icb) R 30	R 60 (icb) R 60	R 60 (icb)	R 60 (icb)
• Locaux industriels/arti- sanaux q > 1000 MJ/m ² • Bâtiments à affectation inconnue	R 30 (icb) R 30	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 90 (icb)	R 90 (icb)	R 90 (icb)
• Etablissements héber- geant des personnes [a] p. ex. hôpitaux	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)
• Etablissements héber- geant des personnes [b] p. ex. hôtels	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)
• Bâtiments avec locaux prévus pour un grand nombre d'occupants • Grands magasins [c]	R 30 (icb) R 30	R 30 (icb) R 30	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)	R 60 (icb)
• Parkings • Garages pour véhicules à moteur	incombustible [2] combustible [2]	R 30 (icb) ou incombustible [2] [3] R 30	R 30 (icb) ou incombustible [2] [3] R 30	R 60 (icb) ou incombustible [2] [3] R 60	R 60 (icb) ou incombustible [2] [3]	R 60 (icb) ou incombustible [2] [3]

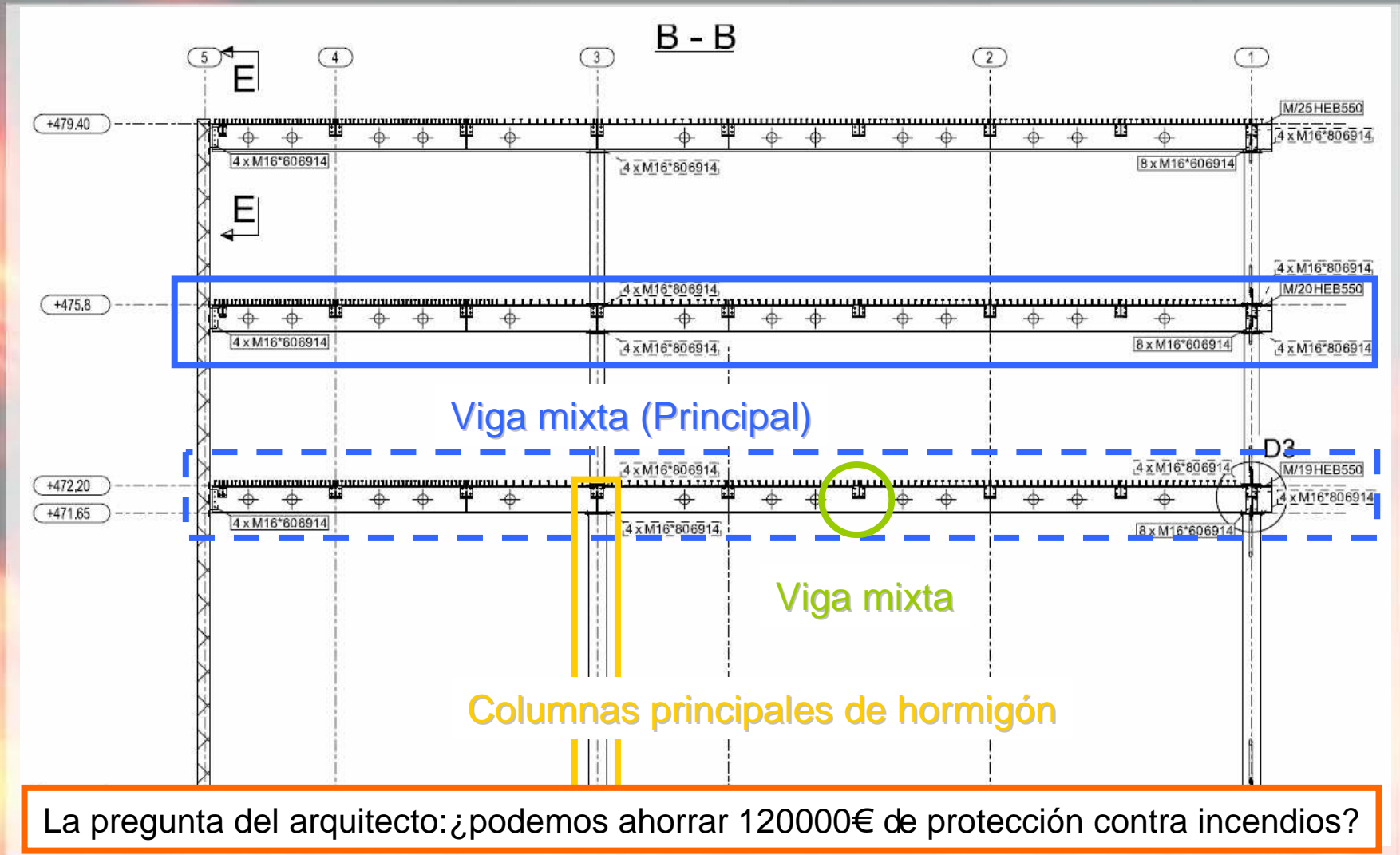
Caso presente: - Edificio de oficina
- Edificios con $q_k < 1000 \text{ MJ/M}^2$
- 4 pisos
- Ningun sistema automático de extinción por agua

R60

Elementos estructurales para analizar



Elementos estructurales para analizar



Acciones accidentales

Posibilidades de fuego y cargas de fuego

Posibilidades de fuego

- Fuego en las oficinas
- Fuego en el Concesionario de coches

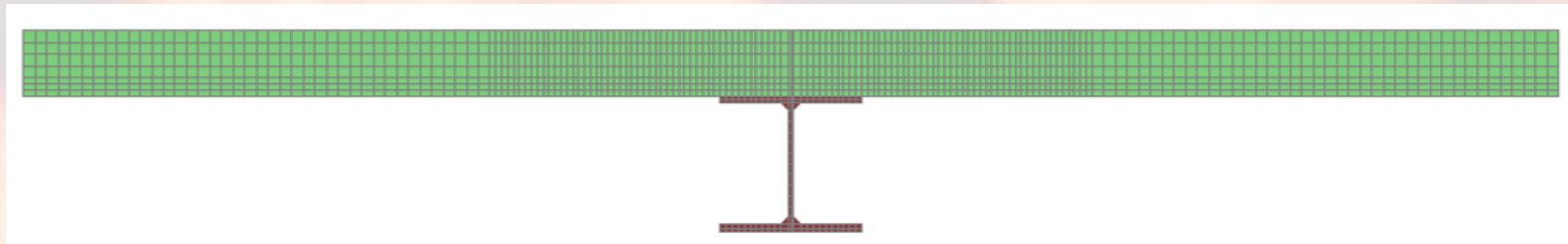
Cargas de fuego

- Oficinas : $q_{fi,k} = 511 \text{ MJ/m}^2$
- Concesionario de coches: $q_{fi,k} = 200 \text{ MJ/m}^2$
- Concesionario de coches: fuego localizado
 - » $RHR_{,max} = 8.3 \text{ MW/coche}$
 - » $Q_{fi,k} = 6700 \text{ MJ/coche}$

Descripción del edificio

Elementos estructurales ya diseñados

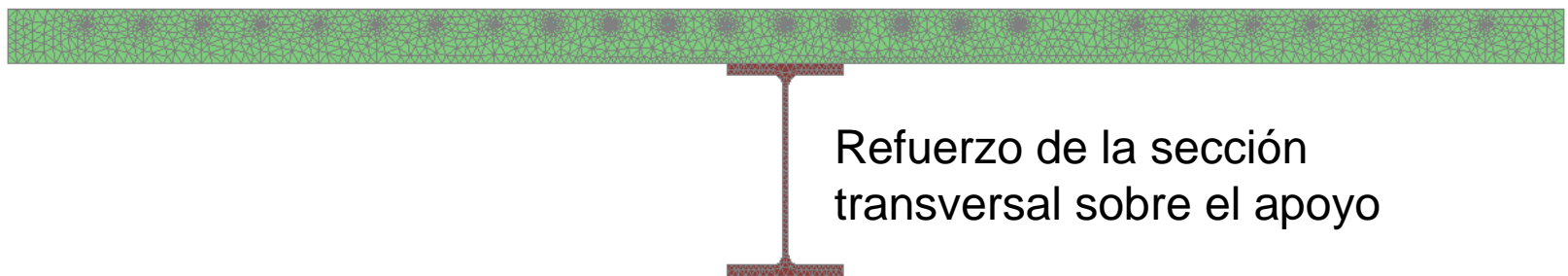
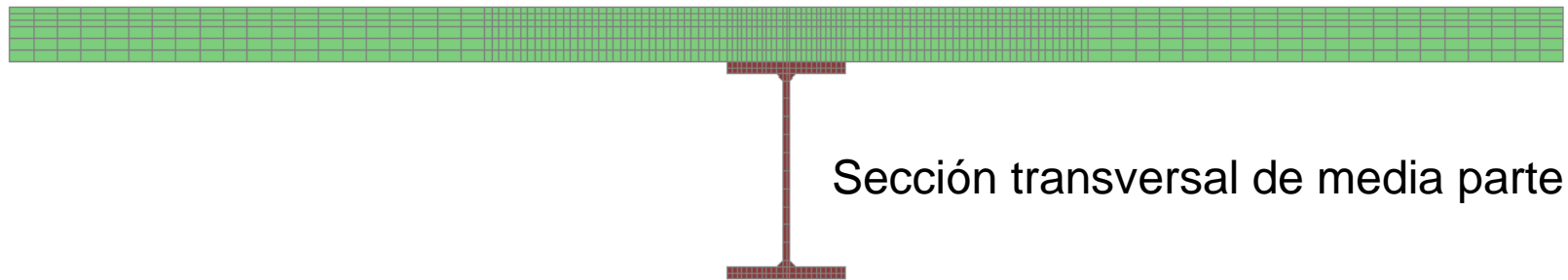
- Vigas secundarias: viga mixta simplemente apoyada
perfil : HEA240 S235
Suelo de hormigón : 14cm
Longitud : 9.60 m



Descripción del edificio

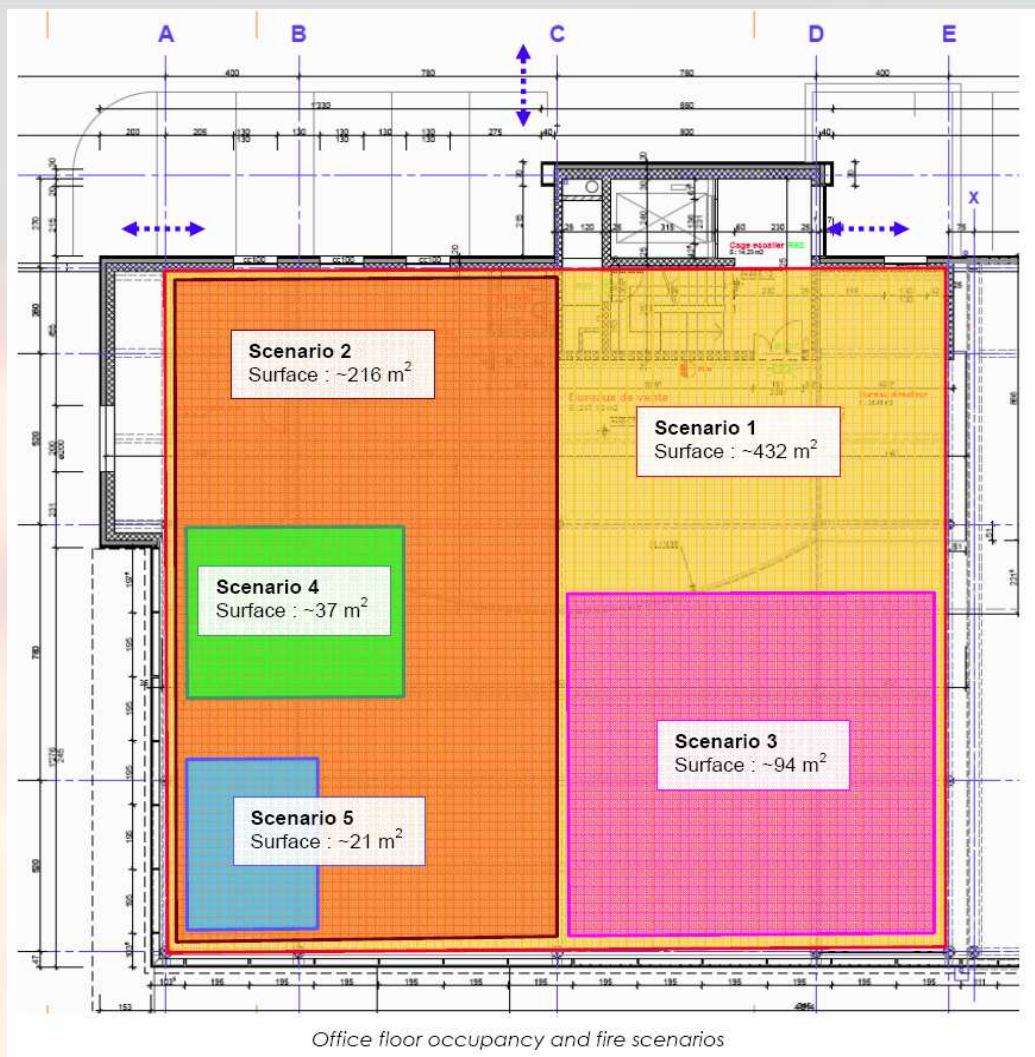
Elementos estructurales ya diseñados

- Vigas principales : viga mixta continua
perfil : HEA240 S235
Suelo de hormigón : 14cm
Longitud : 13.0 m +7.80 m



Escenario de incendio

Parámetros de Cálculo



Escenario de incendio

Parámetros de Cálculo

Primer diseño sobre los datos reales de proyecto

EN 1991-1-2, Annex E		$\delta_{n,i}$	$\Pi \delta_{n,i}$
1 Sistema automático de extinción por agua	No	1.00	
2 Suministro de agua independiente	No	1.00	
3 Detección automática de incendio : calor	No	1.00	
4 Detección automática de incendio : humo	No	1.00	
5 Transmision automática de alarma	No	1.00	
6 Bomberos propios	No	1.00	0.78
7 Bomberos externos	Si	0.78	
8 Rutas de acceso seguras	Si	1.00	
8 Escalera en sobrepresión	No	1.00	
10 Equipos de lucha contra incendios	Si	1.00	
11 Sistema de extracción por humos	Si	1.00	

Escenario de incendio

Parámetros de Cálculo

Diseño optimizado para ejecución de proyecto

EN 1991-1-2, Annex E		$\delta_{n,i}$	$\Pi \delta_{n,i}$
1 Sistema automático de extinción por agua	No	1.00	
2 Suministro de agua independiente	No	1.00	
3 Detección automática de incendio : calor	No	1.00	
4 Detección automática de incendio : humo	Si	0.73	
5 Transmision automática de alarma	Si	0.87	
6 Bomberos propios	No	1.00	0.50
7 Bomberos externos	Si	0.78	
8 Rutas de acceso seguras	Si	1.00	
8 Escalera en sobrepresión	No	1.00	
10 Equipos de lucha contra incendios	Si	1.00	
11 Sistema de extracción por humos	Si	1.00	

Escenario de incendio

Parámetros de Cálculo

Diseño optimizado para ejecución de proyecto : VENTAJAS

- **Seguridad aumentada:** la reducción de peligro de incendio por la detección de fuego y la transmisión automática a los bomberos
- **Ventaja económica:** menos o ninguna protección más pasiva si el diseño de fuego confirma que las estructuras de acero no necesitan la protección
- **Ventaja económica:** bajada de las primas del seguro

Escenario de incendio

Parámetros de Cálculo

5 compartimentos de fuego diferentes

- 2 escenarios para ventanas que se rompen
- Ningun Sistema automático de extinción por agua

Según EN-1991-1-2 :

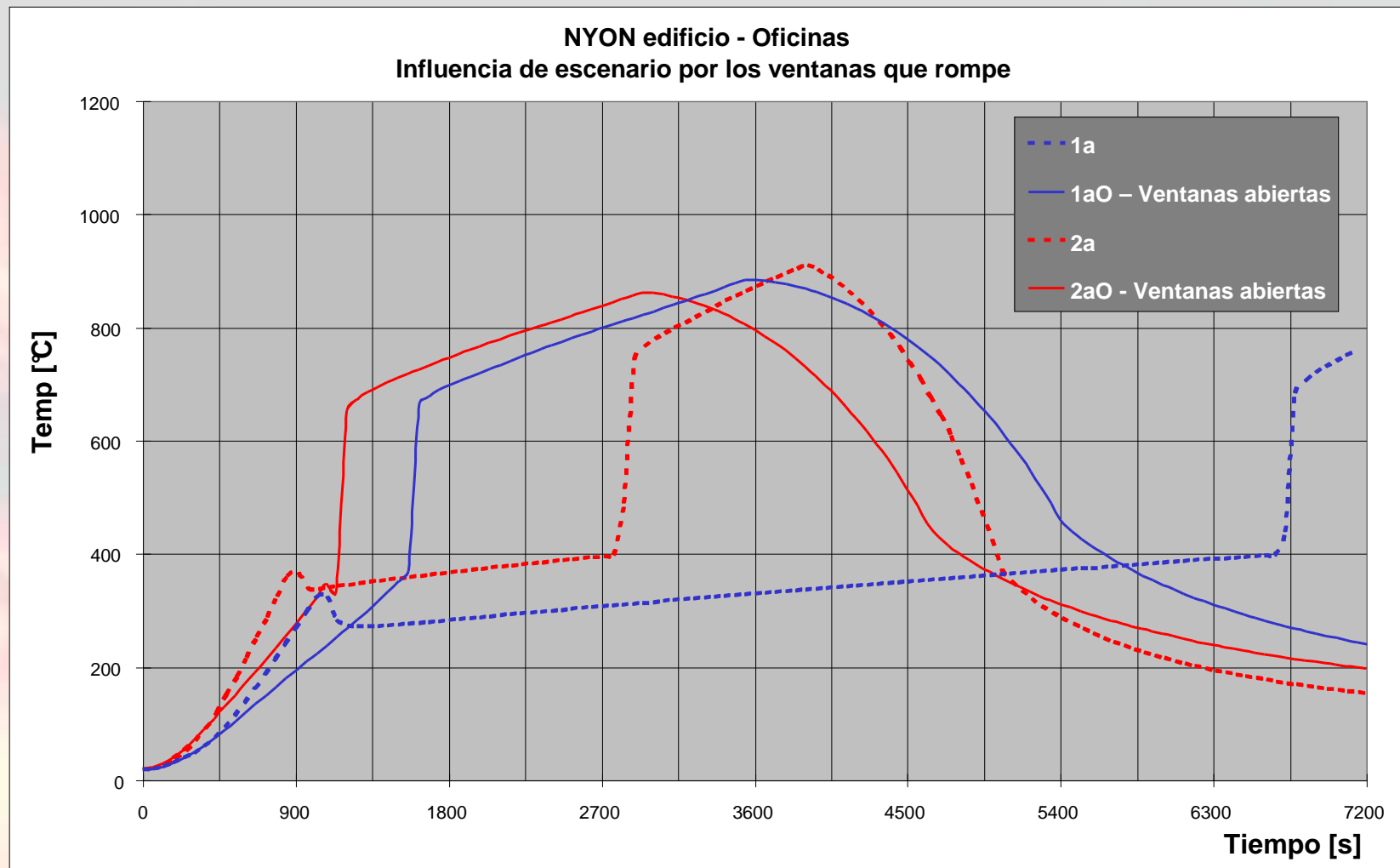
- Cargas de fuego $q_{fi,k} = 511 \text{ MJ/m}^2$
- Medidas activas de protección contra incendios :

$$\Pi \delta_{n,i} = \mathbf{0.50}$$

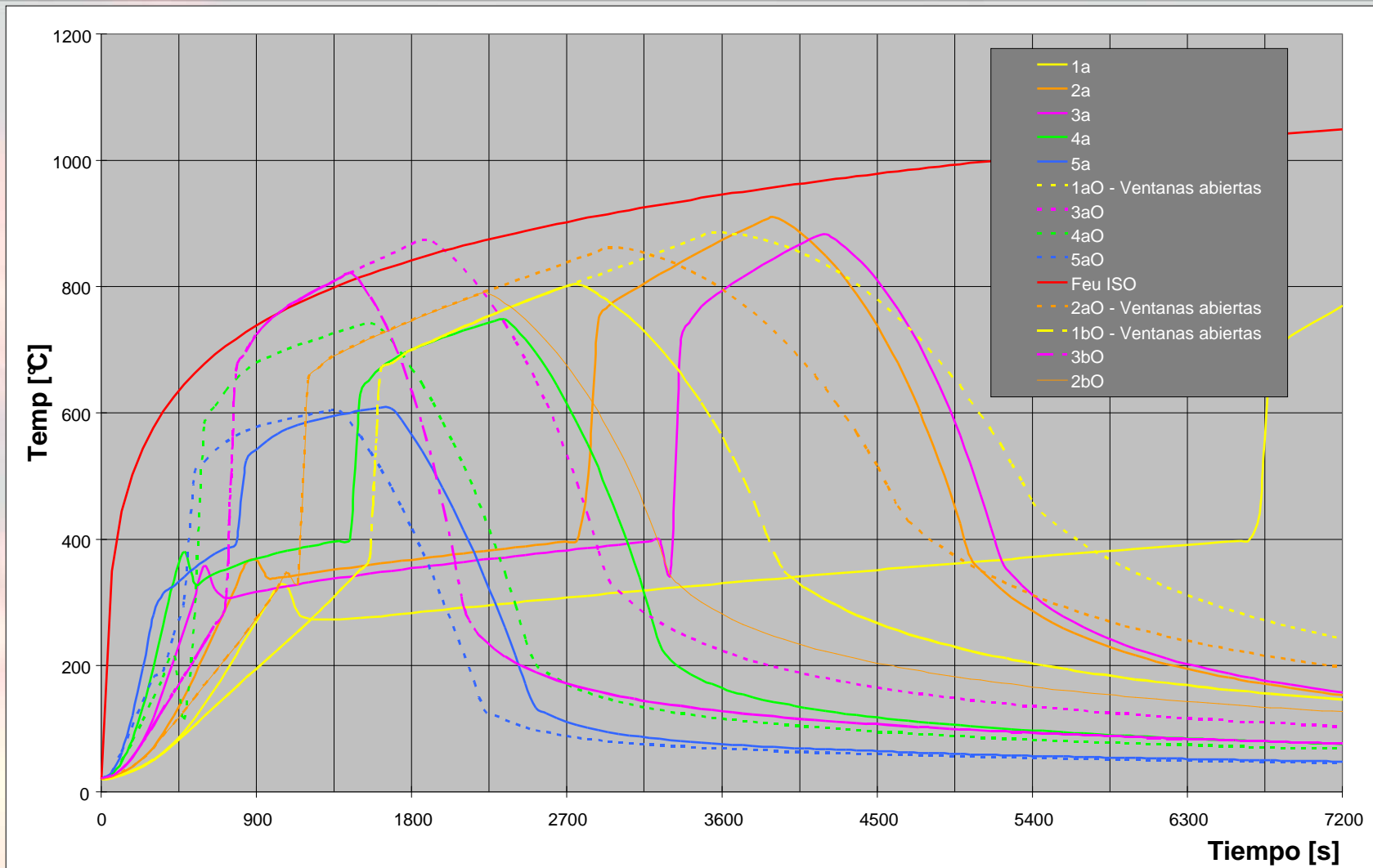
10 escenario de fuego generados y previstos con Ozone programa

Definición de acción térmica

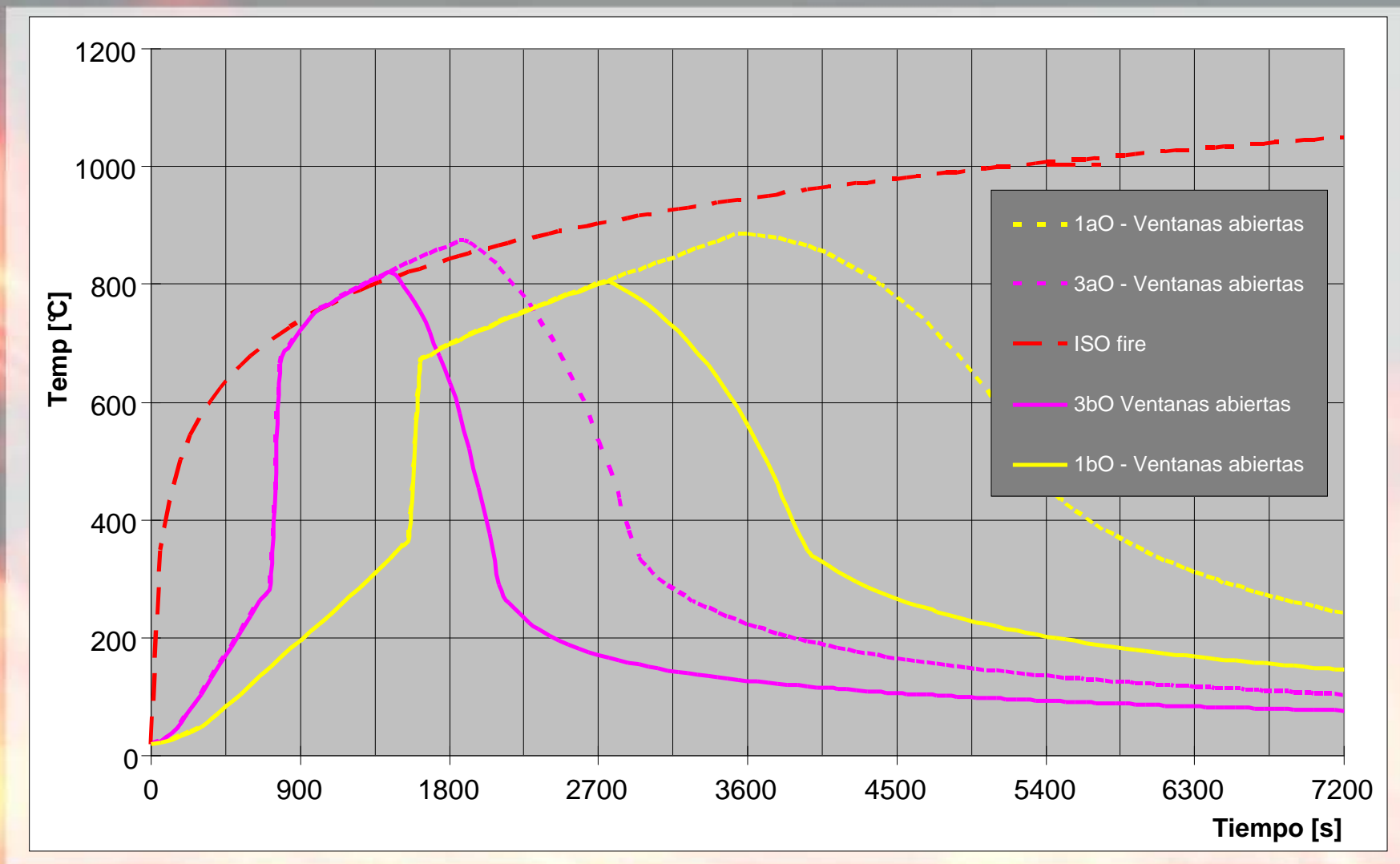
Hipótesis



Cálculo de la temperatura de los gases



Cálculo de la temperatura de los gases



Diseño estructural

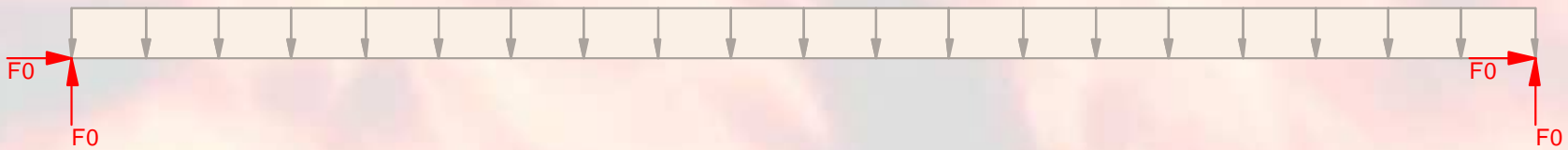
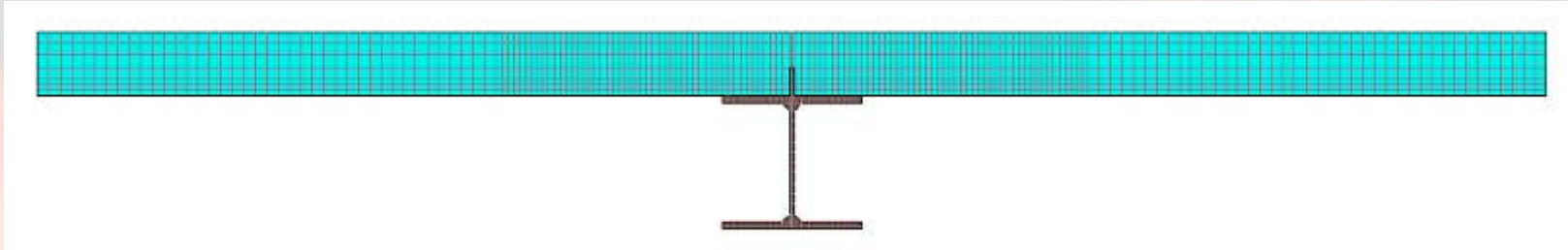
Columnas

Las columnas de hormigón son verificadas a partir de datos estipulados:

- El diámetro es $> 200\text{mm}$
- La cubierta de las barras de armadura es $> 20\text{mm}$
- Las columnas son resistentes al fuego R60

Diseño estructural

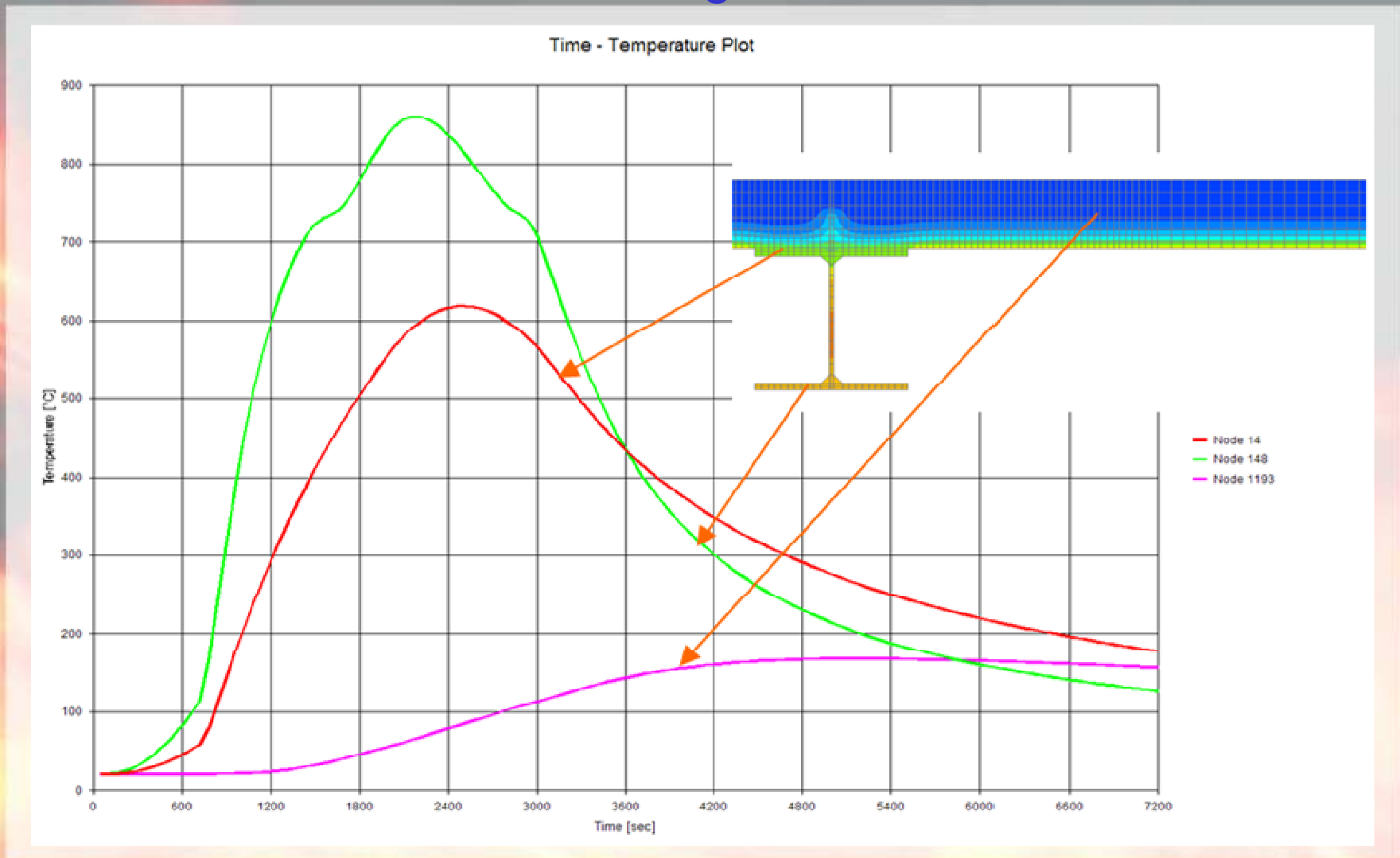
Vigas secundarias mixtas



- Modelo de sección transversal para calcular las temperaturas
- 2 escenarios de incendio real
- viga mixta simplemente apoyada

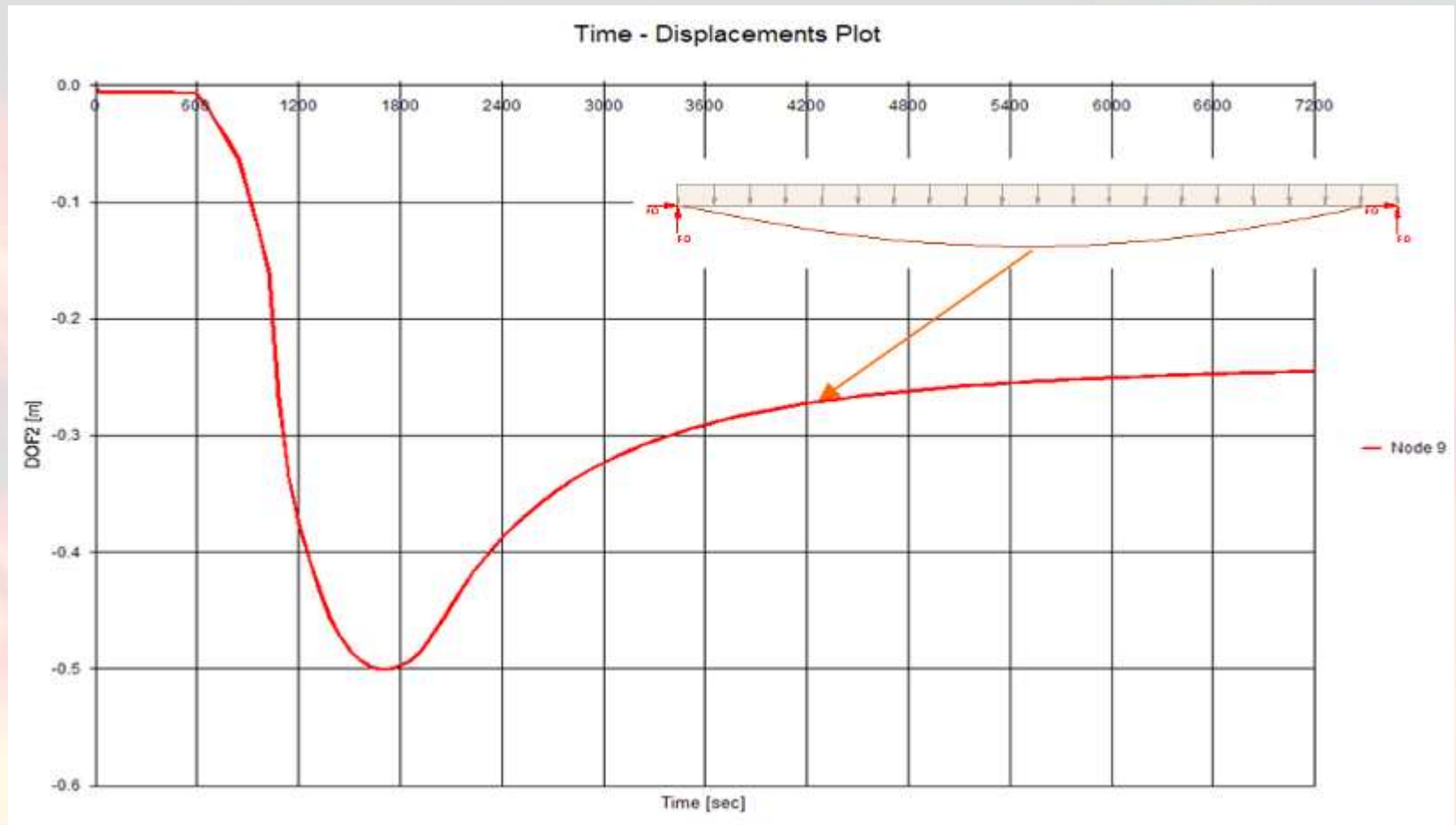
Diseño estructural

Sección transversal sobre fuego natural



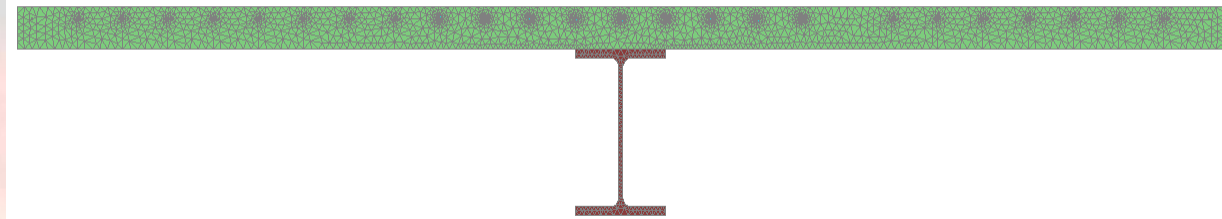
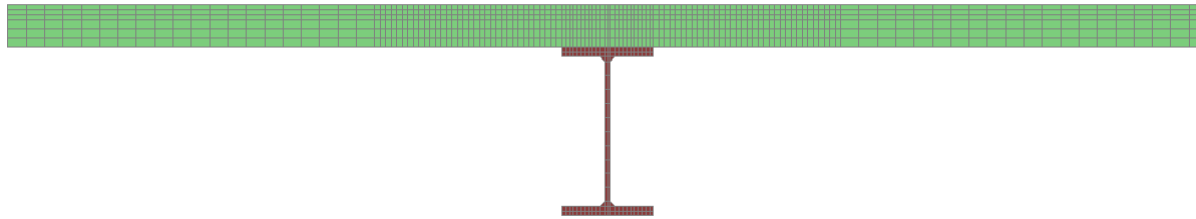
Diseño estructural

Desviación sobre fuego natural



Diseño estructural

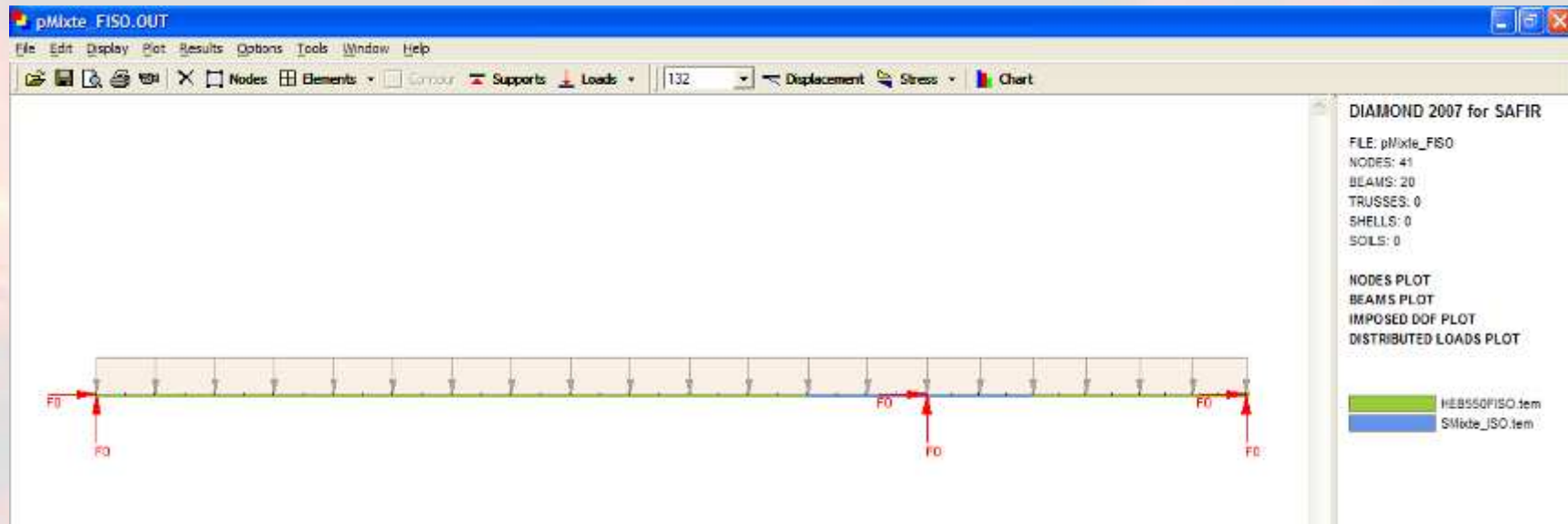
Vigas principales mixtas



- Modelo de sección transversal para cálculo de temperaturas
- 2 escenario de incendio real
- viga mixta continua

Diseño estructural

Vigas principales mixtas



SAFIR 2D beam Model con 2 secciones transversales a lo largo de la viga

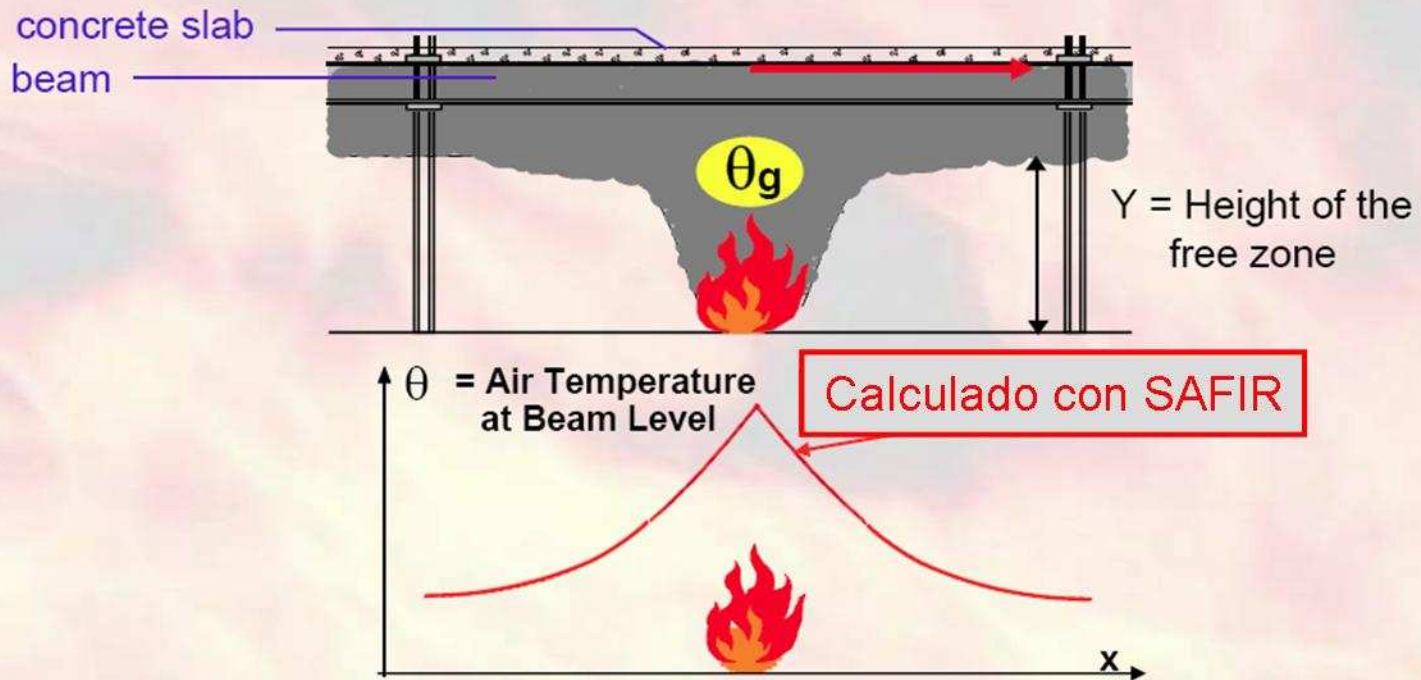
Diseño estructural

Diseño del concesionario de coches

El concesionario de coches es diseñado con fuegos localizados:

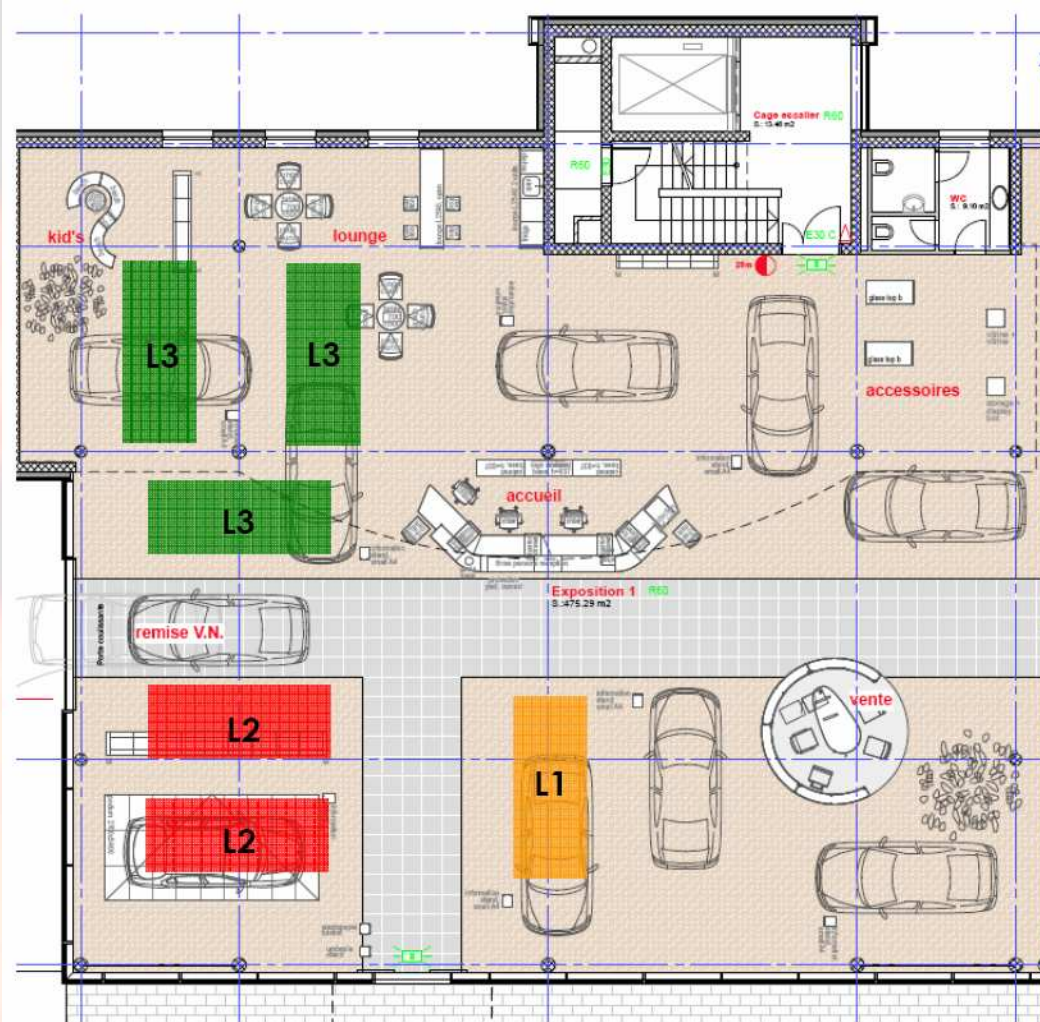
Annex C of EN 1991-1-2:

- Flame is impacting the ceiling ($L_f > H$)



Diseño estructural

Escenario concesionario de coches

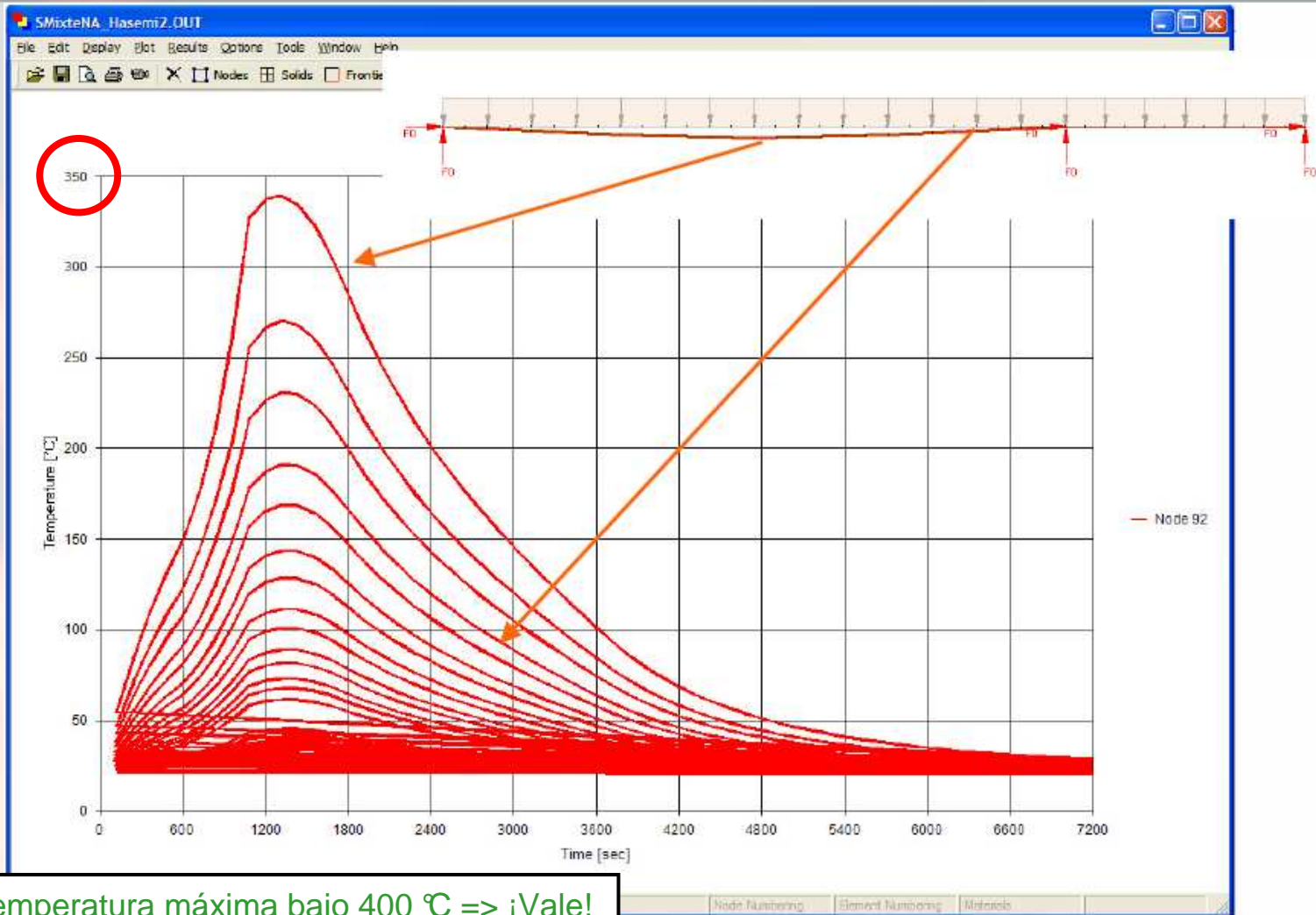


3 escenarios
con varias
posiciones de
coches

Diseño estructural

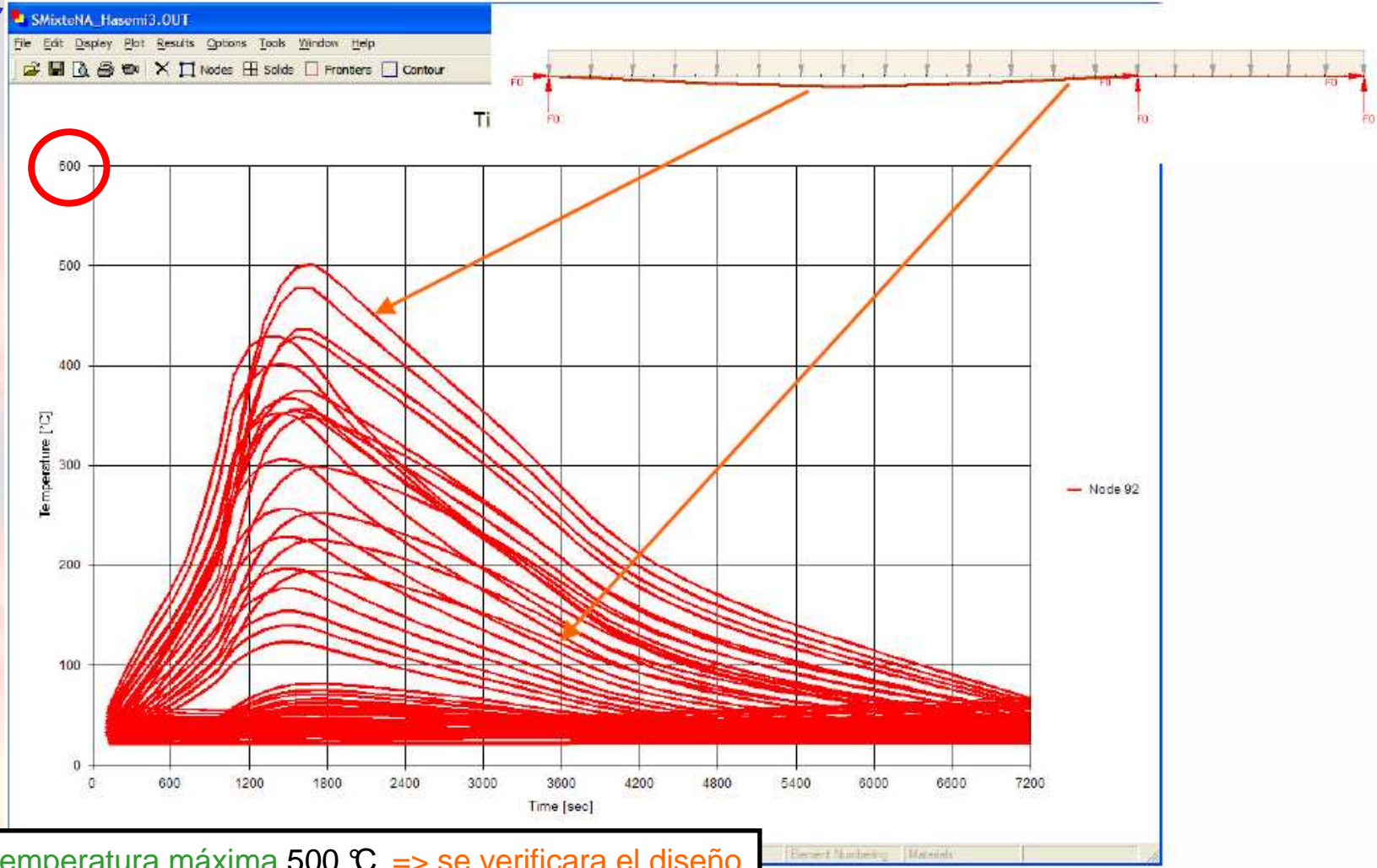
Escenario concesionario de coches

L1



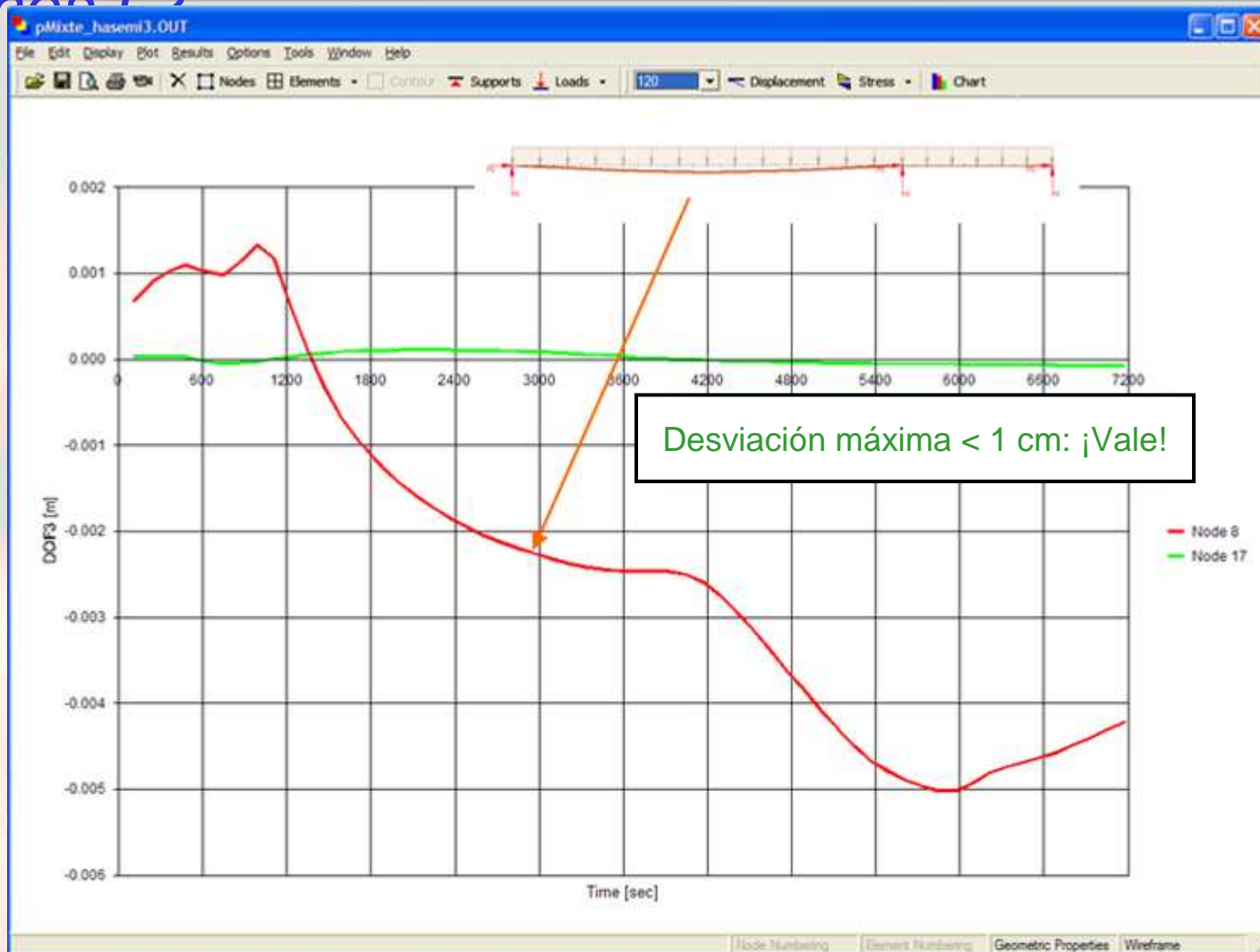
DISEÑO estructural

Escenario concesionario de coches 1.2



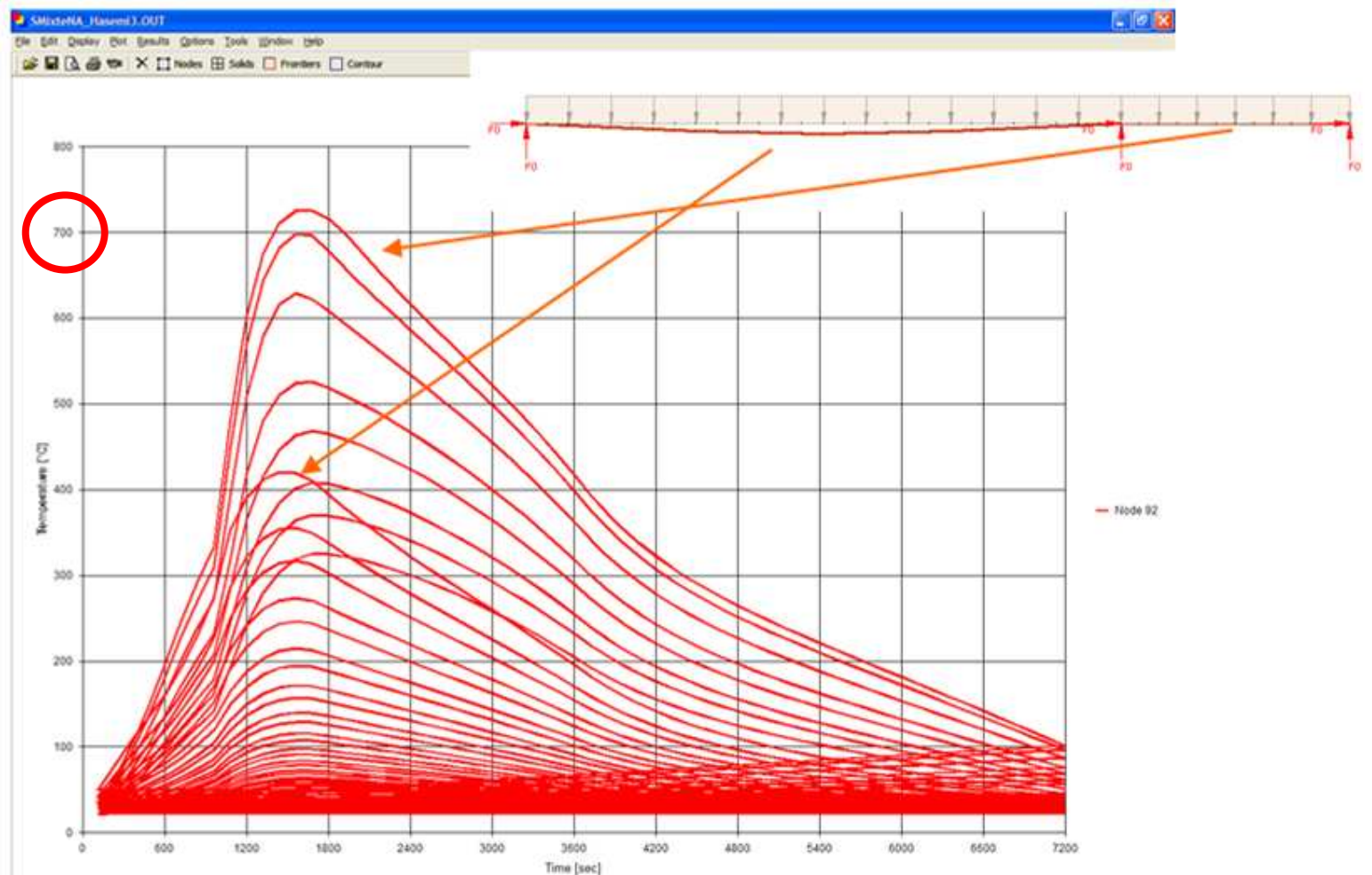
Diseño estructural

Escenario concesionario de coches L2



DISEÑO estructural

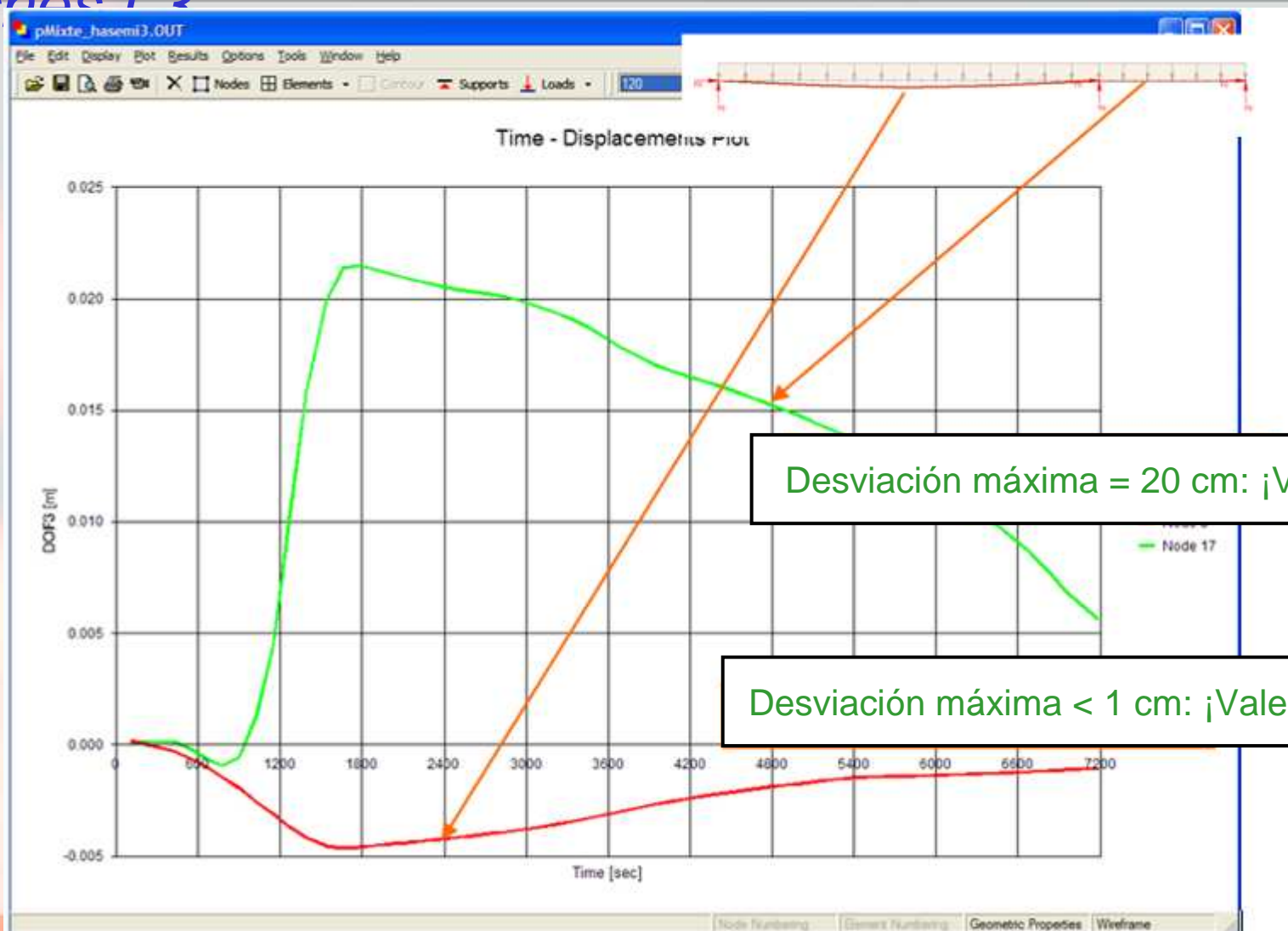
Escenario concesionario de coches 1.2



Temperatura máxima 720 °C => se verificara el diseño

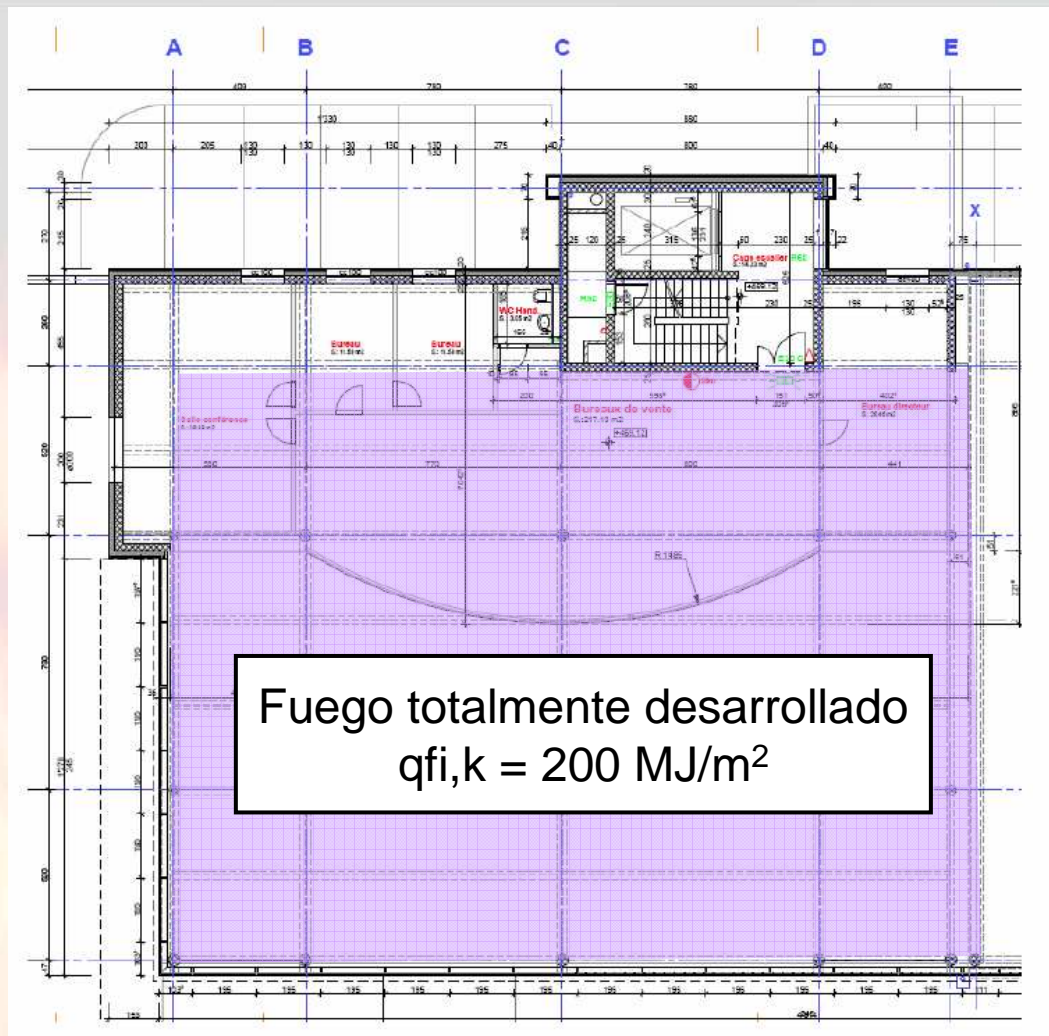
DISEÑO estructural

Escenario concesionario de coches 1.2



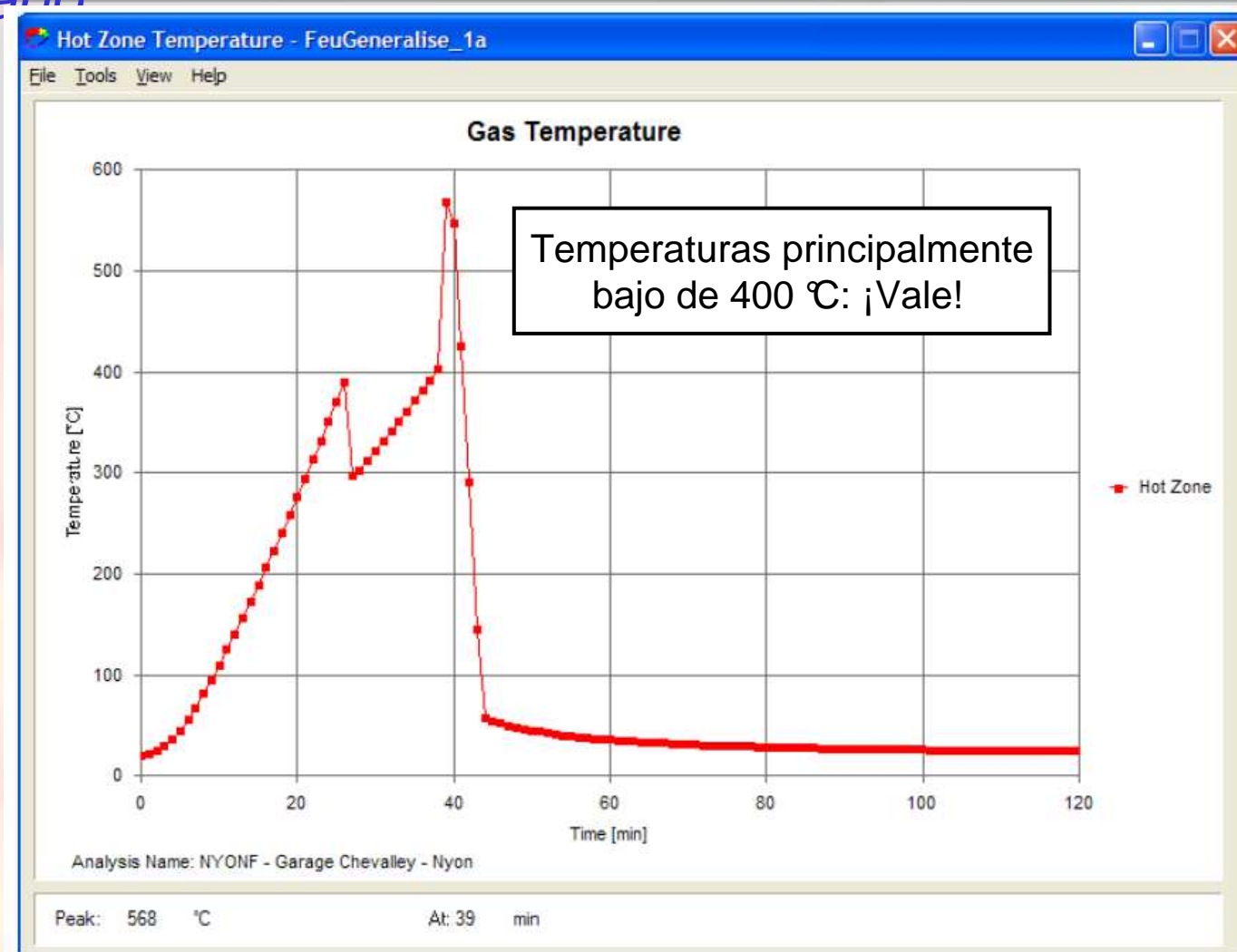
Diseño estructural

Escenario concesionario de coches: Fuego totalmente desarrollado



Diseno estructural

Escenario concesionario de coches : Fuego totalmente desarrollado



Diseño estructural

Resultados principales:

- El proyecto final se utilizó una detección de fuego
- La estructura resiste a más de 60 minutos con el fuego natural
- En algunos casos la desviación es bastante grande: la reutilización de la estructura podría ser comprometida después de un fuego. El cliente es informado de esta situación

Diseño estructural

Ventaja económica :

- En este caso, la protección contra incendios habría costado 120 ' 000 euros
- La detección de fuego cuesta 20 ' 000 euros
- El diseño adicional (Incendio real) cuesta 10 ' 000 euros

Las ventajas para los clientes:

- Los ahorros de aproximadamente 90 ' 000 euros
- Los ahorros en las primas de seguros
- Aumentaron la seguridad

Reconocimientos:

Eric Tonnichello



otras referencias

Sala de espectáculo



Restaurante de una escuela



El techo acristalado de un banco



Sala interior de fútbol



Airbus Hall



Exterior

© EADS Airbus



Interior



Oficinas en Luxemburgo



Oficinas en Luxemburgo



Oficinas en Luxemburgo



Oficinas de ArcelorMittal I&D



Oficinas de ArcelorMittal I&D



¡Gracias por su atención!

Olivier Vassart

DIFESEK

PART 5a
WORKED EXAMPLES



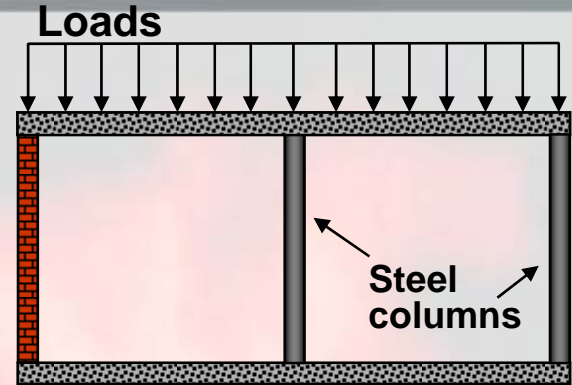
Resistance to fire - Chain of events



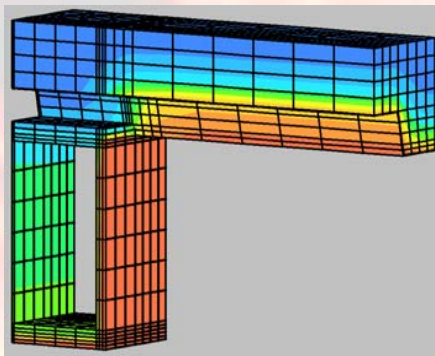
1: Ignition



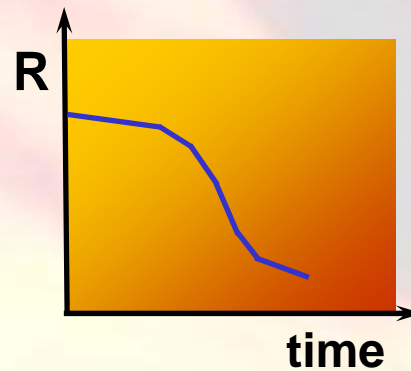
2: Thermal action



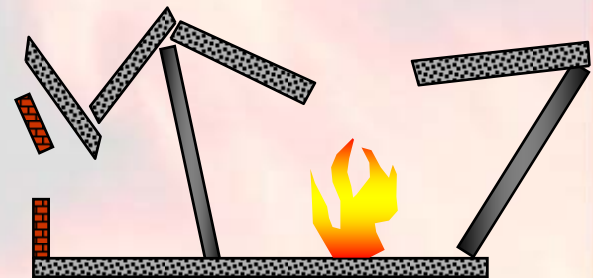
3: Mechanical actions



4: Thermal response



5: Mechanical response



6: Possible collapse

Used standards

Ambient temperature design

- EN 1990 Basis of structural design
- EN 1993-1-1 Design of steel structures
- EN 1994-1-1 Design of composite structures

Fire design

- EN 1990 Basis of structural design
- EN 1991-1-2 Thermal actions
- EN 1993-1-2 Fire design of steel structures
- EN 1994-1-2 Fire design of composite structures

Worked examples – Overview

		Number of examples
➤ EN 1991:	Actions on structures	2
Part 1-2:	General actions – Actions on structures exposed to fire	
➤ EN 1993:	Design of steel structures	3
Part 1-2:	General rules – Structural fire design	
➤ EN 1994:	Design of composite steel and concrete structures	4
Part 1-2:	General rules – Structural fire design	

Worked examples - Overview

➤ Actions

✧ **Compartment fire**

- ✧ Localised fire

➤ Steel

- ✧ Steel column
- ✧ Steel beam (N + M)
- ✧ Steel beam (hollow section)

➤ Composite

- ✧ Composite slab
- ✧ Composite beam (steel beam)
- ✧ Composite beam (partially encased beam)
- ✧ Composite column

Compartment Fire

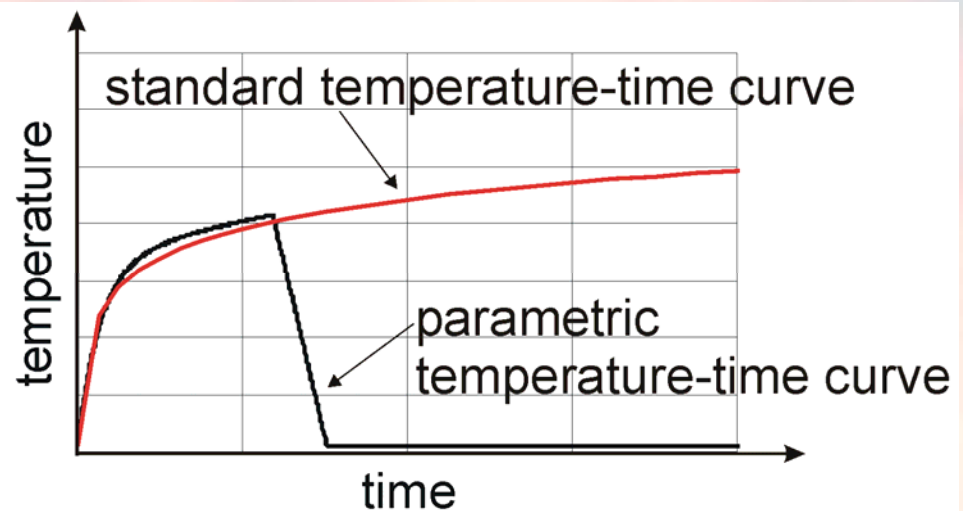
Task

Determination of the gas temperature
of a fully engulfed fire

⇒ Natural fire model for compartment fires

⇒ Parametric temperature – time curve

$$\theta_g = f(q_{f,d}, O, b)$$



EN 1991-1-2: Annex A

Compartment Fire

Parameters



Building: Cardington test facility
Type: Office

Fire load: $q_{f,d} = 483 \text{ MJ/m}^2$

Floor area: $A_f = 135 \text{ m}^2$
Height: $H = 4.0 \text{ m}$

Average window height: $h_{eq} = 1.8 \text{ m}$
Area of vertical openings: $A_v = 27 \text{ m}^2$
Vertical opening factor: $O = 0.076 \text{ m}$



Material of boundaries: Lightweight concrete
 $b = 1263.3 \text{ J}/(\text{m}^2\text{s}^{1/2}\text{K})$

Compartment Fire

Fuel or ventilation controlled?

$$0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0.363 \text{ h}$$

$$0.363 \text{ h} < t_{\text{lim}} = 0.333 \text{ h} \quad \text{fuel controlled}$$

$$0.363 \text{ h} > t_{\text{lim}} = 0.333 \text{ h} \quad \text{ventilation controlled}$$

where

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$$

Compartment Fire

Heating curve

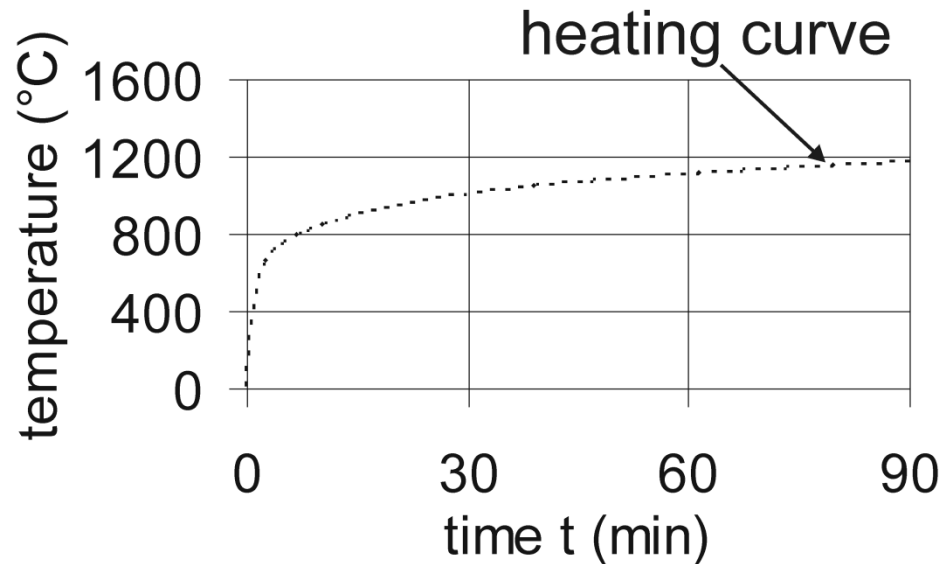
Calculation of the heating curve:

$$\theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0.324 \cdot e^{-0.2 \cdot t^*} - 0.204 \cdot e^{-1.7 \cdot t^*} - 0.472 \cdot e^{-19 \cdot t^*})$$

where:

$$t^* = t \cdot \Gamma$$

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0.04/1160)^2}$$



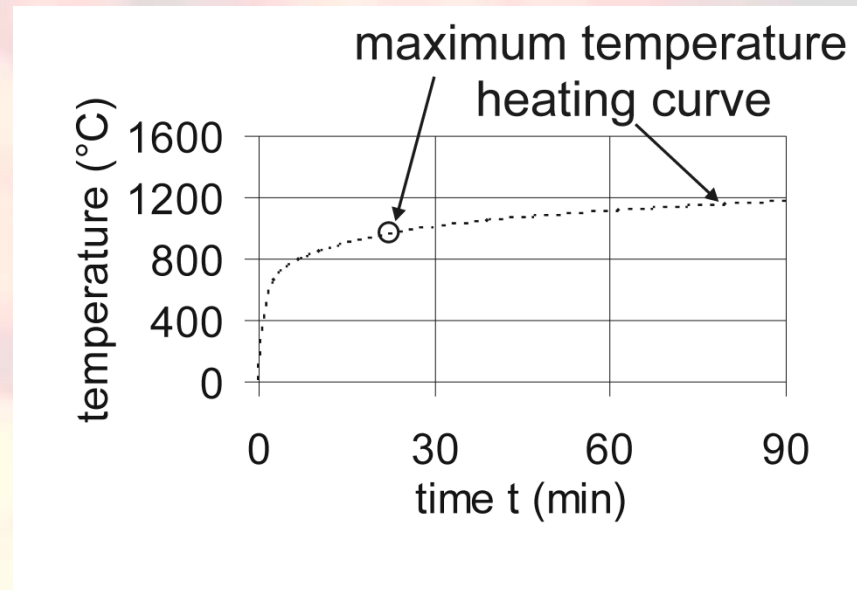
Compartment Fire

Maximum temperature

Equal to the calculation of the heating curve, except:

$$t = t_{\max} = \max \begin{cases} 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O \\ t_{\text{lim}} \end{cases}$$

The maximum temperature is needed to determine the cooling curve.



Compartment Fire

Cooling curve

Calculation of the cooling curve:

$$\theta_g = \theta_{\max} - 625 \cdot (t^* - t^*_{\max} \cdot x)$$

where

$$t^*_{\max} = (0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma$$

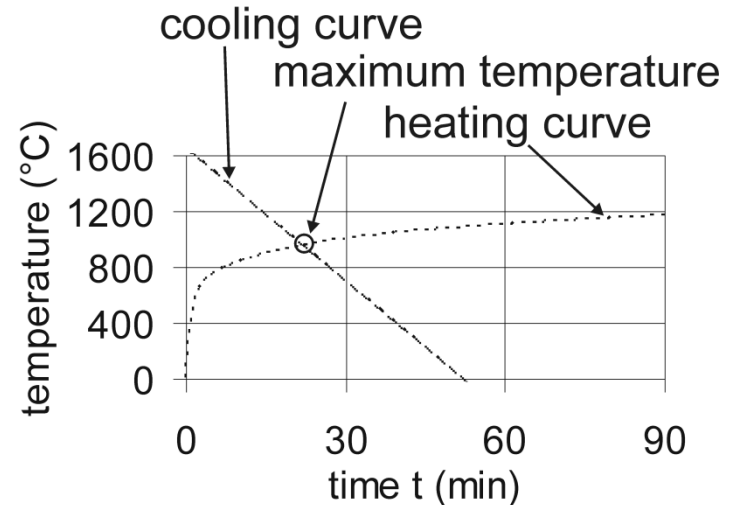
$$t^* = t \cdot \Gamma$$

If fire is ventilation controlled:

$$x = 1.0$$

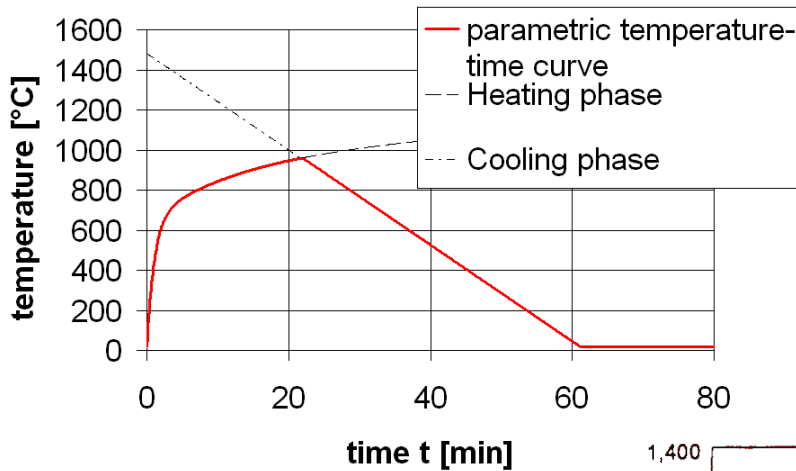
If fire is fuel controlled:

$$x = t_{\text{lim}} \cdot \Gamma / t^*_{\max}$$



Compartment Fire

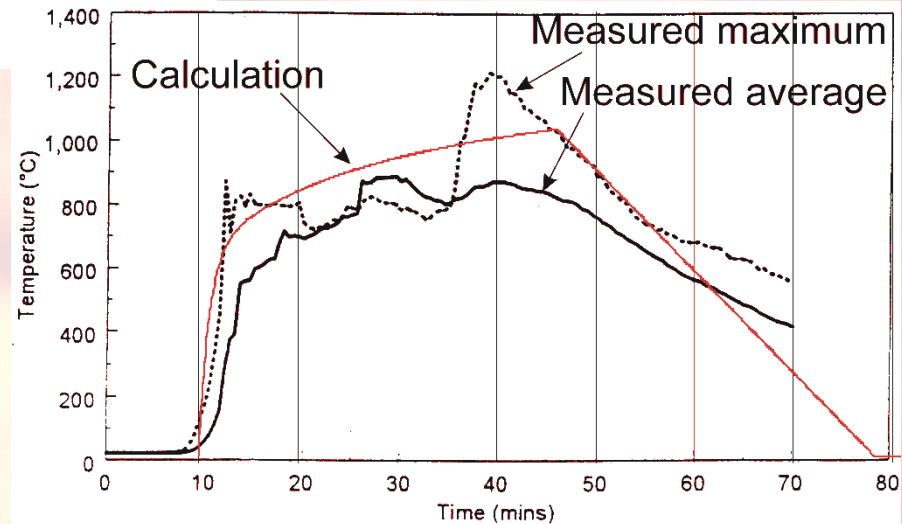
Final curve and comparison



← Parametric temperature-time curve

Comparison calculation – measurement →

(Factors of $q_{fi,d}$: $\delta_{q1} = 1.0$,
 $\delta_{q2} = 1.0$,
 $\delta_n = 1.0$)



Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ **Localised fire**

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ Steel beam (hollow section)

➤ Composite

- ❖ Composite slab
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

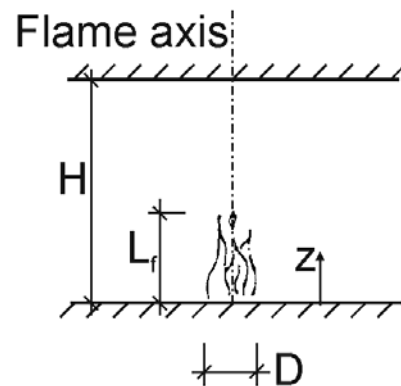
Localised fire

Task

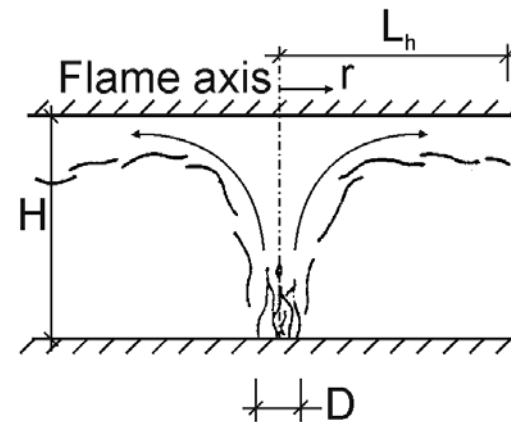
Determination of the steel temperatures of a steel beam exposed to fire by a burning car.

⇒ Natural fire model for localised fires

Not impacting the ceiling



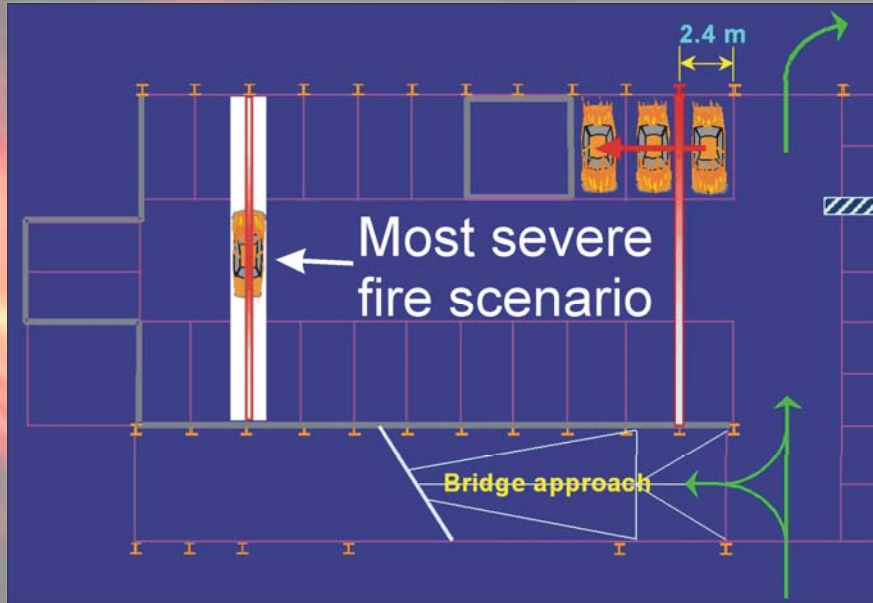
Impacting the ceiling



EN 1991-1-2: Annex C

Localised fire

Parameters



Building: Car park Auchan,
Luxembourg
Type: Underground
car park

Height: $H = 2.7$ m

Horizontal distance

from flame axis to beam: $r = 0.0$ m

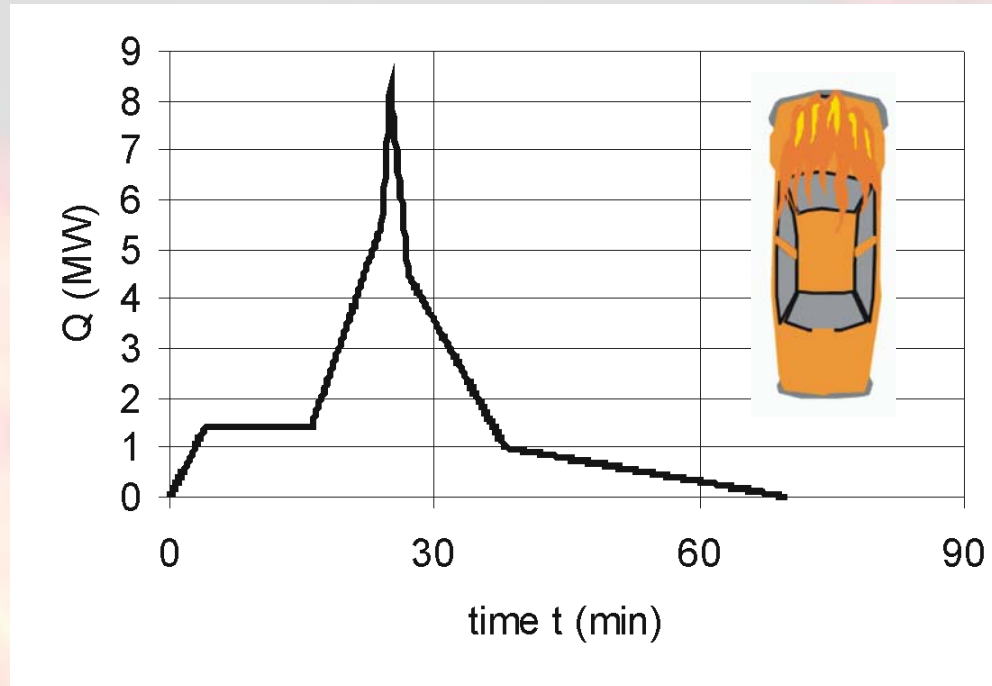
Diameter of flame: $D = 2.0$ m

Steel Beam: IPE 550

Localised fire

Rate of Heat Release

Curve of the rate of heat release of one car



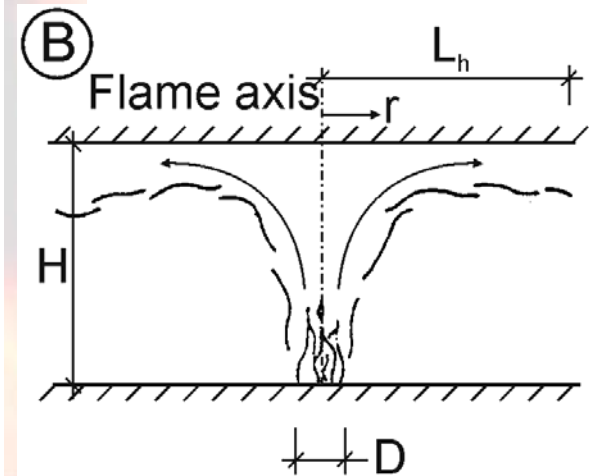
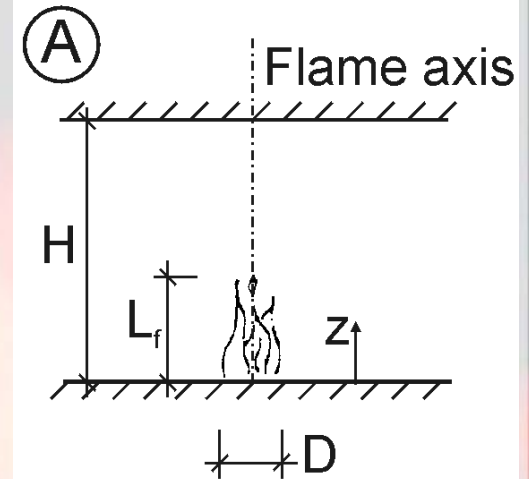
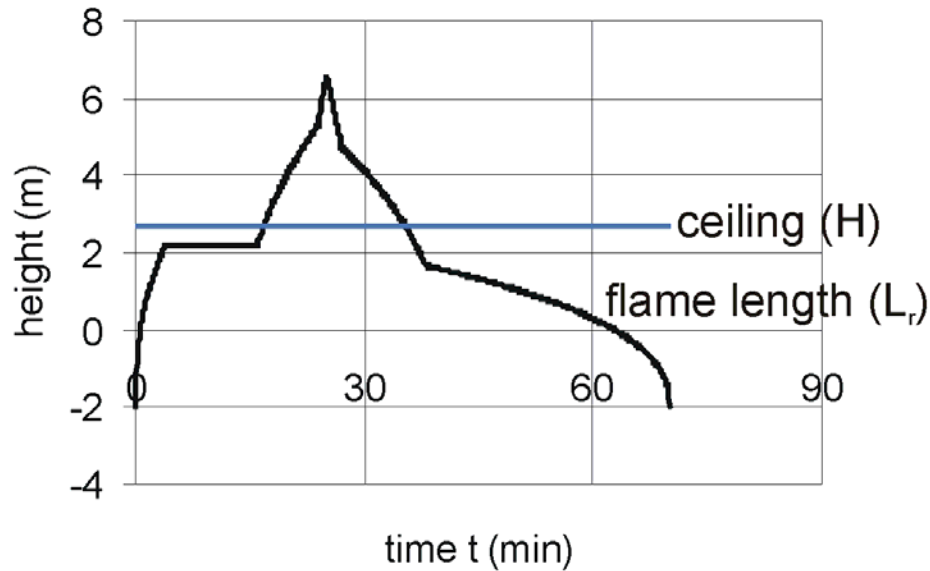
From ECSC project: Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in closed car parks.

Localised fire

Flame Length

if $L_r \geq H \Rightarrow$ Model A has to be used

if $L_r < H \Rightarrow$ Model B has to be used



Localised fire

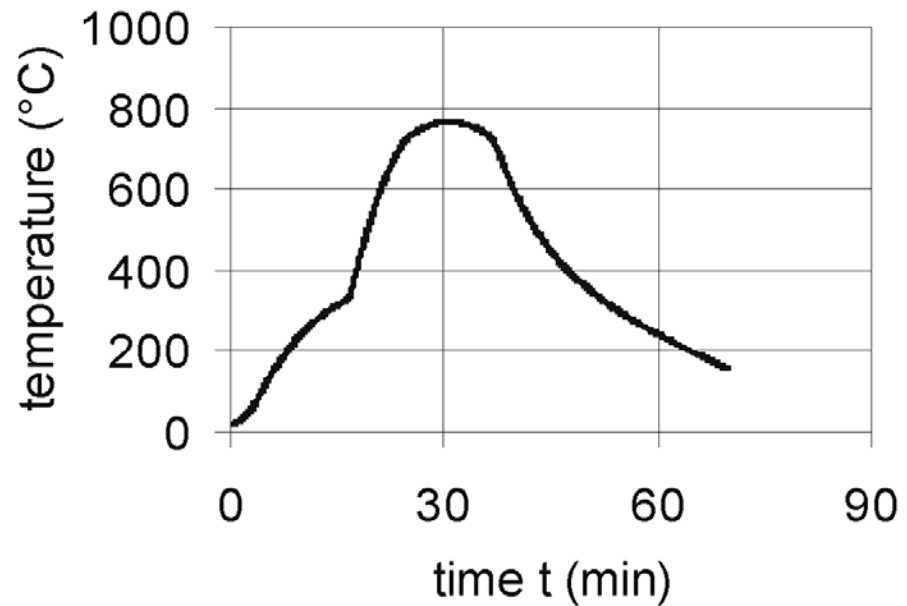
Steel temperatures

Temperature-time curve for the unprotected steel beam:

$$\theta_{a,r} = \theta_m + k_{sh} \cdot \frac{A_p / V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net} \cdot \Delta t$$

$$\theta_{a,max} = 770 \text{ } ^\circ\text{C}$$

at $t_{\theta,max} = 31.07 \text{ min}$



Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ **Steel column**
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ Steel beam (hollow section)

➤ Composite

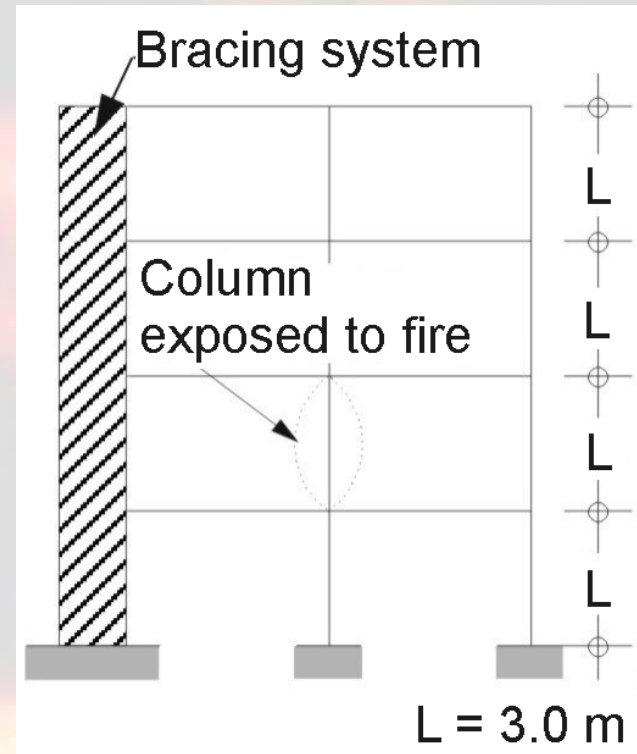
- ❖ Composite slab
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

Steel column

Task

Determination of the design axial resistance for a steel column.

⇒ Simple calculation model for compression members



EN 1993-1-2: Section 4.2.3.2

Steel column

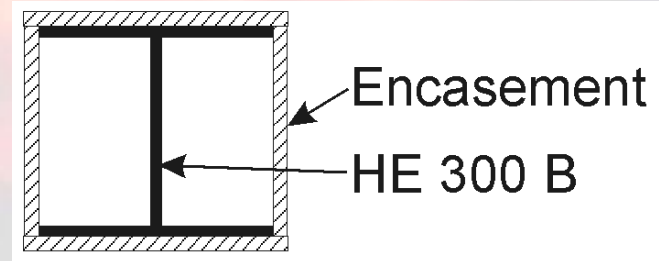
Parameters

Building: Department store

Fire resistance class: R 90

Loads: $G_k = 1200 \text{ kN}$

$P_k = 600 \text{ kN}$



Profile: Rolled section

HE 300 B

Fire protection: Hollow encasement
of gypsum board ($d_p = 3 \text{ cm}$)

Steel grade: S 235

Steel column

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Combination factor for shopping areas: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.6$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 1560 \text{ kN}$$

Steel column

Maximum steel temperature

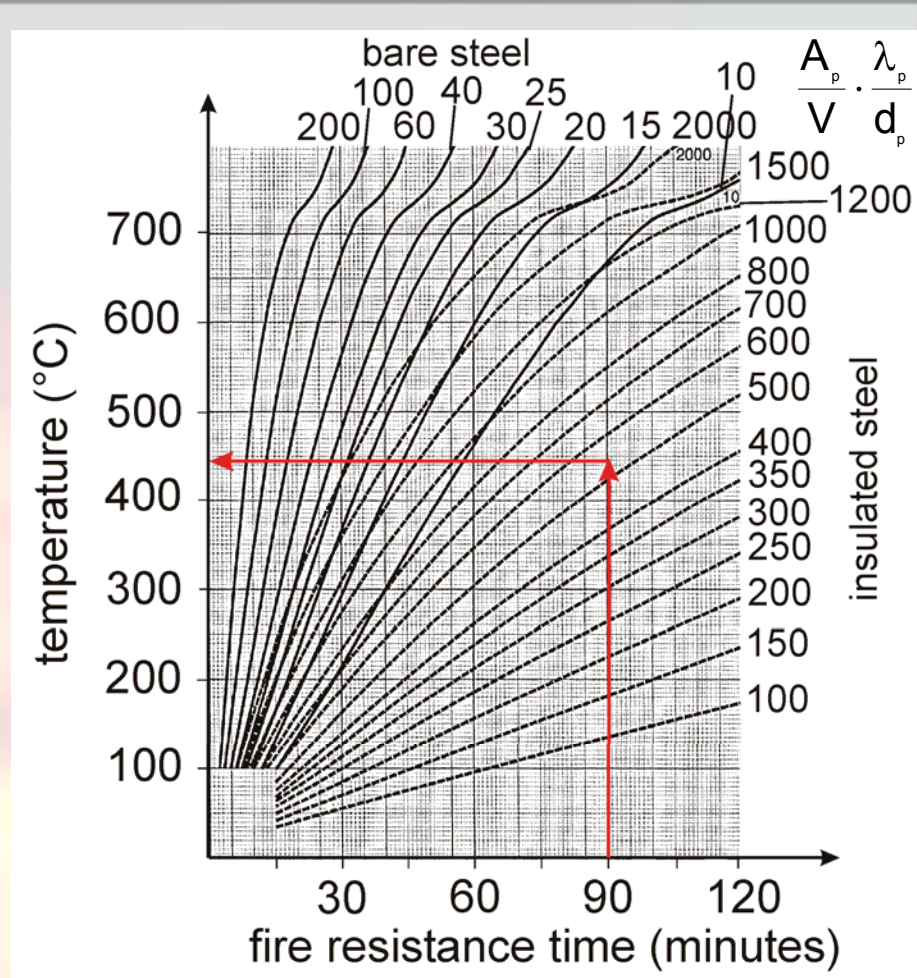
$$\frac{2 \cdot (b + h)}{A_a} \cdot \frac{\lambda_p}{d_p} = 540 \frac{W}{m^3 \cdot K}$$

Euro-Nomogram:

$$\Rightarrow \theta_{a, \max, 90} \approx 445 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reduction factors:

$$\begin{aligned} \Rightarrow k_{y, \theta} &= 0.901 \\ k_{E, \theta} &= 0.655 \end{aligned}$$



Steel column

Reduction factor and verification

- Reduction factor χ_{fi} :

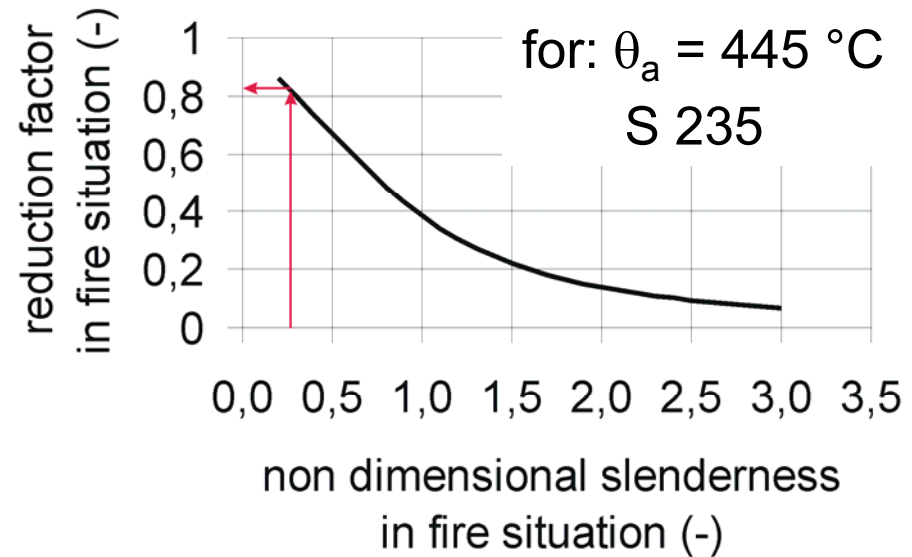
$$\bar{\lambda}_{fi,\theta} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}} = 0.25$$

$$\Rightarrow \chi_{fi} = 0.86$$

- Flexural buckling:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta,max} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{fi,d} / N_{b,fi,t,Rd} = 0.58 < 1$$



Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ **Steel beam (N + M)**
- ❖ Steel beam (hollow section)

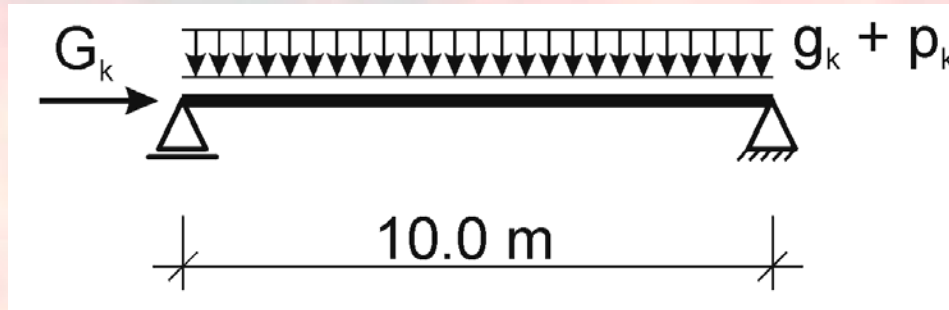
➤ Composite

- ❖ Composite slab
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

Steel beam (N + M)

Task

Verification of a steel beam subjected to bending and compression loads.



⇒ Simple calculation model for members subjected to bending and compression loads

EN 1993-1-2: Section 4.2.3.5

Steel beam (N + M)

Parameters

Building: Office building

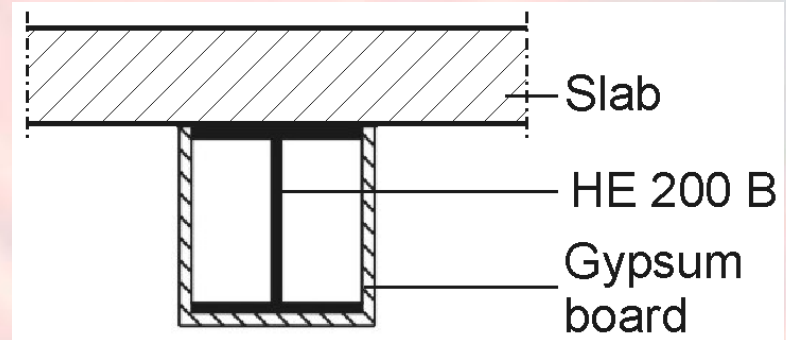
Fire resistance

class: R 90

Loads: $G_k = 96.3 \text{ kN}$

$g_k = 1.5 \text{ kN/m}$

$p_k = 1.5 \text{ kN/m}$



Profile: Rolled section

HE 200 B

Fire protection: Hollow encasement

of gypsum board ($d_p = 2 \text{ cm}$)

Steel grade: S 235

Steel beam (N + M)

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Combination factor for office areas: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 96.3 \text{ kN}$$

$$M_{fi,d} = 24.38 \text{ kNm}$$

Steel beam (N + M)

Maximum steel temperature

$$\frac{2 \cdot h + b}{A_a} \cdot \frac{\lambda_p}{d_p} = 770 \frac{W}{m^3 \cdot K}$$

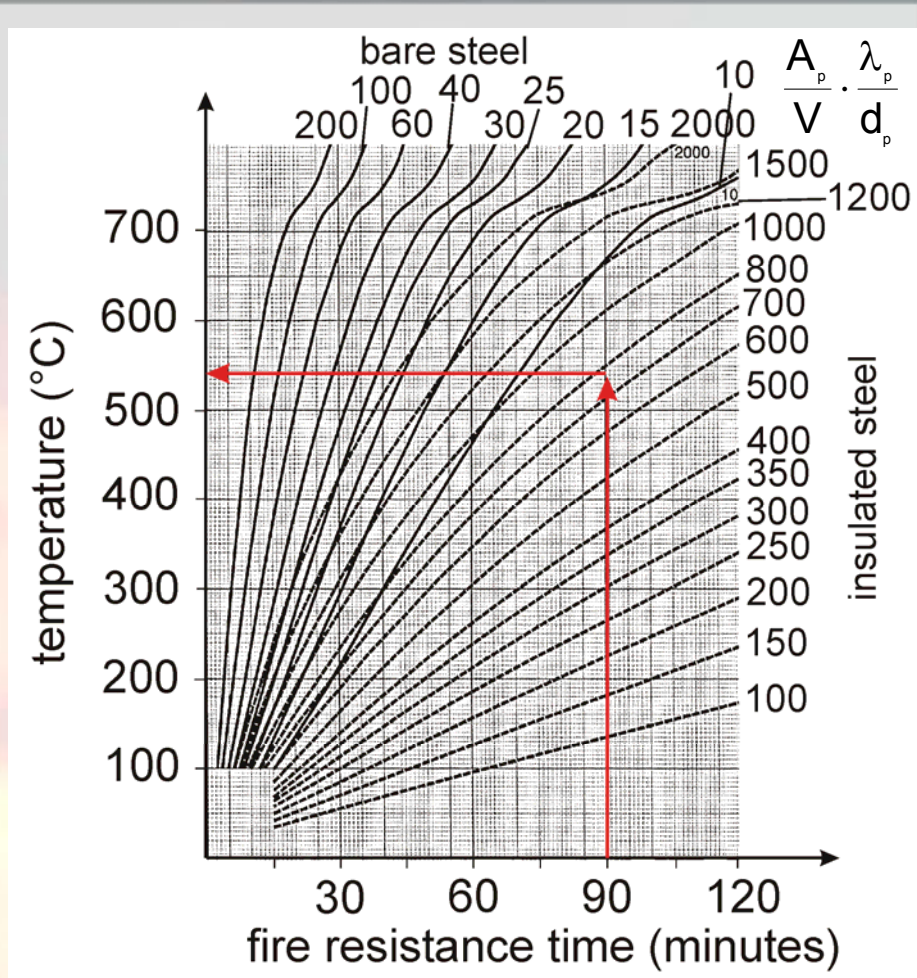
Euro-Nomogram:

$$\Rightarrow \theta_{a, \max, 90} \approx 540 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Reduction factors:

$$\Rightarrow k_{y, \theta} = 0.656$$

$$k_{E, \theta} = 0.484$$



Steel beam (N + M)

Reduction factors and verification

- Reduction factors $\chi_{i,fi}$:

Similar to example „Steel column“

- Flexural buckling:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{min,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_y \cdot M_{y,fi,d}}{W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} = 0.98 \leq 1$$

- Lateral torsional buckling:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,fi,d}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} = 1.14 \leq 1$$



Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ **Steel beam (hollow section)**

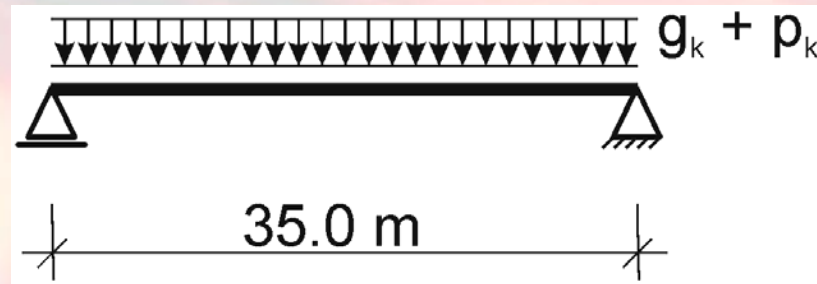
➤ Composite

- ❖ Composite slab
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

Steel beam (hollow section)

Task

Determination of the design bending resistance for the steel beam.



⇒ Simple calculation model:

- for members subjected with bending loads
- without stability problems

EN 1993-1-2: Section 4.2.3.3

Steel beam (hollow section)

Parameters

Building: Hall roof structure

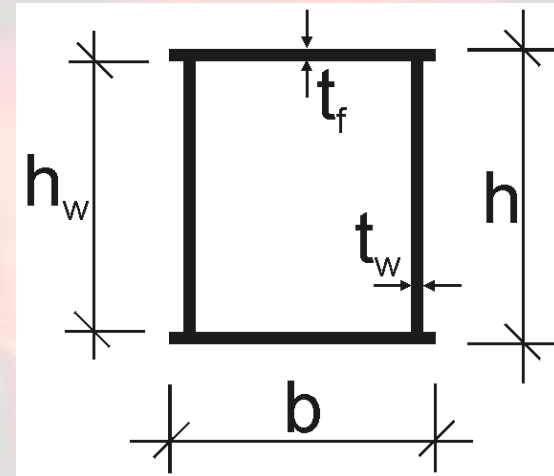
Fire resistance class: R 30

Loads: $g_k = 9.32$ kN/m
 $p_k = 11.25$ kN/m

Profile: Welded section
 $h / b = 70$ cm / 45 cm
 $t_w = t_f = 25$ mm

Fire protection: none

Steel grade: S 355



Steel beam (hollow section)

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Combination factor for snow loads: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.0$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 1427.1 \text{ kNm}$$

Steel beam (hollow section)

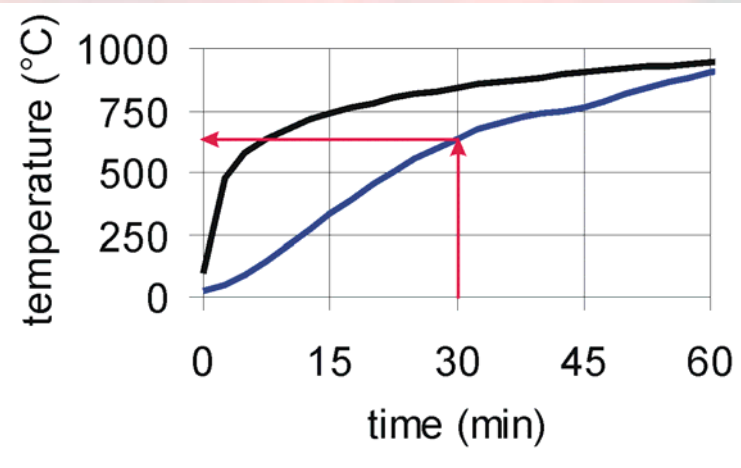
Maximum steel temperature

- Standard temperature – time curve:

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$$

- Steel temperature – time curve:

$$\Delta\theta_{a,r} = k_{sh} \cdot \frac{A_p / V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net} \cdot \Delta t$$



Section factor with equal thickness of flanges and web. $\Rightarrow \frac{A_p}{V} = \frac{1}{t} = 40 \frac{1}{m}$

Steel beam (hollow section)

Verification

- Verification in the temperature domain:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} = 0.31$$

$$\Rightarrow \theta_{a,cr} = 659 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\frac{\theta_{a,max,30}}{\theta_{a,cr}} = 0.98 < 1$$

- Verification in the strength domain:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{pl,Rd,20^\circ\text{C}} \cdot k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M,1}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} = 1645.4 \text{ kNm}$$

where

$$k_{y,\theta} = 0.360$$

$$\kappa_1 = 1.0$$

$$\kappa_2 = 1.0$$

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,t,Rd}} = 0.87 < 1$$

Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ Steel beam (hollow section)

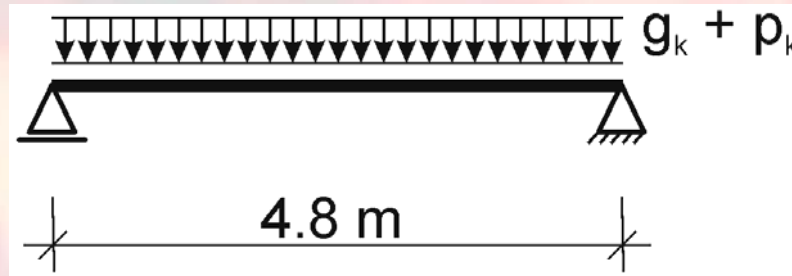
➤ Composite

- ❖ **Composite slab**
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

Composite slab

Task

Determination of the design sagging moment resistance for the composite slab.



⇒ Simple calculation model for composite slabs exposed to fire

EN 1994-1-2: Annex D

Composite slab

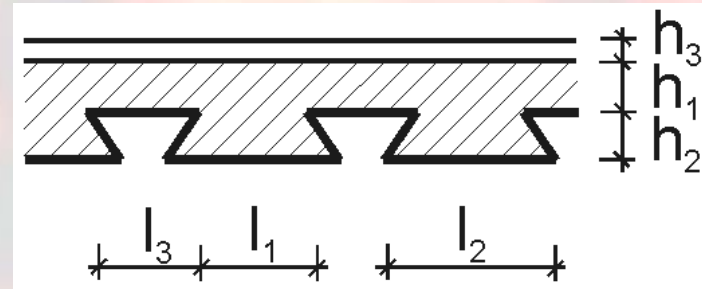
Parameters

Building: Shopping centre
Fire resistance
class: R 90

Loads: $g_k = 4.62 \text{ kN/m}^2$
 $p_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Height of slab: $h = 14.0 \text{ cm}$
Strength class: C 25/30

Steel sheet: Re-entrant
 $h_2 = 5.1 \text{ cm}$
Yield stress: $f_y = 350 \text{ N/mm}^2$



Composite slab

Mechanical actions during fire exposure

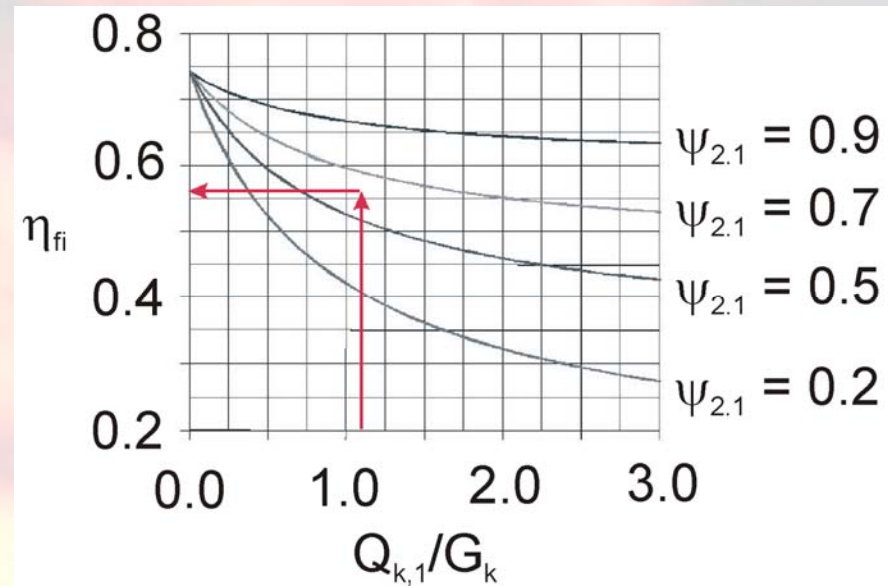
Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

$$\frac{Q_{k,1}}{G_k} = \frac{q_{k,1}}{g_k} = 1.1$$

Bending moment
in fire situation:

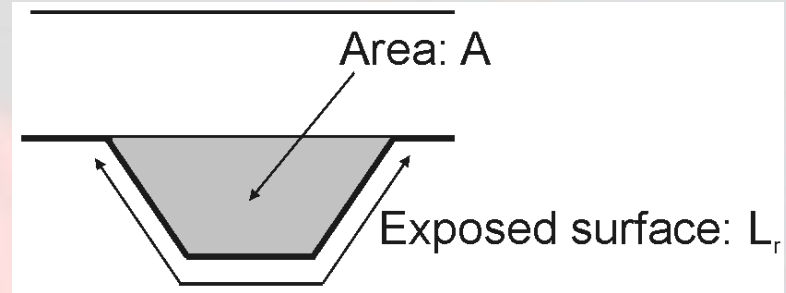
$$M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_{sd} = 21.76 \text{ kNm/m}$$



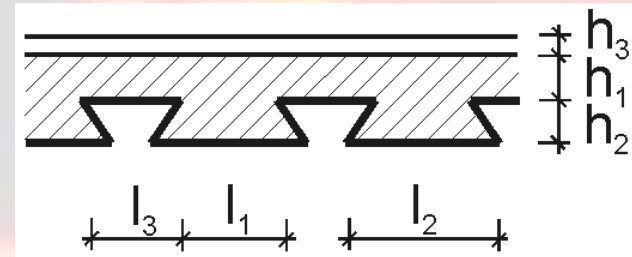
Composite slab

Rib geometry factor

Rib geometry factor considers positive effects of mass and height of the rib.



$$\frac{A}{L_r} = \frac{h_2 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right)}{l_2 + 2 \cdot \sqrt{h_2^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2} \right)^2}} = 27 \text{ mm}$$

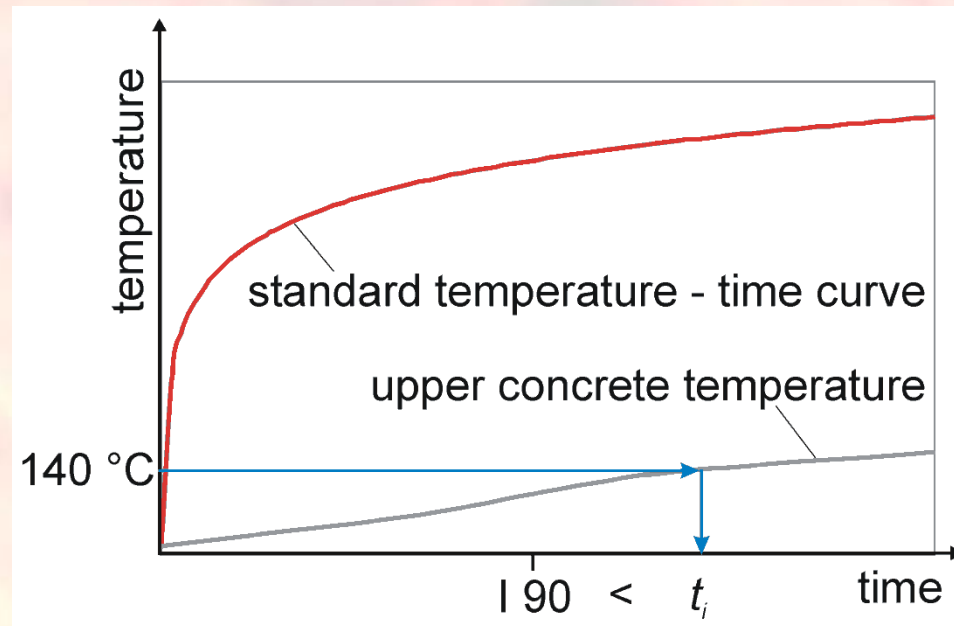


Composite slab

Thermal insulation

The temperature on top of the slab should not exceed 140 °C in average and 180 °C at its maximum.

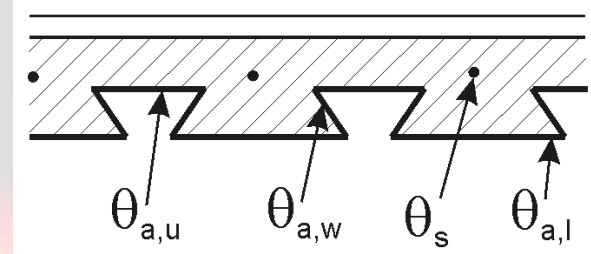
$$t_i = 131.48 \text{ min} > 90 \text{ min}$$



Composite slab

Maximum steel temperatures and verification

- Calculation of the steel temperatures:



Steel sheet

$$\theta_{a,i} = b_{0,i} + b_{1,i} \cdot \frac{1}{l_3} + b_{2,i} \cdot \frac{A}{L_r} + b_{3,i} \cdot \Phi + b_{4,i} \cdot \Phi^2$$

Reinforcement bars

$$\theta_s = c_0 + c_1 \cdot \frac{u_3}{h_2} + c_2 \cdot z + c_3 \cdot \frac{A}{L_r} + c_4 \cdot \alpha + c_5 \cdot \frac{1}{l_3}$$

- Verification:

$$\begin{aligned} M_{fi,t,Rd} &= \sum A_i \cdot z_i \cdot k_{y,\theta,i} \cdot \left(\frac{f_{y,i}}{\gamma_{M,fi}} \right) + \alpha_{slab} \cdot \sum A_j \cdot z_j \cdot k_{c,\theta,j} \cdot \left(\frac{f_{c,j}}{\gamma_{M,fi,c}} \right) \\ &= 25.00 \text{ kNm/m} > 21.76 \text{ kNm/m} \end{aligned}$$

Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ Steel beam (hollow section)

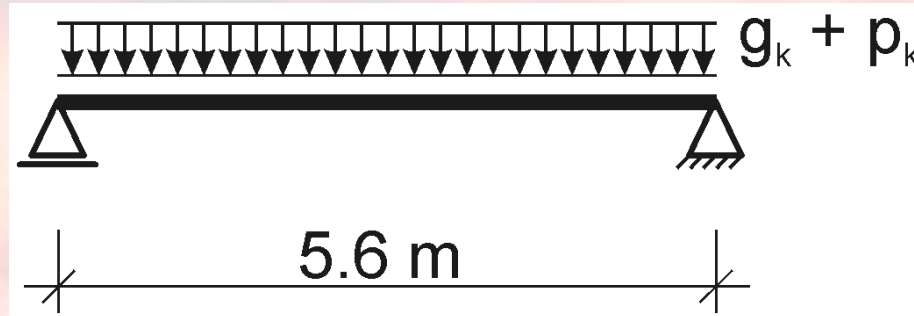
➤ Composite

- ❖ Composite slab
- ❖ **Composite beam (steel beam)**
- ❖ Composite beam (partially encased beam)
- ❖ Composite column

Composite beam (steel beam)

Task

Determination of the design sagging moment resistance for the composite beam.



⇒ Simple calculation model for composite beams exposed to fire

EN 1994-1-2: Annex E

Composite beam (steel beam)

Parameters

Building: Office building

Fire resistance class: R 60

Loads: $g_k = 28.0$ kN/m

$p_k = 15.0$ kN/m

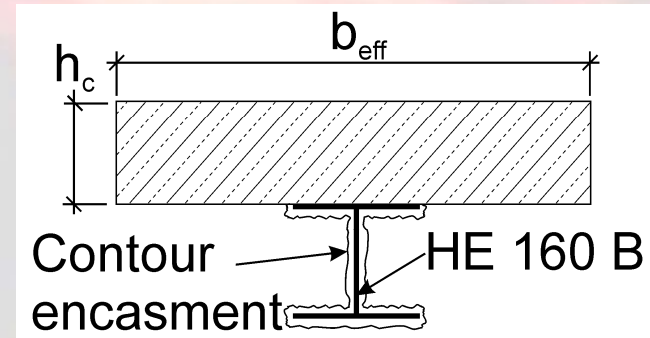
Height of slab: $h_c = 16.0$ cm

Strength class: C 25/30

Profile: Rolled section
HE 160 B

Fire protection: Contour
encasement
of plaster ($d_p = 1.5$ cm)

Steel grade: S 235



Composite beam (steel beam)

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Combination factor for office areas: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 127.4 \text{ kNm}$$

Composite beam (steel beam)

Maximum steel temperature

Upper flange:

$$\theta_{a,max,u} \approx 390 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 1.0$$

Web:

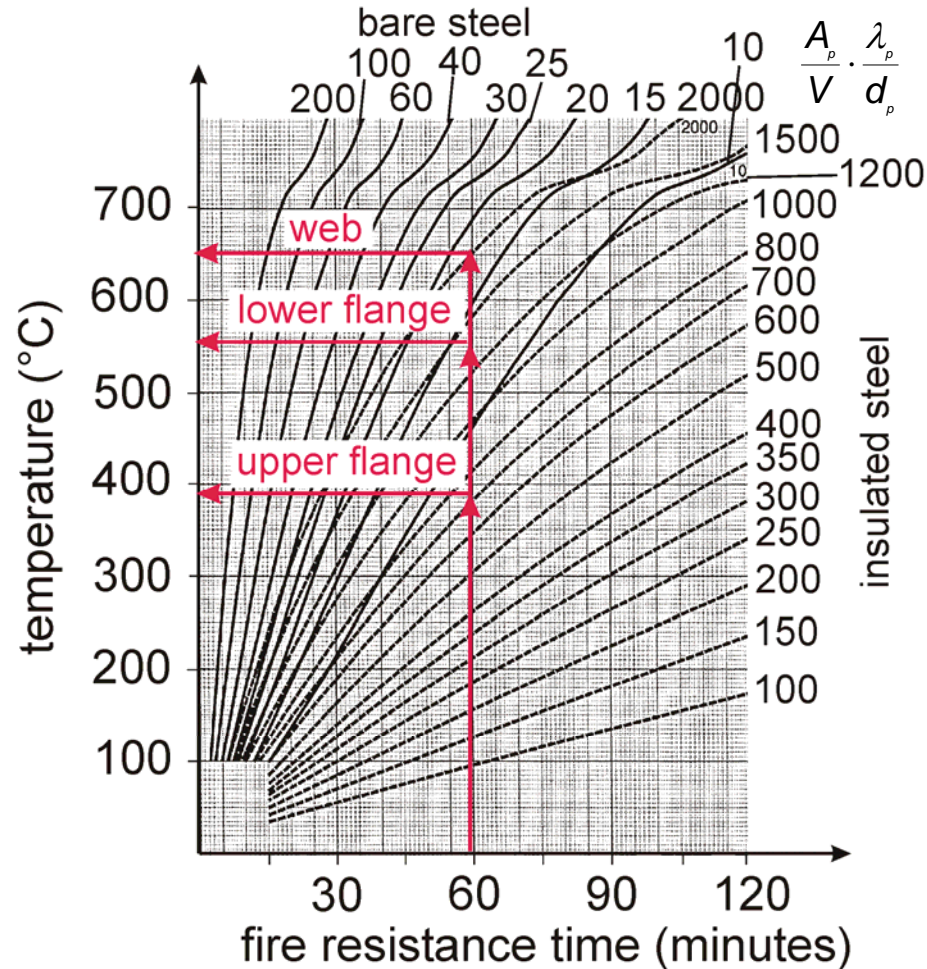
$$\theta_{a,max,w} \approx 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.350$$

Lower flange:

$$\theta_{a,max,l} \approx 550 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.625$$



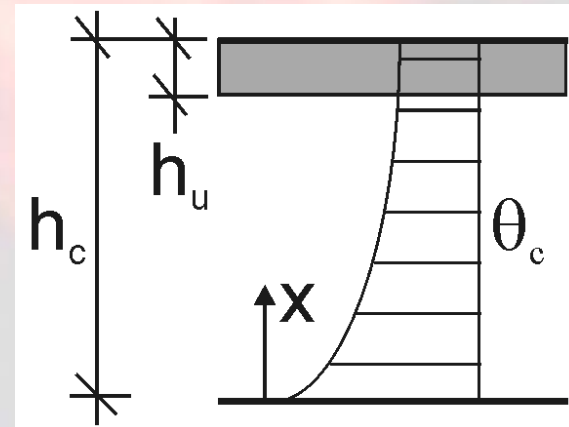
Composite beam (steel beam)

Temperatures of the concrete compression zone

Check, if the temperatures in the compression zone are lower than 250 °C:

$$(h_c - h_u) = 12.2 \text{ cm} > x = 5 \text{ cm}$$

⇒ Concrete compression strength is not reduced.



where

x : Concrete zone with temperatures $\theta_c > 250 \text{ °C}$

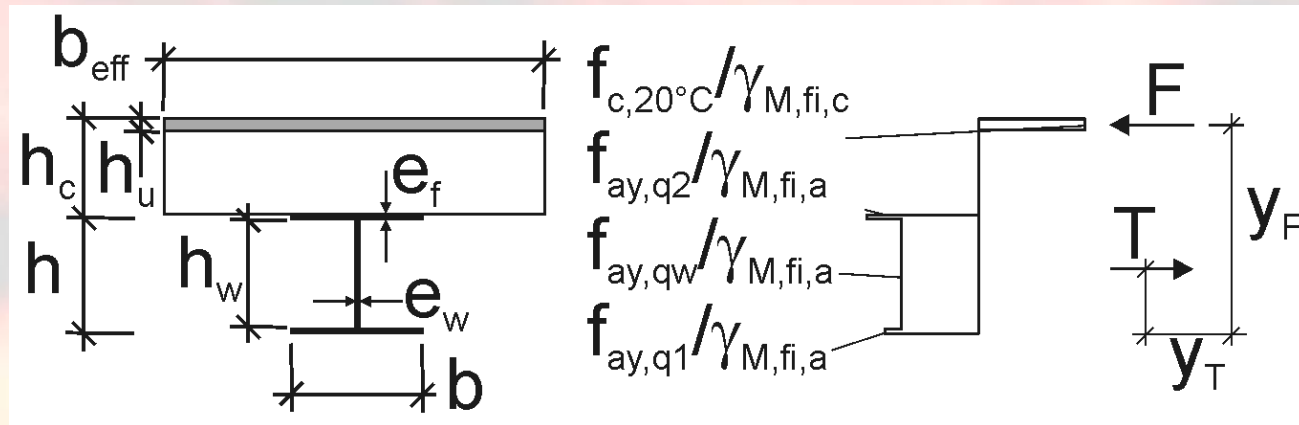
h_u : Height of the compression zone

Composite beam (steel beam)

Design sagging moment resistance and verification

- Design sagging moment resistance:

$$M_{fi,Rd} = T \cdot (y_F - y_T) = 274.2 \text{ kNm}$$



- Verification:

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,Rd}} = 0.46 < 1$$

Worked examples - Overview

➤ Actions

- ❖ Compartment fire
- ❖ Localised fire

➤ Steel

- ❖ Steel column
- ❖ Steel beam (N + M)
- ❖ Steel beam (hollow section)

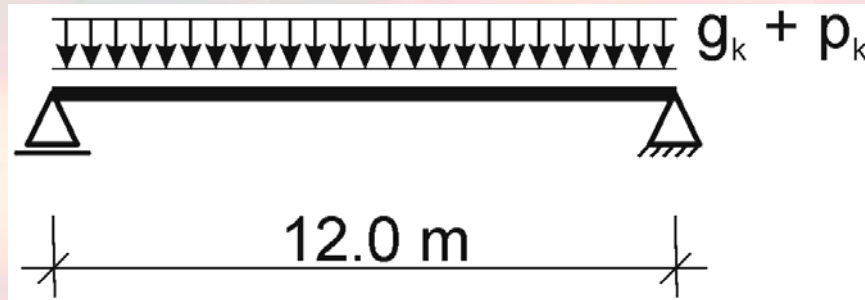
➤ Composite

- ❖ Composite slab
- ❖ Composite beam (steel beam)
- ❖ **Composite beam (partially encased beam)**
- ❖ Composite column

Composite beam (partially encased beam)

Task

Determination of the design sagging moment resistance for the composite beam



⇒ Simple calculation model for composite beams comprising steel beam with partial concrete encasement exposed to fire.

EN 1994-1-2: Annex F

Composite beam (partially encased beam)

Parameters

Building: Storehouse

Fire resistance class: R 90

Loads: $g_k = 21.0 \text{ kN/m}$
 $p_k = 30.0 \text{ kN/m}$

Height of slab: $h_c = 16 \text{ cm}$

Strength category: C 25/30

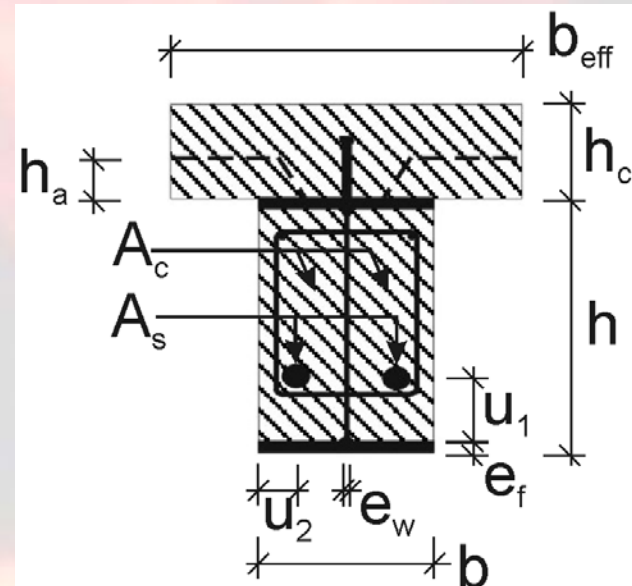
Width of encasement: $b_c = b = 20 \text{ cm}$

Strength class: C 25/30

Profile: Rolled section

IPE 500

Steel grade: S 355



Composite beam (partially encased beam)

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

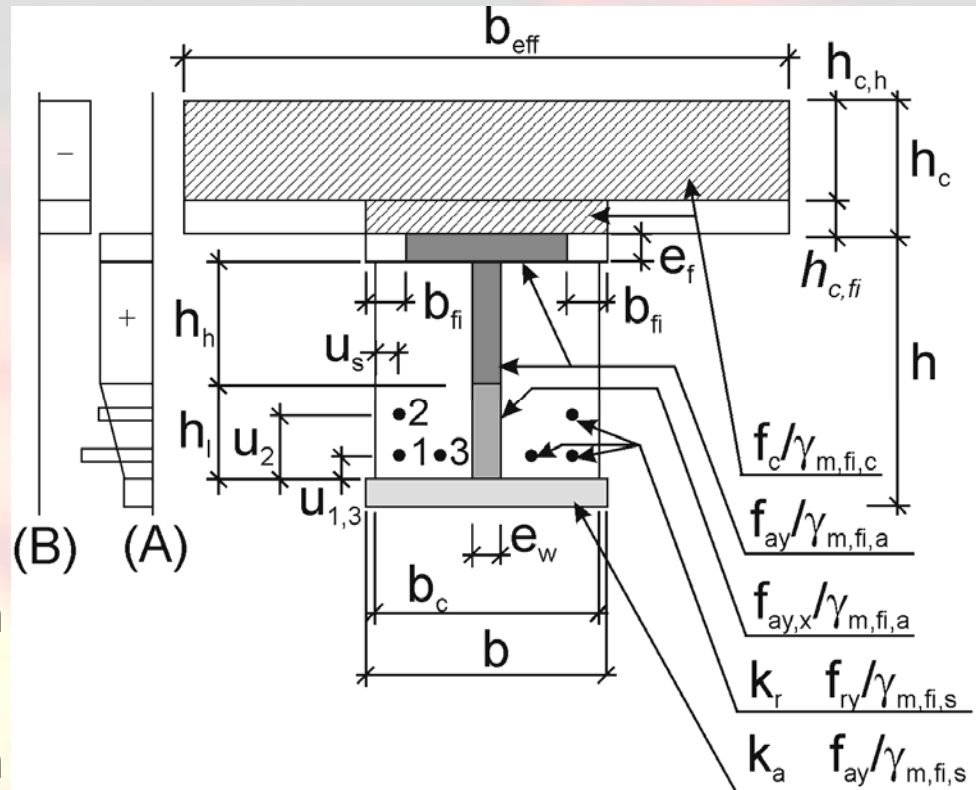
Combination factor for storage areas: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.8$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 810.0 \text{ kNm}$$

Composite beam (partially encased beam)

Reduction of the cross-section in the fire situation

- Concrete slab
 - ✧ Height reduction
- Upper flange
 - ✧ Width reduction
- Web
 - ✧ Determination of height without strength reduction
- Lower flange
 - ✧ Strength reduction
- Reinforcements
 - ✧ Strength reduction



Composite beam (partially encased beam)

Design sagging moment resistance and verification

- Design sagging moment resistance:

$$M_{fi,Rd} = \sum T_i \cdot z_i = 942.7 \text{ kNm}$$

where

T_i : tension force of part of the cross-section

z_i : distance from compression force to the tension force

- Verification:

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,Rd}} = 0.86 < 1$$

Worked examples - Overview

➤ Actions

- ✧ Compartment fire
- ✧ Localised fire

➤ Steel

- ✧ Steel column
- ✧ Steel beam (N + M)
- ✧ Steel beam (hollow section)

➤ Composite

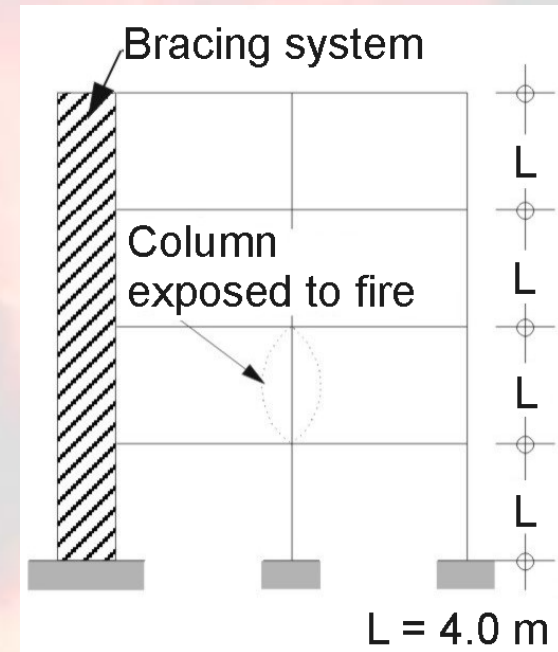
- ✧ Composite slab
- ✧ Composite beam (steel beam)
- ✧ Composite beam (partially encased beam)
- ✧ **Composite column**

Composite column

Task

Determination of the design axial compression resistance for the composite column.

⇒ Simple calculation model
for composite columns exposed
to fire and tabulated data method



EN 1994-1-2: Annex G

EN 1994-1-2: Section 4.2.3.3

Composite column

Parameters

Building: Office building

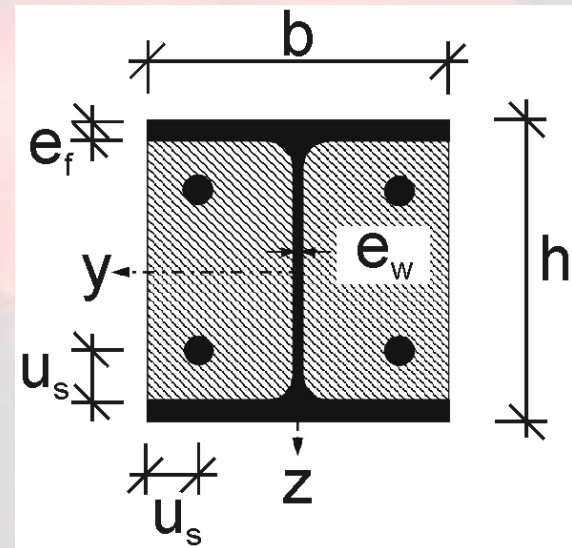
Fire resistance class: R 60

Loads: $G_k = 960.0$ kN
 $P_k = 612.5$ kN

Concrete
strength class: C 25/30

Profile: Rolled section
HE 300 B

Steel grade: S 235



Composite column

Mechanical actions during fire exposure

Accidental situation:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

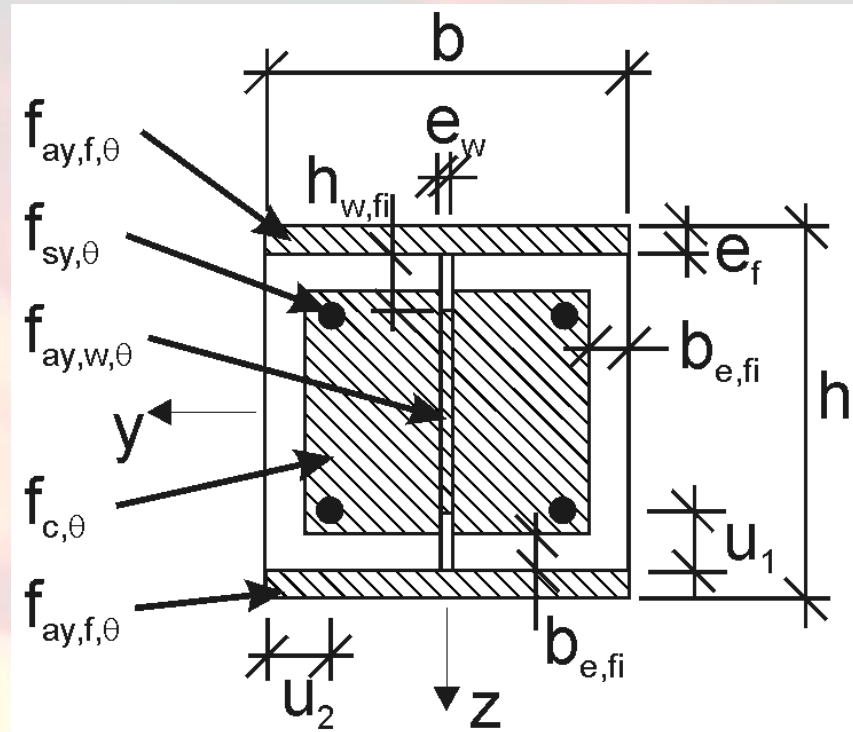
Combination factor for office areas: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 1143.8 \text{ kN}$$

Composite column

Reduction of the cross-section in fire situation

- Flanges
 - ❑ Strength reduction
 - ❑ Stiffness reduction
- Web
 - ❑ Height reduction
 - ❑ Strength reduction
 - ❑ Stiffness reduction
- Reinforcements
 - ❑ Strength reduction
 - ❑ Stiffness reduction
- Concrete
 - ❑ Thickness reduction
 - ❑ Strength reduction
 - ❑ Stiffness reduction



Composite column

Design axial resistance and verification

- Calculation of the axial design resistance:

$$N_{fi,pl,Rd} = \sum N_{fi,pl,Rd,i} = 2659.8 \text{ kN}$$

where

$N_{fi,pl,Rd,i}$ plastic design resistances of the several parts

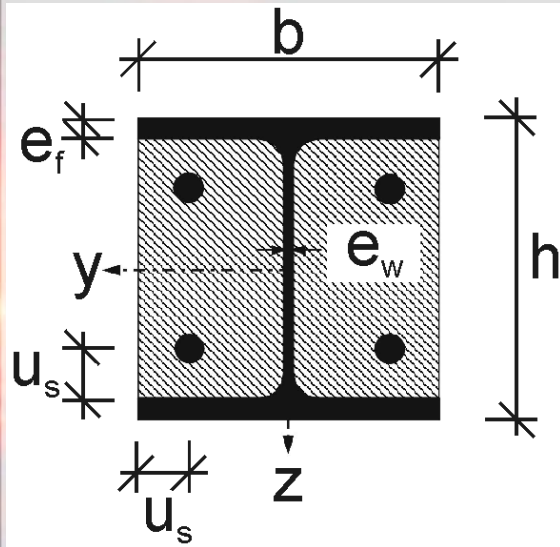
- Flexural buckling:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{z,fi} \cdot N_{fi,pl,Rd}} = 0.50 \leq 1$$

$\chi_{z,fi}$ is determined similar to example „Steel column“

Composite column

Tabulated data method



Existing parameters:

$$e_w/e_f = 0.58$$

$$b = h = 300 \text{ mm}$$

$$u_s = 50 \text{ mm}$$

$$\eta_{fi,t} = 0.28$$

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 3\% \quad \text{⚡}$$

		R30	R60
	Minimum ratio of web to flange thickness e_w/e_f	0,5	0,5
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,28$		
1.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	200
1.2	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	50
1.3	minimum ratio of reinforcement $A_s/(A_c+A_s)$ in %	-	4



DIFESEK

PART 5b
COMPLETED BUILDINGS



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Indoor Football Arena, Finland

General Information

Type: Sports hall

Inauguration: 2004

Height: 21 m

Hall floor
area: 7600 m²

Span of
trusses: 71 m



Indoor Football Arena, Finland Structure

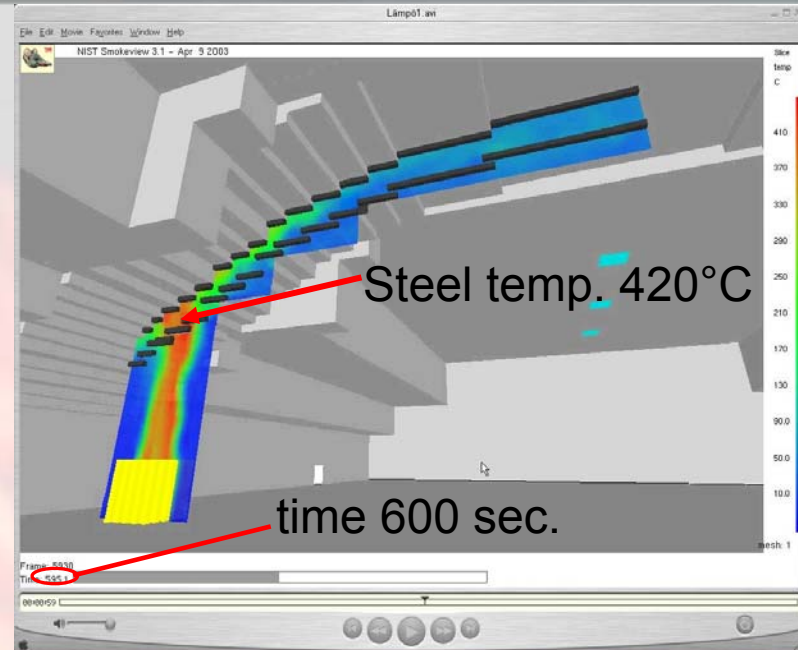


- Frames made of a tubular truss structure with a span of 71.2 m
- Distance between frames 13.5 m
- Steel grade S355

Indoor Football Arena, Finland

Fire safety concept

- Required fire resistance class: R 60
- Application of Natural Fire Safety Concept
- Active fire fighting measures
 - ✧ automatic alarm
 - ✧ transmission to fire brigade
 - ✧ smoke exhaust
- Fire load: 14 MW (one exhibition stand)



Air and steel temperatures were calculated by using FDS simulation
⇒ maximum steel temperature 420 °C

Indoor Football Arena, Finland

Fire safety concept

- The trusses were protected up to a height of 10 m to R 30 (intumescent painting), the upper structure was left unprotected (About 25 % of the steel structure was protected)
- The structural system still meets the functional requirement of a rescue time of 60 minutes
- Temperatures at the height of 2 meters were only 20 – 40 °C and the smoke-free zone after opening the smoke extraction hatches was at least 4 m ⇒ Safe evacuation

Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

State Street Bank, Luxembourg

General Information

Type: Office building including an underground car park

Storeys: 4
+3 underground floors for car park

Processing
time: 2000 – 2001

Height: 21.6 m

Ground Plan: 63 m x 38.8 m



State Street Bank, Luxembourg Structure

- Frames with 3 spans (15.15 m, 8.5 m, 15.15 m)
- Distance between adjacent frames is 4.5 m
- Height per storey is 4.2 m (except first 4.5 m)
- Slab with thickness of 36 cm (16 cm C30/37, 20 cm finishing)
- Composite beams are made of S355 (8.5 m) and S460 (15.15 m) and are partially encased with concrete in the underground car park



- Columns are made of S355 and are partially encased with concrete
- Concrete cores including stairs and elevators provide horizontal stability

State Street Bank, Luxembourg

Fire safety concept

- Application of Natural Fire Safety Concept
- Active fire fighting measures
 - ✧ automatic alarm & transmission to fire brigade
 - ✧ smoke exhaust
 - ✧ NO sprinkler
- Characteristic fire load: 511 MJ/m²

OZone (Zonemodel):
steel temperature of
IPE 600: 850 °C

FE software Ceficoss:
most loaded frame
under fire conditions

State Street Bank, Luxembourg

Fire safety concept

Additional measures

- Extended endplate with one row in concrete slab \Rightarrow shear forces can be transmitted
- Additional rebars on middle support \Rightarrow negative bending moment can be activated

Passive fire protection measures

- Office building
 - ✧ Beams are unprotected
 - ✧ Columns are partially encased
- Underground car park
 - ✧ Beams and columns are partially encased



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Office building of ProfilARBED, Luxembourg

General Information

Type: Office building

Processing
time: 1992 – 1993

Storeys: 8

Total
Surface: 15,000 m²



Office building of ProfilARBED, Luxembourg Structure

- four atria provide natural illumination
- steel structure without concrete bracing
- horizontal loads are carried off by a truss structure
- truss structure is integrated in the atria
- columns are made of HE-profiles
- grid of the columns is 6.0 m x 7.2 m
- slabs are made of IFB system



Office building of ProfilARBED, Luxembourg

Fire safety concept

- Short ways to staircases
- Staircases separated from main structure
- Optimal ventilation by heat and smoke exhausts
- Sprinkler system



Low temperatures in the steel structure



Execution of steel structure without any use of fire protection material



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

KölnArena, Germany

General information

Type: General purpose hall

Processing
time: 1996 – 1998

Total Height: 76 m

Surface Area: 83,700 m²

Seats: 18,000

Investment: 150 million of Euro



KölnArena, Germany

Structure

Load transfer of the structure:
Supporting ring → 36 columns



Load transfer of the roof:
28 truss beams → hangers → arc

KölnArena, Germany

Fire safety concept

Roof structure

Following fire scenarios were analysed:

- fire in the event area
- fire in the loge
- fire on the top level of the tribunes



- | | | |
|--|---|-------------|
| ➤ lower part of the arc (up to 3.0 m above the roof) | } | R 90 |
| ➤ horizontal bracing of arc | | |
| ➤ truss beams | } | Unprotected |
| ➤ round pipes | | |

KölnArena, Germany

Fire safety concept

Foyer

Foyer and staircases are
escape routes

⇒ Smoke free zone!!!



Fire in Foyer → unmanageable → has to stay free of fire loads

Fire in adjacent site → automatic closing of
fire resistant doors → escape route stays
free of smoke

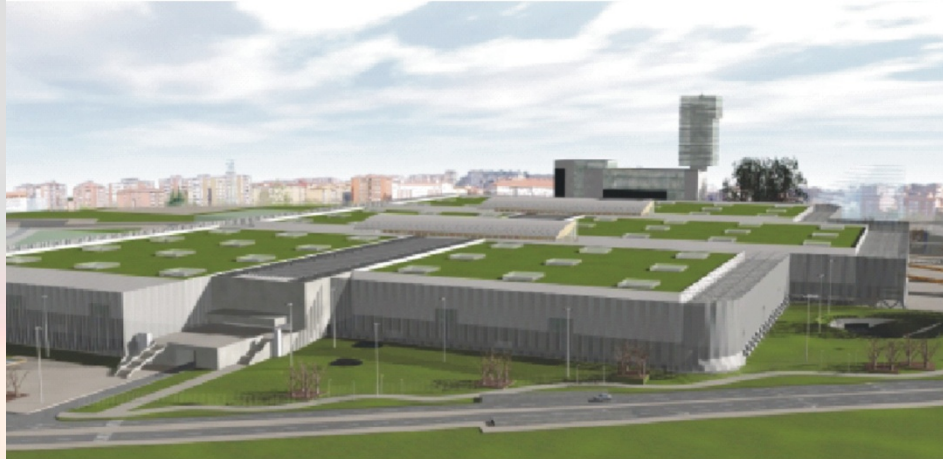
Illustration of completed buildings

Overview

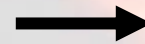
No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Bilbao Exhibition Centre, Spain

General information



Type: Exhibition Centre



- 6 halls
- Underground car park
- Conference centre
- Offices
- Atrium
- Restaurants

Processing

time: 2001 – 2004

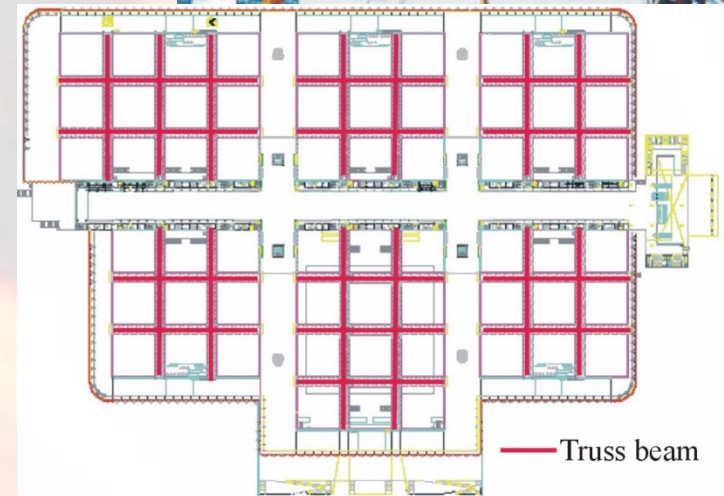
Surface area: 117,700 m²

Investment: 420 million of Euro

Bilbao Exhibition Centre, Spain

Structure

- Truss beams are made of structural steel
- Lengths of truss beams 125 m – 167 m
- Roof tubular spatial structure consists of 60 panels
- Columns are made of reinforced concrete



Bilbao Exhibition Centre, Spain

Fire safety concept

Necessary characteristics for alternative study:

- Low fire load
- Good ventilation
- Large diaphanous spaces with high thermal dissipation
- Presence of active protection measures (i.e. automatic sprinklers)
- Smoke control allows safe evacuation of the building



Alternative study: Determination, whether a lower protection than specified in the regulations gives the same level of security.

Bilbao Exhibition Centre, Spain

Fire safety concept

Conclusions of alternative study:

- Smoke curtains and smoke vents allows save evacuation
- Columns in the restaurant and lattice behind it remain unprotected
- Lattice supporting the mezzanine in the halls has to be protected
- Truss beams of the halls have to be protected



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

City Gate Düsseldorf, Germany

General information

Type: High-rise building with
19 storeys

Processing
time: 1995 – 1997

Total Height: 72.55 m

Ground Plan: 51 m × 68 m (rhomboid)

Foundation: on the tunnel walls of the
Rheinuferstrasse



City Gate Düsseldorf, Germany Structure

Vertical loads:

- Concrete slabs of 15 cm thickness and spans from 2.5 m to 4.6 m
- Composite beams with spans from 7.5 m to 7.6 m
- Concrete filled steel tubes with diameters of 40 cm, 55 cm and 90 cm
- Highly subjected columns are supported by a rolled profile inside the tube



City Gate Düsseldorf, Germany Structure

Horizontal loads:

- 3-storey truss beams arranged in Z-shape
- Truss towers with height of approx. 70 m
- Two u-shaped staircases connected to truss frames



City Gate Düsseldorf, Germany

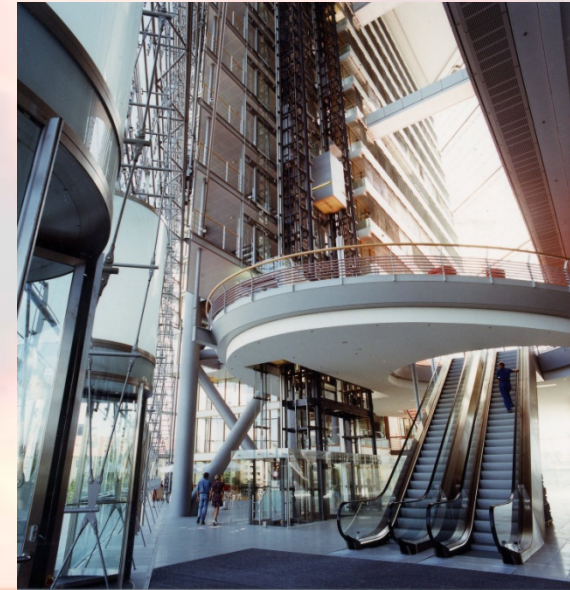
Fire safety concept

- 3 redundant sprinkler systems
- Concentrated placement of sprinklers near the facade
- Short ways to the escape staircases
- Fail-safe smoke exhaust system

⇒ Fire resistance class R 90

Unprotected Members:

- Balconies leading to the elevators
- Lobby level
- 19th floor (includes only machines)



City Gate Düsseldorf, Germany

Fire safety concept

Fire protection:

- Hollow sections of columns are filled with concrete
- Beams are partially encased
- Small beams are protected by contour encasement or hollow encasement
- Vertical tubes of truss frames are filled with concrete
- Horizontal and diagonal tubes up to the 3rd floor are filled with concrete



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Charles de Gaulle Airport, Paris

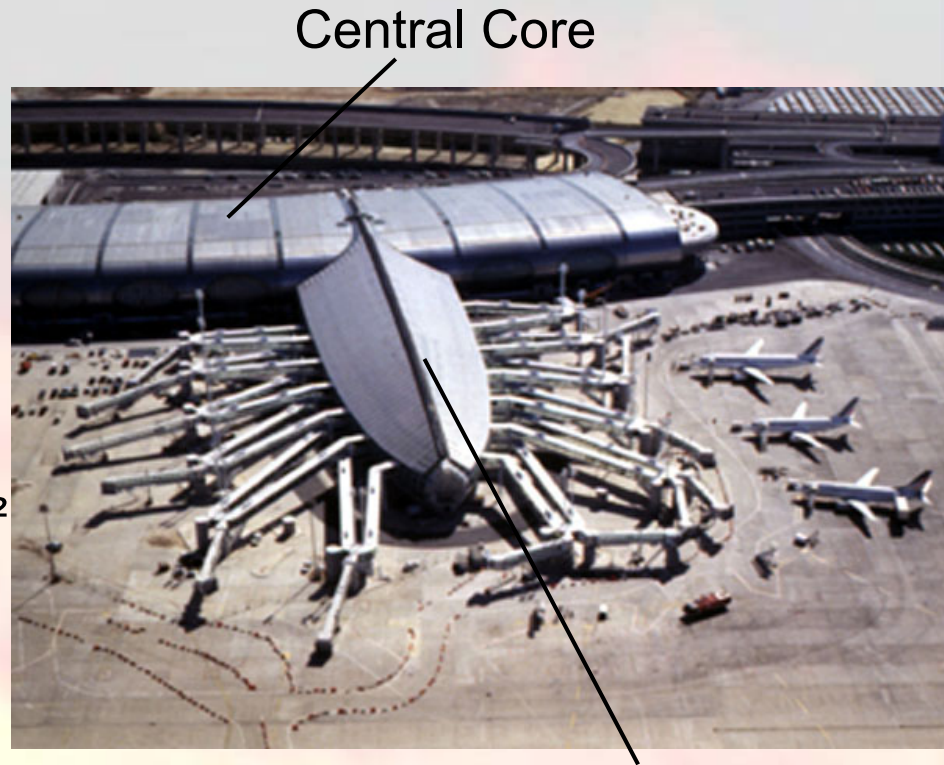
General information

Type: Airport

Inauguration: 1998

Total length: 520 m

Ground Plan: 130 000 m²



Central Core

Peninsulas

Charles de Gaulle Airport, Paris

Structure of Central Core

Roof structure:

Data:

Span: 57 m

Height: 21 m

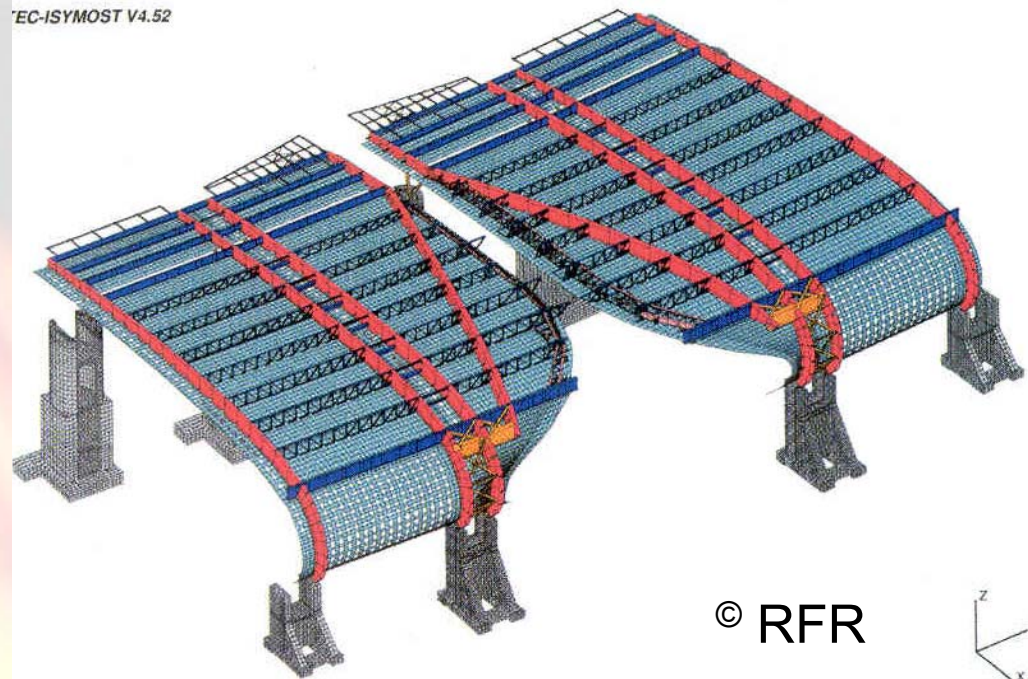
Steel: 5600 t

Assembly:

Zinc roofing structure

Steel structure

Concrete shell



Charles de Gaulle Airport, Paris

Structure of Peninsulas

Roof structure:

Data:

Span: 13 ÷ 48 m

Height: 8 ÷ 22 m

Steel: 650 t

Assembly:

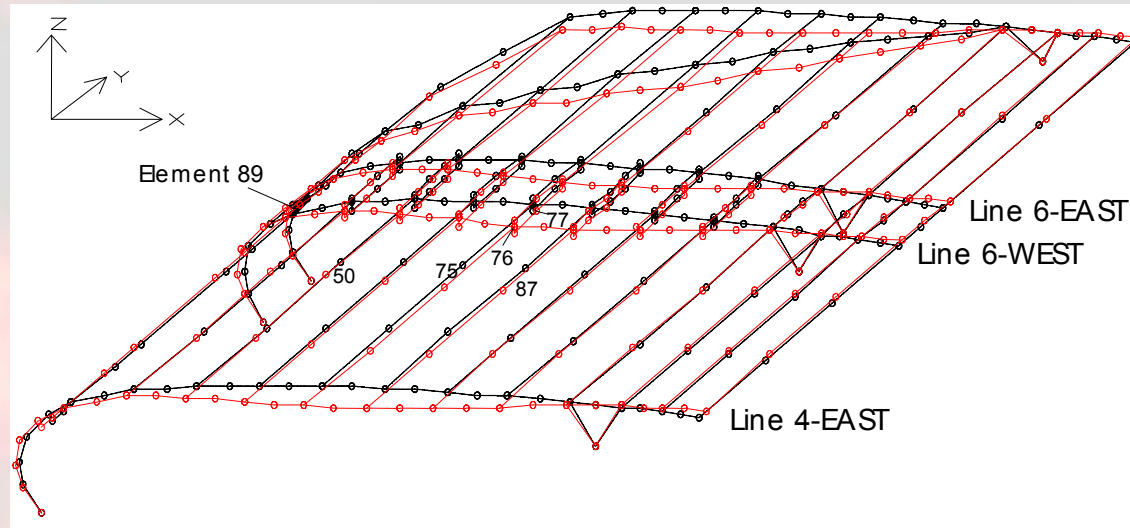
Virendeel beams



© Viry

Charles de Gaulle Airport, Paris

Fire safety concept (Central Core)



- Normative required fire resistance: R30
- Fire protection offered by the concrete shell
- Various openings for natural light and smoke extraction
⇒ local heating of the steel structure
- Exigency of global structural analysis

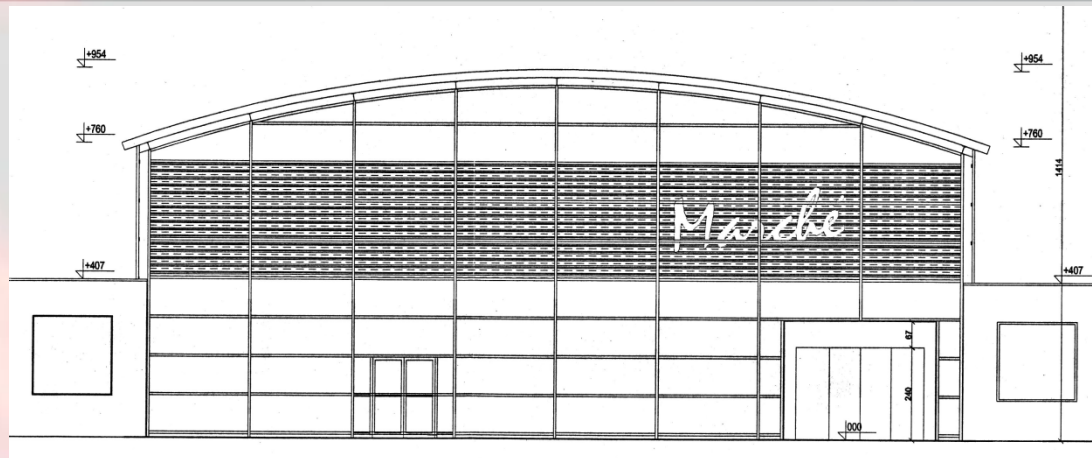
Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Shopping Centre Cactus, Luxembourg

General information



Type: Shopping Centre

Inauguration: 2003

max. Height: 9.13 m

Ground Plan: 28.51 m x 48.16 m

Shopping Centre Cactus, Luxembourg Structure

- Portal frame with a span of 20 m
- Frames are connected by purlins (IPE 200)
- Steel columns (HE 500 B) made of S235
- Cambered cellular beams (final height 590 mm) made of S235
- Diameter of openings is 400 mm with distances between opening axes of 600 mm
- Horizontal stability is given by the frames and a bracing system on each side of the building



Shopping Centre Cactus, Luxembourg

Fire safety concept

Required fire resistance class: **R 90**

- Application of Natural Fire Safety Concept
- Active fire fighting measures
 - ✧ automatic alarm & transmission to fire brigade
 - ✧ smoke exhaust
 - ✧ NO sprinkler
- Characteristic fire load: 730 MJ/m²

OZone (Zonemodel):
steel temperature in
columns: 880 °C

FE software SAFIR:
➤ Complete 3D model
➤ Beam for local
phenomena

Shopping Centre Cactus, Luxembourg

Fire safety concept

Passive fire protection measures

- Beams and Columns will stay free of passive fire protection materials
- The fillet welds of the cellular beams were increased from 3 mm to 5 mm



Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

“Las Cañas” Shopping Centre, Spain

General information



Type: Shopping Centre → 80 shops

Inauguration: 2003

max. Height: 20.00 m

Ground Plan: L-shape

➤ 12 cinemas

➤ 1 discotheque

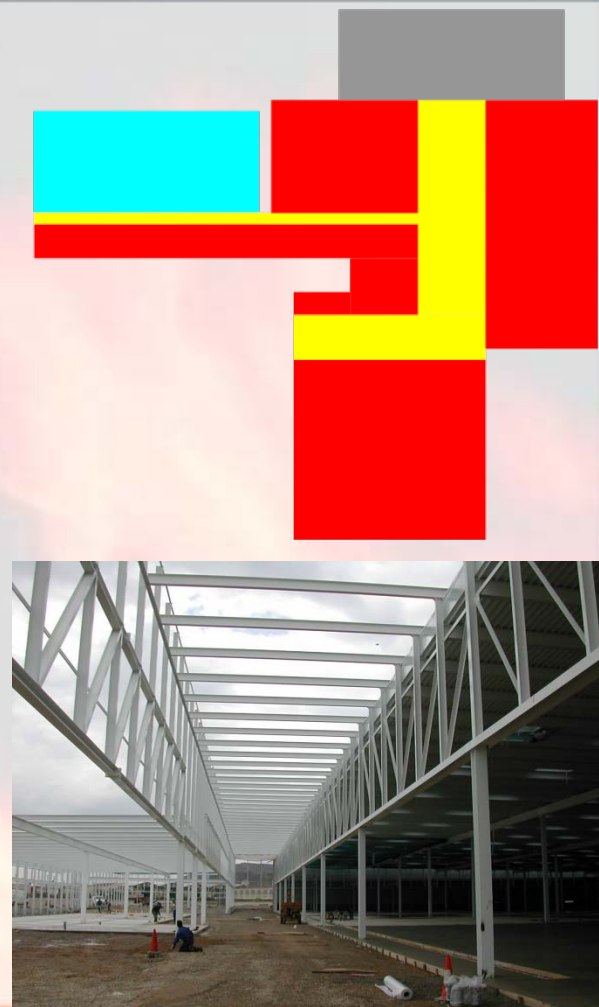
➤ 1 bowling centre

➤ 1 hotel

“Las Cañas” Shopping Centre, Spain

Structure

- Structure is completely made of steel
- Main corridor (yellow):
 - ✧ Columns (IPE)
 - ✧ Truss-structure (HEB)
- Supermarket (blue):
 - ✧ Roof is supported by timber beams resting on steel columns
- Retail area (red):
 - ✧ Continuous beams (IPE) on steel columns
- Cinemas (grey):
 - ✧ Steel columns



“Las Cañas” Shopping Centre, Spain

Fire safety concept

- Isolated building
 - Lower than 28 m
 - Lightweight roof ($< 100 \text{ kg/m}^2$)
- } ⇒ Fire resistance class R 30

Fire safety goals for the studied fire scenarios:

- Structural stability of the shops adjacent to the main corridor.
- Structural stability of the supporting elements of the corridor.
- Verification of the smoke control system formed by smoke vents and draft curtains.

“Las Cañas” Shopping Centre, Spain

Fire safety concept

- The supporting structure of the corridor were designed without passive fire protection.
- The beams inside the shops adjacent to the corridor remained unprotected.
- Some columns embedded in masonry walls were recommended not to be protected.
- The size and number of smoke curtains in the main corridor were increased.

Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Airbus Hall Toulouse, France

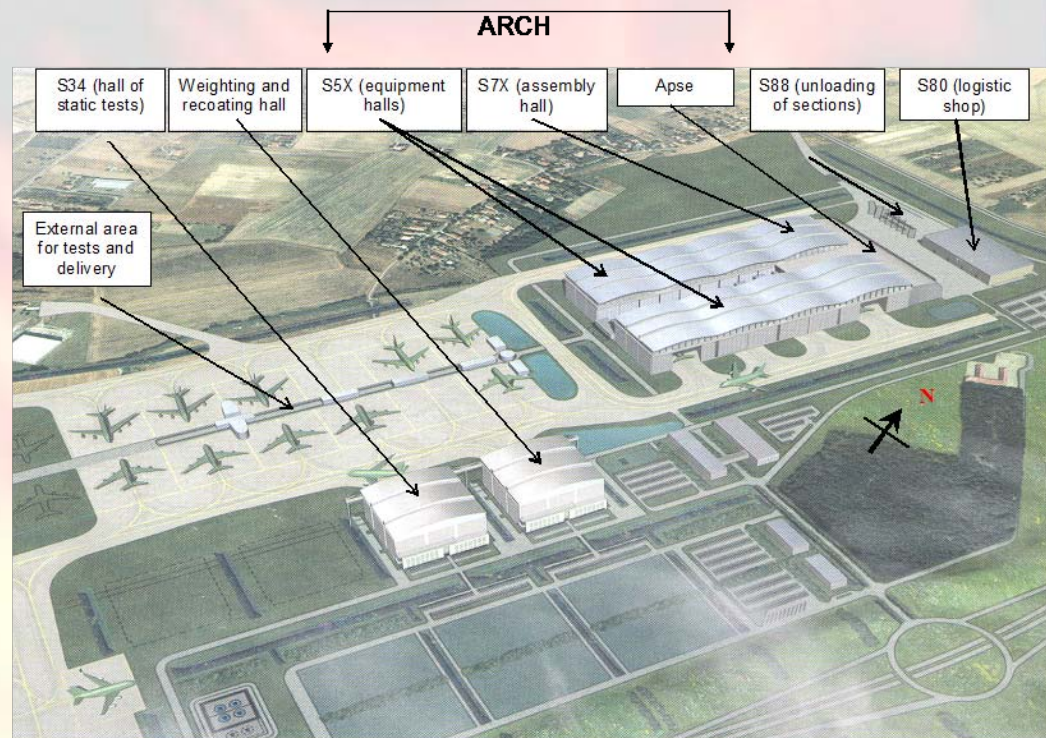
General information

Type: Assembly plant of Airbus A380

First
Airbus
delivery: 2006

Average
Height: 45.00 m

Ground
Plan: 200 000 m²



© EADS Airbus

Airbus Hall Toulouse, France

Structure

- Structure is completely made of steel
- For example:
Assembly hall S7X

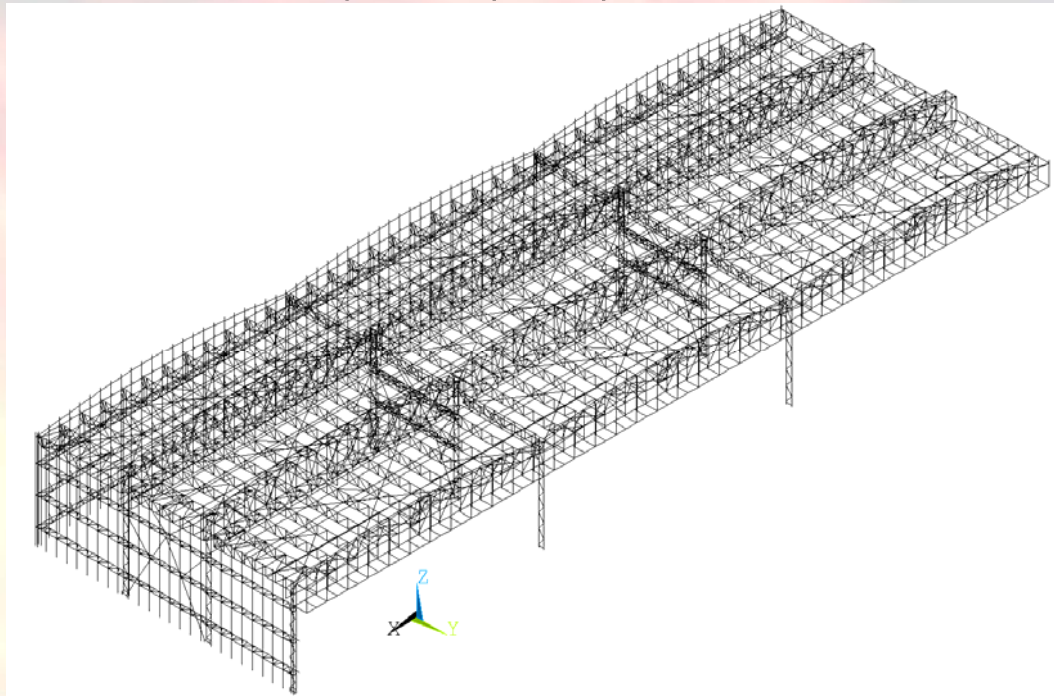
© EADS Airbus



Airbus Hall Toulouse, France

Fire safety concept

- ordinary fire safety requirement is not applicable
 - ⇒ experiences from similar works
 - ⇒ discussion with fire brigade
- partition wall between assembly hall (S7X) and equipment halls (S5X)
- Global structural analysis



Airbus Hall Toulouse, France

Fire safety concept

Fire safety study for three different fire scenarios:

- Fire of delivery truck near the column
- Fire of aircraft without fuel and various working tools
- Fire of aircraft full of fuel

Result of fire safety study:

- Danger of column collapse
- dynamic impact of steel truss beam on concrete partition wall leading to its damage

Consequence of fire safety study:

- Increasing the intensity of sprinklers for columns

Illustration of completed buildings

Overview

No.	Project	City
1	Indoor Football Arena	Rauma, Finland
2	State Street Bank	Luxembourg, Luxembourg
3	Office Building of ProfilARBED	Esch/Alzette, Luxembourg
4	Köln-Arena	Cologne, Germany
5	Bilbao Exhibition Centre	Bilbao, Spain
6	City Gate Düsseldorf	Düsseldorf, Germany
7	Charles de Gaulle Airport	Paris, France
8	Shopping Centre Cactus	Esch/Alzette, Luxembourg
9	Shopping Centre Las Cañas	Viana, Spain
10	Airbus Hall	Toulouse, France
11	Rembrandt Tower (study)	Amsterdam, Netherlands

Rembrandt Tower (study), Netherlands

General information

Type: Office building

Inauguration: 1996

Height: 135 m

gross floor area: 52 000 m²

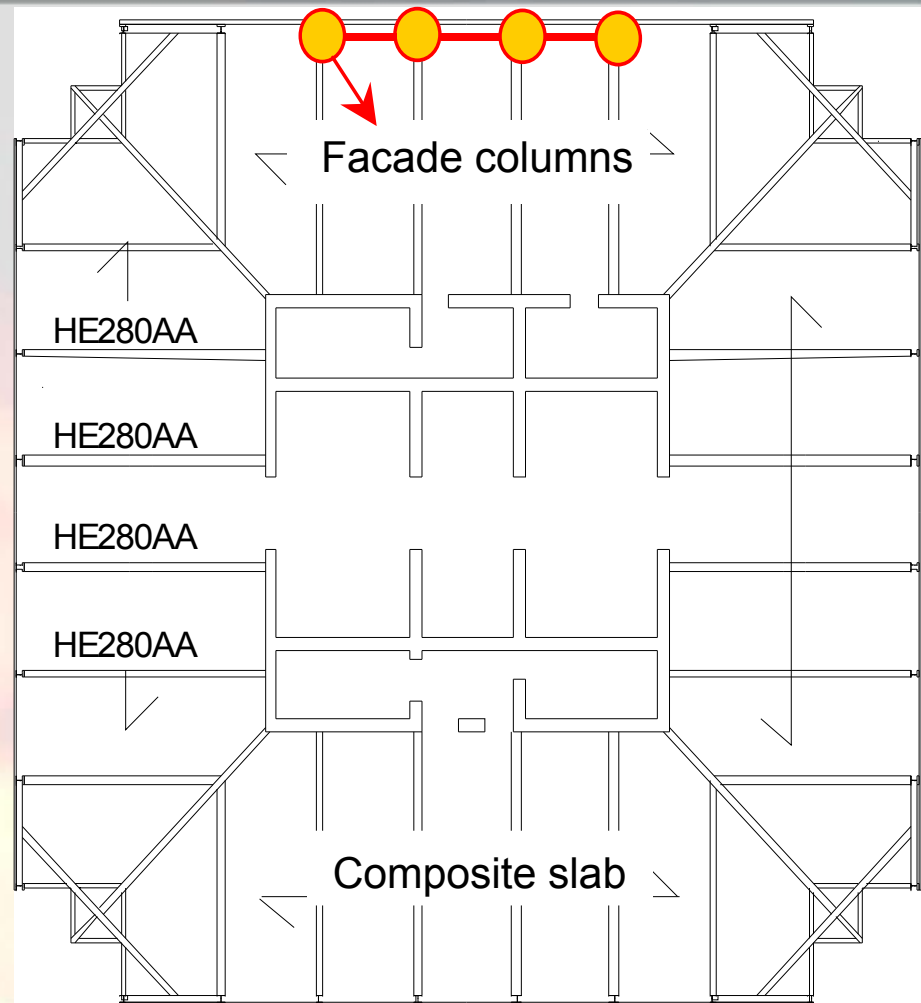
Tallest building in Amsterdam



Rembrandt Tower (study), Netherlands Structure

First tower in the Netherlands with a concrete core and a steel frame

The foundation required piles 56 meters long and two meters in diameter



Rembrandt Tower (study), Netherlands

Fire safety concept

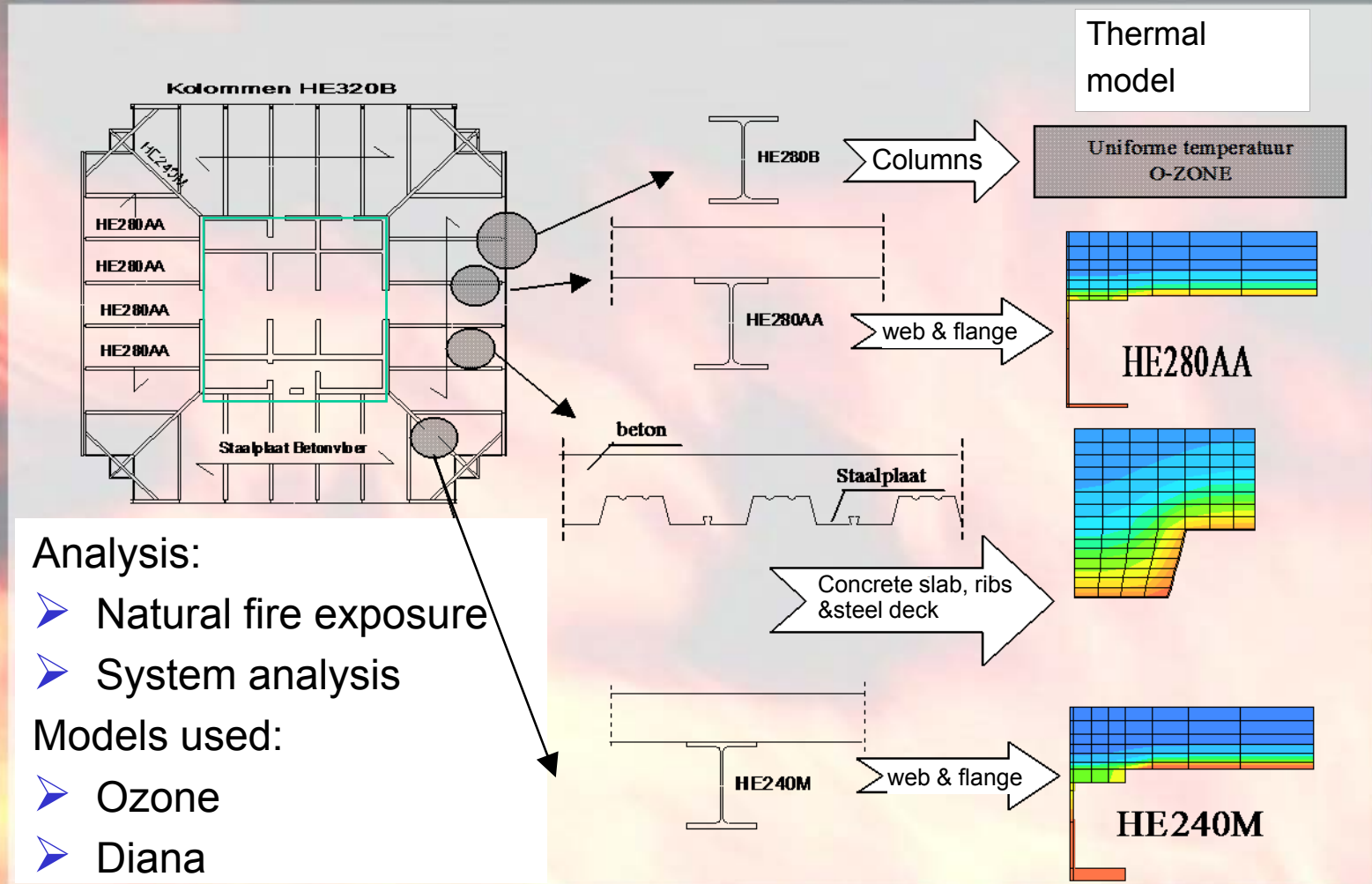
Building height > 70 m:

- Functional requirement: no collapse
- performance requirement: not in NL regulations
- Classification: R120 (beams, columns, floors) & sprinkler
- Alternative: FSE analysis



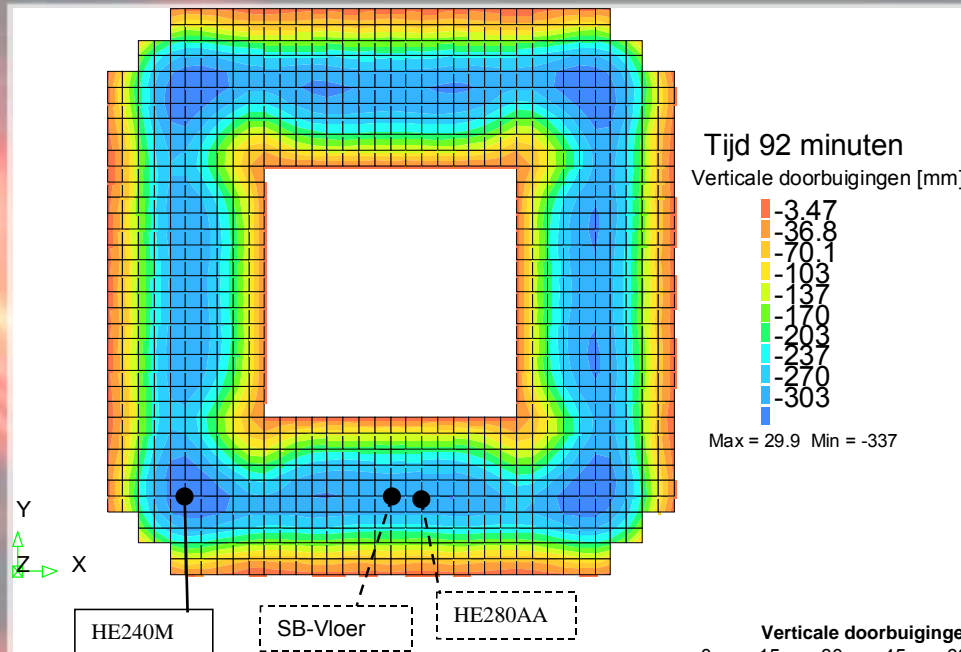
Rembrandt Tower (study), Netherlands

Fire safety concept



Rembrandt Tower (study), Netherlands

Fire safety concept

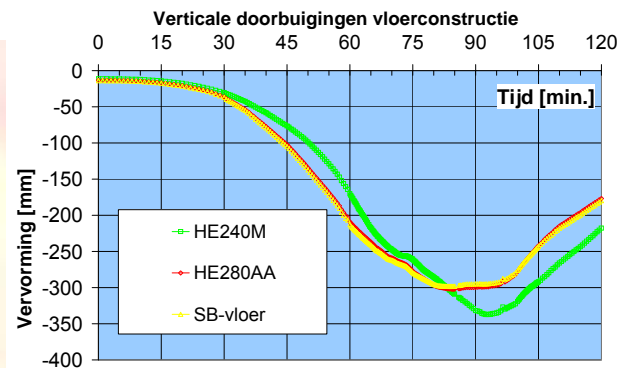


Result FEM analysis

For:

- Columns: protected (Promatect, 20 mm)
- Beams: unprotected

⇒ NO COLLAPSE!



Rembrandt Tower (study), Netherlands

Conclusions

- Functional requirement is met (i. e. no collapse)
- Significant cost reduction compared to actual solution (≈ 540 kEURO)
- Complementary measures found to be necessary (reinforcement connections)

Rembrandt Tower (study), Netherlands

Conclusions

- Functional requirement is met (i. e. no collapse)
- Significant cost reduction compared to actual solution (≈ 540 kEURO)
- Complementary measures found to be necessary (reinforcement connections)