

Megújuló energiaforrások III. Labor

Dr. Ivelics Ramón PhD.
egyetemi adjunktus
ivelics.ramon@mik.pte.hu

PTE MIK Mérnöki és Smart Technológiák Intézet
Környezetmérnök Tanszék

Tematika

1. **Szilárd tüzelőanyagok tulajdonságainak, értékeinek elemzése, mérése (Kalorimetria).** Számítási feladat kiosztása.
2. Szilárd tüzelőanyagok tulajdonságainak, értékeinek elemzése, mérése (Elemi összetétel, nedvességtartalom, hamutartalom mérések).
3. Időjárásfüggő megújuló energiák működtetése. Meteorológiai mérések és feldolgozásuk. Folyékony és gáznemű tüzelőanyagok tulajdonságainak mérés technikája.
4. Az energiatermelés környezeti hatásainak mérése, szilárd, folyékony és gáznemű emissziók mérés technikája, terjedése, elemzése.
5. Zárthelyi dolgozat.

Követelmények

Aláírás megszerzése:


- gyakorlatokon való részvétel
- számítási feladat (2022.04.13. 12h00)
- zárthelyi dolgozat (2022. 05.09. 16h45) (pót zh: 2022.05.16. 16h45)

Félévközi jegy:

- 1 db feladat és zh átlaga

Érdemjegy megállapítás az
összpontszám alapján (átlag):

- elégtelen ← 0-49%
- elégséges ← 50..64%
- közepes ← 65..72%
- jó ← 73..85%
- jeles ← 86% felett

 **PECSI TUDOMÁNYEGYETEM**
Műszaki és Informatikai Kar
Mérnöki és Smart Technológiák Intézet
Környezetmérnöki Tanszék

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK I.
2020/2021. tanév
II. félév

I. feladat
(Témadokumentációs feladat)

FELADAT: év. ... h részére.

Kézírtan témadokumentációt a
.....
című témáról, szakirodalmi források és dokumentációk felhasználásával.

A témadokumentáció tartalma:

1. A téma irodalmának áttekintése, jelenlegi helyzetének értékelése.
2. A kiválasztott, a témát legjobban reprezentáló megoldások leírása (alkalmazási terület, működési elv, műszaki adatok, szerkezeti felépítés, stb.) (Megjegyzés: a leírás a szükséges mértékben tartalmazzon műszaki rajzokat, ábrákat, ismertetőket, stb.)
3. Javasolt a témakörhöz kapcsolódó technológiai vagy műszaki jellemzői fejlesztését, illetve az üzemeltetés hatékonyságának növelését célzó javaslatok, ötletek, megállapítások összegyűjtése.
4. A felhasznált irodalom. A témadokumentációt kereséssel elért információkkal, illetve összegyűjtött cikkek-tanulmányok alapján kell összeállítani, amelyek száma min. 10 legyen. A felhasznált irodalom felsorolása, az akadémiai hivatkozási rendszernek megfelelően szükséges megadni a szerző nevét, a megjelenés évét, a forrásmunka címét, a kiadót, a letöltés pontos dátumát és a fellelési helyét.

A témadokumentációra vonatkozó terjedelmi és formai követelmények:

- A témadokumentáció szöveges részének terjedelme maximum 20db A4-es oldal legyen.
- A témadokumentációt elektronikus formátumban meg kell küldeni az iveltics.ramon@mik.pte.hu email címre, valamint fel kell tölteni a Neptun Meet Street felületre is.
- A feladat kiírását a címodal után csatolni kell a dolgozathoz.

Beadási határidő: 2021. április 28., 12⁰⁰ óra, elektronikusan

Pécs, 2021. február 3.

Dr. Iveltics Ramon PhD.
egyetemi adjunktus

Tananyag

Tananyag: az előadás anyag.

Kiegészítő anyagok:

- szakkönyvek,
- energetikai folyóiratok,
- internet.

Tananyag

Sembery-Tóth (szerk.): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház. Bp. 2004. ISBN 963-9553-15-8

Ivelics R. (szerk.): Megújuló energiaforrások. Környezetipari tananyag II. kötet. E-tananyag. Környezetipari és Megújuló Energetikai Kompetencia és Innovációs Központ kiadásában, Pécs, 2007.

Reményi Károly: Energetikai, CO2 felmelegedés. Akadémiai Kiadó, Bp. 2010.

Bent Sørensen: Renewable Energy. Academic Press. Elsevier. 2011.

Kalmár Ferenc (szerk.): Fenntartható Energetika. Akadémiai Kiadó, Bp. 2014.

Tóth László: Hagyományos és megújuló energiarendszerek. Szaktudás Kiadó Ház, Bp. 2016.

Vajda György: Energiahasznosítás. Akadémiai Kiadó, Bp. 2004.

David JC Mackay: Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül. Vertis. Bp. 2011.

Henrik Lund: Renewable energy systems. Elsevier. 2010.

BME Energetikai TSz. tananyagok

Szakfolyóiratok: Magyar Energetika, Energiagazdálkodás

MSZ EN 14961:2011 szabványkör: Szilárd bio-tüzelőanyagok.; MSZ EN 15234:2012

szabványkör: Biotüzelőanyagok minőségbiztosítása.; MSZ EN 14918:2010 szabványkör:

Biotüzelőanyagok minőségének mérése.

Tananyag, kiegészítés

Hasznos információk:

MAVIR

MEKH

ITM

International Energy
Agency www.iea.org

World Energy Council
www.worldenergy.org

Renewable Energy Policy
Network

Shell Energy Transition
Report

BP Energy Outlook

Legújabb hírek, kutatás fejlesztés:

Renewable energy

Nature energy

Biomass and bioenergy

Energy

Fuels

MSZ EN 14961:2011 szabványkör: Szilárd
bio-tüzelőanyagok.

MSZ EN 15234:2012 szabványkör:
Biotüzelőanyagok minőségbiztosítása

Energiaegységek

Alapegység: **Joule, J**; $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Prefixumok:

- kilo, $k = 10^3$
- mega, $M = 10^6$
- giga, $G = 10^9$
- tera, $T = 10^{12}$
- peta, $P = 10^{15}$
- exa, $E = 10^{18}$
- zetta, $Z = 10^{21}$
- yotta, $Y = 10^{24}$

Energiaegységek

Alap energiahordozók esetén, országos mérlegekben:

tonna olaj egyenérték, ton of oil equivalent

1 toe = 41,868 GJ (lehet 44,769 GJ),

hordó (barrel)

1 barrel (bbl) = 42 gallon = 6,12 GJ;

egyezményes tüzelőanyag, tonna szén egyenérték, ton of coal equivalent

1 tce = 1 tETA = 29,3 GJ.

Energiaegységek

Angolszász egységek:

British Thermal Unit, BTU

$$1 \text{ BTU} = 1,0548 \text{ kJ}$$

„Nagy” energiaegység: Quad

(Quadrillion BTU)

$$1 \text{ Q} = 10^{15} \text{ BTU}$$

Villamosenergia-ipari egység:

kilowattóra

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ.}$$

Természeti erőforrások

természeti erőforrások

kimerülő (stock)

részben meg-
újuló, meg-
újítható:

megújuló (flow)

felhasználva
elfogyasztott:

szén,
kőolaj,
földgáz,
hasadó-
anyagok

elvileg visz-
szanyerhető:

elemi
ércek és
ásványok

hulladék asz-
szimilációs
képesség,
talaj termőké-
pesség

kritikus:

növényzet,
termőtalaj,
vízkészlet,
halállomány

nem kritikus:

napenergia
szél-
vízenergia,
árapály

Primer energiahordozók csoportosítása kimerülésük alapján

Kimerülő energiahordozók

- kémiai tüzelőanyagok:
 - szén, kőolaj, földgáz, egyéb,
- nukleáris tüzelőanyagok:
 - fission, fusion,
- *geotermikus energia*
- exotherm reactions

Megújuló energiahordozók

- napenergia: napsugárzás, fotoszintézis, szél, stb.
- *szél,*
- *bioenergia: izomerő, biomassa, mikrobiológiai reakciók,*
- gravitáció: árapály,
- hullámmozgás energiája.

Megújuló energiaforrások

Megújuló energiaforrások alatt azokat az energiahordozókat értjük, amelyek hasznosítása közben a forrás nem csökken, hanem újratermelődik, megújul, vagy mód van az adott területről ugyanolyan jellegű és mennyiségű energia kitermelésére.

Energiahordozók és -források

Primer vagy elsődleges energiahordozók:

a természetben található eredeti állapotban lévő energiahordozók (ásványi szén, kőolaj, földgáz, nukleáris energiahordozók, stb.), amelyek általában az energetikai folyamatok kiinduló közegei - kimerülő energiaforrások.

a természetben található és munkavégzésre használható erők (napsugárzás, szél, áramló víz, tengeri energia, biomassa, stb.) - megújuló energiaforrások.

Szekunder vagy másodlagos (átalakított) energiahordozók:

a primer energiahordozók átalakítása során jönnek létre, eltérő fizikai és/vagy kémiai tulajdonságokkal rendelkező új energiahordozók. (gőz, melegvíz, villamos energia, koks, különböző olajtermékek, nukleáris fűtőelemek).

Alapfogalmak

- *alap (primer) energiahordozók:*
energetikailag hasznosítható ásványi anyagok (pl. szén, kőolaj);
- *alap (primer) energiaforrások:*
munkavégzésre használható természeti erők (pl. napsugárzás, szél, víz);
- *átalakított (szekunder) energiahordozók:* a primer energiahordozóktól fizikai tulajdonságaikban különböző anyagok (pl. brikett, benzin, gázolaj).

Alapfogalmak

- *végső energiahordozók*: az átalakított (szekunder) energiahordozóktól fizikai és kémiai tulajdonságaikban különböző energiahordozók (forró víz, gőz, villamos energia stb.);
- *hasznos energiahordozók*: a fogyasztó szempontjából hasznos energiaformák (mozgási-, helyzeti-, fényenergia stb.);

Szilárd tüzelőanyagok

Hagyományos szilárd tüzelőanyagok:

primer – lignit, szén, barnaszén, feketeszén, antracit;

szekunder – koksz, brikett, aprított szén, szénpor

Szilárd biotüzelőanyagok:

primer - lignocellulózok, lágyszárú: szalma, kukoricaszár,

fáaszárú: tűzifa, gallyak;

szekunder – apríték, pellet, brikett, bála, köteg

Energiahordozók

Izomerő: az emberi munkavégzés egy napi lehetősége 1,5-3 MJ = 100 g szén hőegyenértékét is alig éri el.

Magyarország összesített elméleti munkavégző képessége 2-3 PJ.

Energiahordozók első jelentős bővülése: tüzelőanyagok megjelenése (biológiai eredetű - megújuló, kimerülő).

Új eljárások. Nukleáris energiatermelés.

Legújabb eljárások.

Energiahordozók jellemzése I.

Tüzelőanyag	fűtőérték
Kémiai reakció	szabad energia
Hő-körfolyamatok	entalpia, exergia
Áramló közegek	teljes energia
Villamos jelenségek	térfogategységre eső teljesítmény

Energiahordozók jellemzése II.

Az energiahordozók jellemzői

```
graph TD; A[Az energiahordozók jellemzői] --- B[Energetikai jellemzők (energiatartalom, égéshő, fűtőérték, stb.)]; A --- C[Anyagjellemzők (hamu-, nedvességtartalom, sűrűség, egyéb jellemzők, stb.)];
```

Energetikai jellemzők (energiatartalom, égéshő, fűtőérték, stb.)

Anyagjellemzők (hamu-, nedvességtartalom, sűrűség, egyéb jellemzők, stb.)

Energiahordozók jellemzése III.

Anyagjellemzők

- Kémiai összetétel,
- Vegyi összetétel,
- Hamutartalom,
- Víztartalom,
- Sűrűség, halmazs.
- Frakcióeloszlás,
- Ásványi anyagtartalom.

Energetikai jellemzők

- Égéshő,
- Fűtőérték,
- Fajlagos energiatartalom,
- egyéb tüzeléstechnikai jellemzők.



● Sampling points

Égéshő - Fűtőérték

Égéshő (Higher Heating Value): az a hőmennyiség, amely egységnyi tömegű fűtőanyagból szabadul fel annak elégetése során, és a keletkező vízgőzt kondenzáltatjuk (víz folyadék, rejtett hő-párolgáshő).

$\text{Égéshő} = f(\text{C, H, N, S, O})$

Fűtőérték (Lower Heating Value): az a hőmennyiség, amely egységnyi tömegű fűtőanyagból szabadul fel annak elégetése során, és a keletkező vízgőzt nem kondenzáltatjuk.

$\text{Fűtőérték} = f(\text{C, H, N, S, O, nedvesség- és hamutartalom})$

Mértékegység: KJ/kg (MJ/kg, GJ/t).

Fajlagos energiatartalom: MJ/m³.

Égéshő, energiatartalmat közvetlenül NEM lehet mérni!

A tüzelőanyagoknak égési tulajdonság szempontjából éghető és nem éghető összetevői vannak.

Nem éghető összetevők: O, H₂O, hamu. Éghető összetevők: C, H, S, N.

A szilárd biológiai energiahordozók, mint például a fa vagy egyéb lágyszárú biomassza, égéshőjének mérése közvetlenül nem lehetséges, azonban egy intenzív állapotjelzővel égetés közbeni változásának mérésével meghatározható az energiahordozó elégetése közben felszabaduló hőmennyiség. Erre alkalmas műszer a bomba kaloriméter, amelynek már biomasszákra specializálódott változatai is vannak.

Kalorimetria

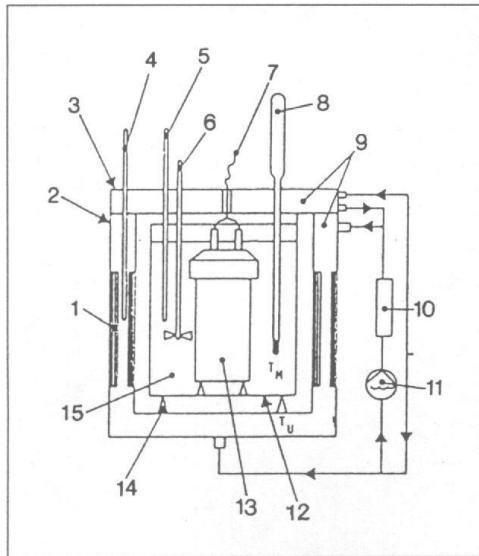
Az égés a tüzelőanyagok éghető részeinek a levegő oxigénjével való gyors egyesülése, amely jól észlelhető hőfejlődéssel jár. Az égés tehát oxidáció, amely során az éghető anyagok kémiai kötött energiájának egy része hő formájában szabadul fel. A tüzelőanyagokat legtöbb esetben levegővel (légköri nyomáson) égetik el, eközben gáz-halmazállapotú égéstermék, füstgáz keletkezik. Az égés folyamatában a fizikai tényezők (keverés, levegő-hozzávezetés, füstgáz-elvezetés, tüzelőterek kiképzése, tüzelőberendezés fajták stb.) szerepe a kémiai tényezőkkel azonos fontosságú.

Az egyes összetevőket a tüzelőanyag általában nem elemi állapotban, hanem különféle vegyületek formájában tartalmazza, ezért a tényleges összetétel meghatározása igen nehéz. A gyakorlatban az elemi összetétellel (tömeg vagy térfogatszázalékban kifejezve) jellemzik a tüzelőanyagokat. A C, H és O-tartalom a tüzelőanyag égési tulajdonságai, a kéntartalom és nitrogéntartalom pedig elsősorban a korrózió és környezetszennyezés szempontjából fontos paraméter. Ezek nem kívánatos folyamatokat hoznak létre, mert az elégetéskor keletkező kén-oxidok egyrészt savas esőt eredményeznek, másrészt erős korróziót okoznak. Hasonló hatása van a nitrogén-oxidoknak is.

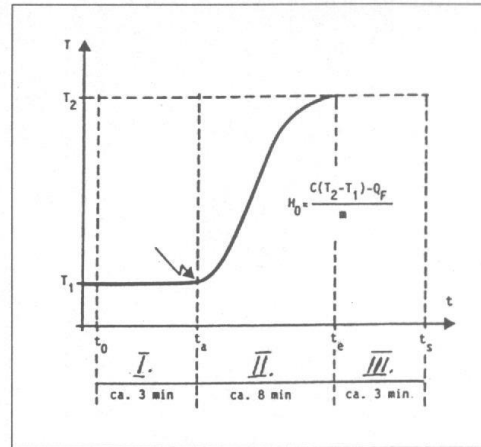
A neméghető rész szervesetlen vegyületei az égés után hamuként maradnak vissza.

A tüzelőanyagok tüzeléstechnikai szempontból legfontosabb jellemzője az égéshő és a fűtőérték.

Fűtőérték mérése - bomba kaloriméter

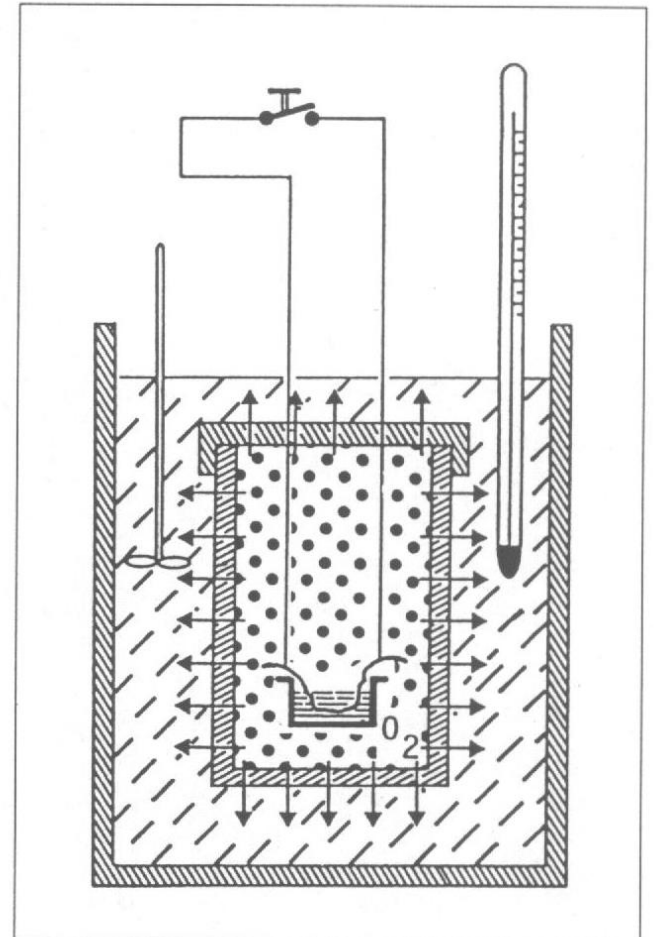


2. ábra. Az adiabatikus kaloriméter részei:



3. ábra. A kaloriméter égetőcellájának hőmérséklet változása az idő függvényében

$$H_0 = \frac{C(T_2 - T_1) - Q_F}{m}, \text{ ahol}$$



1. ábra. Az adiabatikus kaloriméter elvi felépítése

Kaloriméter hőkapacitása

A kaloriméter (kaloriméter-rendszer) hőkapacitása az a hőmennyiség, amely a 25 oC hőmérsékletű kaloriméter hőmérsékletét 1oC-kal megemeli.

Meghatározása úgy történik, hogy ismert égéshőjű etalonanyagot oxigénnel töltött kaloriméterbombában elégetve a kaloriméteredényben lévő adott mennyiségű víz hőmérséklet- -emelkedését mérik. Az elégetéskor felszabaduló hőmennyiségből és a kaloriméteredény víz-hőmérsékletének változásából számítható a kaloriméter hőkapacitása:

$$C = \frac{Q \cdot m + C_1 + C_2 + C_3}{D_t - K}$$

ahol: C = a kaloriméter hőkapacitása, J/°C

Q = az etalonanyag égéshője, J/g

m = az etalonanyag tömege, g

C_1 és C_2 = a gyújtóhuzal és pamutszál égéséből adódó korrekció, J

C_3 = a salétromsav képződése során keletkező hő miatti korrekció, J

D_t = hőmérséklet-emelkedés (a főkísérlet során), °C

K = a kaloriméter és a környező levegő közti hőcsere miatt szükséges korrekciós tényező, °C

Szén égéshő és fűtőérték meghatározása

Égéshő= $F_0=f(C,H,N,S,O)$ =Higher Heating Value (HHV)=Gross Calorific Value=Brennwert

Fűtőérték= $F=f(\text{Égéshő},H,n\%)$ =Lower Heating Value (LHV)=Net Calorific Value=Heizwert

Dulong-képlet: szén esetére

$$F_0 [\text{kcal/kg}] = 8100 C(\%) + 34000 \left(H(\%) - \frac{O(\%)}{8} \right) + 2500S(\%)$$

$$F [\text{kcal/kg}] = \left(\frac{1}{1+n(\%)} \right) (F_0 - 600(9H(\%) + n(\%)))$$

Pattantyús-képlet szén esetére: Fűtőérték:

$$F [\text{kcal/kg}] = 8100 C(\%) + 28000 \left(H(\%) - \frac{O(\%)}{8} \right) + 2500 S(\%) - 600n(\%)$$

Mengyelejev-féle kísérleti képlet, szilárd tüzelőanyagokra:

$$F [\text{KJ/kg}] = 339 C(\%) + 1030H(\%) + 109(S(\%) - O(\%)) - 25,14n(\%)$$

Szilárd lignocellulózok égéshő és fűtőérték meghatározása

Szendrey-féle képlet: fára

$$F_0 \text{ [KJ/kg]} = (33855 C(\%) + 144307 \left(H(\%) - \frac{O(\%)}{8} \right)) / 100$$

$$F \text{ [KJ/kg]} = F_0 - \frac{2514(9H(\%) + n(\%))}{100}$$

Németh-féle képlet: fára

$$F_0 \text{ [KJ/kg]} = (44966 C(\%) + 144307 \left(H(\%) - \frac{O(\%)}{8} \right)) / 100$$

$$F \text{ [KJ/kg]} = F_0 - \frac{2514(9H(\%) + n(\%))}{100}$$

Marosvölgyi-féle képlet: biomasszára

$$F \text{ [KJ/kg]} = 34,8 C(\%) + 93,9H(\%) + 10,5S(\%) + 6,3N(\%) - 10,8O(\%) - 2,5n(\%)$$

Canniwala-féle képlet: biomasszára

$$F_0 \text{ [KJ/g]} (-F) = 0,3491 C(\%) + 1,1783H(\%) + 0,1005(S(\%) - 0,0151N(\%) - 0,1034O(\%)) - 0,0211Ash(\%) (-0,2514n(\%))$$

MEKH-képlet szilárd biomassza (C_{fp} -víz átlagos faj és párolgáshője 2832,6MJ/t; F_{0atro} =átlagos száraz fűtőérték=18,21GJ/t):

$$F = F_{0atro} \left(1 - \frac{n(\%)}{100} \right) - \frac{n(\%)}{100} C_{fp}$$

Biotüzelőanyag szabványok

CEN/TS 14918:2005 Égéshő, fűtőérték

MSZ EN 14961-1 és hozzá kapcsolódó szabványok

Fűtőérték, száraz minta

$$F_{\text{száraz}}[\text{J/g}] = F_0 - 0,8(O(\%) + N(\%)) - 212,2H(\%)$$

Fűtőérték, nedves minta

$$F_{\text{nedves}}[\text{J/g}] = F_{\text{száraz}}(1 - 0,01n(\%)) - 24,43n(\%)$$

Fűtőérték, nedves minta

$$F_{\text{nedves}}[\text{J/g}] = (F_0 - 206H(\%)) * (1 - 0,01n(\%)) - 23,05n(\%)$$

CEN/TS 14774-1 moisture1, total-reference method

CEN/TS 14774-2 moisture2, total- simplified method

CEN/TS 14774-3 moisture3, general

CEN/TS 14775 ash

$$q_{V,gr,d} = q_{V,gr} \times \frac{100}{100 - M_{ad}}$$

$$(1 - 0,01M_{ar}) = \frac{100 - M_{ar}}{100}$$

1. táblázat. Szilárd bio-tüzelőanyagok eredet és forrás szerinti osztályba sorolása

1. Fás biomassa	1.1. Erdészeti, ültetvényi és egyéb szűz fa/vágott fa?	1.1.1. Egész fak gyökerek nélkül	1.1.1.1. Lombhullató
			1.1.1.2. Tülevelő
			1.1.1.3. Rövid tenyészidejű csallt?/sarjerdő?
			1.1.1.4. Bokrok
			1.1.1.5. Keverékek és elegyek
		1.1.2. Egész fak gyökerekkel	1.1.2.1. Lombhullató
			1.1.2.2. Tülevelő
			1.1.2.3. Rövid tenyészidejű csallt
			1.1.2.4. Bokrok
			1.1.2.5. Keverékek és elegyek
		1.1.3. Fatörzs	1.1.3.1. Lombhullató
			1.1.3.2. Tülevelő
			1.1.3.3. Keverékek és elegyek
	1.1.4. Fafeldolgozási maradékok	1.1.4.1. Friss/zöld, lombhullató (leveleket is beleértve)	
		1.1.4.2. Friss/zöld, tülevelő (tüleveleket is beleértve)	
		1.1.4.3. Tárolt, lombhullató	
		1.1.4.4. Tárolt, tülevelő	
		1.1.4.5. Keverékek és elegyek	
	1.1.5. Tuskók/gyökerek	1.1.5.1. Lombhullató	
		1.1.5.2. Tülevelő	
		1.1.5.3. Rövid tenyészidejű csallt	
		1.1.5.4. Bokrok	
		1.1.5.5. Keverékek és elegyek	
1.1.6. Fakéreg (erdészeti műveletekből)*			
1.1.7. Kertekből, parkokból, úmenti karbantartásból, szőlészetből és gyümölcskertészetből elkülönített fa			
1.1.8. Keverékek és elegyek			
1.2. Fafeldolgozó-ipari melléktermékek és maradékok	1.2.1. Kémiaállag kezeletlen famaradékok	1.2.1.1. Kéreg nélküli, lombhullató	
		1.2.1.2. Kéreg nélküli, tülevelő	
		1.2.1.3. Kéreggel, lombhullató	
		1.2.1.4. Kéreggel, tülevelő	
		1.2.1.5. Kéreg (ipari műveletekből)*	
	1.2.2. Kémiaállag kezelt famaradékok, rostok és faalkotók	1.2.2.1. Kéreg nélküli	
		1.2.2.2. Kéreggel	
		1.2.2.3. Kéreg (ipari műveletekből)*	
		1.2.2.4. Rostok és faalkotók	
	1.2.3. Keverékek és elegyek		
1.3. Használt fa	1.3.1. Kémiaállag kezeletlen fa	1.3.1.1. Kéreg nélküli	
		1.3.1.2. Kéreggel	
		1.3.1.3. Kéreg*	
	1.3.2. Kémiaállag kezelt fa	1.3.2.1. Kéreg nélküli	
		1.3.2.2. Kéreggel	
		1.3.2.3. Kéreg*	
	1.3.3. Keverékek és elegyek		
1.4. Keverékek és elegyek			

2. Lágyszárú biomassa	2.1. Lágyszárú biomassa a mezőgazdaságból és a kertészetből	2.1.1. Gabonatermésék	2.1.1.1. Egész növény
			2.1.1.2. Szalmarészek
			2.1.1.3. Magvak vagy termések
			2.1.1.4. Burkok vagy héjak
			2.1.1.5. Keverékek és elegyek
		2.1.2. Fűvek	2.1.2.1. Egész növény
			2.1.2.2. Szalmarészek
			2.1.2.3. Magvak
			2.1.2.4. Héjak
			2.1.2.5. Keverékek és elegyek
		2.1.3. Olajos magvű termések	2.1.3.1. Egész növény
			2.1.3.2. Szárak és levelek
			2.1.3.3. Magvak
			2.1.3.4. Burkok vagy héjak
			2.1.3.5. Keverékek és elegyek
		2.1.4. Gyökértermésék	2.1.4.1. Egész növény
			2.1.4.2. Szárak és levelek
			2.1.4.3. Gyökér
	2.1.4.4. Keverékek és elegyek		
	2.1.5. Hüvelyes termések	2.1.5.1. Egész növény	
		2.1.5.2. Szárak és levelek	
		2.1.5.3. Gyümölcs	
		2.1.5.4. Hüvelyek/gubók?	
2.1.5.5. Keverékek és elegyek			
2.1.6. Virágok	2.1.6.1. Egész növény		
	2.1.6.2. Szárak és levelek		
	2.1.6.3. Magvak		
	2.1.6.4. Keverékek és elegyek		
2.1.7. Kertekből, parkokból, útmenti karbantartásból, szőlészetből és gyümölcskertészetből elkülönített lágyszárú biomassa			
2.1.8. Keverékek és elegyek			
2.2. Növényfeldolgozó-ipari melléktermékek és maradékok ^b	2.2.1. Kémilag kezeletlen lágyszárú maradékok	2.2.1.1. Gabonatermésék és fűvek	
		2.2.1.2. Olajos magvű termések	
		2.2.1.3. Gyökértermésék	
		2.2.1.4. Hüvelyes termések	
		2.2.1.5. Virágok	
		2.2.1.6. Keverékek és elegyek	
	2.2.2. Kémilag kezelt lágyszárú	2.2.2.1. Gabonatermésék és fűvek	

5. táblázat: Tulajdonságok előírásai faaprítékokra

Törzstáblázat			
Eredet: A 6.1. szakasz és az 1. táblázat szerint		Fás biomassza (1)	
Kereskedelmi forma		Faapríték	
Méretek (mm) CEN/TS 15149-1, CEN/TS 15149-2			
	Fő frakció (legalább 75 w-%), mm ^a	Finom frakció, w-% (< 3,15 mm)	Durva frakció, (w-%), részecske max. hosszúsága, mm
P16A ^c	3,15 ≤ P ≤ 16 mm	≤ 12%	≤ 3% >16 mm és minden < 31,5 mm
P16B ^c	3,15 ≤ P ≤ 16 mm	≤ 12%	≤ 3% > 45 mm és minden < 120 mm
P45A ^c	8 ≤ P ≤ 45 mm	≤ 8% ^b	≤ 6% >63 mm és legfeljebb 3,5% >100 mm, minden < 120 mm
P45B ^c	8 ≤ P ≤ 45 mm ^b	≤ 8% ^b	≤ 6% >63 mm és legfeljebb 3,5% >100 mm, minden < 350 mm
P63 ^c	8 ≤ P ≤ 63 mm ^b	≤ 8% ^b	≤ 6% > 100 mm, minden < 350 mm
P100 ^c	16 ≤ P ≤ 100 mm ^b	≤ 4% ^b	≤ 6% > 200 mm, minden < 350 mm

Nedvesség, M (w-% eredeti állapotban) EN 14774-1, EN 14774-2

M10	≤ 10%
M15	≤ 15%
M20	≤ 20%
M25	≤ 25%
M30	≤ 30%
M35	≤ 35%
M40	≤ 40%
M45	≤ 45%
M50	≤ 50%
M55	≤ 55%
M55+	> 55% (megállapítandó a legnagyobb érték)

Hamu, A (w-% száraz állapotban) EN 14775

A0.5	≤ 0,5%
A0.7	≤ 0,7%
A1.0	≤ 1,0%
A1.5	≤ 1,5%
A2.0	≤ 2,0%
A3.0	≤ 3,0%
A5.0	≤ 5,0%
A7.0	≤ 7,0%
A10.0	≤ 10,0%
A10.0+	> 10,0% (megállapítandó a legnagyobb érték)

Nitrogén, N (w-% száraz állapotban) CEN/TS 15104

N0.3	≤ 0,3%	Előírás: Kémiaillag kezelt biomassza (1.2.2.; 1.3.2.) Tájékoztatás: Minden tüzelőanyag, amelyek nem kémiaillag kezelettek (kivételeket lásd az előzőkben)
N0.5	≤ 0,5%	
N1.0	≤ 1,0%	
N2.0	≤ 2,0%	
N3.0	≤ 3,0%	
N3.0+	> 3,0% (megállapítandó a legnagyobb érték)	

Klór, Cl (w-% száraz állapotban) CEN/TS 15289

Cl0.02	≤ 0,02%	Előírás: Kémiaillag kezelt biomassza (1.2.2.; 1.3.2.) Tájékoztatás: Minden tüzelőanyag, amelyek nem kémiaillag kezelettek (kivételeket lásd az előzőkben)
Cl0.03	≤ 0,03%	
Cl0.07	≤ 0,07%	
Cl0.10	≤ 0,10%	
Cl0.10+	> 0,10% (megállapítandó a legnagyobb érték)	

5. táblázat folytatása

Fűtőérték, Q (MJ/kg vagy kWh/kg eredeti állapotban) vagy energiasűrűség, E (MJ/m ³ ömlesztett vagy kWh/m ³ ömlesztett)			
Megállapítandó a legkisebb érték			
Térfogsűrűség (BD) eredeti állapotban (kg/m ³) EN 15103			
BD150	≥ 150	A meghatározása javasolt, ha térfogati alapon kereskednek	
BD200	≥ 200		
BD250	≥ 250		
BD300	≥ 300		
BD350	≥ 350		
BD400	≥ 400		
BD450	≥ 450		
BD450+	> 450 (megállapítandó legkisebb érték)		
Hamu olvadási viselkedése (°C) CEN/TS 15370-1			A deformációs hőmérsékletet, DT-t meg kell határozni

^a A méret számszerű értékei (P-osztály) megfelelnek azoknak a részecskeméreteknél (legalább 75 w-%), amely átesik az említett kerék nyílású szitáméretén (CEN/TS 15149-1). A túlméretes részecskék keresztmetszeti felülete P16-ra < 1 cm², P45-re < 5 cm², P63-ra < 10 cm² és P100-ra < 18 cm² legyen.

^b Fakitemelési maradék aprítéka, amelyek tüszzerű vékony részecskéket, leveleket és ágakat tartalmaznak, a fő frakció P45B-re 3,15 ≤ P ≤ 45 mm, P63-ra 3,15 ≤ P ≤ 63 mm és P100-ra 3,15 ≤ P ≤ 100 mm és a finom részecskék (< 3,15 mm) mennyisége legfeljebb 25 w-% lehet.

^c A P16A, P16B és P45A tulajdonsági osztályok nem ipari, és a P45B, P63 és P100 tulajdonsági osztály ipari berendezésekhez szolgálnak. A P45B, P63 és P100 ipari osztályokban a finom részecskék mennyisége a következő F04, F06, F08-ből határozható meg.

Előírás

Előírás / tájékoztatás

Tájékoztatás

Szilárd bio-tüzelőanyagok fő kereskedelmi formái

Tüzelőanyag neve	Jellemző részecskeméret	Szokásos előkészítési módszer			
Egész fa	>500 mm	Nem előkészített vagy gallyazott			
Faaprítékok	5 mm–100 mm	Vágás éles eszközökkel			
Aprított tüzelőanyag	Változó	Zúzás/darálás? tompa eszközökkel			
Hasábfatűzifa	100 mm–1000 mm	Vágás éles eszközökkel			
Kéreg	Változó	Kéregtelenítési maradékok fákból Lehet darált vagy darálatlan			
Köteg	Változó	Hosszában igazított és összekötött			
Tüzelőanyag-por	< 1 mm	Örlés	Aprított szalma vagy energiafű	10 mm–200 mm	Az aratás alatt vagy az égetés előtt aprítva
Fűrészpor	1 mm–5 mm	Vágás éles eszközökkel	Mag vagy szem	Változó	Nincs előkészítés vagy szárítás, kivéve azokat az eljárásokat, amelyek a gabonamagvak tárolásához szükségesek
Forgácsok	1 mm–30mm	Gyalulás éles eszközökkel			
Brikettek	$\varnothing \geq 25$ mm	Mechanikus sajtolás			
Pelletek	$\varnothing < 25$ mm	Mechanikus sajtolás	Csonthéjas gyümölcsmagvak vagy	5 mm–15 mm	Nincs előkészítés vagy sajtolás és vegyszeres extrakció
Bálák			maghús		
Kis négyzetes bálák	0,1 m ³	Kockákká sajtolva és kötve	Rostpogácsa	Változó	Rostos hulladékból víztelenítéssel előkészítve
Nagy négyzetes bálák	3,7 m ³	Kockákká sajtolva és kötve			
Kerek bálák	2,1 m ³	Hengerekké sajtolva és kötve			

Table 1. List of standards related to the determination of wood fuel characteristics¹

Property	Standard
Moisture content as received (M_{ar})	Solid biofuels. Determination of moisture content. Oven dry method (EN ISO 18134-1 parts 1, 2 and 3:2015) Part 1: Total moisture. Reference method. Part 2: Total moisture. Simplified method. Part 3: Moisture in general analysis sample
Ash content (A_d)	Solid biofuels. Method for determination of ash content (EN ISO 18122)
Calorific value ($q_{p,net,d}$)	Solid biofuels. Method for the determination of calorific value (EN 14918/EN ISO 18125)
Particle size distribution (P) and fines (F)	Solid biofuels. Determination of particle size distribution for uncompressed fuels - Part 1: Horizontally oscillating screen using sieve for classification of samples with a top aperture of 3.15 mm and above (EN 15149-1/EN ISO 17827-1) Solid biofuels. Determination of particle size distribution for uncompressed fuels - Part 2: Vertically vibrating screen using sieve for classification of samples with a top aperture of 3.15 mm and below. (EN 15149-2/EN ISO 17827-2)
Bulk density (BD)	Solid biofuels. Determination of bulk density (EN ISO 17828:2015)
Carbon (C), Hydrogen (H) and Nitrogen (N) content	Solid biofuels. Determination of total content of carbon, hydrogen and nitrogen - Instrumental methods (EN ISO 16948:2015)
Sulphur (S) and Chlorine (Cl) content	Solid biofuels. Determination of total content of sulphur and chlorine (EN ISO 16994:2015)
Water soluble chloride (Cl), sodium (Na) and potassium (K) content	Solid biofuels. Determination of the water soluble chloride, sodium and potassium content (EN ISO 16995:2015)
Major elements (Al, Si, K, Na, Ca, Mg, Fe, P and Ti)	Solid biofuels. Determination of major elements, (EN ISO 16967)
Minor elements (As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Mn, Ni, Pb, Se, Te, V and Zn)	Solid biofuels. Determination of minor elements, (EN ISO 16968:2015)

Hamu- és nedvességtartalom

Hamutartalom (Ca, Mg, Si, Na, K, egyéb fémek, nehézfémek)

- éghetetlen ásványi szennyezőkből keletkezik az égés során.
- összesült darabjai: *salak*,
- szálló por formájában távozó része: *pernye*.

Nedvességtartalom

- *durva nedvességtartalom*: fizikai erők: felületi adszorpció, keveredés (eltávolítása - természetes száradással, szárítással).
- *egyensúlyi nedvességtartalom*: légszáraz, 100 °C felett távozik el (fizikai és kémiai erők: kolloid oldat, kapilláris nedvesség),
- *analitikai nedvességtartalom*: megegyezés szerinti °C-on (általában 105 °C-on) eltávolított nedvességtartalom,
- *szerkezeti nedvességtartalom*: csak a vegyületek szétbontásával, magas hőmérsékleten távolítható el.

Nedvesség mérés eszközei



Figure: a & p instruments



Figure: Ricardo



Figure: a & p instruments



Figure: Schaller GmbH



Figure: type SVR/E



Figure: leco



Az energetikában használt nedvességtartalom (n(%))

Nettó nedvességtartalom: (ISO 3130/1975): $n_{nettó}(\%) = 100 \frac{m_n - m_0}{m_0}$

Bruttó nedvességtartalom: $n_{bruttó}(\%) = 100 \frac{m_n - m_0}{m_n}$

A szárazanyag-tartalom (sz) fogalma: $sz(\%) = 1 - n_{bruttó} = \frac{m_0}{m_n}$

Szilárd biotüzelőanyagnál fatartalom-mal számolnak.

Atro tömeg kiszámítása: $m_0 = szmn$

A két nedvesség kapcsolata:

$$n_{bruttó} = \frac{n_{nettó}}{1 + 0,01 * n_{nettó}}$$

$$n_{nettó} = \frac{n_{bruttó}}{1 - 0,01 * n_{bruttó}}$$

m_n – nedves faanyag tömege, m_0 – vízmentes száraz fatest, m_v – a fában található víz tömege

Fosszilis energiahordozók néhány fontosabb jellemzője

Megnevezés	Sűrűség (kg/m ³)	Nedvesség (%)	Hamu (%)	Éghető kén (%)	Fűtőérték (MJ/kg)
Fa	400...890	10...65	0,5...6,0	kb.0	5...21
Lignit	670...700	40...50	15...40	2...5	5...15
Barnaszén	750...840	12...40	5...25	1...2	10...18
Feketeszén	800...860	5...15	3...10	0,5...2	15...25
Tüzelőolaj	800...960	0,5...3,0	0,02...0,5	1...2	40...42
Fűtőolaj	900...990	0,5...1,5	0,3...0,5	1,2...5	37...43
Földgáz	0,45...0,70	kb.0	kb.0	kb.0	34...43
PB-gáz	1,5...2,4	kb.0	kb.0	kb.0	23...27

A fa, mint energiahordozó jellemzői

- Kémiai és vegyi összetétel,

- Fűtőérték:

n=30%

kb. 14-14,5 MJ/kg

n=0 %

18,0-20,5 MJ/kg

- Hamutartalom:

tiszta fa

0,2 %,

kérges fa

2-4,5 %,

kéntartalom:

0,02-0,2 %,

kálium, szilícium, klór

alacsony koncentráció

- Nedvességtartalom,

- A fahamu olvadáspontja: 950-1050 Celsius fok

Fitomassza jellemzők

Elemi összetétel fajta szerint

Cukornád



C%	44,60
H%	6,20
N%	0,20
S%	0,50
O%	46,84
Cl%	-

Fahulladék



C%	53,3
H%	5,50
N%	0,23
S%	<0,05
O%	38,90
Cl%	0,49

Olajpálma maradék



C%	45,9
H%	5,80
N%	1,20
S%	0,20
O%	40,10
Cl%	0,40

Fitomassza jellemzők

Elemi összetétel fajta szerint

Kukoricaszár



C%	39,60
H%	5,17
N%	1,78
S%	0,38
O%	34,60
Cl%	0,02

Rizshéj



C%	36,10
H%	4,80
N%	0,29
S%	<0,02
O%	35,90
Cl%	0,03

Fajlagos energiatartalom

Fűtőérték, F v. q : KJ/kg, GJ/t

Halmazsűrűség, ρ_h v. BD: kg/m³, t/m³

Halmazsűrűség nem egyenlő sűrűséggel

Fajlagos energiatartalom, ρ_h :

$$e = F \rho_h = \frac{GJ}{t} \frac{t}{m^3} = qBD$$

Frakcióeloszlás

ÖNORM M-7133		Apríték-méret-osztály			
Össztömeg 100%			G30 finom	G50 közepes	G100 durva
		maximális metszefelület	cm ²	3	5
maximális hossz		cm	8,5	12	25
durva-résarány max. 20%					
	durva névleges hálószelességű rosta	mm	16	31,5	63
fő-résarány 60%- 100%	közepes névleges hálószelességű rosta	mm	2,8	5,6	11,2
finom-résarány (legfinomabbal) 20%	finom névleges hálószelességű rosta	mm	1	1	1

Frakció eloszlás

CEN TC 335, CEN TS 14961, CEN TS 15149		Apríték-méret-osztály					
Frakciók	Megnevezés, magyarázat	P16A,	P16B,	P45A,	P45B,	P63,	P100,
		nem ipari	nem ipari	nem ipari	ipari	ipari	ipari
Durva frakció (w%, részecske maximális hosszúsága, mm)	Maximális térfogat százalék, w%	3	3	6	6	6	6
	Minimális hossz, mm	16	45	63	63	100	200
	Maximális hossz, mm; P45A < 6% >63 mm és legfeljebb 3,5% >100 mm, minden < 120 mm P45B < 6% >63 mm és legfeljebb 3,5% >100 mm, minden < 350 mm	31,5	120	120	350	350	350
Fő frakció > 75 w%	Minimális hossz, mm (A méret számszerű értékei (P-osztály) megfelelnek azoknak a részecskeméreteknek (legalább 75 w-%), amely átesik az említett kerek nyílású szitaméreten (CEN/TS 15149-1).)	3,15	3,15	8	8 (3,15)	8 (3,15)	16 (3,15)
	Maximális hossz, mm	16	16	45	45	63	100
	A túlméretes részecskék keresztmetszeti felülete, cm ² (P16-ra < 1 cm ² , P45-re < 5 cm ² , P63-ra <10 cm ² és P100-ra < 18 cm ² legyen).	1	1	5	5	10	18
Finom frakció (w%, <3,15 mm)	Maximális térfogat százalék, w%	12	12	8	8 (25)	6 (25)	4 (25)

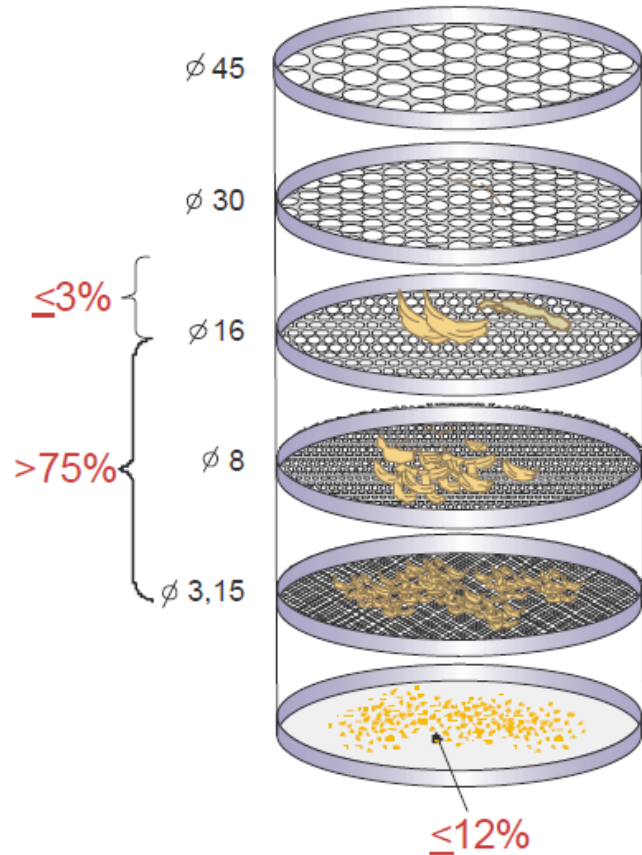
a A méret számszerű értékei (P-osztály) megfelelnek azoknak a részecskeméreteknek (legalább 75 w-%), amely átesik az említett kerek nyílású szitaméreten (CEN/TS 15149-1). A túlméretes részecskék keresztmetszeti felülete P16-ra < 1 cm², P45-re < 5 cm², P63-ra <10 cm² és P100-ra < 18 cm² legyen.

b Fakitermelési maradék aprítékra, amelyik túszerű vékony részecskéket, leveleket és ágakat tartalmaznak, a fő frakció P45B-re 3,15 < P < 45 mm, P63-ra 3,15 < P < 63 mm és P100-ra 3,15 < P < 100 mm és a finom részek (< 3,15 mm) mennyisége legfeljebb 25 w-% lehet.

c A P16A, P16B és P45A tulajdonsági osztályok nem ipari, és a P45B, P63 és P100 tulajdonsági osztály ipari berendezésekhez használatosak. A P45B, P63 és P100 ipari osztályokban a finom részek mennyisége a következő F04, F06, F08-ból határozható meg.

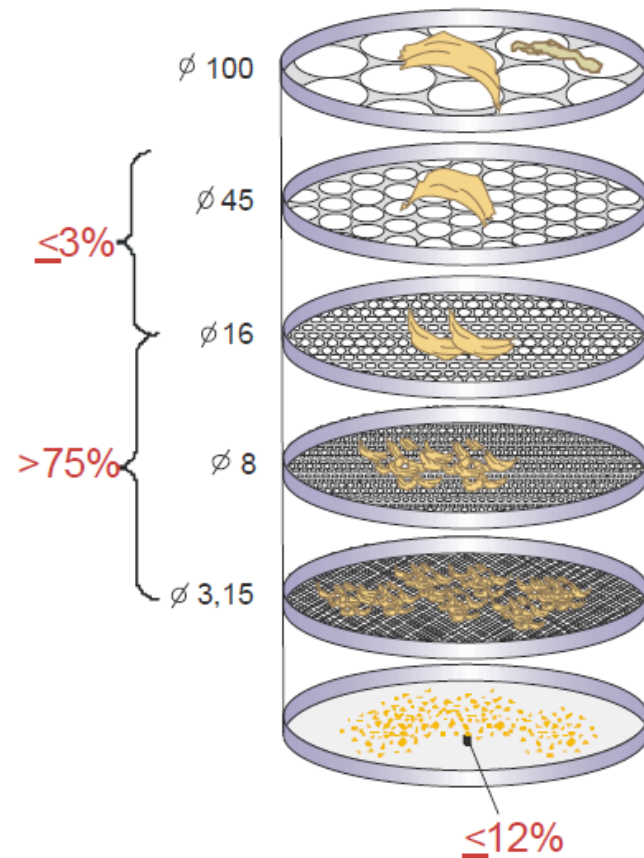
P16A

all < 31,5 mm

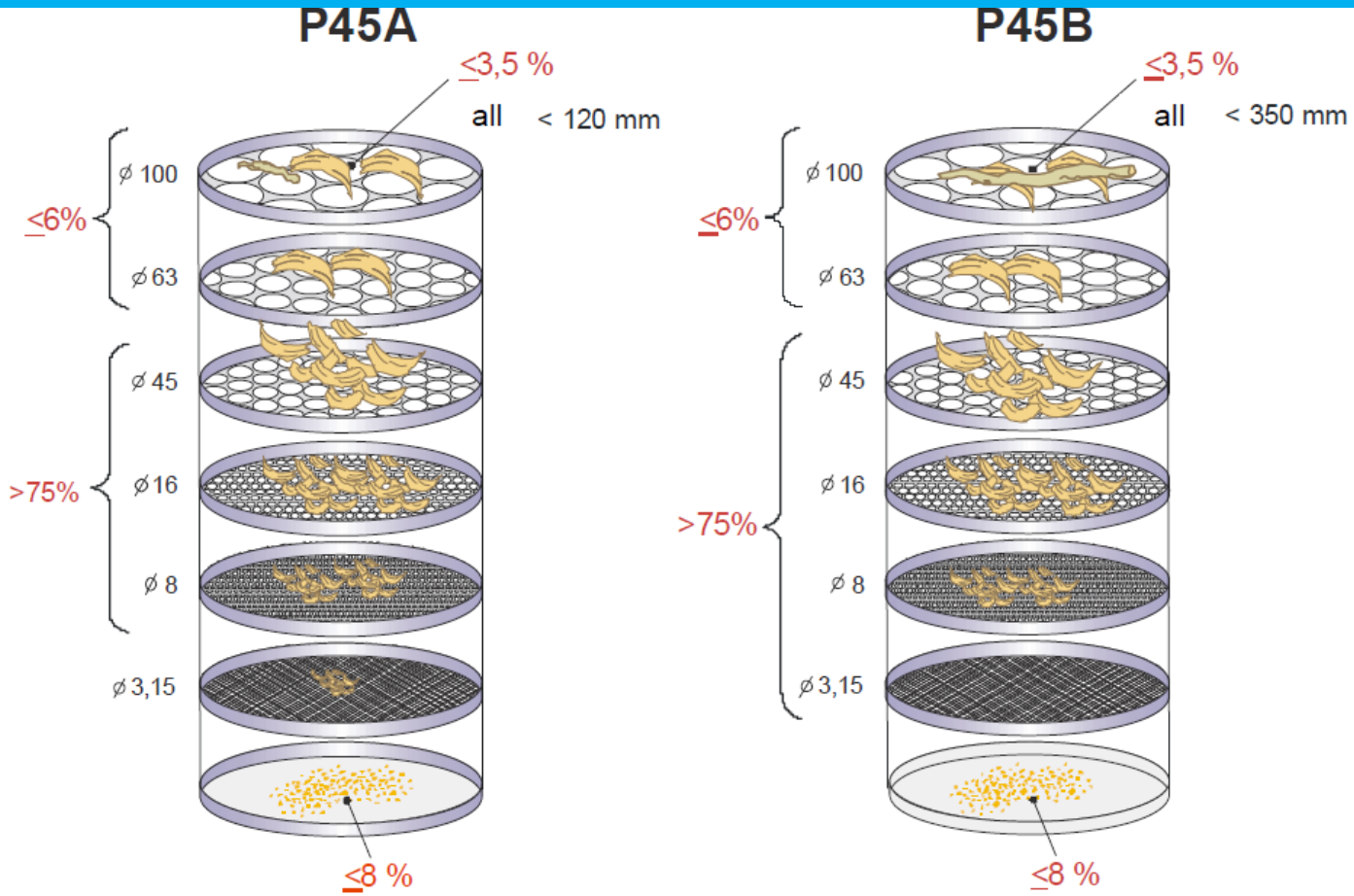


P16B

all < 120 mm

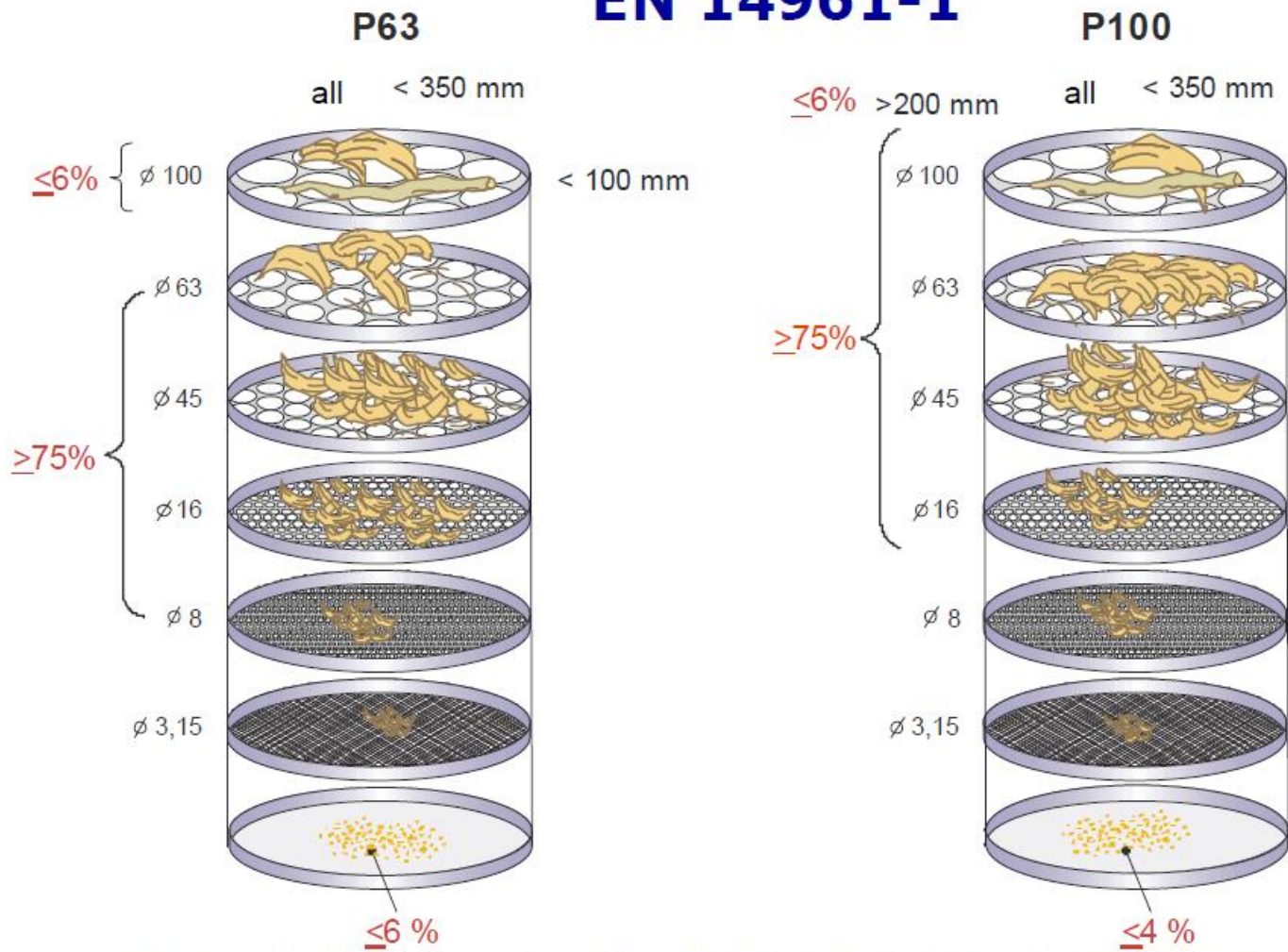


The cross sectional area of the oversized particles shall be for P16 < 1 cm²



The cross sectional area of the oversized particles shall be for P45 < 10 cm²

EN 14901-1



The cross sectional area of the oversized particles shall be for P63 < 10 cm² and P100 < 18 cm²