



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Technologia Materiałów Drogowych

prowadzący: dr inż. Marcin Bilski

**Zakład Budownictwa Drogowego
Instytut Inżynierii Lądowej
pok. 324B (bud. A2)
marcin.bilski@put.poznan.pl
*marcin.bilski.pracownik.put.poznan.pl***





WYKŁAD 4

Tematyka wykładu:

- asfalty (rodzaje, klasyfikacja, sposoby modyfikacji),
- emulsje asfaltowe,
- lepiszcza syntetyczne.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

ASFALTY





Asfalt wg normy PN-EN 12597 – jest to praktycznie nielotny wyrób, charakteryzujący się przyczepnością i wodoodpornością o bardzo dużej lepkości lub prawie stałej konsystencji w temperaturze otoczenia, całkowicie lub prawie całkowicie rozpuszczalny w toluenie, otrzymywany z ropy naftowej lub występujący w asfalcie naturalnym. W budownictwie drogowym asfalt jest wykorzystywany jako lepiszcze w mieszankach mineralno-asfaltowych.



Rys. 1. Asfalt naturalny (asfaltyt wydobywany w Iranie)

Źródło: https://www.butobu.rs/members/web_pages/im_greengroup_1478035582.jpg



Rys. 2. Asfalt ponaftowy

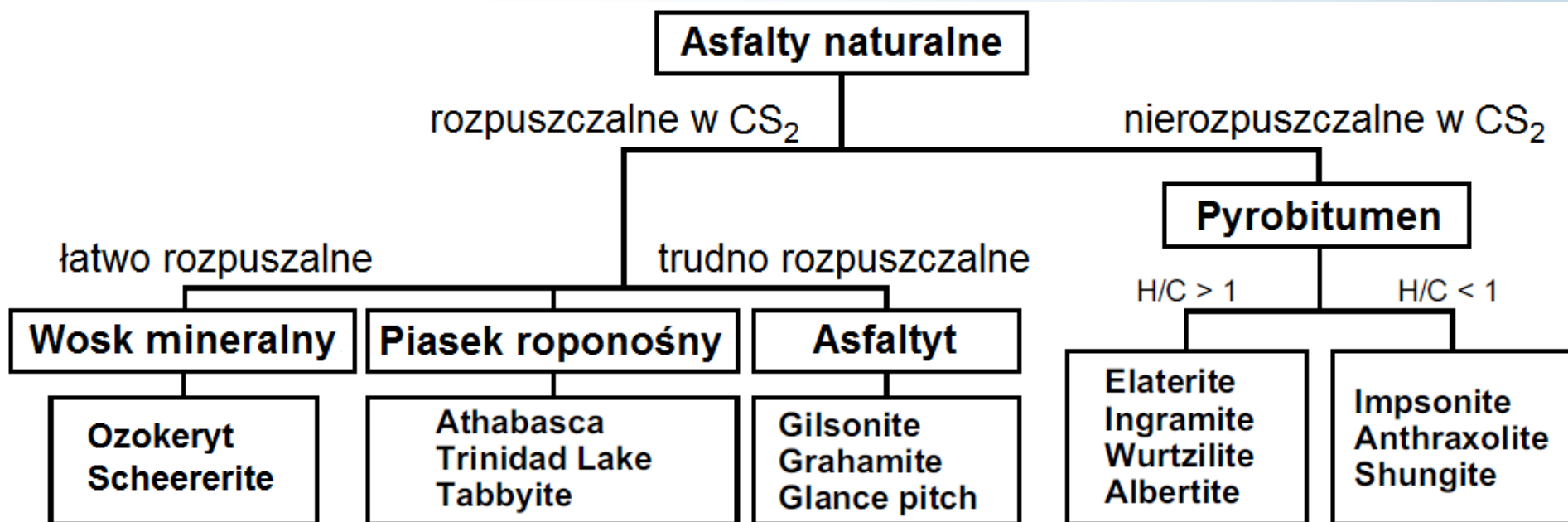
Źródło: <http://versenergy.com/wp-content/uploads/2015/10/bitumen-slide-01-1500x580.jpg>



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Asfalty naturalne





Rys. 3. Klasyfikacja asfaltów naturalnych

(opracowano na podstawie: Meyer R., de Witt Jr. W.: U.S. Geological Survey Bulletin No. 1944: Definition and world resources of natural bitumens, United States Government Publishing Office, Waszyngton, D.C. 1990)



Asfaltyty – są to błyszczące, czarne, stałe węglowodory, które z wyglądu przypominają węgiel kamienny.

Występują one na całym świecie pod różnymi nazwami ze względu na różnice (niewielkie) w składzie chemicznym.

Najbardziej znanym minerałem z grupy asfaltytów jest **Gilsonite** wydobywany w USA.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



Rys. 4. Minerał (asfaltyt) uintahite (Gilsonite) wydobyty w kopalni Fort Duchesne (Utah, USA)

Źródło: www.mindat.org/photo-12288.html



Piaski roponośne (bitumiczne) – są to zazwyczaj skały składające się z bardzo lepkiego węglowodoru, który nie może być pozyskany w naturalnym stanie poprzez wykonanie konwencjonalnego szybu naftowego. Złoża piaskowca lub wapieni stanowią zazwyczaj rezerwuar dla ciężkiej ropy naftowej w postaci stałej lub prawie stałej.



Najbardziej znane złoża piasków roponośnych to:

- **Athabaska (Kanada),**
- **Selenizza (Albania),**
- **Tabbyite (USA),**
- **Trinidad Pitch Lake (Trynidad i Tobago).**



Rys. 5. Złoża piasków roponośnych Athabasca (Kanada)

Źródło: Suncor Energy Inc.



**Rys. 6. Fotografia przekruszonego piasku roponośnego
Selenizza (Albania)**

Źródło: www.selenizza.eu



**Rys. 7. Piasek roponośny wydobyty ze złoża Asphalt Ridge
w Vernal (Utah, USA)**

Źródło: www.ostseis.anl.gov/guide/photos/index.cfm



**Rys. 8. Panorama jeziora asfaltowego Trinidad Pitch Lake
(Trynidad i Tobago)**

Źródło: www.panoramio.com/photo/75896867



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

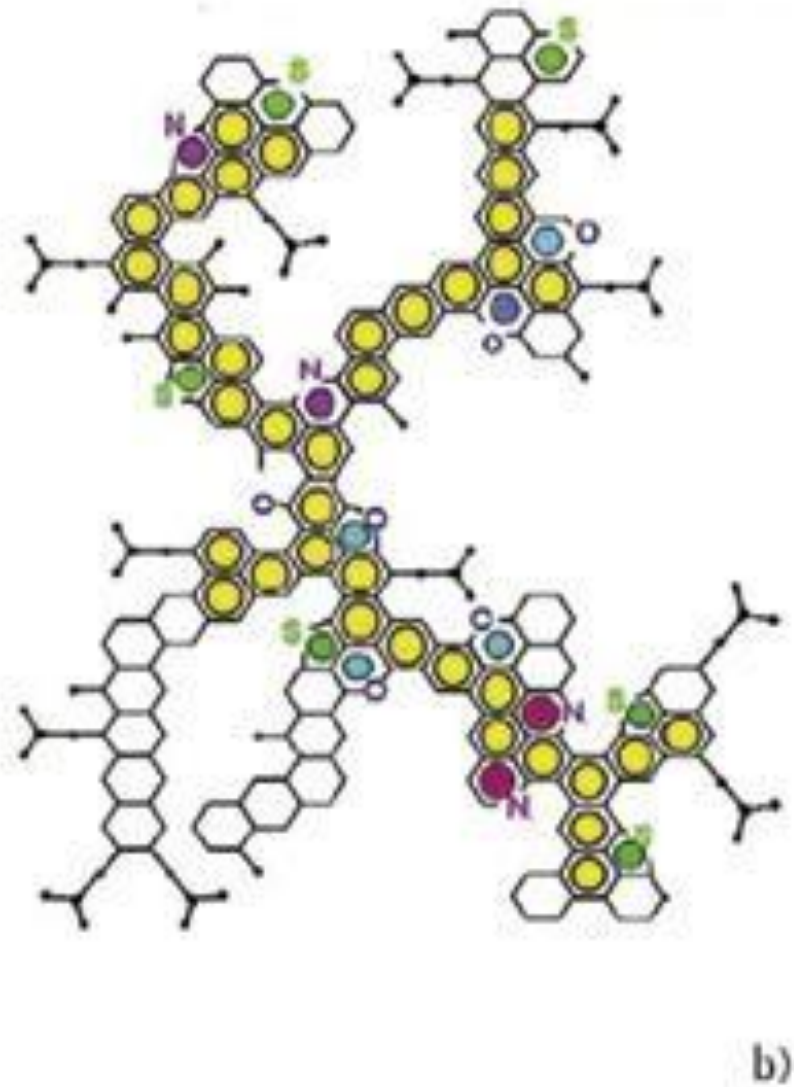
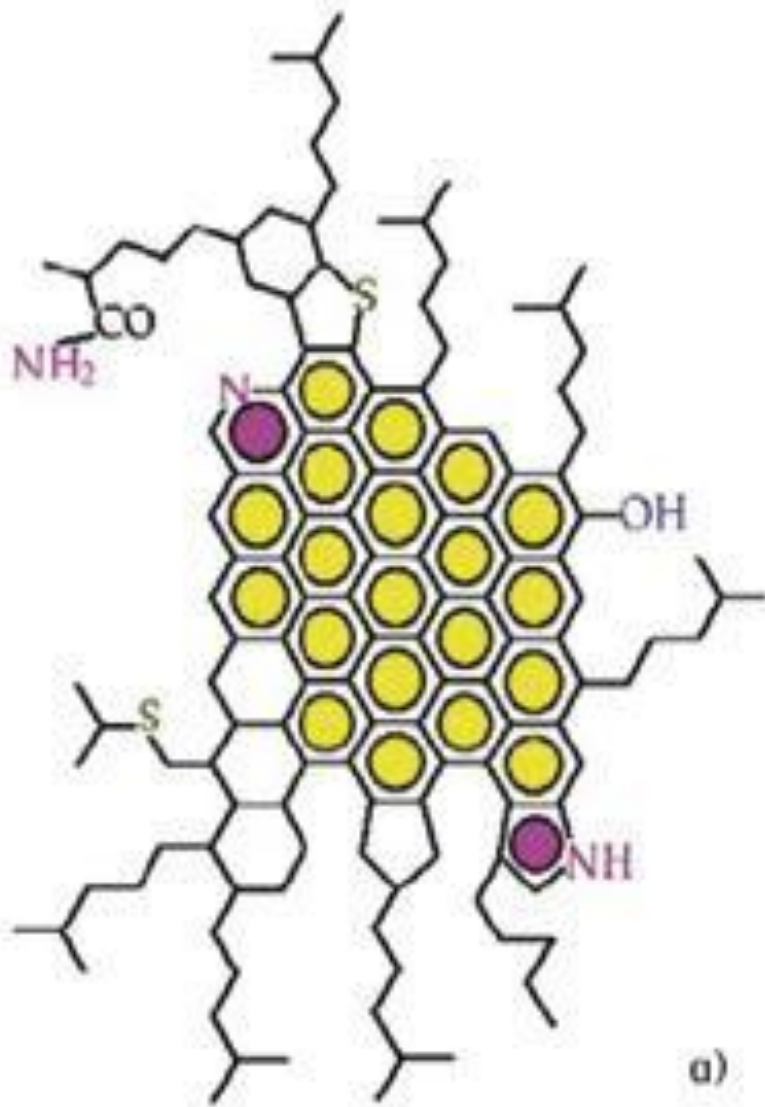
Asfalty ponaftowe





Ze względu na występowanie **różnych typów ropy naftowej i technologii produkcji** poszczególne asfalty ponaftowe mogą się w znaczący sposób różnić składem chemicznym.

Zawierają one **głównie węglowodory pierścieniowe aromatyczne i/lub naftenowe oraz nasycone**, które charakteryzują się **niewielką reaktywnością chemiczną**.



Rys. 9. Struktura asfaltu pochodzenia naturalnego a) oraz pochodzenia ropy naftowej b)



W najprostszym ujęciu asfalt ponaftowy to układ koloidalny składający się z fazy rozpraszającej – olejów (od 30% do 65%) oraz fazy rozproszonej – żywic (od 30% do 45%) i asfaltenów (od 5% do 25%).

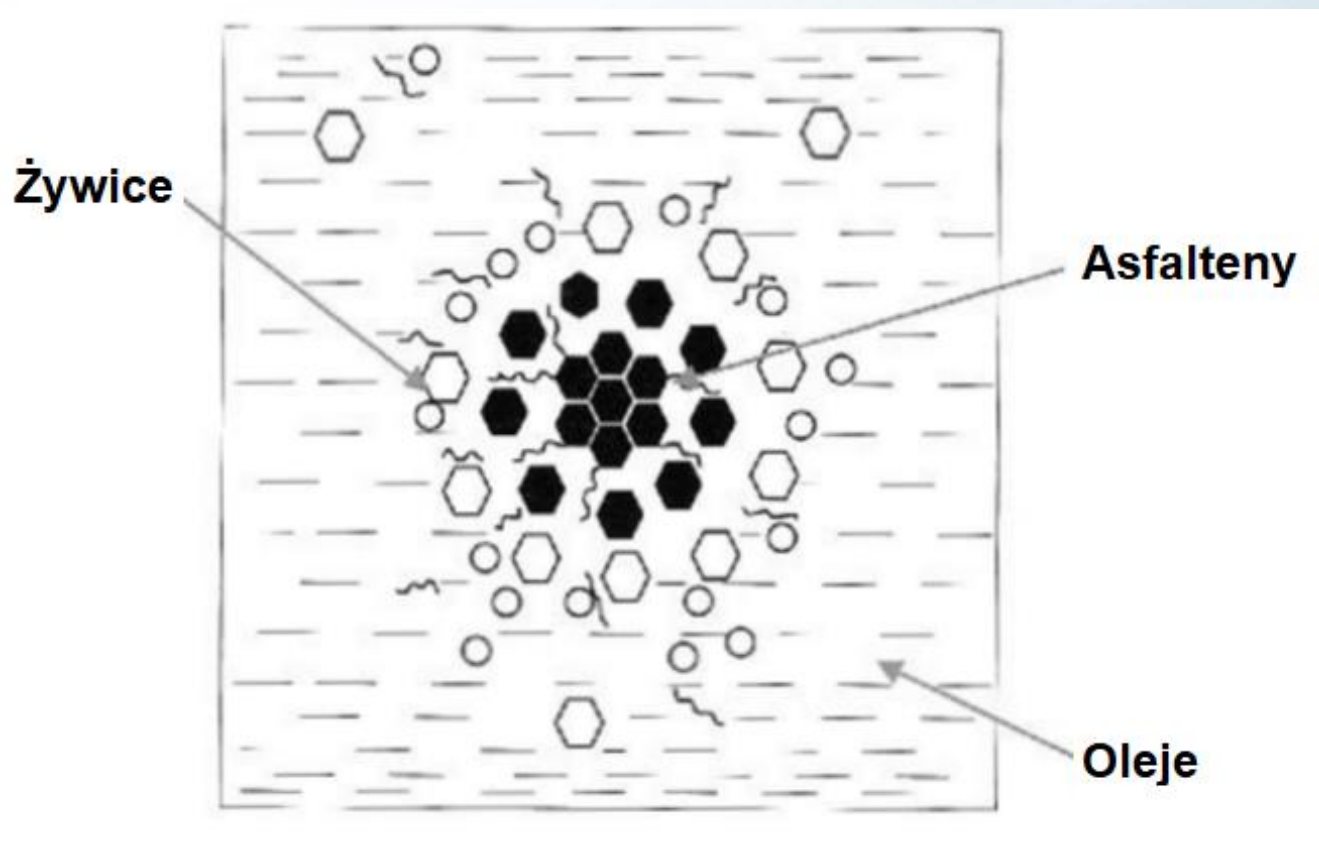
Asfalteny – są to czarne lub brązowe ciała stałe o temperaturze mięknięcia pomiędzy 150°C a 200°C; ich zawartość w asfalcie ma znaczący wpływ na jego właściwości.



Żywice – stałe lub półstałe ciała koloru brązowego, mające wpływ m. in. na zdolności adhezyjne asfaltu oraz jego ciągliwość; od ich proporcji z asfaltenami zależy typ koloidalny asfaltu (zol, żel lub zol-żel).

Oleje – są najlżejszą frakcją asfaltu, stanowią fazę rozpraszającą.

Wzajemne proporcje między tymi składnikami decydują o właściwościach asfaltu.




Rys. 10. Uproszczona budowa koloidalna asfaltu



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

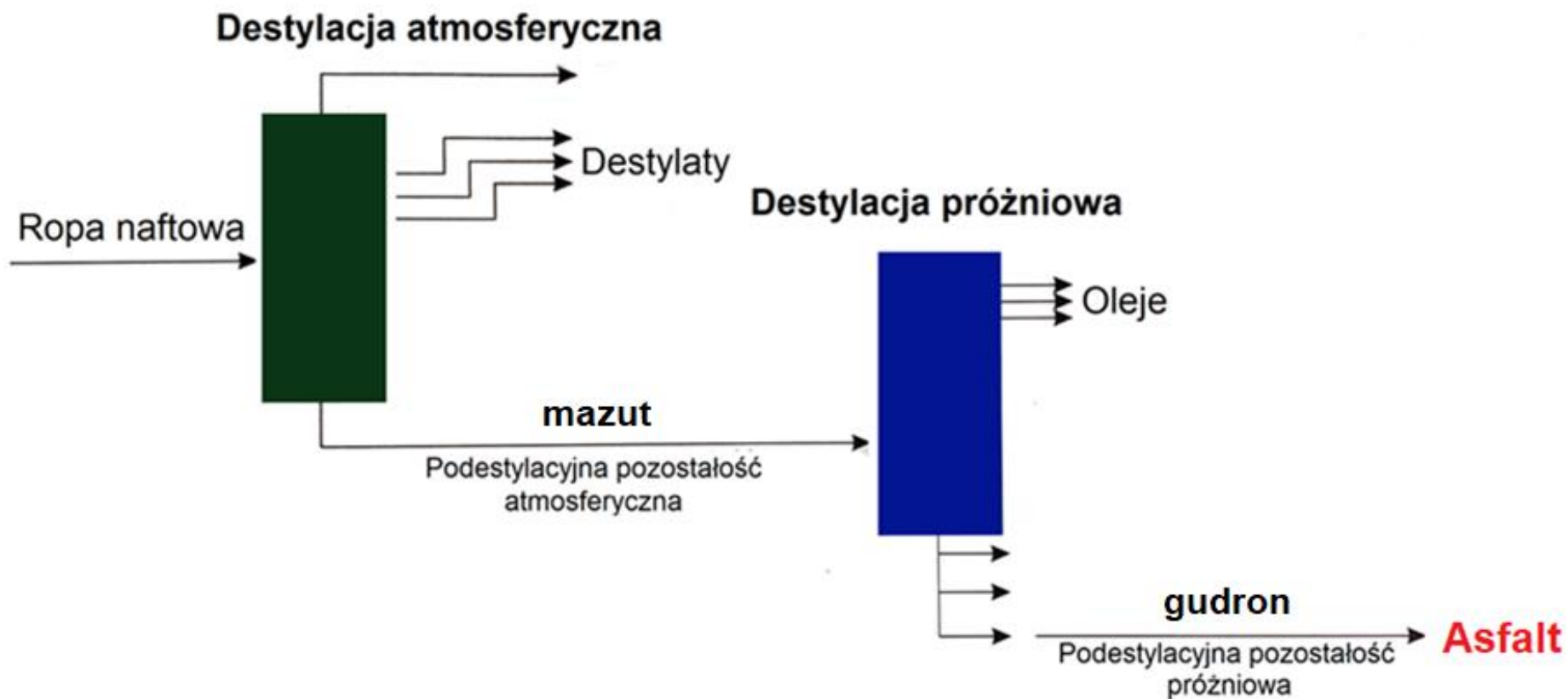
Proces produkcji asfaltu ponaftowego w rafinerii polega na dwustopniowej destylacji ropy naftowej: atmosferycznej i próżniowej.





Rys. 11. Rafineria koncernu Lotos w Gdańsku

Źródło: https://static2.s-trojmiasto.pl/zdj/c/n/1/1563/960x720/1563493__f_0,5_0,499.jpg

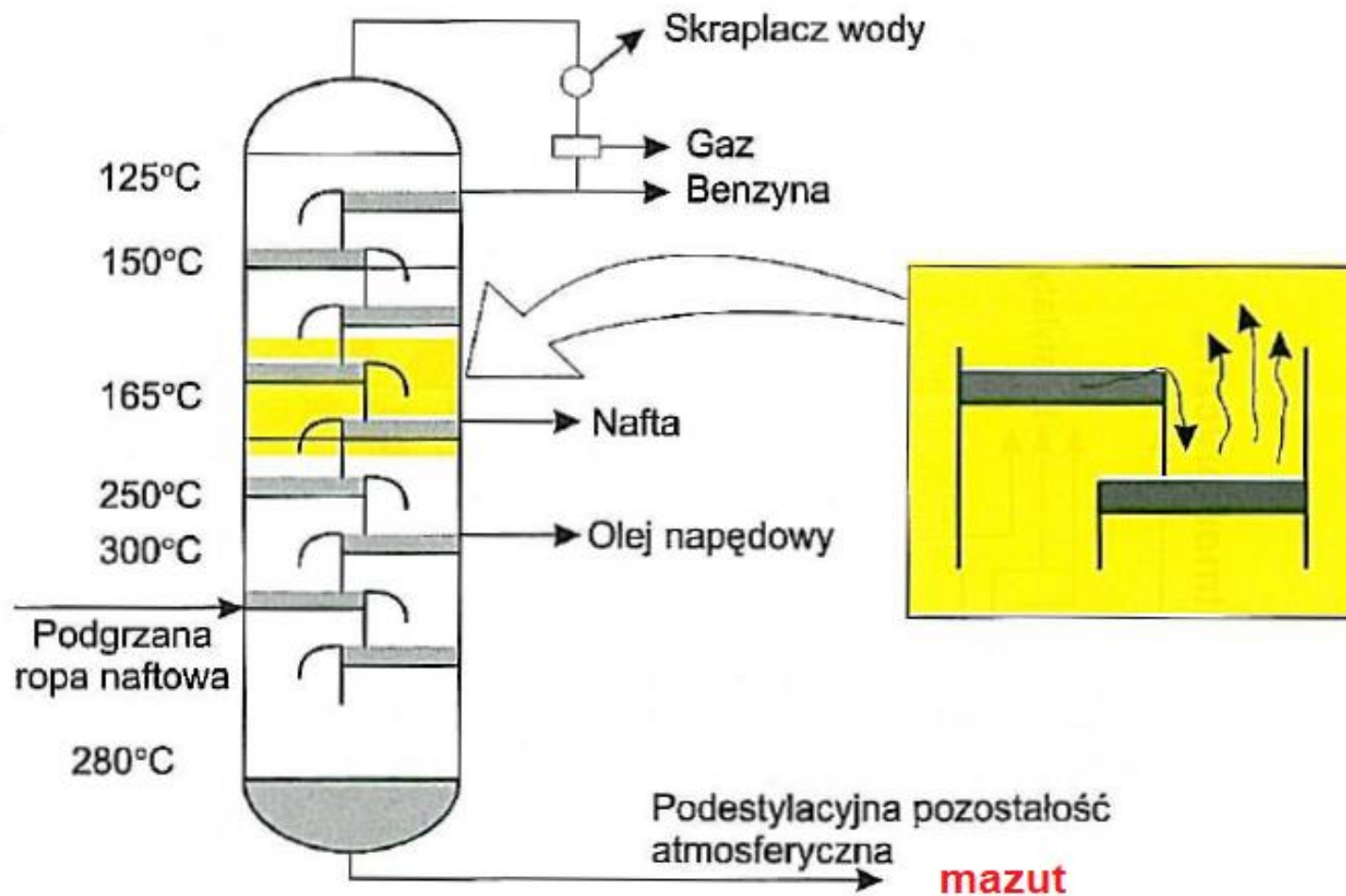


Rys. 12. Proces produkcji asfaltu w rafinerii

Źródło: Luszawski, S.; Wojdanowicz, S.: *Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977

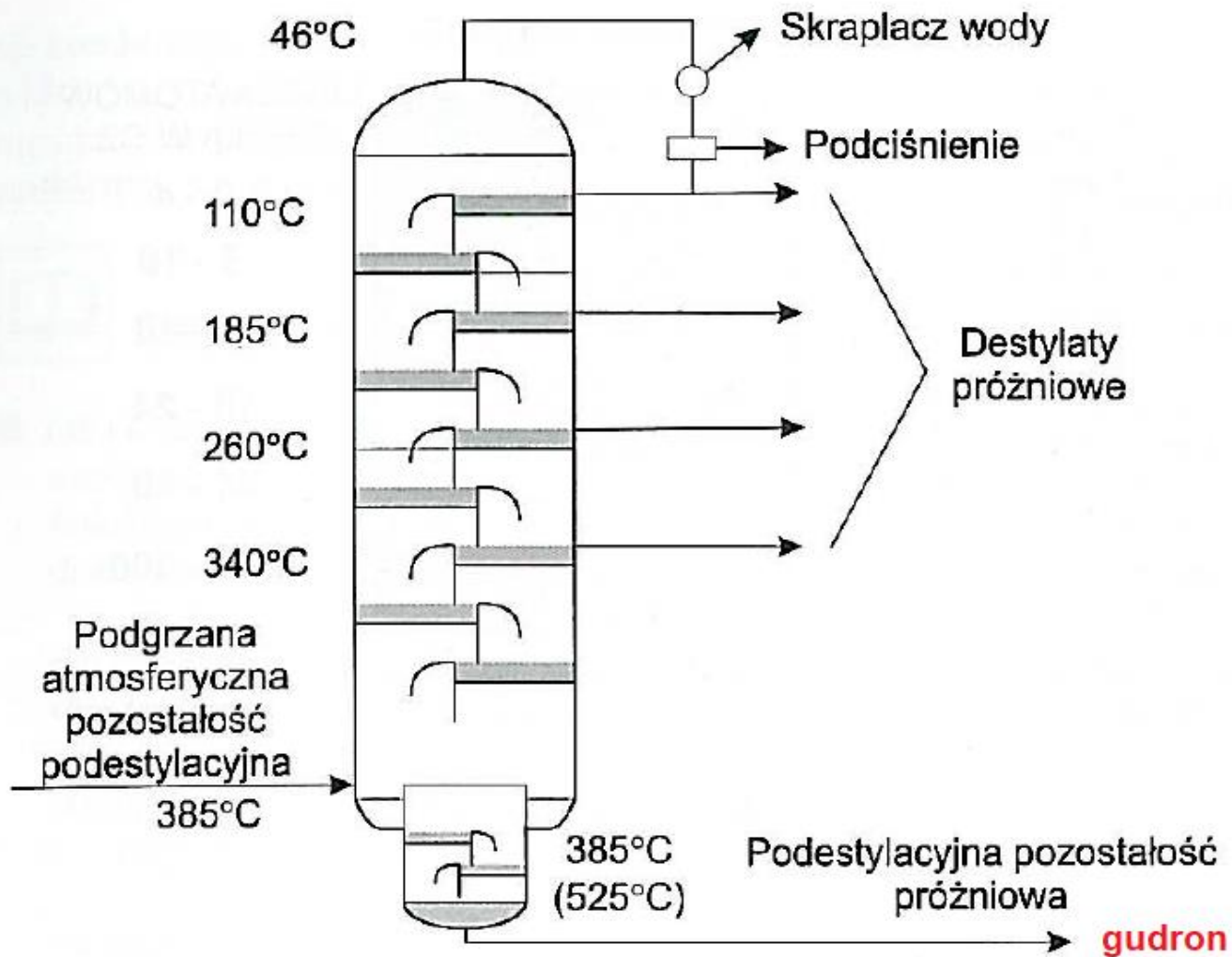


W kolumnie atmosferycznej przy ciśnieniu atmosferycznym dochodzi do oddzielenia składników ropy naftowej o temperaturze wrzenia poniżej 350°C od **mazutu**, czyli pozostałości z procesu destylacji atmosferycznej.



Rys. 13. Faza destylacji atmosferycznej

Źródło: Luszawski, S.; Wojdanowicz, S.: *Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977



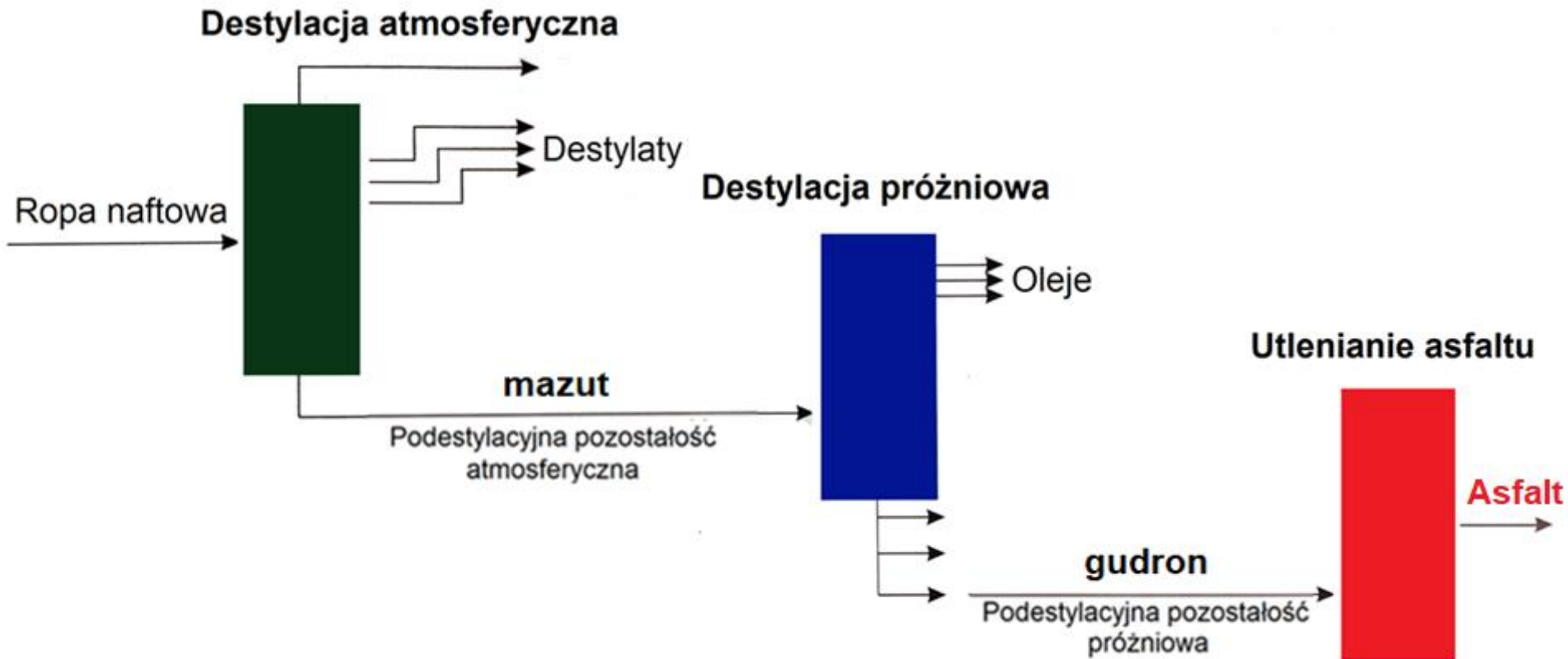
Rys. 14. Faza destylacji próżniowej

Źródło: Luszawski, S.; Wojdanowicz, S.: *Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Pozostałość z procesu destylacji próżniowej – **gudron** może stanowić gotowy asfalt ponaftowy, jeżeli spełnia wymagania norm i specyfikacji lub jest poddawany dalszemu przerobowi (np. procesowi utleniania).



Rys. 15. Proces produkcji asfaltu w rafinerii z fazą utleniania

Źródło: Luszawski, S.; Wojdanowicz, S.: *Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Asfalty ponaftowe można podzielić albo ze względu na rodzaj wykorzystanego surowca i procesów technologicznych jego otrzymywania, albo w zależności od przeznaczenia – drogowe, przemysłowe i specjalne.



Asfalty drogowe ze względu na metodę ich otrzymywania można podzielić na:

- **Destylacyjne** – zazwyczaj otrzymywane z ciężkich rop naftowych w wyniku dwuetapowego procesu destylacji; możliwa jest produkcja asfaltów drogowych destylacyjnych z innych typów ropy poprzez zastosowanie procesu destylacji próżniowej cienkowarstwowej (wymagana specjalna konstrukcja kolumny).



- **Utlenione** – otrzymywane z ubogich w ciężkie składniki rop naftowych w wyniku utleniania (konwersja ciężkich składników) w oksydatorze gudronu w sposób ciągły lub periodyczny w temperaturze pomiędzy 200°C a 260°C w celu jego utwardzenia i uzyskania asfaltu ponaftowego o żądanej penetracji, lepkości i temperaturze tamiwości.



W przypadku wytwarzania asfaltów drogowych zaleca się stosowanie metody ciągłego utleniania i nie wykorzystywania katalizatorów (np. chlorków żelaza, cyny, cynku czy magnezu) przyspieszających proces utleniania.



- **Ekstrakcyjne** – stanowią pozostałość po procesach uszlachetniania (rafinacji ekstrakcyjnej) olejów tzw. odasfaltowania; asfalty ponaftowe produkowane są przy zastosowaniu lekkich węglowodorów alifatycznych (np. propanu) i nie nadają się do zastosowania w drogownictwie, wyjątek stanowi rafinacja ekstrakcyjna w warunkach nadkrytycznych (stosuje się węglowodory o niskiej



temperaturze wrzenia, np. n-pentan) przy zastosowaniu instalacji SDA/ROSE (ang. Solvent De-Asphalting i Residuum Oil Supercritical Extraction) służącej do rozdzielenia gudronu na frakcję lżejszą – olej DAO (ang. De-Asphalted Oil) z którego otrzymuje się m.in. komponenty paliwowe oraz frakcję cięższą – komponent asfaltowy o odpowiednich właściwościach.



- **Komponowane** – *uzyskiwane z mieszaniny asfaltów ponaftowych otrzymanych różnymi metodami.*



Wyprodukowane w rafinerii asfalty drogowe mogą być poddawane kolejnym procesom technologicznym w celu uzyskania:

- **Asfaltów fluksowanych i upłynnionych** – uzyskiwane poprzez wprowadzenie do asfaltu ponaftowego **roślinnych półproduktów olejowych** lub dodatkowych procesów w trakcie przerobu ropy naftowej w celu zmiękczenia uzyskanego asfaltu.



- **Asfaltów modyfikowanych polimerami** – wsad w postaci asfaltu drogowego podawany jest do mieszalnika, w którym mieszany jest z **polimerem i kierowany do młyna wysokościnającego**, aby następnie trafić do **zbiornika w celu dojrzewania tzn. wkomponowania się polimeru w asfalt drogowy** w okresie wynoszącym do kilkunastu godzin.



- **Emulsji asfaltowych** – układ koloidalny składający się z **asfaltu, wody, stabilizatorów i emulgatorów**; wytwarzany w **młynkach szybkoobrotowych tzw. koloidalnych lub homogenizacyjnych** przy odpowiednim **podgrzaniu składników** i **wprowadzeniu emulgatora**.

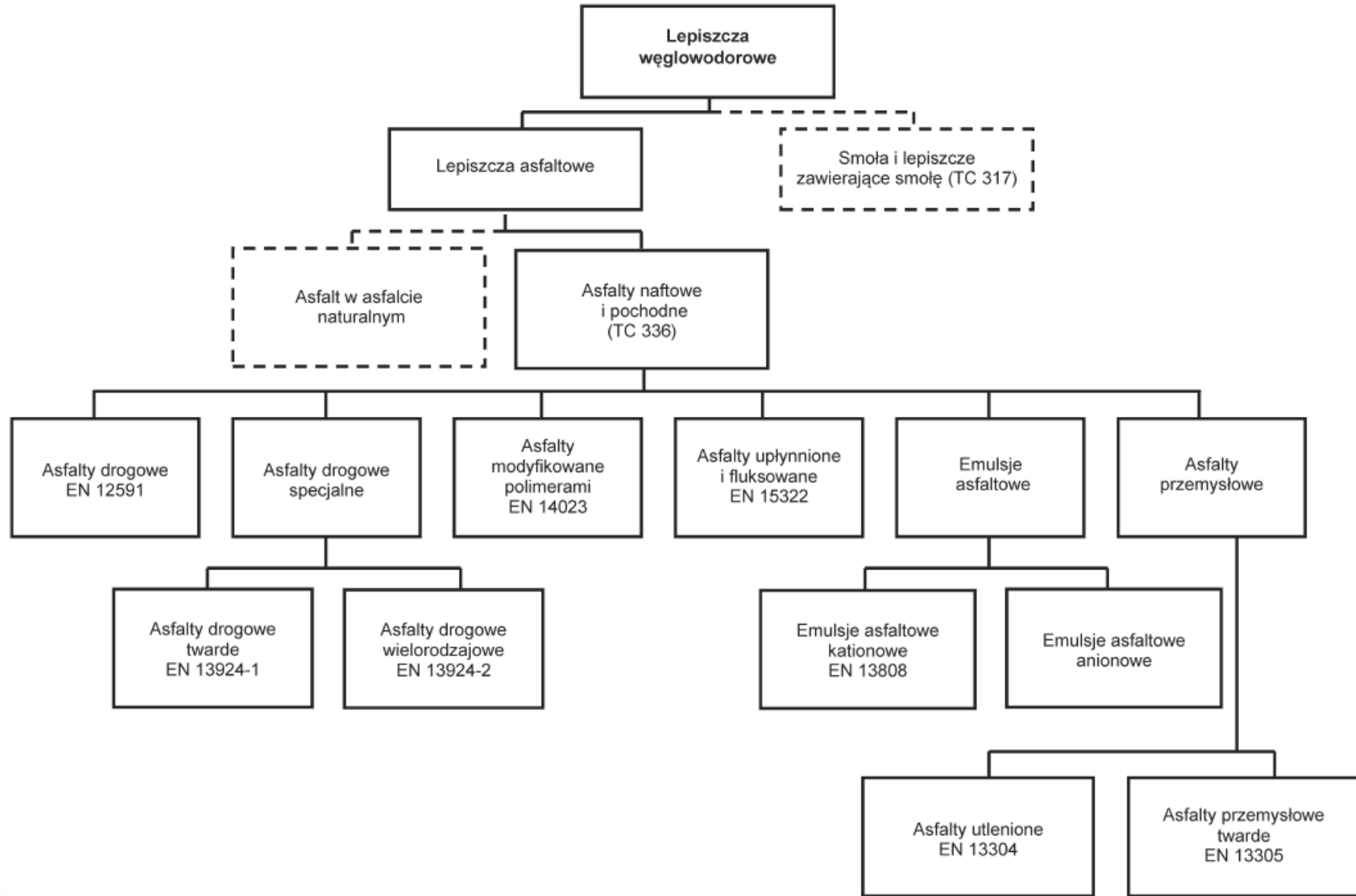


Zgodnie z terminologią przedstawioną w normie PN-EN 12597:2014-7 wśród asfaltów drogowych można wyróżnić:

- **miękkie** – stosowane do produkcji miękkich mieszanek mineralno-asfaltowych,
- **twarde** – stosowane do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o wysokim module sztywności,



- **modyfikowane** – zmodyfikowane w procesie produkcji przez zastosowanie jednego lub więcej dodatków chemicznych,
- **specjalne** – o specyficznych właściwościach np. barwione na odpowiedni kolor czy odporne na działanie paliw,
- **wielorodzajowe** – o mniejszej wrażliwości na zmiany temperatury – charakteryzujące się dodatnim indeksem penetracji.



Rys. 16. Klasyfikacja lepisczcy węglowodorowych wg PN-EN 12597:2014-07 Asfalty i lepisczca asfaltowe - Terminologia



Wymagania dotyczące asfaltów drogowych do stosowania w Polsce zgodnie z normą PN-EN 12591:2010

Tablica NA 1 A – Wymagania dotyczące asfaltów drogowych o penetracji od 20 × 0,1 mm do 220 × 0,1 mm, przeznaczonych do stosowania w budownictwie drogowym w Polsce

Właściwości stosowane dla wszystkich asfaltów drogowych wymienionych w tej tablicy

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu drogowego					
			20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Penetracja w 25 °C	EN 1426	0,1 mm	20 – 30	35 – 50	50 – 70	70 – 100	100 – 150	160 – 220
Temperatura mięknięcia	EN 1427	°C	55 – 63	50 – 58	46 – 54	43 – 51	39 – 47	35 – 43
Odporność na starzenie w 163 °C	EN 12607-1							
Pozostała penetracja		%	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
Wzrost temperatury mięknięcia		°C	≤ 8	≤ 8	≤ 9	≤ 9	≤ 10	≤ 11
Zmiana masy ^a (wartość bezwzględna)		%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Rozpuszczalność	EN 12592	% (m/m)	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0

^a Zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną.



Tablica NA 1 B – Wymagania dotyczące asfaltów drogowych o penetracji od $20 \times 0,1$ mm do $220 \times 0,1$ mm, przeznaczonych do stosowania w budownictwie drogowym w Polsce

Właściwości uwzględniające warunki krajowe

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu drogowego					
			20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Indeks penetracji	EN 12591 Zał. A	–	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Lepkość dynamiczna w 60 °C	EN 12596	Pa · s	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Temperatura łamliwości wg Fraassa	EN 12593	°C	NR	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -12	≤ -15
Lepkość kinematyczna w 135 °C	EN 12595	mm ² /s	NR	NR	NR	NR	NR	NR

NR – (No Requirement) – oznacza brak wymagań.



Rodzaje (gatunki) asfaltów drogowych do stosowania w Polsce wg normy PN-EN 12591:2010

- 20/30
- 35/50
- 50/70
- 70/100
- 100/150
- 160/220





Tablica NA.1 (ciąg dalszy)

Temperatura łamliwości wg Fraassa		EN 12593	°C	≤ -5	3	≤ -10	5	≤ -12	6	≤ -15	7	≤ -15	7	≤ -18	8	≤ -20	9
Nawrót sprężysty	w 25 °C	EN 13398	%	≥ 50	5	≥ 50	5	≥ 50	5	≥ 70	3	≥ 70	3	≥ 50	5	≥ 50	5
	w 10 °C	EN 13398	%	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0
Zakres plastyczności		Podpunkt 5.2.8.4	°C	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1
Spadek temperatury mięknięcia po badaniu wg EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1	TBR ^b	1
Nawrót sprężysty w 25 °C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	≥ 50	4	≥ 50	4	≥ 50	4	≥ 60	3	≥ 60	3	≥ 50	4	≥ 50	4
Nawrót sprężysty w 10 °C po badaniu wg EN 12607-1		EN 13398	%	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0
Stabilność magazynowania		EN 13399,															
Różnica temperatur mięknięcia		EN 1427	°C	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2
Stabilność magazynowania		EN 13399,															
Różnica penetracji		EN 1426	0,1 mm	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0	NR ^a	0

^a NR – No Requirement (brak wymagań).

^b TBR – To Be Reported (do zadeklarowania).



Rodzaje (gatunki) asfaltów modyfikowanych polimerami do stosowania w Polsce wg normy PN-EN 14023:2011:

- 10/40-65
- 25/55-60
- 45/80-55
- 45/80-65
- 65/105-60
- 90/150-45
- 120/200-40

Wymagania dotyczące asfaltów wielorodzajowych do stosowania w Polsce zgodnie z normą PN-EN 13924-2:2014-04

Tablica NA.1 – Wymagania dla asfaltów wielorodzajowych przeznaczonych do stosowania w Polsce w budownictwie drogowym

Właściwość	Metoda badania	Jednostka	Rodzaj asfaltu wielorodzajowego					
			MG 20/30-64/74		MG 35/50-57/69		MG 50/70-54/64	
			wymaganie	klasa	wymaganie	klasa	wymaganie	klasa
Penetracja w 25 °C	EN 1426	0,1 mm	20 – 30	2	35 – 50	3	50 – 70	4
Temperatura mięknięcia	EN 1427	°C	64 – 74	4	57 – 69	1	54 – 64	2
Odporność na starzenie w 163 °C	EN 12607-1							
Pozostała penetracja	EN 1426	%	≥ 60	3	≥ 60	3	≥ 50	2
Wzrost temperatury mięknięcia	EN 1427	°C	≤ 12	4	≤ 10	3	≤ 10	3
Zmiana masy ^a		%	≤ 0,5	1	≤ 0,5	1	≤ 0,5	1
Indeks penetracji	EN 13924-2 Załącznik A	–	+0,3 do +2,0	3	+0,3 do +2,0	3	+0,3 do +2,0	3
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	≥ 250	4	≥ 250	4	≥ 250	4
Rozpuszczalność	EN 12592	%	≥ 99,0	2	≥ 99,0	2	≥ 99,0	2
Temperatura łamliwości wg Fraassa	EN 12593	°C	≤ – 8	2	≤ – 15	4	≤ – 17	5
Lepkość dynamiczna w 60 °C	EN 12596	Pa · s	≥ 1500	5	≥ 1500	5	≥ 900	4
Lepkość kinematyczna w 135 °C	EN 12595	mm ² /s	NR ^b	0	NR ^b	0	NR ^b	0

^a Zmiana masy może być wartością dodatnią lub ujemną

^b NR – No Requirement (brak wymagań)



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Rodzaje (gatunki) asfaltów wielorodzajowych do stosowania w Polsce wg normy PN-EN 13924-2:2014-04:

- MG 20/30-64/74
- MG 35/50-57/69
- MG 50/70-54/64

Wymagania dotyczące twardych asfaltów drogowych zgodnie z normą PN-EN 13924-1:2015-12

**Table 1 — Specifications for hard paving grade bitumens –
Properties applying to all hard paving grade bitumens ^a**

Properties		Test methods	Units	Classes		
				2	3	4
Penetration at 25 °C		EN 1426	0,1 mm	15 to 25 ^c	10 to 20	5 to 15
Softening point ^b		EN 1427	°C	55 to 71 ^{b-c}	58 to 78 ^b	60 to 76 ^b
Resistance to hardening	Change of mass ^d	EN 12607-1	%	≤ 0,5		
	Retained penetration		%	≥ 55		
	Increase in softening point		°C	≤ 8	≤ 10	
Flash point		EN ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 245	
Solubility		EN 12592	% mass	≥ 99,0		

^a The grades are designated by the nominal penetration range at 25 °C.

^b IMPORTANT A restricted softening point range, of ± 5 °C about a mid-point, shall be declared by the supplier; the overall range shall be within the range in the table.

^c In selecting combinations of classes it is intended that values marked "c", if selected, shall only be used with the softer grade, 15/25 penetration.

^d Change of mass can be positive or negative.

**Table 2 — Specifications for hard paving grade bitumens -
Properties associated with regulatory or other regional requirements**

Properties		Test methods	Units	Classes			
				0	1	2	3
Dynamic viscosity at 60 °C		EN 12596	Pa·s	NR ^a	TBR ^b	≥ 550 ^d	≥ 700
Softening point after hardening		EN 12607-1+ EN 1427	°C	NR ^a	TBR ^b	≥ orig. min. + 2 ^c	
Resistance to hardening	Increase in softening point and Penetration Index on unaged binder	EN 12607-1+ EN 1427 <i>I_p</i> calculation (see Annex A)	°C	NR ^a	TBR ^b	≤ 10 ≥ -1,5 and ≤ +0,7	≤ 10 ≥ -1,5
Kinematic viscosity at 135 °C		EN 12595	mm ² /s	NR ^a	TBR ^b	≥ 600 ^d	≥ 700
Fraass breaking point		EN 12593	°C	NR ^a	TBR ^b	≤ 0 ^d	≤ 3

^a NR. No requirement may be used when there are no regulations or other regional requirements for the property in the territory of intended use.

^b TBR. To Be Reported may be used when there are no regulations or other regional requirements for the property in the territory of intended use, but the property has been considered useful in specification of hard paving grade bitumens in some cases.

^c The softening point after treatment shall be at least 2 °C above the selected minimum value for the original bitumen (see Table 1, Note ^b).

^d In selecting combinations of classes it is intended that values marked "d", if selected, shall only be used with the softer grade, 15/25 penetration.



Asfalty przemysłowe – zastosowanie:

- **hydroizolacje (wodoodporne membrany jako pokrycia dachów, zbiorników wodnych, fundamentów, zbiorników na odpady; gonty bitumiczne),**
- **wykładziny przemysłowe,**
- **bitumiczne masy zalewowe, masy uszczelniające,**
- **dodatki do farb i lakierów, kity,**
- **izolacje akustyczne,**
- **izolacje przewodów telekomunikacyjnych.**

Wymagania dotyczące asfaltów przemysłowych utlenionych zgodnie z normą PN-EN 13304:2011

Tablica 1 – Właściwości i metody badań

Właściwości	Metody badań	Jednostka	Wartości graniczne i tolerancje
Temperatura mięknięcia, metoda Pierścień i Kula ^a	EN 1427	°C	±5 wartości średniej ^e
Penetracja w 25 °C	EN 1426	0,1 mm	±5 wartości średniej ^e
Rozpuszczalność w toluenie ^b	EN 12592	%	≥ 99,0
Ubytek masy po ogrzewaniu	EN 13303	%	≤ 0,5
Temperatura zapłonu	EN ISO 2592	°C	> 250
Temperatura łamliwości Fraassa	EN 12593	°C	NR ^c
Skłonność do płamienia	EN 13301	mm	NR ^c
Lepkość dynamiczna ^d	EN 13302	Pa·s	NR ^c
Gęstość	EN 15326	kg/m ³	NR ^c

^a Badania temperatury mięknięcia metodą Pierścień i Kula dla asfaltów utlenionych są prowadzone w glicerolu, wartości typowe są powyżej 80 °C.

^b Zastosowanie innych rozpuszczalników powinno być odnotowane w protokole badań

^c NR: brak wymagań. Wartości mogą zostać uzgodnione między klientem i dostawcą.

^d Rodzaj przyrządu do oznaczania lepkości powinien zostać uzgodniony między dostawcą i klientem.

^e Wartość średnia: wartość, która określa klasę temperatury mięknięcia metodą Pierścień i Kula lub klasę penetracji



Typowe gatunki asfaltów utlenionych wg normy PN-EN 13304:2011:

- 85/25
- 85/40
- 95/25
- 95/35
- 100/40
- 105/35
- 110/30
- 115/15



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Właściwości reologiczne asfaltów

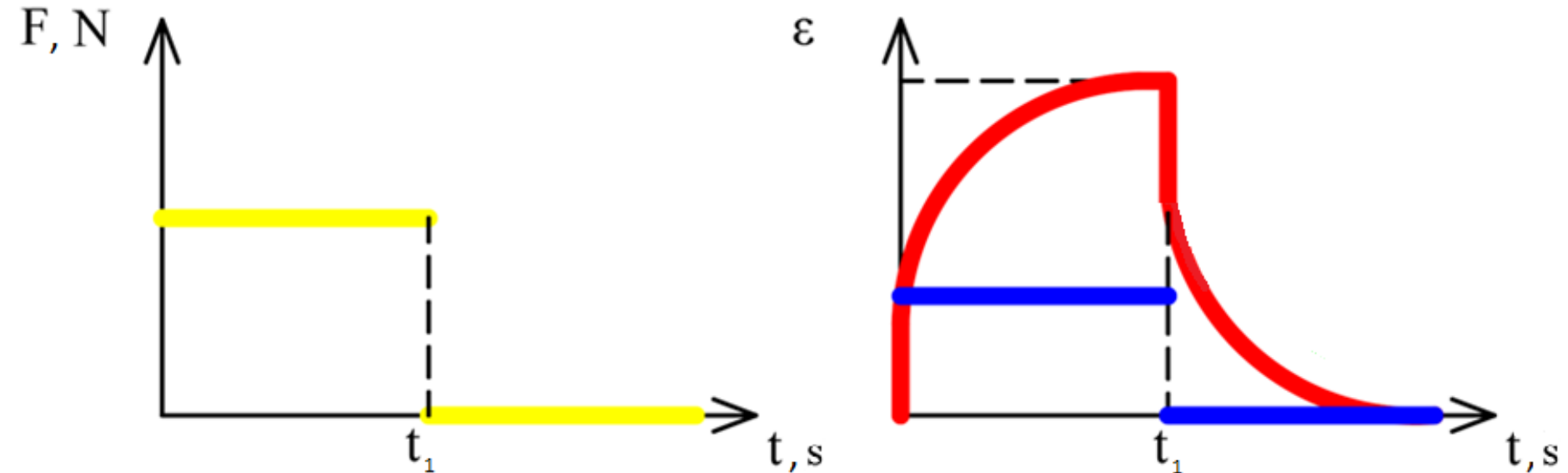




Reologia – jest nauką zajmującą się m.in. opisem odkształceń występujących w materiale w czasie jego obciążania.

Lepkosprężystość – właściwość materiałów charakteryzujących się częściowo sprężystością postaciową (jak w ciele stałym, gdzie naprężenia są zależne od deformacji ciała pod wpływem sił zewn.) i częściowo podatnością kształtu (jak w cieczy, gdzie naprężenia są zależne od prędkości deformacji).

POWSTAWANIE DEFORMACJI W MATERIALE SPRĘŻYSTYM i LEPKO-SPRĘŻYSTYM



Rys. 16. Zależność odkształcenia od czasu obciążenia

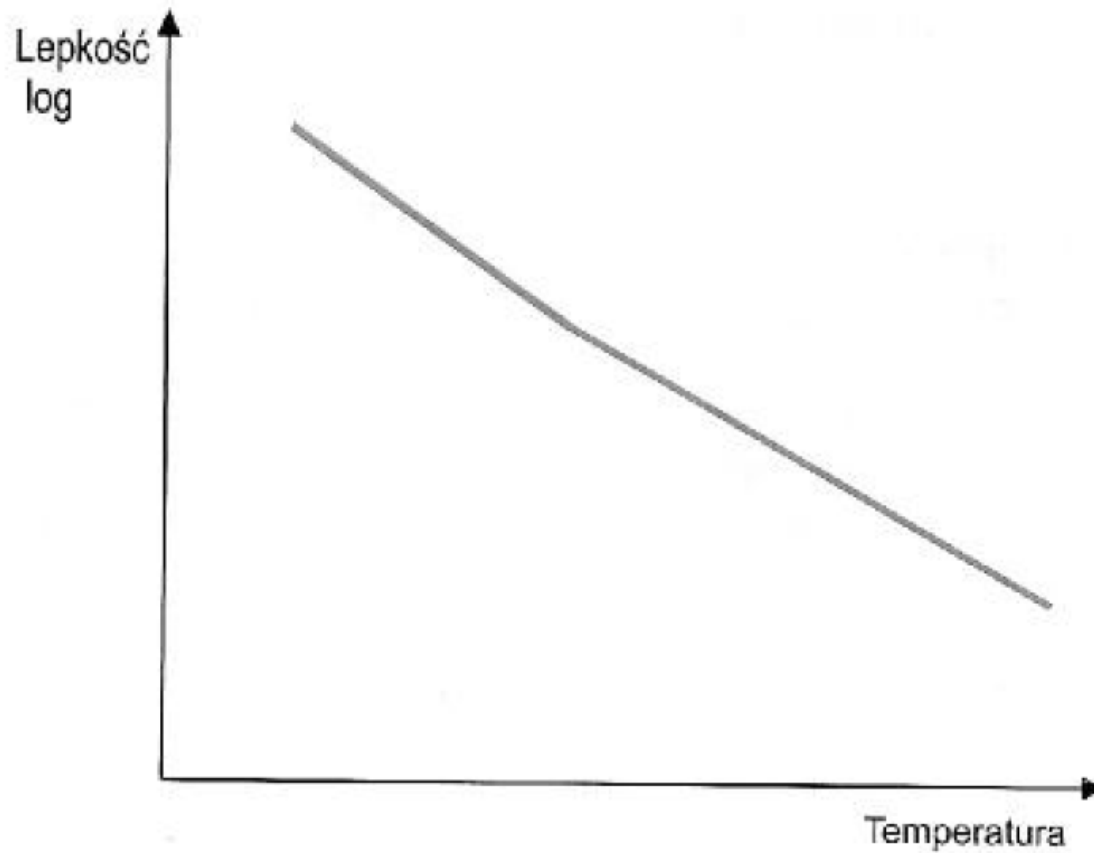
materiał sprężysty
(moduł Younga)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

materiał lepko-sprężysty
(moduł sztywności)

$$S(t, T) = \frac{\sigma}{\varepsilon(t, T)}$$

Lepkość – jest to tarcie wewnętrzne występujące pomiędzy cząsteczkami materiału przy przesuwaniu się jednej warstwy względem drugiej.



Rys. 17. Zależność lepkości asfaltu od temperatury



Lepkość dynamiczna μ – wyraża stosunek naprężeń ścinających τ do prędkości ścinania γ .

$$\mu = \frac{\tau}{\gamma} , \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Lepkość asfaltu przy:

- wytwarzaniu MMA wynosi około 0,2 Pa·s,
- pompowaniu wynosi około 2 Pa·s,
- zagęszczaniu MMA wynosi około 20 Pa·s.

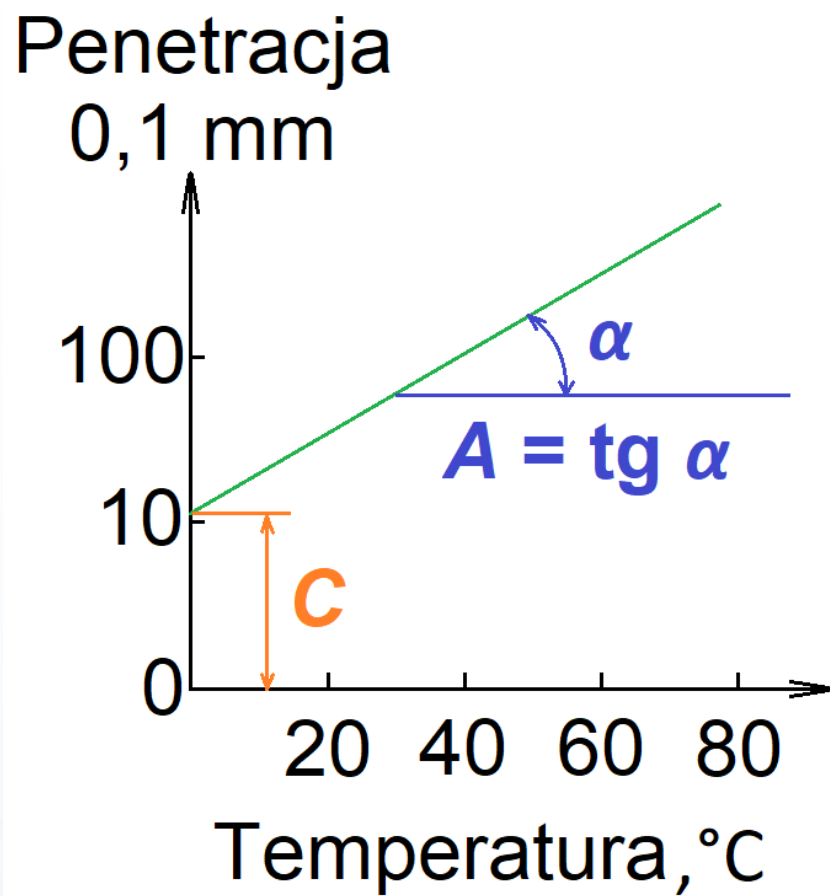


Indeks Penetracji PI (ang. Penetration Index) – jest to wielkość charakteryzująca wrażliwość termiczną asfaltu.

Indeks penetracji obliczenia się na podstawie penetracji asfaltu min. dwóch temperaturach wykonując wykres półlogarytmiczny zawierający prostą o równaniu:

$$\log (Pen) = A \cdot T + C$$

gdzie: A – wrażliwość termiczna, T – temperatura, C – stopień twardości asfaltu.



Rys. 18. Wykres penetracji w funkcji temperatury



Wartość indeksu penetracji asfaltów kształtuje się zazwyczaj w zakresie od -3 do +3.

Im mniejsza wartość indeksu penetracji, tym asfalt jest bardziej wrażliwy termicznie (m. in. szybciej mięknie podczas ogrzewania).

Najbardziej optymalny zakres indeksu penetracji wynosi od -1 do +1.

Wg normy PN-EN 12591:2010 asfalty drogowe powinny się charakteryzować *PI* od -1,5 do +0,7.

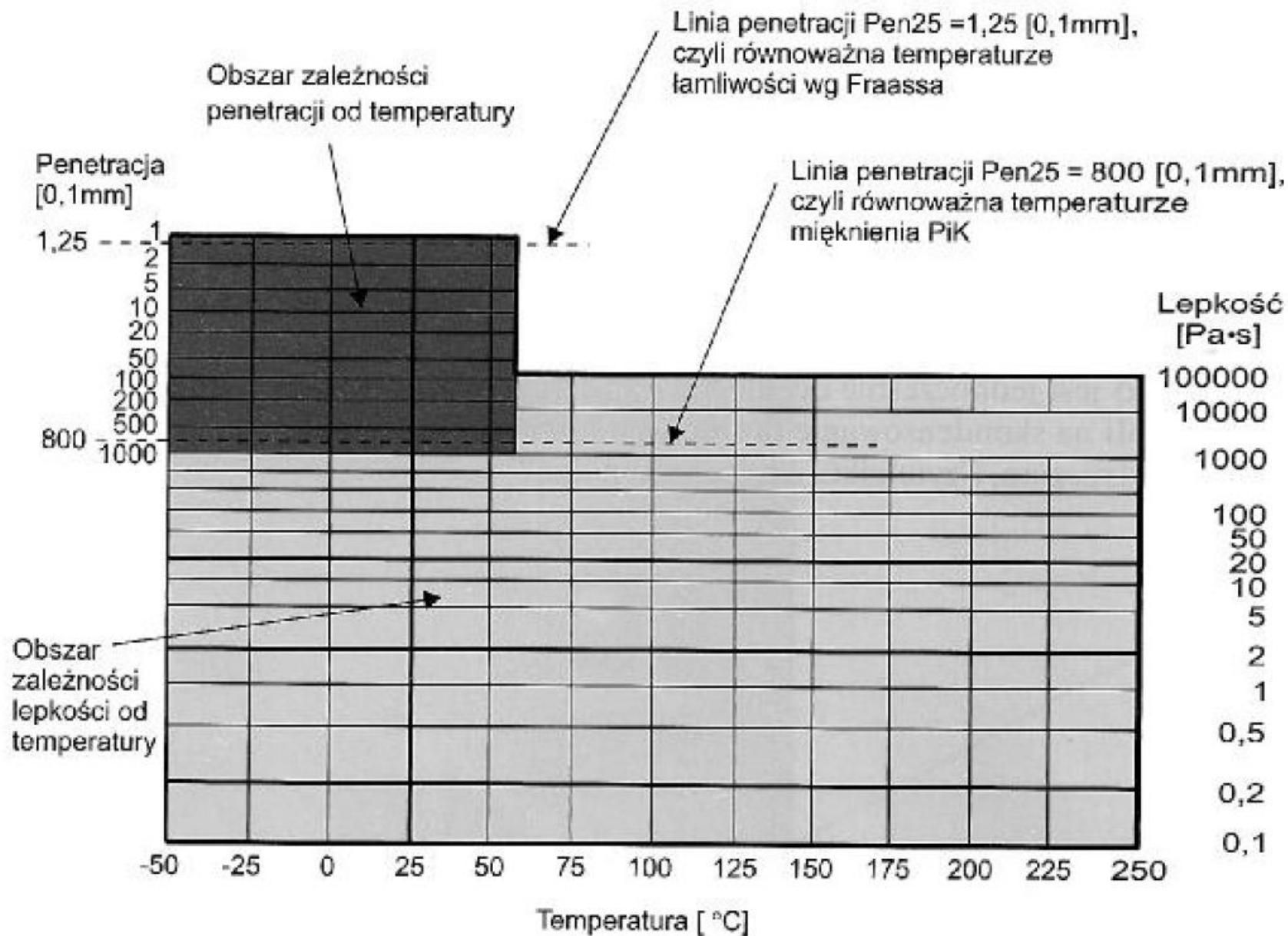


Interpretacja wartości indeksu penetracji:

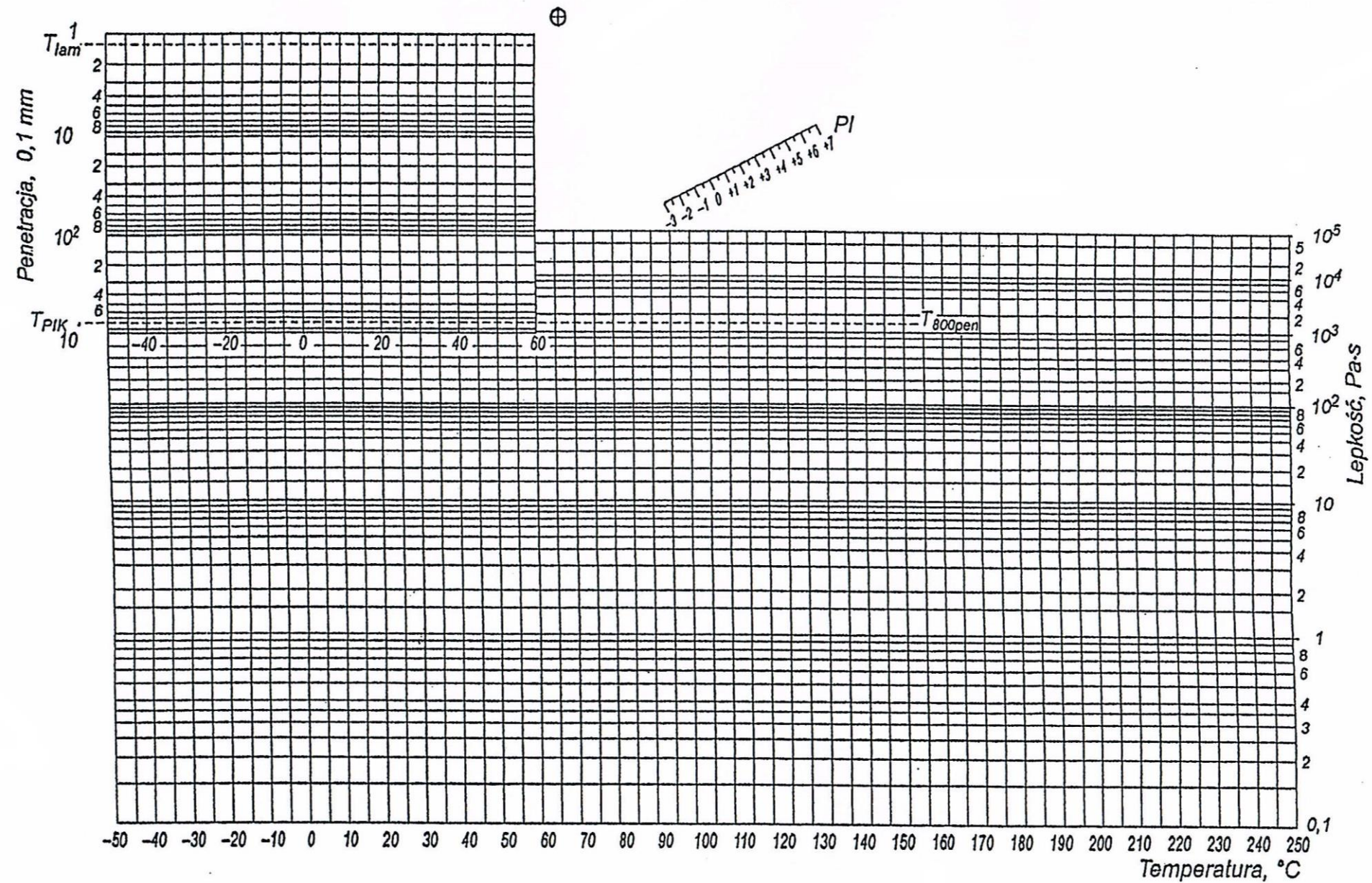
$PI < -2$ – asfalty o wysokiej wrażliwości termicznej (charakteryzują się właściwościami lepkosprężystymi w wąskim zakresie temperatury),

$-2 < PI < 2$ – asfalty drogowe,

$PI > 2$ – asfalty przemysłowe (charakteryzują się właściwościami lepkosprężystymi w szerokim zakresie temperatury).



Rys. 19. Karta Jakości Asfaltu BTDC



Rys. 20. Karta Jakości Asfaltu BTDC (wzór)



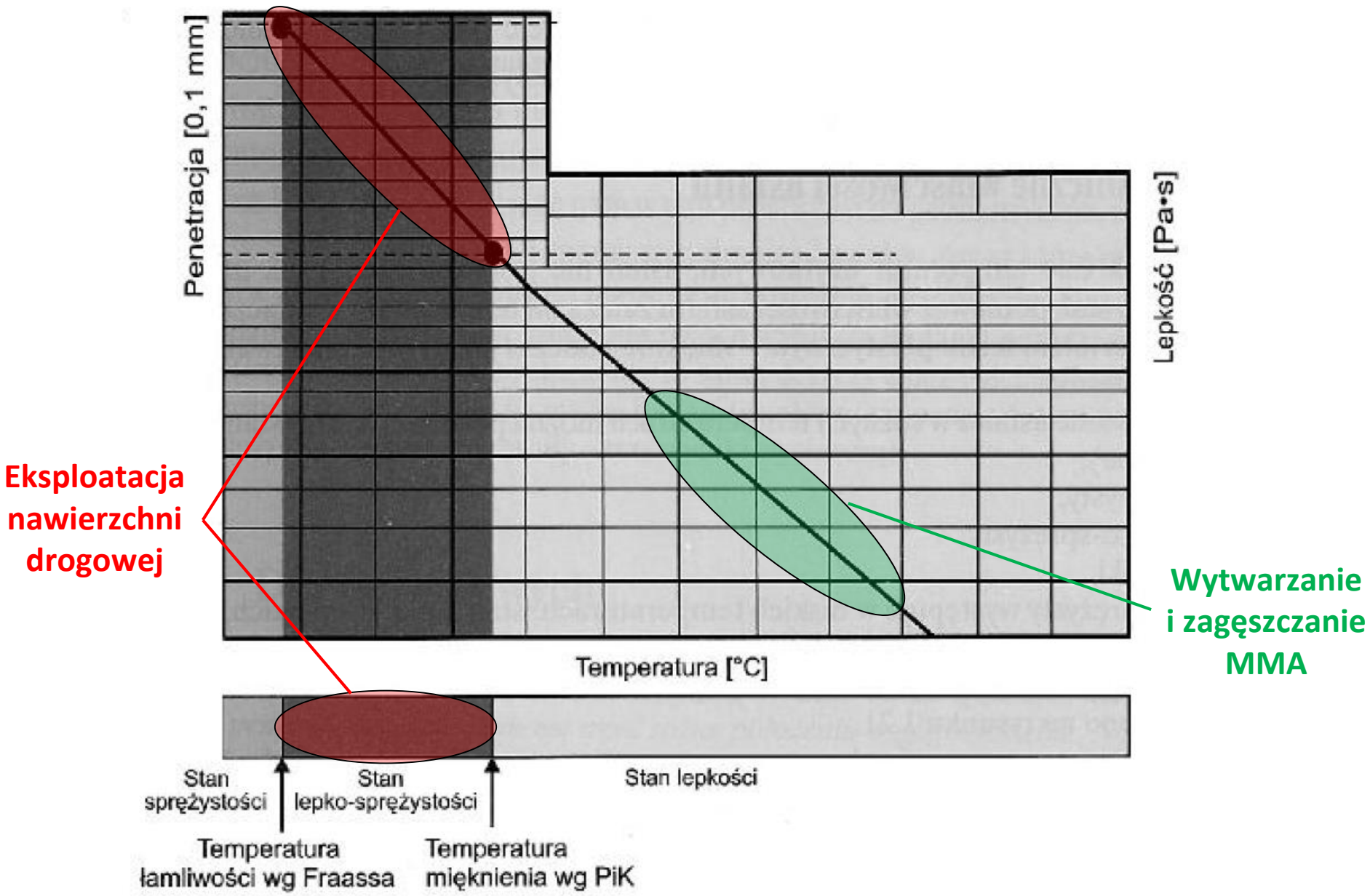
Na podstawie Karty Jakości Asfaltu BTDC można określić:

- klasę asfaltu (S – podestylacyjne, B – utlenione, W – parafinowe),
- wartość indeksu penetracji (przesunięcie prostej penetracji),
- **temperatury technologiczne** (otaczania – 0,2 Pa·s, pompowania – 2 Pa·s, końcowej fazy zagęszczania – 20 Pa·s).

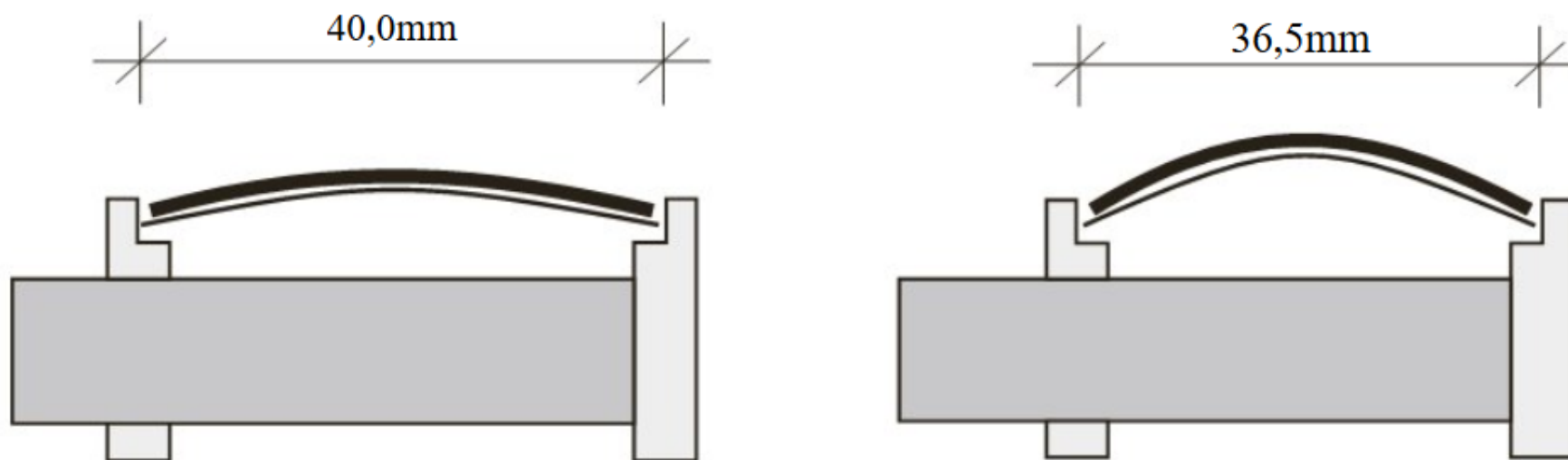


POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Na podstawie Karty Jakości Asfaltu BTDC można ocenić zachowanie się asfaltu w pełnym zakresie temperatury eksploatacyjnej nawierzchni tj. od -30°C do 80°C oraz w zakresie temperatury technologicznej tj. od 90°C do 200°C .



Rys. 21. Karta Jakości Asfaltu BTDC – interpretacja

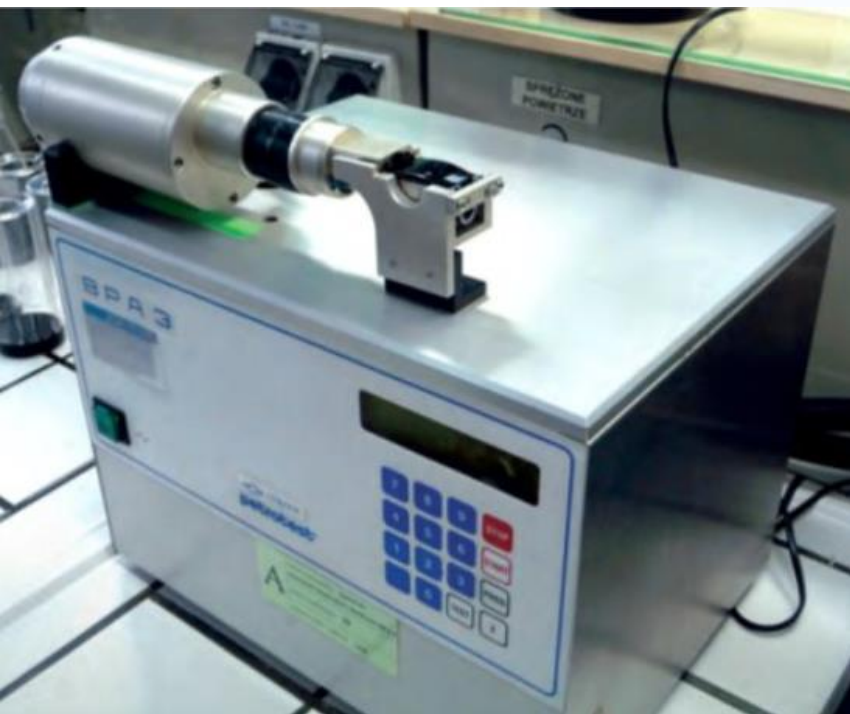


Rys. 22. Zasada wykonywania oznaczania temperatury łamliwości wg Fraassa: a) płytka z asfaltem przed wygięciem b) płytka z asfaltem po wygięciu (pęknięcie asfaltu)



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

a)

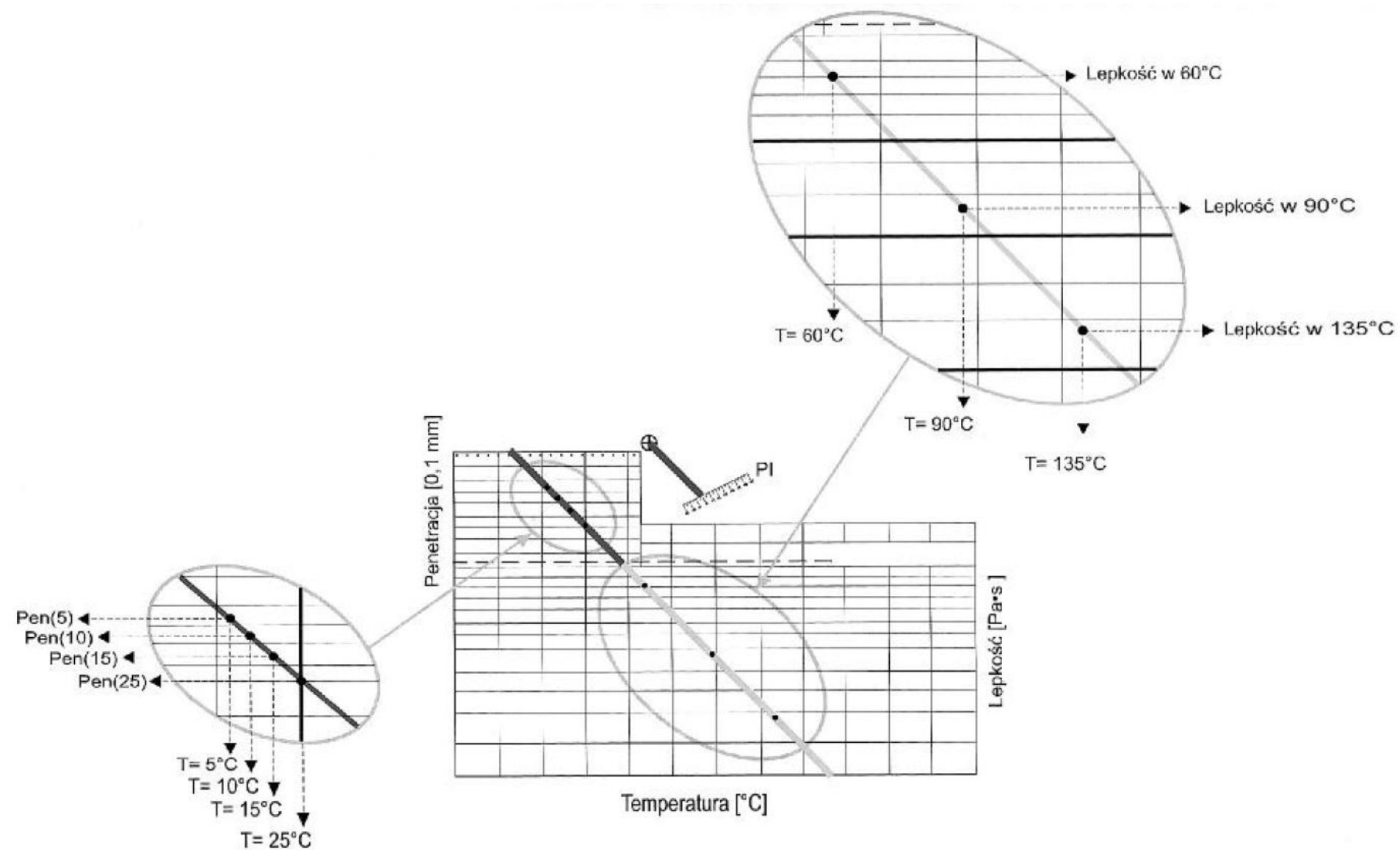


b)

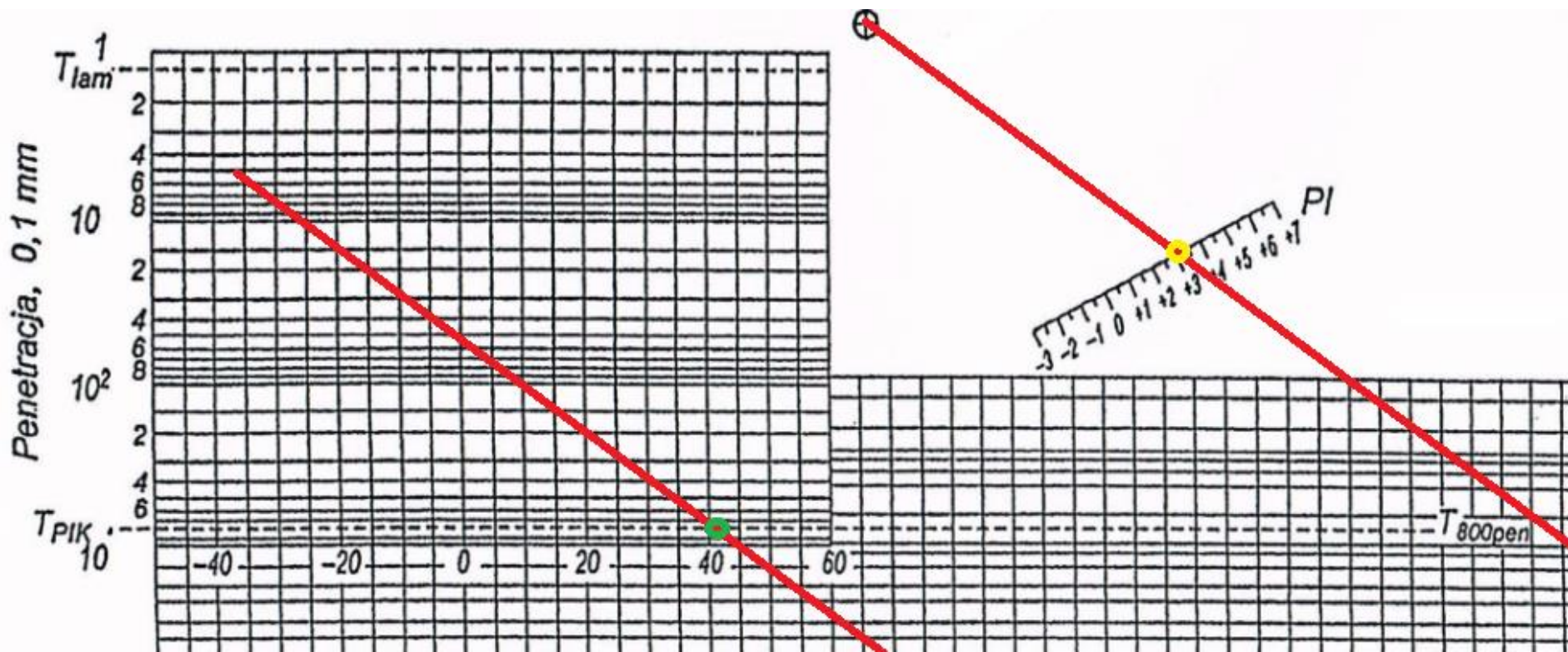


Rys. 23. Aparatura do oznaczania temperatury łamliwości wg Fraassa a) i zbliżenie na próbkę w trakcie badania b)

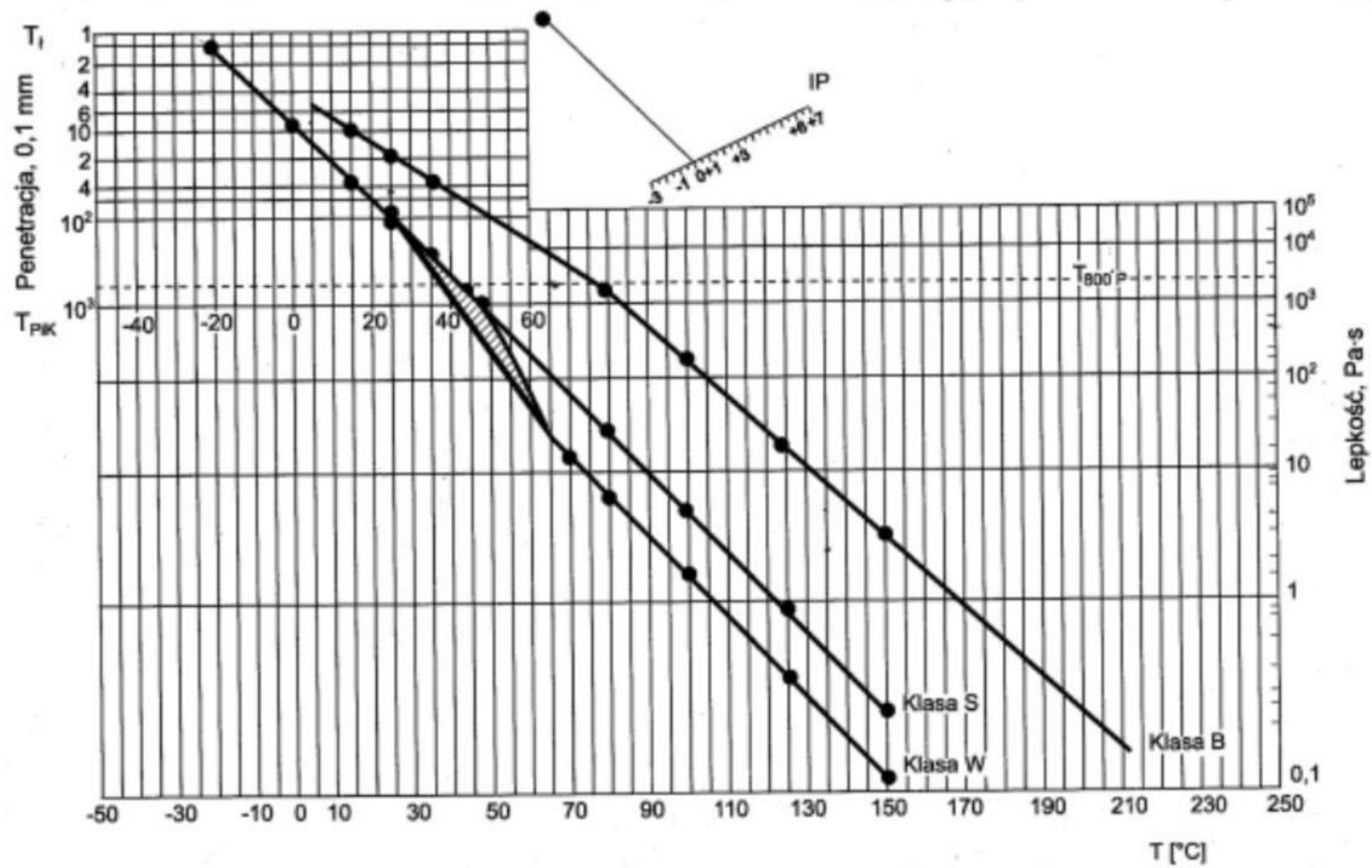
Źródło: Błażejowski K., Wójcik-Wiśniewska M., Poradnik asfaltowy, ORLEN Asphalt, 2016



Rys. 24. Karta Jakości Asfaltu BTDC – sposób uzupełniania



Rys. 25. Karta Jakości Asfaltu BTDC – wartość indeksu penetracji



Rys. 26. Klasy asfaltu wg Karty Jakości Asfaltu BTDC



Wyróżnia się trzy klasy asfaltów:

- ***klasa S (ang. straight – proste) obejmuje asfalty, których wyniki badań leżą na jednej prostej; do klasy S należy grupa asfaltów podestylacyjnych różnego pochodzenia o ograniczonej zawartości parafiny lub asfalty krakingowe,***
- ***klasa B (ang. blown – dmuchane) obejmująca asfalty utlenione, których wyniki badań leżą na dwu przecinających się prostych,***



- ***klasa W (ang. waxy – parafinowe) obejmuje asfalty parafinowe, dla których wyniki badań dają na wykresie dwie proste równoległe, przy czym prosta „lepkości” jest przesunięta w kierunku niższych wartości lepkości.***



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Modyfikatory asfaltów drogowych





Rys. 27. Lepiszczka asfaltowe stosowane w drogownictwie



POLIMERY

Polimery stosowane do modyfikacji asfaltów ze względu na sposób ich „twardnienia” można podzielić na:

- **termoplasty** – mięknią po ogrzaniu i twardnieją po oziębieniu; np. **EVA, SBS,**
- **duroplasty** – twardnieją nieodwracalnie pod wpływem wysokiej temperatury lub czynników chemicznych.



Polimery stosowane do modyfikacji asfaltów ze względu na ich „odkształcalność” można podzielić na:

- **elastomery** – charakteryzują się bardzo dużą odkształcalnością i właściwościami sprężystymi; np. **SBS** (kopolimer styren-butadien-styren), **SIS** (kopolimer styren-izopren-styren),



- **plastomery** – charakteryzują się niewielką odkształcalnością, tzn. przy niewielkim obciążeniu ulegają odwracalnym odkształceniom a pod większym mechanicznemu uszkodzeniu; np. **EVA** (etylen-octan winylu).



Asfalty modyfikowane elastomerami charakteryzują się sprężystością natychmiastową i opóźnioną (nawrót spężysty) oraz właściwościami lepko-sprężystymi w szerokim zakresie temperatury.

Mieszanki mineralno-asfaltowej zawierające asfalt z dodatkiem elastomerów charakteryzują się **większą** odpornością na odkształcenia trwałe, spękania zmęczeniowe i indukowane termicznie.



Asfalty modyfikowane plastomerami charakteryzują się **większym udziałem trwałego odkształcenia i zwiększoną sztywnością w wysokiej temperaturze** w porównaniu z asfaltem stanowiącym bazę do modyfikacji. **Nie poprawiają niskotemperaturowych właściwości asfaltu.**



Rys. 28. Kopolimer SBS

Źródło: <https://images.sstatic.com/akrylonitryl-butadien-styren-abs-granulki-1552607z3-000000164.jpg>



GRANULAT GUMOWY

Granulat gumowy pochodzący m.in. z rozdrobnionych opon, taśm przenośnikowych.

Sposoby zastosowania:

- **metoda na mokro (modyfikacja asfaltu)** – granulat jest mieszany z asfaltem w celu uzyskania lepiszcza modyfikowanego,
- **metoda na sucho** – zastąpienie części wypełniacza w mieszance mineralno-asfaltowej granulatem gumowym.



Rys. 29. Granulat gumowy

Źródło: <http://metacon.pl/wp-content/uploads/2014/03/2015-03-07-16.00.01.jpg>



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

ASFALT NATURALNY

Asfalt naturalny jest dodawany w ilości od 10% do 30% do asfaltu w celu jego **usztywnienia**. **Mieszanki mineralno-asfaltowej** sporządzone z tak modyfikowanym asfaltem charakteryzują się **zwiększoną odpornością na odkształcenia trwałe** (szczególnie w wysokiej temperaturze).



Najczęściej wykorzystywane asfalty naturalne:

- Trynidad Epurè (TLA) (Trinidad i Tobago),
- Gilsonite (Stany Zjednoczone),
- Salenizza (Albania).

Asfalty z dodatkiem asfaltów naturalnym mają najczęściej **zastosowanie w mieszankach mineralno-asfaltowych typu asfalt lany.**



(a)



(b)

Rys. 30. Asfalt naturalny Gilsonite *(a)* i Trinidad Epurè *(b)*



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DODATKI NA BAZIE OLEJÓW (DODATKI OBNIŻAJĄCE LEPKOŚĆ ASFALTU)

Dodatki obniżające lepkość asfaltu są stosowane w celu **obniżenia temperatur technologicznych** (tzn. przepompowywania i transportu, otaczania kruszywa asfaltem oraz wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej w nawierzchnię).



Zastosowanie dodatków na bazie olejów daje możliwość obniżenia kosztów produkcji i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej.

Dodatki olejowe pochodzące ze źródeł roślinnych lub zwierzęcych są wykorzystywane również do produkcji asfaltów **fluksowanych i upłynnionych**.



WOSK SYNTETYCZNY

Modyfikacja asfaltu dodatkiem wosku syntetycznego (np. Fischer-Tropscha) skutkuje jego usztywnieniem.

Mieszanka mineralno-asfaltowa z tak modyfikowanym lepiszczem charakteryzują się zwiększoną odpornością na odkształcenia trwałe oraz niższą temperaturą zagęszczania.



KWAS POLIFOSFOROWY

Modyfikacja asfaltu kwasem polifosforowy skutkuje przyrostem lepkość i temperatury mięknięcia asfaltu.

Nawierzchnie drogowe zawierające asfalt modyfikowany kwasem polifosforowym charakteryzują się większą odpornością na koleinowanie oraz na spękanie zmęczeniowe.



ZWIĄZKI ORGANOMETALICZNE

Związki organometaliczne zmieniają strukturę cząsteczkową asfaltu, co powoduje w pierwszej fazie zmiękczenie asfaltu (ułatwia to podczas produkcji MMA otaczanie kruszywa), a w drugiej fazie jego utwardzenie. Na stopień utwardzenia ma szczególnie wpływ kontakt z tlenem zawartym w powietrzu atmosferycznym, dlatego dodatek ten można stosować jedynie do MMA wbudowywanych jako warstwy wiążące lub podbudowy.



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

EMULSJE ASFALTOWE





Emulsja asfaltowa – jest dyspersją stałych cząstek asfaltu w wodzie.

Średnica cząstek asfaltu wynosi 1 - 20 μm .

Układ taki jest niestabilny i aby zapobiec rozdzieleniu się cieczy należy wprowadzić do emulsji związek powierzchniowo-czynny, zwany tu emulgatorem.



W drogownictwie stosuje się najczęściej **emulsje kationowe**, a w ostatnich latach także niejonowe.

W przypadku emulsji kationowych stosowane są emulgatory kationowe dostarczające cząstkom asfaltu ładunków dodatnich.



Emulsje anionowe są wykorzystywane jako preparaty podkładowe służące do zabezpieczeń przeciwwilgociowych np. dachów, piwnic, fundamentów.



Rys. 31. Spryskiwanie warstwy nawierzchni drogowej emulsją asfaltową

Źródło: <http://www.lerncoach.li/wp-content/uploads/2014/12/img24-4.jpg>

Tablica NA.1 – Objaśnienia oznaczeń skrótowych stanowiących uzupełnienie krajowe

Uzupełnienie krajowe	Litera(-y)	Zastosowanie emulsji:
Ostatnia pozycja oznaczenia skrótowego	ZM RC PU CWZ ME R	– do złączania warstw – do remontów cząstkowych – do powierzchniowych utwaleń – do cienkich warstw układanych na zimno – do mieszanek mineralno-emulsyjnych – do mieszanek mineralno-cementowo-emulsyjnych

Przykłady

C 65 B 4 RC kationowa emulsja asfaltowa, zawartość lepiszcza 65 %, wyprodukowana z asfaltu drogowego, klasa indeksu rozpadu 4, przeznaczona do remontów cząstkowych

C 60 BP 3 ZM kationowa emulsja asfaltowa, zawartość lepiszcza 60 %, wyprodukowana z asfaltu modyfikowanego polimerami, klasa indeksu rozpadu 3, przeznaczona do złączania warstw konstrukcyjnych nawierzchni



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

LEPISZCZA SYNTETYCZNE





Lepiszczka syntetyczne – są to bezbarwne lepiszcza stosowane w MMA. Otrzymuje się je poprzez mieszanie syntetycznych składników imitujących składniki asfaltu ponaftowego. Uzyskiwane własności są zbliżone do cech asfaltów drogowych.



Rys. 32. Próbkki kolorowych nawierzchni

Źródło: http://www.addasfalt.pl/img/mieszanki-kolorowe/Nawierzchnia%20kolorowa_probka-big800.jpg



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

