

Hogyan viselkedik a szendvicspanel a tűzben?



**Heizler György
Balatonföldvár, 2019.05.15.**

Mi marad belőlük?



Raktár Gyomaendrőd



Hűtőház Zalaegerszeg



Mindig leégnek?

- szendvicspanelek
- homlokzattüzek
- anyagok: EPS, XPS, PUR, **PIR**, **IPN**, **QuadCore**

Csarnoképületek tüzei

Jellemző tapasztalatok

- Gyors leégés
- Oltási nehézségek
- Nagy füstfejlődés,
- Toxikus gázok
- Teljes szerkezet károsodása
- Tárolt anyagok megsemmisülése

Áruház Szlovákia



Nem mindig égnek le?

I. Hőszigetelők vizsgálata

- **Anyagok: PUR, PUR B3, PIR B2 és IPN + QuadCore**
- **EPS, XPS már az elején kihagyva – hőre lágyul, égve csepeg**
- **Poliuretántól (PUR) a poliizocianurátig (PIR, IPN)**
- **Egyszerű felfüggesztés**
- **jól látható égési folyamat**
- **Tűzforrás: PB gáz égőfej**
- **láng és hatásszög pozícionálható**

Hőszigetelők vizsgálata

PUR

PUR B3

PIR B2

IPN



0,5x1m, gázláng

Hőszigetelő vizsgálata

2. perc



Hőszigetelő vizsgálata

11. perc

PUR PUR B3 PIR B2 IPN



Hőszigetelő vizsgálata



Hőszigetelők égése

A PUR és a PUR B3

- 1 p. erőteljesen égett és füstölt, a 2. p. pernye darabok repkedtek, 8. p. megsemmisült
- Heves lánggal nagy füsttel leégett, szerkezete megsemmisült. (85-100%)

A PIR B2 és az IPN

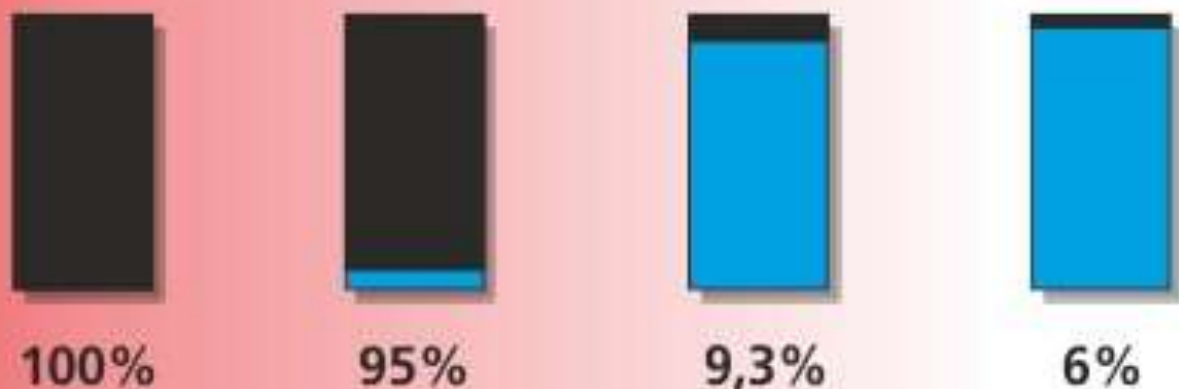
- 3. p barnulás, lángcsóva területén izzás, 3. p púposodás, repedések kialakulása. 5. p-től PIR-nél nagyobb kiégés. 10. p IPN-nél nincs utánégés, PIR-nél 1 percig szenesedett - a szenesedett felület védte a meggyulladástól.

Az anyag hány %-a égett?

I. kísérlet



II. kísérlet



Gyors felületi égés

- **A PIR-n és néha az IPN-n gyorsan végigfutott a láng**

Oka:

- Nyitott cellák vannak a felületen és por alakban van benne a hab.
- A habosodás során a lemeznél nagyobb a sűrűség.
- Habosodáskor a panel belsejében 150 C van, kívül kisebb, emiatt a szélén inkább PUR molekulák alakulnak ki.

II. A falak viselkedése kis lánghatás



Kis láng a hőszigetelt falakra

IPN – kis szenesedés



Kis láng a hőszigetelt falakra



PIR B2 - szenesedett

PIR B2

Kis láng a hőszigetelt falakra



PUR – csak a lemez maradt

Kis láng a hőszigetelt falakra

Anyag neve	A fűtőérték relatív különbsége 26000 MJ/kg-al számolva	A fűtőérték relatív különbsége Az IPN 15973 MJ/kg-al számolva
PUR B3	22,5	36,6
PIR B2	3	4,88
IPN	1	1

Kis láng a hőszigetelt falakra

Jellemző	PUR B3	PIR	IPN
Égés	45% olvadt, égett	5% szenesedett	2% szenesedett, barnult
Tűzátterjedés	Fennállt	Nem állt fenn	Nem állt fenn
Fűtőérték	Nagy	Kicsi	Minimális
Toxicitás	Magas	Minimális	Nem állt fenn
Meggyulladása	Gyors	Lassú	Nagyon lassú
Égési sebesség	Hőhatásra gyors	Hőhatásra lassú	Hőhatásra minimális
Terjedése	Korlátozott	Nem terjedt	Nem terjedt

Toxicitás és veszélyesség

Anyag neve	Toxicitása LC_{50} (g/m ³)	III. kísérlet Relatív veszélyessége	IV. kísérlet (kisláng) Relatív vesz.
PUR	26,6	61	28,3
PUR B3	15,7	81	35,9
PIR B2	16,5	23,9	4,9
IPN	58,52	2,71	0,92

A toxicitásbeli különbségeket a leégett anyag súlya (gramm) és a toxicitása (LC_{50}) hányadosával ábrázolhatjuk.

III. Nagy tűz a fal mellett!

- **5 l gázolaj, 0,5 l benzin**
- **Égéshő 46 MJ/kg**
- **Összesen 250 MJ**

2x2 m-es falak

PUR B3

PIR B2

IPN



30. mp



PUR B3

PIR B2

IPN

55. mp lezuhan a PUR



PUR B3

PIR B2

IPN

A PUR ég, gázolaj ég



PUR ég, lezuhan a PIR, 1,07



PUR B3

PIR B2

IPN

1 p 25 mp leesik az IPN

PUR B3

PIR B2

IPN



A PUR ég, a másik kettő nem

PUR B3

PIR B2

IPN



A PUR ég

PUR B3

PIR B2

IPN



Lehajlik a PUR panel

PUR B3

PIR B2

IPN



2 p 53 mp.

Elváltozások a paneleken

PUR B3

PIR B2

IPN



Mi van a tűzmentett oldalon?

IPN

PIR B2

PUR B3



PUR B3 panel



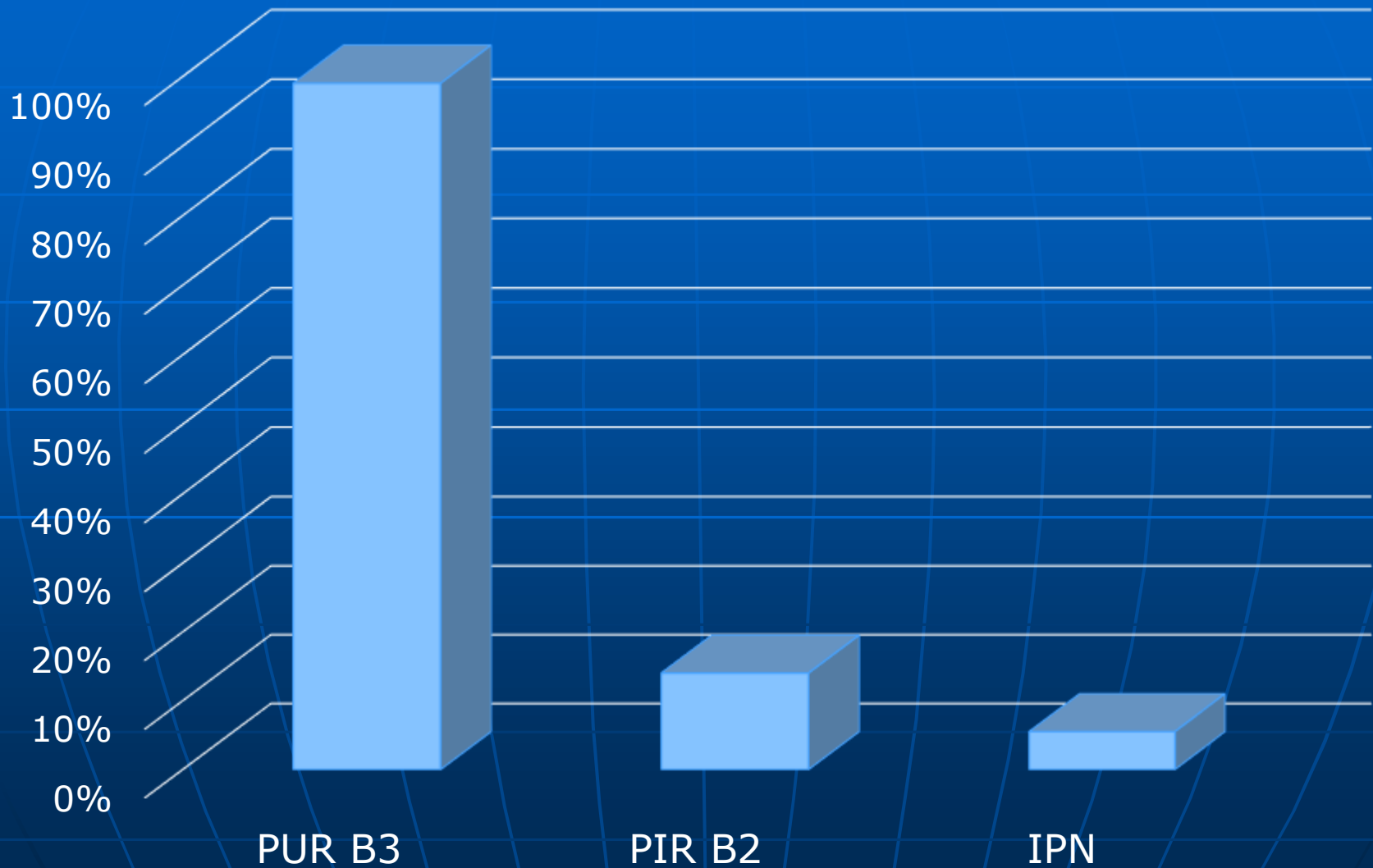
PIR B2 panel



IPN panel



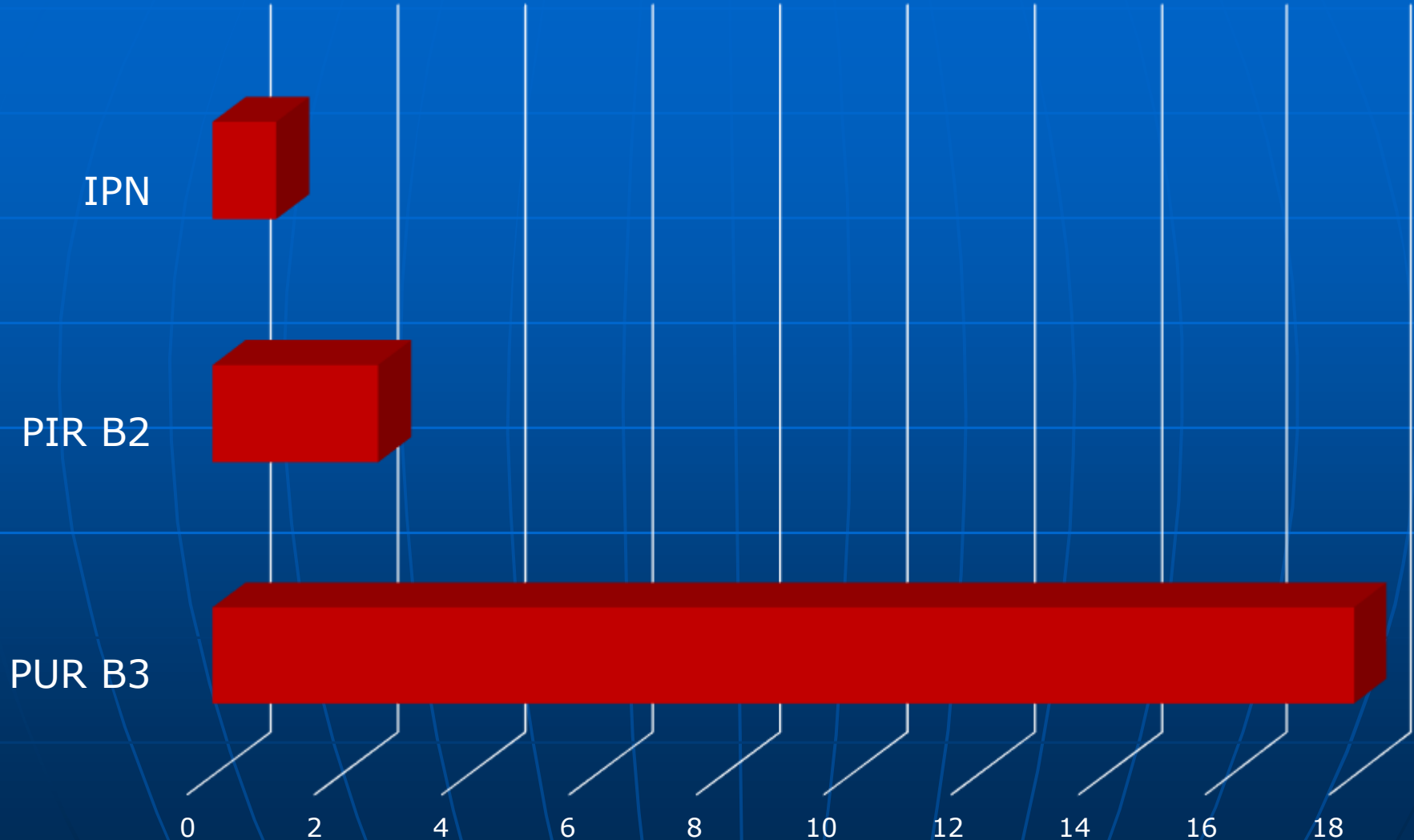
Tömegveszteség %-ban



Tömegveszteség %-ban

Anyag neve	Anyag veszteség összesen	Anyag veszteség felső panel	Anyag veszteség alsó panel
PUR B3	99%	100%	98%
PIR B2	14%	12%	16%
IPN	5,5%	3,5%	7,5%

Felszab. Hőmennyiség 18x

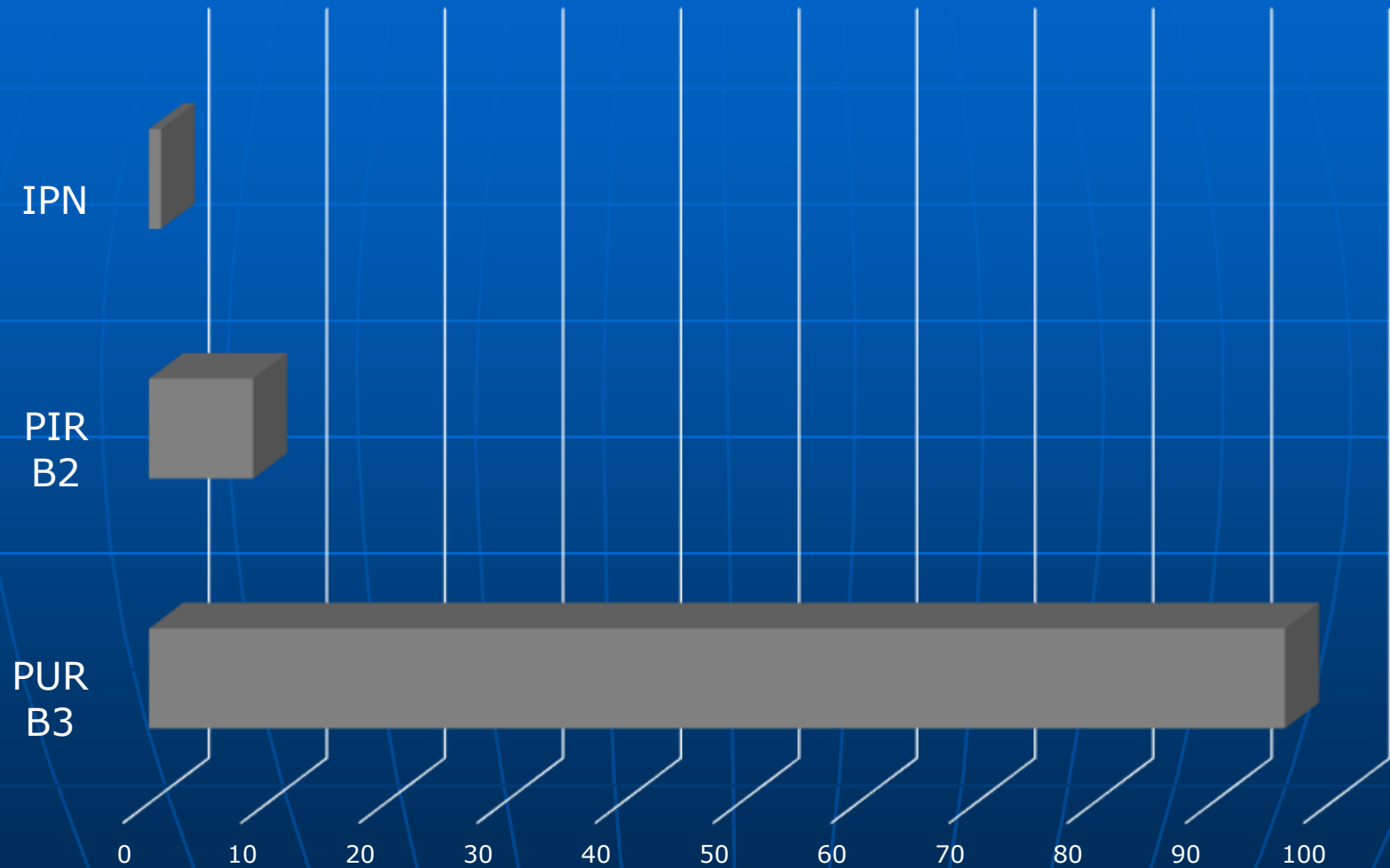


Felszabaduló hőmennyiség

Anyag neve	Az égéshő relatív különbsége 26,000 MJ/kg-al számolva
PUR B3	18
PIR B2	2,6
IPN	1

18-szoros különbség a felszabaduló hőmennyiségben.

Toxicitás 96-szoros

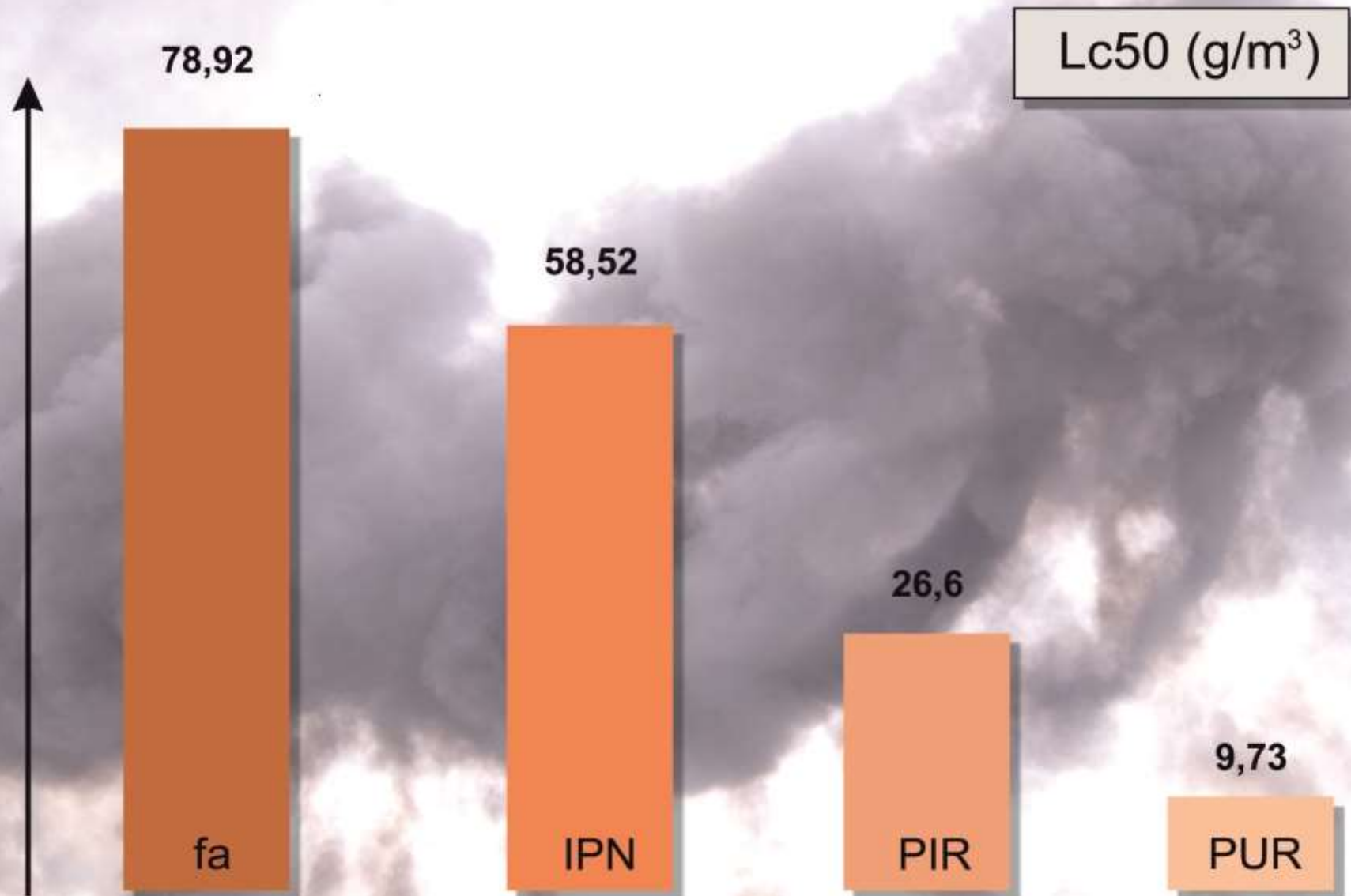


Toxicitás 96-szoros

Anyag neve	Toxicitás LC_{50}	Relatív toxicitása
PUR B3	15,6 g/m ³	96,2
PIR B2	16,5 g/m ³	8,82
IPN	58,52 g/m ³	1

PIR-nél közel 9-szer, a PUR-nál 96-szor több mérgező gáz fejlődött az IPN-hez viszonyítva

Van különbség?–mérgező képesség



IV. Hogyan állapítható meg?

Részvétel a tűzben

- **B** Nagyon korlátozott
- **C** Korlátozott, de látható
- **D** Lényeges

Füst kibocsátás

- s1 minimális
- s2 közepes
- S3 Nagy mennyiségű

Égvecsepegés

- d0 Nem csepeg
- d1 Nincs folytonos égve csepegés
- D2 Sok égő csepp / részecske

Éghetőség = égéskésleltető anyag?

- Minél aromatikusabb egy hab, annál jobban ég!
- Égésgátló füstfejlesztő, így nő a toxicitás.
- **PUR-nál fontos! PIR-nél kevésbé!**
(gyűrűs szerkezete miatt)

A PUR és a PIR között átmenet van!

+ Kőzet és QuadCore



A tűzzel szembeni oldalon az intenzív és a lecsengő égési fázisban:

1. IPN panel – 102 és 37 °C
2. PIR panel – 130 és 50 °C
3. Kőzetgyapot panel – 136 és 60 °C
4. PUR panel – 240 és 95 °C

A tűzmentett oldalon a legjobb védelmet az IPN panel adta.



Anyagveszteség sorrendje:

1. Kőzetgyapot panel: 21%
2. **QuadCore panel 29%**
2. IPN panel: 31%
3. PIR panel: 43%
4. PUR panel: 90 - 100%

A lángzónában 320-600 °C közötti hőmérsékletet mértünk.

Égési tapasztalatok

1. A PUR és a PUR B3

- Rövid idő alatt heves lánggal és nagy füsttel égett, a szerkezete majdnem teljesen megsemmisült, kis lánghatásnál markánsan károsodott.
- A leadott fűtőérték 8-10-szerese, toxicitása pedig 20-39-szerese az IPN-hez viszonyítva.
- **A tüzet az anyag belseje felé vezette.**

2. A PIR B2 és a IPN

- Égése lassan alakult ki, az anyag a repedések mentén habosodott és izzott, kis lánggal égett. Szerkezete mérsékelten károsodott. (nagylángnál 19,8% és 8%) kislángnál 4,1% és 2,6%.)

IPN és QuadCore a lángforrás elvétele után alig égett.

3. A közetgyapot nem égett, azonban a panelhez használt PUR ragasztó égése miatt 20%-ban PUR-ként viselkedett.

Égési tapasztalatok

A PUR és a PUR B3

Rövid idő alatt heves lánggal és nagy füsttel leégett, szerkezete megsemmisült.

A tüzet az anyag belseje felé vezette, nagy füst és jelentős hőleadás.

A PIR B2, IPN, QuadCore

Szenesedett és ez védte a meggyulladástól.

A lángforrás elvétele után rövid ideig égett.

A hőszigetelő anyagnak csupán töredéke vett részt az égésben megvédve az épületet a megsemmisüléstől.

Ezek a sűrűn térhálósított polimerek (PIR, IPN, QuadCore) magas hőmérséklet hatására lassabban, kevesebb illóanyagot termelve bomlanak.

Hogyan állapítható meg?

- **PUR = befelé ég** (lásd. Leégéstérkép)
- **PIR, IPN, QuadCore =
púposodik + felületi
repedések** (lásd. Repedéstérkép,)
- Bármilyen méretben meg lehet állapítani a különbséget.

Repedéstérkép



IPN,

kőzegyapot,

PIR,

QuadCore

Leégés térkép – PUR



Hogyan állapítható meg?

Repedéseinek mélysége, sűrűsége mutatja a védelmi képességet és a tömegvesztést, ami a füstfejlődésben, az égéshőben és a toxicitásban is megmutatkozik.

PUR végigég,

PIR 10 cm repedések, végig károsodás, égési pernye látható.

IPN repedéstérképe kb. 20 cm, mélysége a nagy lánghatásnál 2 cm-es, felfelé csökken.

QuadCore repedések kb. 30-35 cm, nagy lánghatásnál 1-3 mm mélységűek, a panel felső harmadában alig érzékelhető.

kőzetgyapot egyenletesen fekete kormozódás, felületén repedések nem alakultak ki, a lapok egymástól kissé elváltak.

Kőzetgyapot nem mind „A”

Kőzetgyapot penel nem mind „A” – mindent vizsgálni

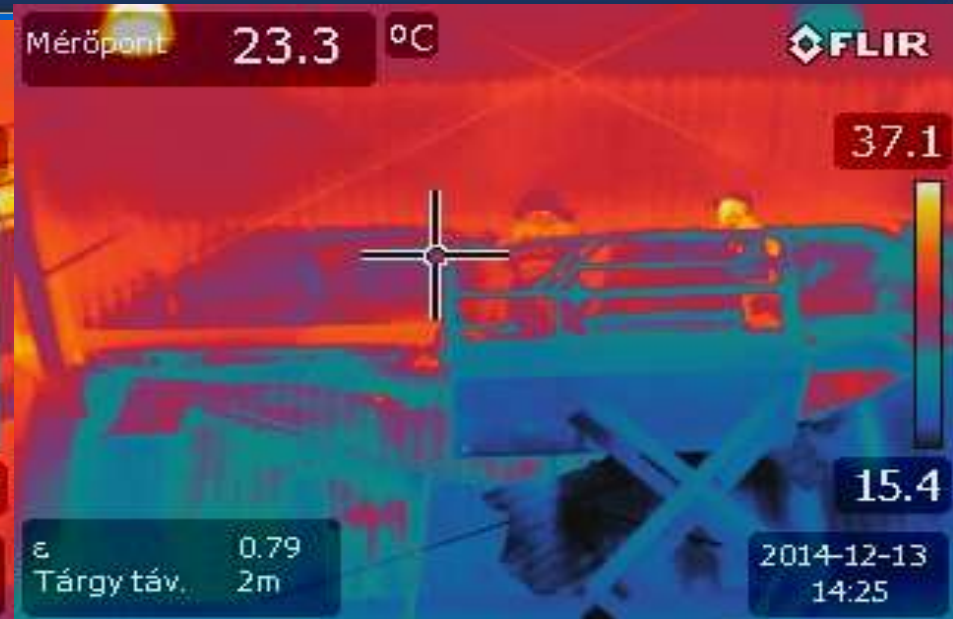
A kőzetgyapotos szendvicspanelek lángolásában és tömegcsökkenésében nincs semmi meglepő.

A paneleknél a kőzetgyapot és az acéllemez közé (általában PUR) ragasztót tesznek. Ez sűrű, fekete füsttel ég.

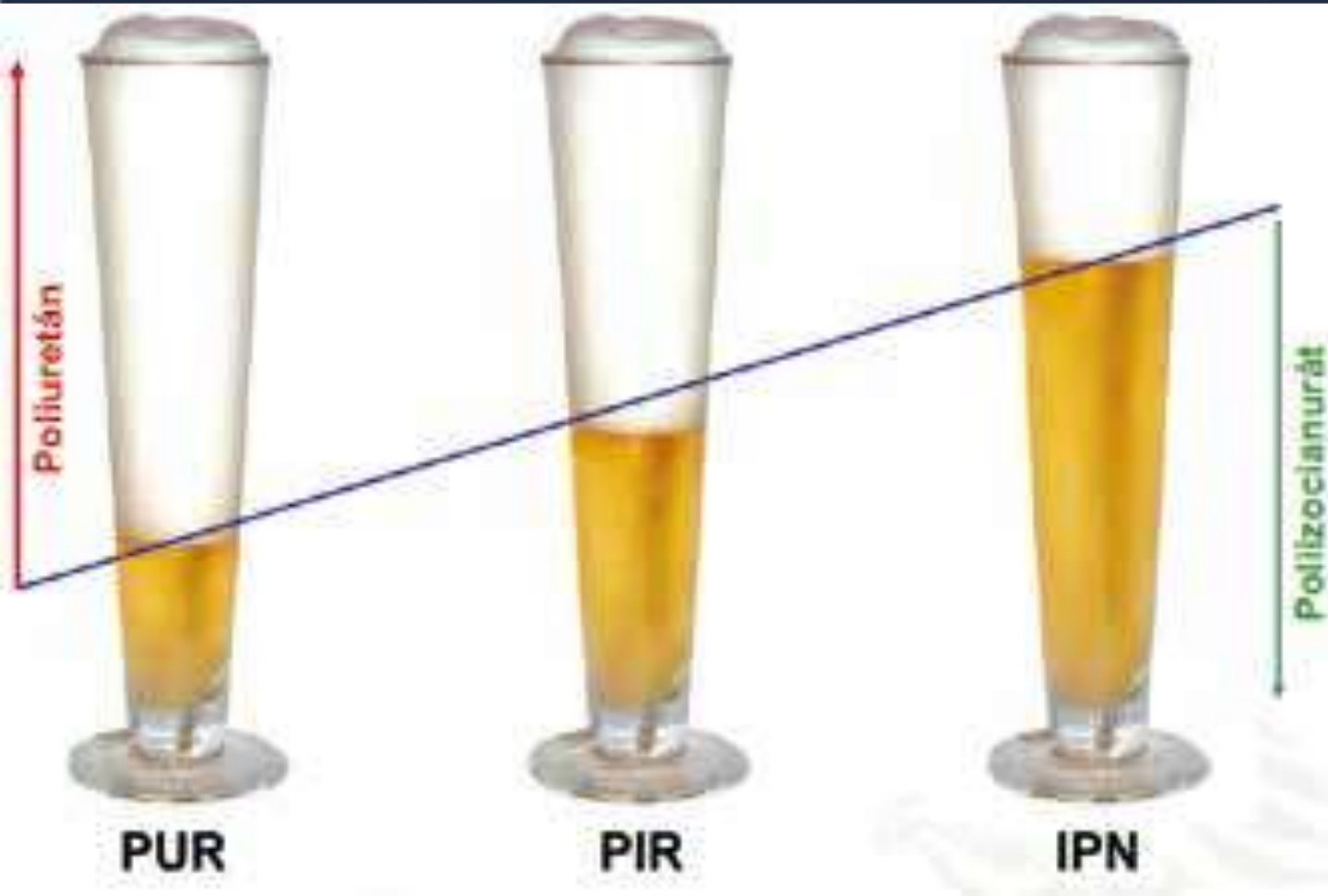
- A1-es szendvicspanel nincs. A ragasztó égéshője meghaladja a megengedett 1, 4 MJ/m² értéket. (MSZ EN 13501-1)
- A2 minősítéshez maximum 4 MJ/m² lehet a ragasztó.
- B minősítést kap, ami ennél több.

A PUR ragasztó mennyiségének mérését az MSZ EN 14509:2014 szendvicspanel termékszabvány rendezi. (C melléklet, C.4 pontja)

Hőfénykép: ég a nem éghető?



PIR nevű, nem mind PIR



Ellenőrizni

Égési
tulajdon-
ságait,

Minősíté-
sét

A PIR kémiai alapszerkezete jelentősen eltér a PUR-étól. Sűrű a térhálósodás, égéskor kevesebb az illékony bomlástermék keletkezik.
Az elszenesedés hőszigetelő réteget hoz létre, nem terjed befelé

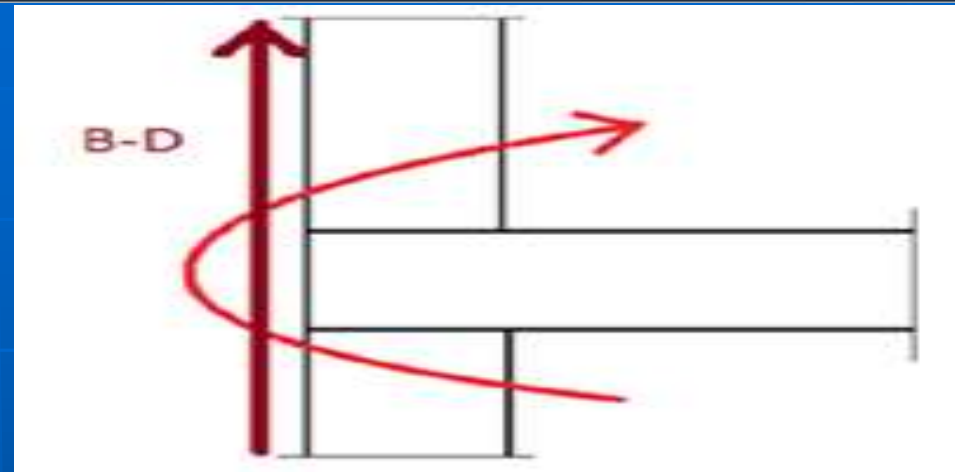
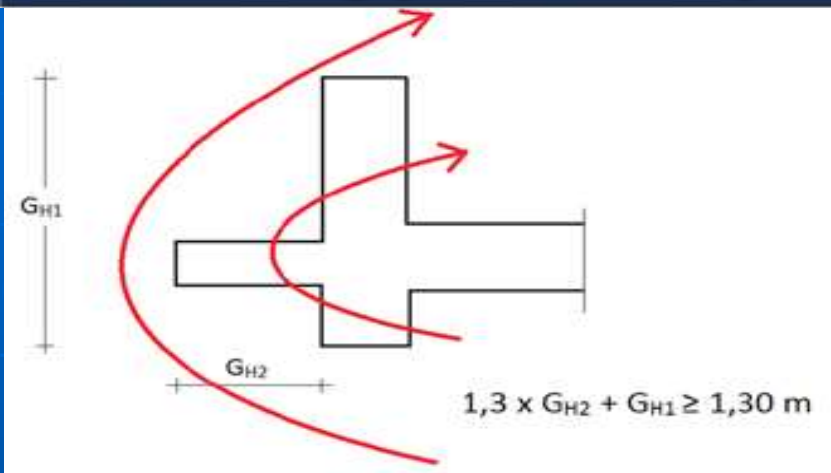
Hőszigetelő és panel minősítések

Habok minősítése (MSZ EN13501-1) Legjobb D-s1,d0, ill C-s1,d0. A többség E tűzvédelmi osztályú.

Mindig ellenőrizni az égési jellegzetességeket + a minősítéseket!

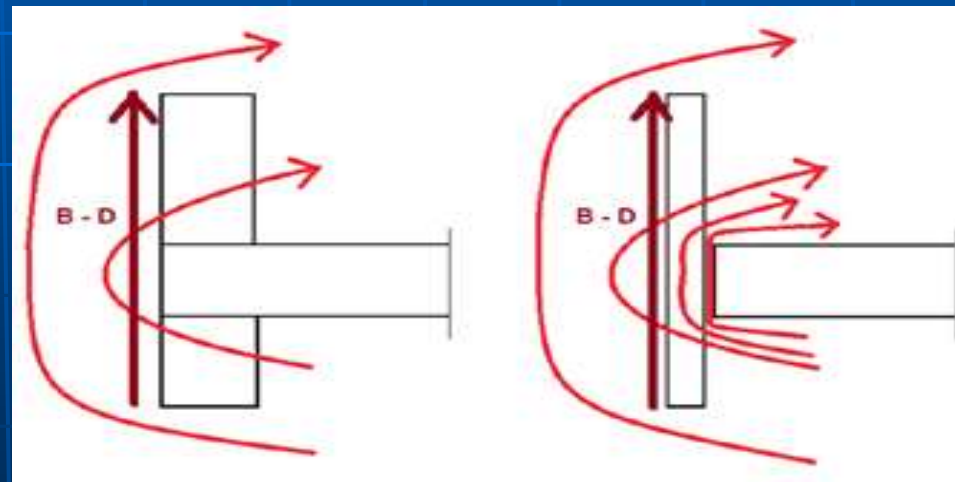
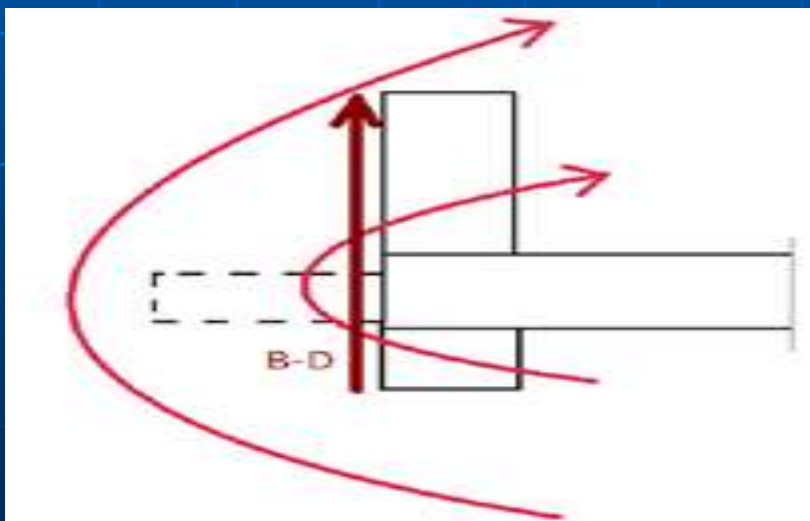
Hőszigetelés	Panel
E	D-s3-d1
E	C-s3-d0
E	C-s2-d0
E	B-s2-d0
D-s1-d0	B-s1-d0
D-s1-d0	B-s1-d0
A1 (ásványgyapot)	A2-s1-d0 B – s1 – d0

Hogyan terjed a homlokzaton?



Homlokzati tűzterjedés elleni gát esetén

Nyílás nélküli külső teherhordó fal

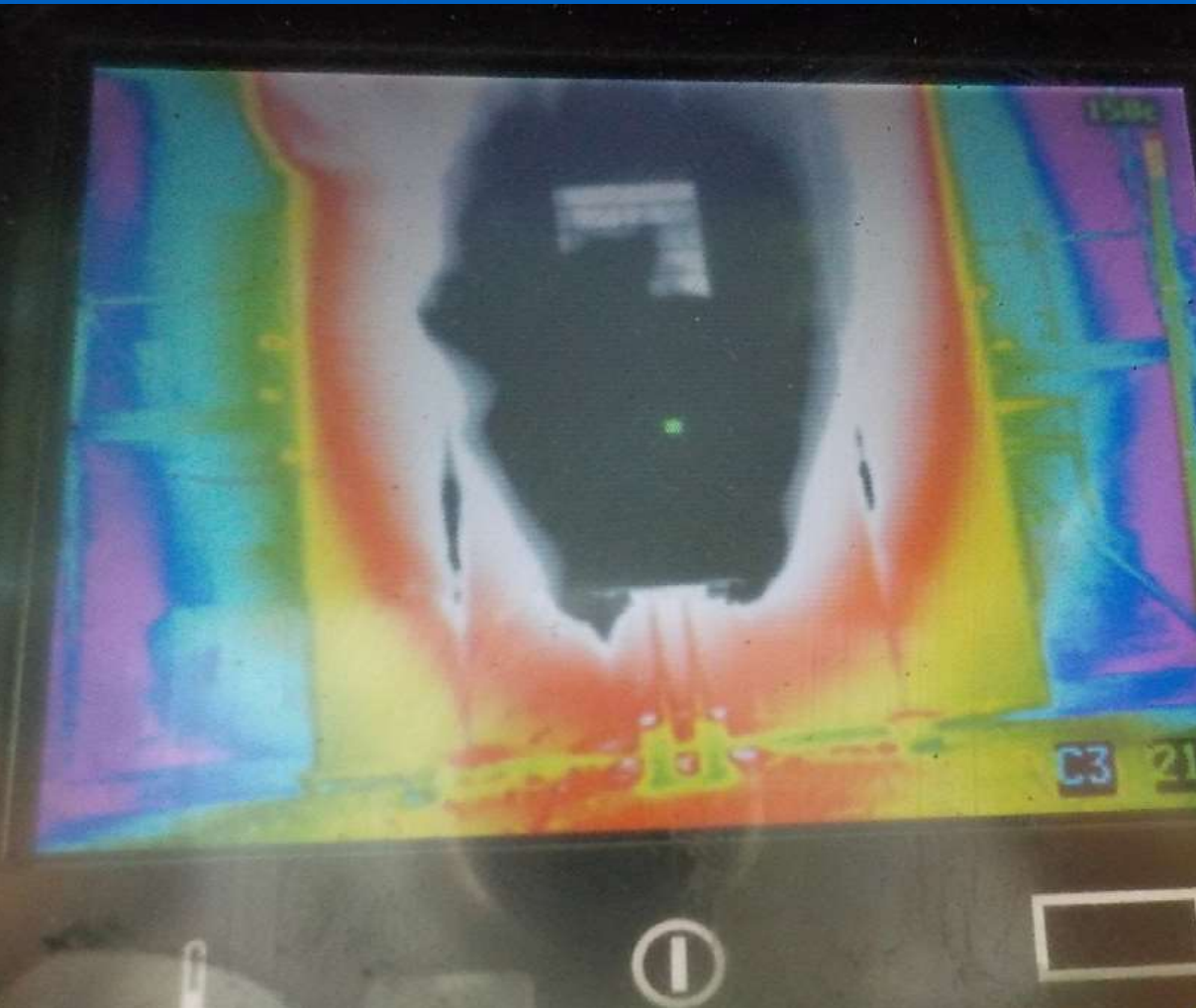


Nyílásos külső teherhordó falak esetén

Nyílásos vázkitöltő falak, függőnyfalak,
függesztett homlokzati falak esetén

Homlokzati tűzterjedés vizsgálata

2017. július 17 és 2017. augusztus 15. IPN panel
650 kg-os faléc máglya, 3,25 mw hőenergia



30 perc felett! A panelillesztések mentén a kisebb lángáttörések rövid időn belül záródtak. Nagyobb deformációk nem történtek.



Mit vizsgáljunk? ETICS és szendvics

Légrés kialakulás lehetőségei

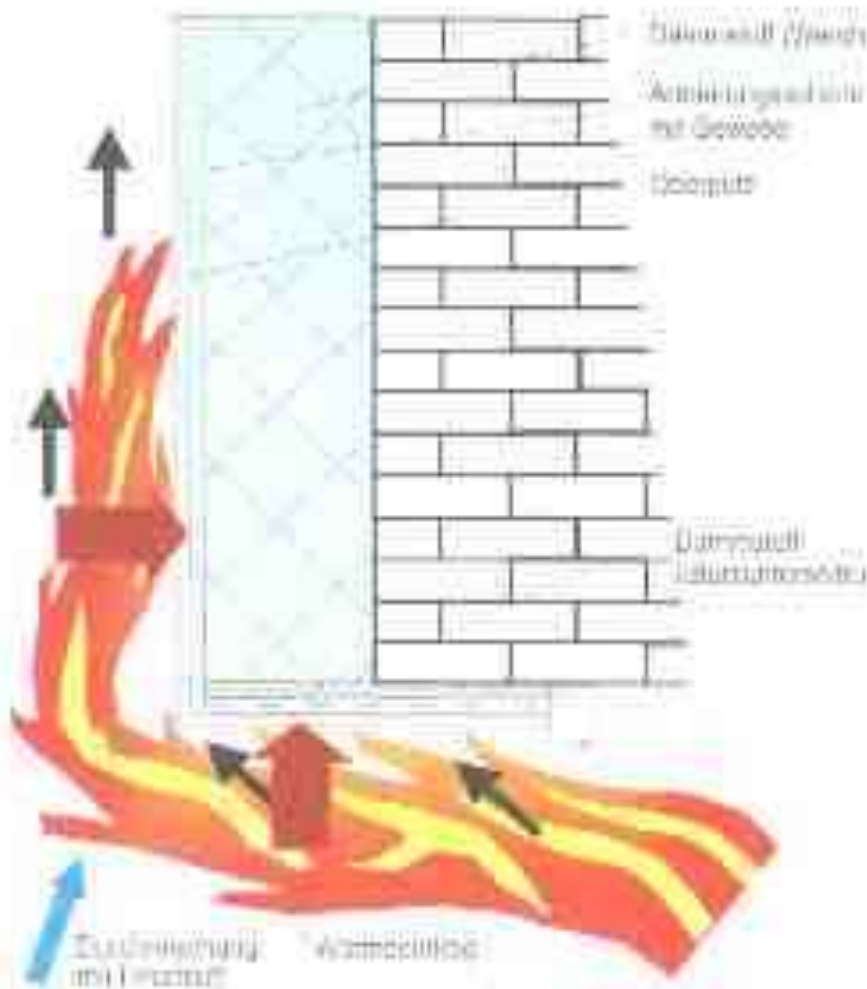
- Hőhatás iránya, mértéke
- A tűzterjedés jellegzetességei
- Fűzőcsavarok távolsága
- Illesztések, panelcsatlakozások, csomópontok – szétnyílás lehetőségei
- Tűzgátló szalag alkalmazása a csomópontban
- Orientáció – függőleges, vízszintes.

Hőszigetelő anyag

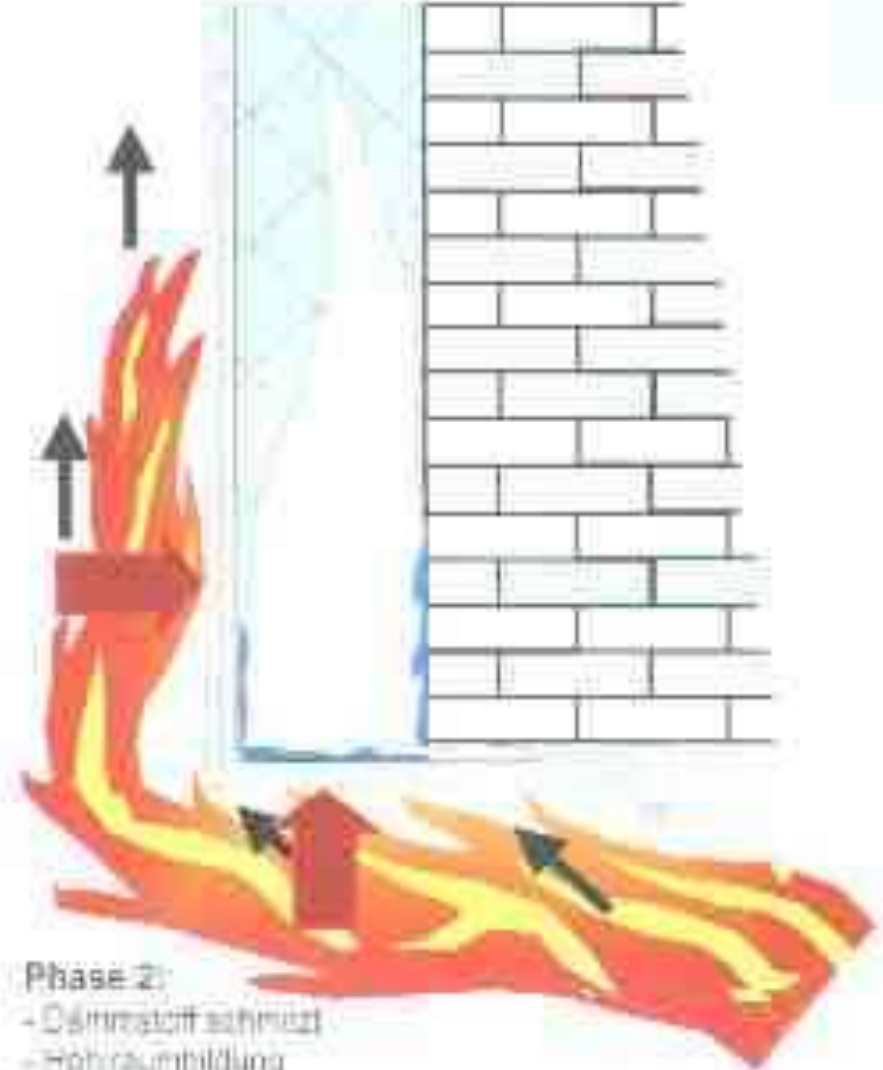
- Égési jellegzetességei
- Minősítése
- Füst jellege, színe, áramlása
- A tűzterjedés sebessége, formája

Nyílások szerepe a tűzterjedésben

Légrés kialakulása



Phase 1:
Wärmetransport von unten und von innen in das Mauerwerk



Phase 2:

- Dämmstoff schmilzt
- Hohlraumbildung
- Entzündung an der Rückwand (der Putzschicht und der Wand)
- ablaufende Schmelze sammelt sich am tiefsten Punkt (Fensteransatz)

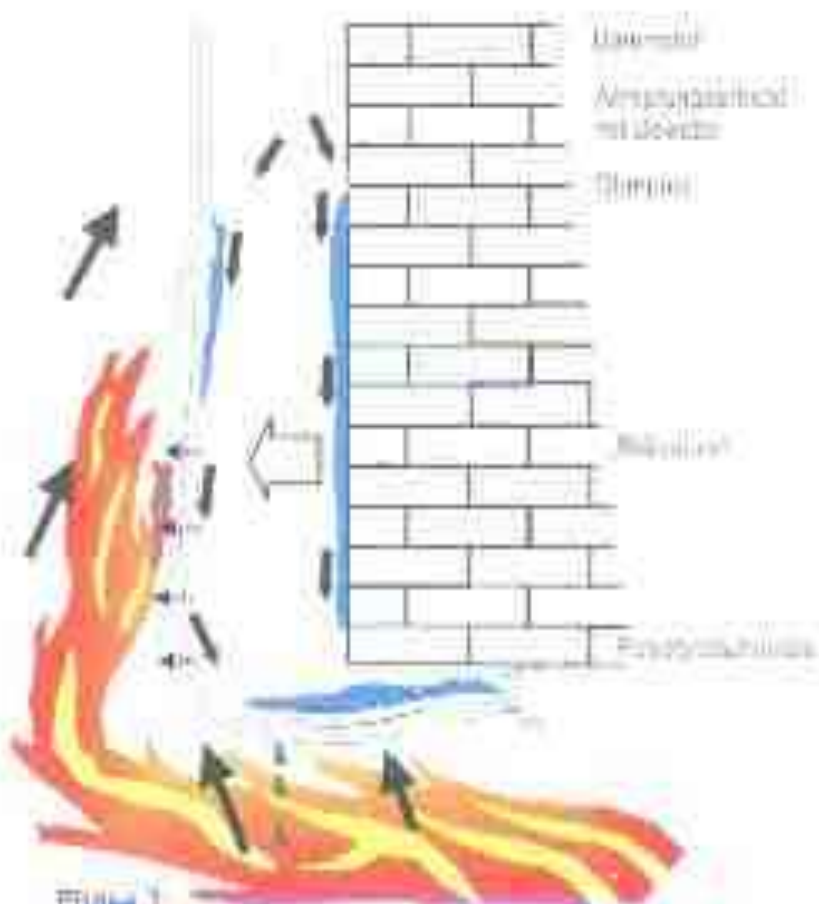


Mátészalka ipari csarnok



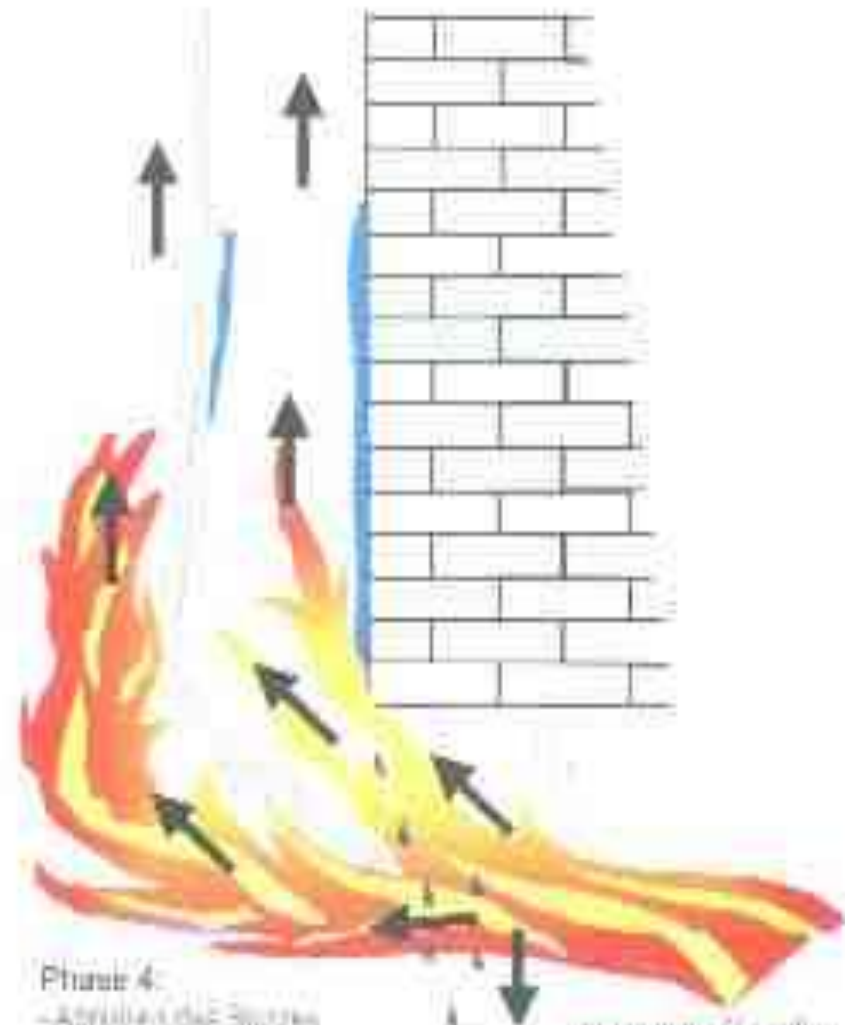
- Szendvics szerkezet, PUR hab hőszigetelés**
- Fa kalodákban tárolt papírcsomagoló anyag gyulladt meg
 - Hőhatásra a panelek szétnyíltak

Kürtőhatás



Phase 3:

- Aufsteigen einer Blattschicht hinter dem KOF durch Verdrängung der Luft und Entweichen von Pyrolyseprodukten
- Ausströmung von Pyrolyseprodukten durch die Wandschicht
- Abkühlen der Wandschicht durch die Wandschicht
- Wirkung der Wandschichttemperatur nach außen: Abkühlung
- Abkühlung des Strahlers durch das Gewand der Wandschicht
- Verdrängung der Luft durch die Wandschicht



Phase 4:

- Abkühlen des Strahlers
- Öffnen des Systems
- Freisetzung der Luft durch die Wandschicht
- Strahlungsluft und Wärmestrom
- Verdrängung der Luft durch die Wandschicht

Kukatűzből indult



Mit vizsgáljunk? Tűzáll. paraméterek

Tető

- **Max. fesztáv** – statikai összefüggés a hajlítónyomatékkal
- **Max. terhelhetőség** – Eurocode: rendkívüli tűzterhelés
- **Fűzőcsavarok távolsága** – ált. 100-500mm
- **Tűzgátló szalag alk. a csomópontban** – akár többszörös

Oldalfalak

- **Max. fesztáv** – 3m-en túl csak feltételekkel!
- **Fűzőcsavarok távolsága** – 100-3000mm, vagy nem kell
- **Tűzgátló szalag alk. a csomópontban** – akár többszörös
- **i->o és o->i értékek** – szimmetrikus és aszimmetrikus csom.
- **Orientáció** – függőleges, vízszintes.



Nyírbátor

Ahol nem égett le

PB vagy DME hajtógázzal
működő
aeroszolos termékek
gyártása.

Óriási hőterhelés -
Nem égett le!



Berendezés tűz



Nagy hő terhelés -
Kis sérülések!



Ha nincs tűzvizsgálat

Királyegyháza 2013.április 13.

- 40 méter magas, ötszintes épület
- Világítóberendezés tűz, 20 m magasan, szerkezetbe épített vezetékek
- 8 cm vastag IPN rejtett rögzítésű szendvicspanel
a tűz nem terjedt tovább

Tanulságok.

1. Van minősített szendvicspanel amely képes ellenállni a tűznek
2. A LED chip hőmérséklete nem lehet 125 °C felett, ezért hűtéstervezést igényel. A chip által termelt hőt a chip és a tokozás közötti hőellenálláson át lehet elvezetni.

•----- **tűzvizsgálati, megelőzési tapasztalat vész el!**

A kárérték

A kárérték

- a tűz által okozott kár (tűzkár),
- az oltási, kárelhárítási költségek,
- az oltóanyagok okozta kár (pl. vízkár),
- a termelés kiesés ideje - üzemszüneti kár,
- a kárfelszámolás (az égést követő mentesítés) költségei,

- A piacvesztés elemzése!



Tanulságok – megelőzés

Szabályozásbeli szigorítás és a tűzterhelés számítások újragondolása.

- 1. Tűzvédelmi követelményekben a habok minősítésének szerepeltetése. Ill. a panel tűzállóságát befolyásoló tényezők erőteljesebb figyelembevétele.*
- 2. Különösen tetőpaneleknél a D-s1,d0 hőszigetelővel szerelt B, s1, d0 panel megfontolása.*
- 3. A teljes hőszigetelő anyag tömege helyett, az égésben ténylegesen résztvevő tömeg figyelembevétele (21 – 100%)**

Tanulságok – tűzoltás

EPS, XPS, PUR,

1. Nagy füst és hő mellett, a tüzet befelé vezetve ég.
2. A szerkezet szétvágása a látható hőhatásnál nem vezet eredményre, a tűz a fémlemezek között már messze jár.
3. Csak jelentős rátartással megbontott paneleknél lehet eredményes az oltás, az éghető hőszigetelés megszakításával.

PIR, IPN, QuadCore

1. A szenesedés miatt mérsékeltebb hőhatás, korlátozott terjedés – már a szomszéd panel bontható.

Kőzetgyapot

1. Sűrű, nagy füst esetén sok PUR ragasztó gyorsan végigég, de állékonysága megmarad.

Köszönöm a figyelmet!

Heizler György