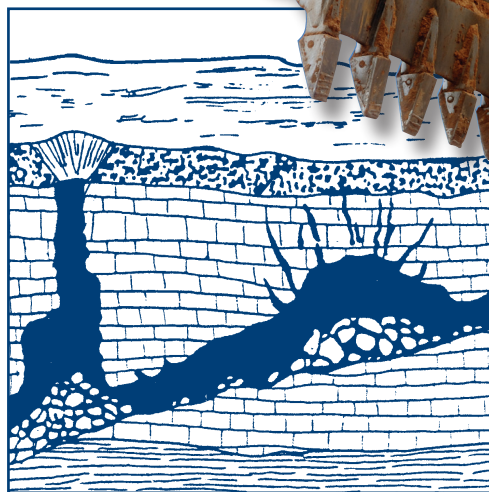
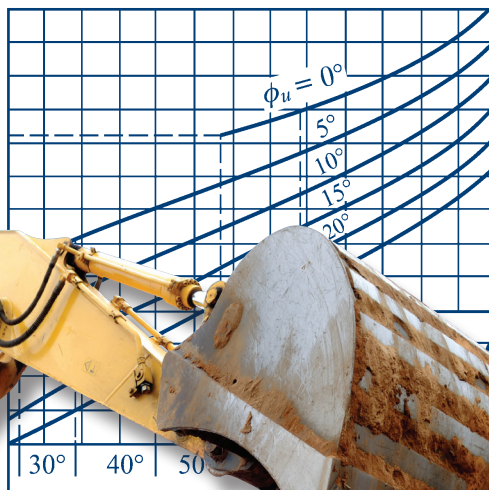
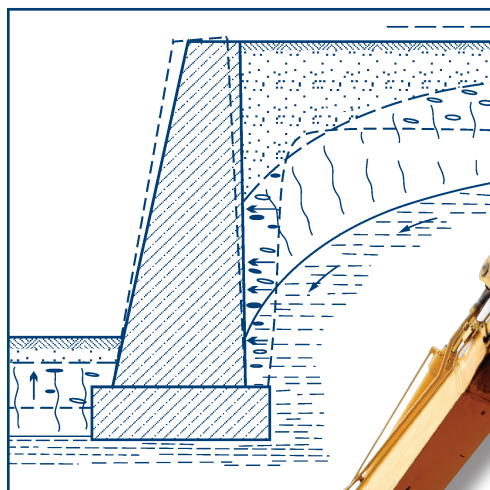


Stanisław Pisarczyk

GRUNTOZNAWSTWO INŻYNIERSKIE



GRUNTOZNAWSTWO INŻYNIERSKIE

[Kup książkę](#)

Stanisław Pisarczyk

GRUNTOZNAWSTWO INŻYNIERSKIE

Wydanie drugie
poprawione i uzupełnione



[Kup książkę](#)

Projekt okładki i stron tytułowych **Przemysław Spiechowski**

Ilustracja na okładce **Dmitry Kalinovsky/Shutterstock**

Wydawca **Izabela Ewa Mika**

Redaktor wydania I **Anna Jankowska**

Przygotowanie redakcyjne wydania II **Agnieszka Grabarczyk**

Produkcja **Mariola Grzywacka**

Łamanie **EGRAF**, Warszawa

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2001, 2014

ISBN 978-83-01-17843-7

Wydanie drugie, poprawione i uaktualnione
Warszawa 2014

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
infolinia 801 33 33 88
tel. 22 69 54 321; faks: 22 69 54 288
e-mail: pwn@pwn.com.pl; www.pwn.com.pl
Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

Kup książkę

Spis treści

Przedmowa	13
1. Wiadomości wstępne	15
1.1. Określenie gruntoznawstwa inżynierskiego	15
1.2. Pojęcie gruntu budowlanego i podłoża budowlanego	16
1.3. Właściwości gruntów a praktyka inżynierska fundamentowania	16
1.4. Gruntoznawstwo inżynierskie a nauki pokrewne	17
2. Podstawowe wiadomości o pochodzeniu skał i gruntów	19
2.1. Budowa skorupy ziemskiej	19
2.2. Procesy geologiczne	19
2.3. Podział skał ze względu na ich genezę	21
2.4. Zaburzenia tektoniczne i trzęsienia ziemi	25
2.5. Wietrzenie	26
2.6. Zjawiska krasowe	27
2.7. Utwory akumulacji rzecznej	28
2.8. Utwory akumulacji lodowcowej	30
2.9. Utwory eoliczne	32
2.10. Utwory zastoiskowe i organiczne	33
2.11. Gleba	33
3. Ogólna klasyfikacja gruntów budowlanych	35
3.1. Klasyfikacja gruntów budowlanych według PN-86/B-2480	35
3.2. Klasyfikacja gruntów według PN-EN ISO 14688:2006	38
3.2.1. Wprowadzenie	38
3.2.2. Rodzaje gruntów na podstawie uziarnienia	38
4. Fizyczne właściwości gruntów	42
4.1. Skład mineralny gruntów i jego wpływ na właściwości gruntów	42
4.2. Struktura i tekstura gruntów	45
4.3. Uziarnienie gruntów	46
4.3.1. Wprowadzenie	46
4.3.2. Oznaczanie uziarnienia gruntów	47
4.3.3. Wskaźniki uziarnienia gruntu	49

4.4.	Cechy fizyczne gruntów	50
4.4.1.	Rodzaje cech fizycznych	50
4.4.2.	Gęstość właściwa gruntu	51
4.4.3.	Gęstość objętościowa gruntu	52
4.4.4.	Wilgotność gruntu	53
4.4.5.	Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego	55
4.4.6.	Porowatość i wskaźnik porowatości gruntu	55
4.4.7.	Stopień wilgotności gruntu	56
4.4.8.	Stopień zagęszczenia gruntów i stany gruntów niespoistych	57
4.4.9.	Granice konsystencji, stopień plastyczności i stany gruntów spoistych	59
4.4.10.	Wskaźnik plastyczności	62
4.4.11.	Wskaźnik zagęszczenia. Wilgotność optymalna i maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego	64
4.4.12.	Zależność między wskaźnikiem zagęszczenia i stopniem zagęszczenia gruntów niespoistych	70
5.	Ruch wody gruntowej i zjawiska z nim związane	73
5.1.	Rodzaje wody w gruncie	73
5.2.	Podział wód podziemnych	75
5.3.	Podstawowe warunki ruchu wody w gruncie	76
5.4.	Filtracja. Prawo Darcy'ego	77
5.5.	Filtracja w gruntach spoistych	78
5.6.	Wyznaczanie współczynnika filtracji	79
5.6.1.	Metody wyznaczania	79
5.6.2.	Obliczanie współczynnika filtracji za pomocą wzorów empirycznych	79
5.6.3.	Laboratoryjne metody wyznaczania współczynnika filtracji	80
5.6.4.	Wyznaczanie współczynnika filtracji metodą badań polowych	82
5.6.5.	Obliczanie współczynnika filtracji w gruntach uwarstwionych	85
5.7.	Dopływ wody do studni i rowów	86
5.7.1.	Określenia podstawowe	86
5.7.2.	Wydatek studni	87
5.7.3.	Dopływ wody gruntowej do rowu	88
5.8.	Jednoczesne działanie zespołu studzien	90
5.9.	Mechaniczne działanie zespołu na szkielet gruntowy	91
5.9.1.	Wypór w gruncie	91
5.9.2.	Ciśnienie wody w porach. Naprężenia całkowite i efektywne	92
5.9.3.	Fizyczna interpretacja naprężeń całkowitych i efektywnych	93
5.9.4.	Ciśnienie sphywowe	95
5.9.5.	Zjawiska w gruncie wywołane filtracją	96
5.9.6.	Sposoby zabezpieczenia gruntów przed szkodliwym działaniem filtracji	98
5.10.	Równania ruchu wody gruntowej. Siatka przepływu	99
5.10.1.	Podstawowe równania ciągłości przepływu wody	99
5.10.2.	Siatka przepływu (hydrodynamiczna)	101
6.	Mechaniczne właściwości gruntów	104
6.1.	Ściśliwość gruntów	104
6.1.1.	Wprowadzenie	104

6.1.2.	Określenie wielkości charakteryzujących ścisłość i odprężenie gruntu	107
6.1.3.	Związki teoretyczne pomiędzy wielkościami charakteryzującymi ścisłość gruntu	110
6.1.4.	Orientacyjne wartości liczbowe modułów odkształcenia i modułów ścisłości edometrycznej	111
6.1.5.	Laboratoryjne badanie edometrycznego modułu ścisłości	111
6.1.6.	Badanie osiadania zapadowego – współczynnik zapadowości	117
6.2.	Wytrzymałość gruntów na ścinanie	119
6.2.1.	Wprowadzenie. Wzór Coulomba	119
6.2.2.	Opór tarcia wewnętrznego i kąt tarcia wewnętrznego	120
6.2.3.	Spójność	121
6.2.4.	Badanie wytrzymałości na ścinanie w aparacie bezpośredniego ścinania	121
6.2.5.	Badanie wytrzymałości na ścinanie w aparacie trójosiowego ściskania	123
6.2.6.	Badanie wytrzymałości na ścinanie gruntów gruboziarnistych i kamienistych	131
7.	Pęcznienie gruntów spoistych	135
7.1.	Wprowadzenie	135
7.2.	Badanie wskaźnika pęcznienia	136
7.3.	Badanie ciśnienia pęcznienia	137
8.	Podstawowe wiadomości z mechaniki skał	141
8.1.	Uwagi ogólne	141
8.2.	Ogólna charakterystyka skał i masywów skalnych	142
8.2.1.	Określenie skał i masywów skalnych	142
8.2.2.	Ogólna charakterystyka skał i masywów skalnych jako podłoża budowlanego	142
8.3.	Parametry określające spękania i szczeliny w skałach	144
8.4.	Właściwości fizyczne skał	145
8.5.	Właściwości mechaniczne skał	146
8.6.	Badania właściwości masywów skalnych w inżynierii wodnej	149
8.6.1.	Rozpoznawanie masywów skalnych	149
8.6.2.	Badania właściwości masywów skalnych	150
8.7.	Geotechniczna klasyfikacja masywów fliszowych	160
8.7.1.	Wprowadzenie	160
8.7.2.	Klasyfikacja geofizyczna <i>KFG</i>	160
8.7.3.	Klasyfikacja geotechniczna <i>KF</i>	161
9.	Wpływ temperatury na właściwości gruntów	164
9.1.	Wprowadzenie	164
9.2.	Wpływ mrozu na grunty	164
9.2.1.	Wiadomości ogólne	164
9.2.2.	Tworzenie się wysadzin i przełomów	166
9.2.3.	Określenie głębokości przemarzania gruntu	167
9.2.4.	Kryteria wysadzinowości gruntów	169

9.2.5.	Zabezpieczanie obiektów budowlanych przed wysadzinami i przełomami	169
9.3.	Wpływ temperatury na właściwości fizyczne i mechaniczne gruntów	170
9.3.1.	Wstęp	170
9.3.2.	Wpływ temperatury na zmiany wilgotności gruntu	170
9.3.3.	Wpływ temperatury na ściśliwość gruntów spoistych	172
9.3.4.	Wpływ temperatury na wytrzymałość gruntów spoistych	173
9.3.5.	Wpływ temperatury na zagęszczenie gruntów	175
9.3.6.	Wpływ temperatury na wodoprzepuszczalność gruntów	175
9.3.7.	Wpływ temperatury na przewodnictwo elektryczne gruntów	175
10.	Wpływ drgań i wstrząsów na właściwości gruntów	177
10.1.	Wprowadzenie	177
10.2.	Tiksotropia gruntów	177
10.3.	Upłynnienie gruntów	180
10.4.	Wpływ drgań na parametry mechaniczne gruntów	182
10.4.1.	Uwagi ogólne	182
10.4.2.	Wpływ obciążeń dynamicznych na kąt tarcia wewnętrznego i spójność gruntów	182
10.4.3.	Wpływ obciążeń dynamicznych na ściśliwość gruntów	183
11.	Wpływ agresywnych zanieczyszczeń środowiska na właściwości gruntów budowlanych	185
11.1.	Wprowadzenie	185
11.2.	Rodzaje substancji zanieczyszczających grunty	186
11.3.	Sposoby rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w gruncie	187
11.4.	Wpływ zanieczyszczeń na właściwości fizyczne i mechaniczne gruntów	187
11.4.1.	Wpływ oleju napędowego na właściwości fizyczne	187
11.4.2.	Wpływ oleju napędowego na właściwości mechaniczne	189
12.	Podstawowe metody wzmacniania i uszczelniania gruntów	191
12.1.	Cel wzmacniania i uszczelniania podłoża gruntowego	191
12.2.	Podstawowe metody wzmacniania i uszczelniania gruntów	191
12.2.1.	Wymiana gruntu	192
12.2.2.	Wstępne obciążenie gruntu	192
12.2.3.	Dreny pionowe i metoda elektroosmozy	193
12.2.4.	Zagęszczanie gruntów	194
12.2.5.	Zastrzyki	195
12.2.6.	Stabilizacja węglębna gruntów	200
12.2.7.	Zamrażanie gruntu	202
12.2.8.	Spiekanie gruntu	203
12.2.9.	Zbrojenie gruntów	204
13.	Roboty ziemne	213
13.1.	Wprowadzenie	213
13.2.	Podział gruntów na kategorie i ich właściwości	213
13.3.	Prace przygotowawcze przed robotami ziemnymi	216
13.3.1.	Czynności wstępne	216

13.4. Wykonywanie wykopów	216
13.4.1. Rodzaje wykopów	216
13.4.2. Odwodnienie wykopów fundamentowych	218
13.4.3. Metody odpajania gruntu i wykonywania wykopów	222
13.5. Wykonywanie nasypów	223
13.5.1. Ogólne zasady wykonywania nasypów	223
13.5.2. Metody zagęszczania gruntów i kontrola jakości zagęszczania	226
13.6. Wykonywanie zasypki	228
13.7. Obliczanie robót ziemnych	228
14. Inżyniersko-geologiczna charakterystyka głównych rodzajów gruntów budowlanych Polski	229
14.1. Wprowadzenie	229
14.2. Ogólna charakterystyka naturalnych gruntów budowlanych wydzielonych obszarów	229
14.2.1. Obszary skał magmowych i metamorficznych	229
14.2.2. Obszary skał osadowych zdiagenizowanych	231
14.2.3. Obszary skał osadowych słabo zdiagenizowanych	233
14.2.4. Obszary gruntów osadowych niezdiagenizowanych	233
14.2.5. Obszary gruntów osadowych niezdiagenizowanych pochodzenia glacialnego i rzeczno	235
14.3. Ogólna charakterystyka naturalnych gruntów nasypowych	243
14.4. Ogólna charakterystyka gruntów antropogenicznych	244
14.4.1. Odpady powęglowe	244
14.4.2. Odpady hutnicze	245
14.4.3. Odpady paleniskowe	245
14.4.4. Odpady komunalne stałe	246
15. Badania terenowe gruntów	248
15.1. Podstawy prawne wykonywania badań gruntów	248
15.2. Cel i zakres badań podłoża gruntowego	248
15.3. Podstawowe prace badawcze	249
15.3.1. Rodzaje prac badawczych	249
15.3.2. Wykopy, szybiki i otwory badawcze	249
15.3.3. Pobieranie próbek gruntu	254
15.3.4. Ustalanie położenia zwierciadła wody gruntowej i pobieranie próbek wody	254
15.3.5. Makroskopowe rozpoznanie gruntów według PN-88/B-04481	255
15.3.6. Makroskopowe rozpoznanie gruntów według PN-EN ISO 14688-1:2006	259
15.3.7. Sondowanie gruntów	259
15.3.8. Próbne obciążanie gruntów	267
15.3.9. Badania dylatometryczne	270
15.3.10. Badanie wytrzymałości gruntów sondami obrotowymi	273
15.3.11. Badanie gruntów spoistych przyrządami kieszonkowymi	275
15.4. Badania geofizyczne podłoża gruntowego	278
15.4.1. Ogólna charakterystyka badań geofizycznych	278

15.4.2. Badania elektrooporowe	279
15.4.3. Badania radioizotopowe	281
15.4.4. Badania sejsmiczne	285
16. Zasady ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych	289
16.1. Wprowadzenie	289
16.2. Rodzaje warunków gruntowych	290
16.3. Podział obiektów budowlanych na kategorie	290
16.4. Zakres badań geotechnicznych podłoża gruntowego	292
16.5. Opracowanie dokumentacji badań podłoża gruntowego	296
16.5.1. Zawartość dokumentacji	296
16.5.2. Zasady wyznaczania uogólnionych wartości parametrów geotechnicznych	298
16.5.3. Metoda statystyczna określania wartości parametrów geotechnicznych normowych i obliczeniowych według PN-81/B-03020	299
16.5.4. Określanie wartości parametrów geotechnicznych według Eurokodu 7	300
16.6. Dokumentacja geologiczno-inżynierska	301
16.6.1. Wiadomości wstępne	301
16.6.2. Wymagania, jakim powinna odpowiadać dokumentacja geologiczno-inżynierska potrzebna do posadowienia obiektów budowlanych	302
17. Naprężenie w ośrodku gruntowym	303
17.1. Założenia do wyznaczania naprężenia w ośrodku gruntowym w stanie sprężystym	303
17.2. Wyznaczanie naprężenia pierwotnego	303
17.3. Wyznaczanie składowych naprężenia od obciążeń zewnętrznych	305
17.3.1. Składowa pionowa naprężenia od siły skupionej	305
17.3.2. Składowa pionowa naprężenia od obciążenia ciągłego	306
17.4. Rozkład i wartości składowych naprężenia w podłożu w poziomie posadowienia fundamentów	309
17.5. Rozkład i wartości naprężenia w podłożu poniżej poziomu posadowienia fundamentów	311
17.6. Obliczanie naprężenia pod nasypami	313
17.6.1. Wprowadzenie	313
17.6.2. Rozkład naprężenia od obciążeń pasmowych równomiernych	313
17.6.3. Rozkład naprężenia od obciążeń pasmowych trójkątnych	315
18. Nośność i odkształcalność podłoża gruntowego	317
18.1. Wprowadzenie	317
18.2. Obliczanie nośności podłoża gruntowego według PN-81/B-03020	319
18.2.1. Wiadomości ogólne	319
18.2.2. Obliczenia I stanu granicznego według PN-81/B-03020	319
18.2.3. Obliczenia II stanu granicznego według PN-81/B-03020	324
18.2.4. Obliczenia osiadań fundamentów według PN-81/B-03020	324
18.2.5. Przebieg odkształceń w czasie	326
18.3. Obliczanie nośności fundamentów według PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7	331
18.3.1. Wprowadzenie	331

18.3.2. Warunki obliczeniowe stanów granicznych nośności fundamentów bezpośrednich według Eurokodu 7	332
18.4. Sprawozdanie stanów granicznych użytkowalności i obliczanie osiadań fundamentów według PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7	338
18.4.1. Stany graniczne użytkowalności	338
18.4.2. Obliczanie osiadań fundamentów	339
19. Stateczność zboczy i skarp	341
19.1. Ruch mas ziemnych i przyczyny jego powstawania	341
19.2. Podział osuwisk	342
19.3. Metody określenia zagrożenia osuwiskami	344
19.3.1. Rozpoznanie geomorfologiczne	344
19.3.2. Rozpoznanie geologiczne	344
19.3.3. Rozpoznanie hydrogeologiczne	345
19.4. Metody obliczania stateczności skarp i zboczy	345
19.4.1. Warunki stateczności zboczy	345
19.4.2. Stateczność skarp w gruntach niespoistych	346
19.4.3. Stateczność skarp w gruntach spoistych	348
19.5. Ocena stateczności skarp metodą stanu granicznego nośności według PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7	353
19.5.1. Wprowadzenie	353
19.5.2. Stateczność skarp w gruntach niespoistych	354
19.5.3. Stateczność skarp w gruntach spoistych	355
19.6. Zabezpieczenie stateczności zboczy i skarp nasypów	356
19.6.1. Zabezpieczenie stateczności zboczy	356
19.6.2. Zabezpieczenie stateczności skarp nasypów	358
20. Parcie i odpór gruntu	360
20.1. Wprowadzenie	360
20.2. Założenia obliczeniowe według teorii Coulomba	361
20.3. Wyznaczanie parcia czynnego i oporu na ściany oporowe w gruntach niespoistych	362
20.3.1. Wyznaczanie parcia czynnego gruntu	362
20.3.2. Wyznaczanie parcia biernego	363
20.4. Wyznaczanie parcia czynnego i oporu na ściany oporowe w gruntach spoistych	365
20.5. Wyznaczanie parcia spoczynkowego gruntu	366
20.6. Wyznaczanie parć w podłożu uwarstwowionym z naziemem obciążonym równomiernie	367
20.7. Zależność parcia czynnego i oporu od przemieszczeń i odkształceń ścian oporowych	367
20.8. Obliczanie parcia gruntu na obudowę wykopów	369
Literatura	370
Normy, instrukcje, wytyczne	374

Przedmowa

Oddany do rąk Czytelnika podręcznik pt. *Gruntoznawstwo inżynierskie* zawiera wybrane zagadnienia teoretyczne i praktyczne z zakresu szeroko pojętej geotechniki, tzn. mechaniki gruntów i skał, fundamentowania, nowych technik w geotechnice. Podręcznik ten jest przeznaczony dla studentów wydziałów budownictwa i inżynierii środowiska politechnik, wydziałów technicznych akademii rolniczych i wydziałów geologii uniwersytetów, a także dla inżynierów i techników praktyków zajmujących się projektowaniem, realizacją i użytkowaniem obiektów budowlanych, wykonywaniem badań podłoża gruntowego na potrzeby budownictwa i ochrony środowiska oraz badań budowli ziemnych. Na początku podręcznika omówiono podstawowe procesy geologiczne kształtujące budowę skał litych i gruntów, klasyfikację gruntów budowlanych, ich właściwości fizyczne i mechaniczne oraz metody badań, ruch wody gruntowej i zjawiska z nim związane, a także pęcznienie gruntów. Następnie podano podstawowe wiadomości z mechaniki skał oraz wpływ temperatury, wibracji i zanieczyszczeń gruntów na ich właściwości fizyczne i mechaniczne. Dalej szeroko omówiono nowoczesne metody wzmacniania i uszczelniania podłoża gruntowego i konstrukcji ziemnych, roboty ziemne oraz prowadzenie terenowych badań rozpoznania podstawowych parametrów geotechnicznych w gruncie, ze szczególnym uwzględnieniem sondowań i badań geofizycznych. Przedstawiono również obecnie obowiązujące przepisy dotyczące zasad ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. W podręczniku omówiono też rozkład naprężeń w ośrodku gruntowym, wywołanych różnymi obciążeniami, nośność i odkształcalność podłoża gruntowego, stateczność zboczy i skarp oraz parcie i odpór gruntu na konstrukcje oporowe.

W drugim uzupełnionym i poprawionym wydaniu podręcznika uwzględniono dodatkowo wymagania nowych norm: PN-EN ISO 14688-1:2006 i PN-EN ISO 14688-2:2006 w zakresie oznaczania i klasyfikacji gruntów. Przedstawiono też nowe podejście do obliczania stanów granicznych nośności i stanu granicznego użytkowności dla obiektów budowlanych według zasad obowiązujących w normie PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7. Podano również nowe zasady planowania i wykonywania badań geotechnicznych oraz interpretacji i szacowania ich wyników.

Autor składa serdeczne podziękowanie prof. dr. hab. inż. Eugeniuszowi Dembickiemu i prof. dr. hab. inż. Ryszardowi Izbickiemu za opracowanie bardzo cennych i pomocnych recenzji, które pozwoliły uniknąć nieścisłości i pomyłek w treści opracowania. Składam również serdeczne podziękowanie Pani mgr Marlenie Wąsowicz za pomoc w przygotowaniu podręcznika do druku.