

ПРОЕКТ!

УТВЪРДИЛ:

**НИКОЛАЙ НАНКОВ
МИНИСТЪР НА РЕГИОНАЛНОТО
РАЗВИТИЕ И БЛАГОУСТРОЙСТВОТО**

**МЕТОДИКА ЗА АНАЛИЗ, ОЦЕНКА И
КАРТОГРАФИРАНЕ НА СЕИЗМИЧНИЯ
РИСК НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

2018 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ	5
ЧАСТ 1. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА ОПАСНОСТ (SEISMIC HAZARD ASSESSMENT)	7
1.1. Входни данни.....	8
1.1.1. Идентификация на сеизмогенни структури по геофизични данни.....	8
1.1.2. Съвременни движения на земната кора	13
1.1.3. Сеизмологична база данни и хомогенизиран деклъстеризиран каталог	25
1.2. Създаване на сеизмотектонски модел	28
1.3. Генериране на модел на сеизмичните източници (идеализация на сеизмотектонския модел)	29
1.4. Дефиниране параметрите на сеизмичните източници	29
1.5. Избор на релации за затихване на земните движения	32
1.6. Моделиране на неточностите в сеизмичния вход (логическо дърво)	34
1.7. Вероятностна оценка на сеизмичната опасност (Probabilistic Seismic Hazard Assessment).....	36
1.8. Детерминистична оценка на сеизмичната опасност (Deterministic Seismic Hazard Assessment).....	40
ЧАСТ 2. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА УЯЗВИМОСТ	42
2.1. Сграден фонд	42
2.1.1. Входни данни за сгради	42
2.1.2. Класификация на сградния фонд в зависимост от типа на конструктивната система, годината на проектиране/ построяване, етажността и предназначението	44
2.1.3. Нива на повреди и разрушения в конструкциите на сградите	46
2.1.4. Оценка на уязвимостта на сградния фонд.....	48
2.1.5. Алгоритъм на методиката за оценка на сеизмичната уязвимост	52
2.2. Техническа инфраструктура	53
2.2.1. Транспортна инфраструктура.....	53
2.2.2. Техническа инфраструктура за питейна и отпадъчна вода	64
2.2.3. Техническа инфраструктура за газоснабдяване	74
2.2.4. Техническа инфраструктура за електроснабдяване.....	76
ЧАСТ 3. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК	80
3.1. Сеизмичен риск за сградния фонд	80
3.1.1. Оценка на директните повреди и разрушения на сградния фонд.....	80
3.1.2. Оценка на жертвите и ранените	82
3.1.3. Оценка на икономическите загуби вследствие на директните физически повреди и разрушения.....	84
3.2. Сеизмичен риск за техническата инфраструктура	85
3.2.1. Оценка на директните повреди и разрушенията на транспортната инфраструктура	85
3.2.2. Оценка на директните повреди и разрушения на техническата инфраструктура – комунални системи (питейна и отпадъчна вода, газоснабдяване, електроснабдяване)	91

ЧАСТ 4. КАРТОГРАФИРАНЕ НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК	108
4.1. Структура и съдържание на специализирана единна геобаза данни.....	108
4.2. Интегриране и трансформиране на пространствени данни.....	114
4.3. Разработване на метаданни.....	116
4.4. Съставяне на карти на сеизмичния риск.....	118
4.5. Дизайн на картите на сеизмичния риск.....	121
4.6. Изходни пространствени данни.....	125
ЛИТЕРАТУРА.....	128
ТЕРМИНИ.....	133
ИЗПОЛЗВАНИ СИМВОЛИ И СЪКРАЩЕНИЯ.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	161

Настоящата Методика за анализ, оценка и картографиране на сеизмичния риск на Република България е разработена от Националния институт по геофизика, геодезия и география – БАН по възлагане на Министерството на регионалното развитие и благоустройството (договор № РД-02-29-79/08.04.2016 г.)

Основната цел е да се създадат подробни правила за анализ, оценка и картографиране на сеизмичната опасност, изложеността, уязвимостта на сградния фонд и инженерните съоръжения и сеизмичния риск като цяло. Използването на единна методика ще създаде условия за съвместимост и приемственост на резултатите от разработките, осъществявани в различни периоди от различни изследователски екипи.

Методиката е разработена от колектив в състав:

проф. д-р Светослав Симеонов – ръководител
чл.-кор. проф. д-р Димчо Солаков
проф. д-р Иван Георгиев
проф. д-р Румяна Вацева
проф. д-р Димитър Димитров
доц. д-р Димитър Стефанов
доц. д-р Стела Симеонова
доц. д-р Петя Трифонова
доц. д-р Елена Васева
доц. д-р Емилия Черкезова
доц. д-р Ирена Александрова
доц. д-р Антоанета Канева
доц. д-р Мариан Върбанов
гл. ас. д-р Методи Методиев
ас. д-р Пламена Райкова
инж. Дейвис Динков

ВЪВЕДЕНИЕ

Основни термини, използвани при оценката на сеизмичния риск

Риск – комбинация от вероятността да се случи дадено събитие и неговите негативни последици (UNISDR).

Под сеизмичен риск се разбират вероятните последици от излагането на даден елемент на риска (хора, сгради, съоръжения, природна среда и др.) на сеизмична опасност (хазарт). Обикновено последициите се изразяват в очакваните директни и косвени загуби: човешки жертви (смъртни случаи и ранени), икономически, физически и материални (разрушени и повредени сгради и инженерни съоръжения). Специфични загуби, като обем на отломките от разрушените сгради, брой на домакинствата, нуждаещи се от подслон, и други, се използват директно за планиране на действията в случай на бедствие (Seismic hazards, <https://www.fema.gov/earthquake/your-earthquake-risk>).

Най-общият израз на риска се дава с релацията:

Сеизмичен риск = сеизмична опасност (хазарт) x изложеност x уязвимост

Дефиницията е илюстрирана на фигура 1.



Фигура 1. Илюстрация на дефиницията за: *Seismic risk* (сеизмичен риск); *Hazard*: (сеизмична опасност); *Exposure* (изложеност); *Vulnerability* (уязвимост)

Резултатите от анализа на сеизмичната опасност, комбинирани с изложеността и функции на уязвимостта (оценяват вероятността за поява на различни нива на увреждане на съоръженията в зависимост от земетръсните движения), водят до оценка на сеизмичния риск.

Сеизмичният риск зависи от редица фактори – социално-икономическо развитие, съотношение на опасността между различните очаквани природни явления – земетресения, наводнения, тайфуни и др.

Основните фактори, определящи сеизмичния риск в даден район, са: фактор изложеност – нивото на сеизмичната опасност, брой на хората и обектите (частна и публична собственост, паметници на културата, инфраструктура, управление, функции на града и т.н.), изложени на сеизмичната опасност, и фактор уязвимост – степента, до която хората и собствеността в този район са уязвими при земетръсната опасност (Seismic hazards..., <https://www.fema.gov/earthquake/your-earthquake-risk>).

Най-общо, оценката на сеизмичния риск включва определяне на неблагоприятните последици, които хората и обществото могат да претърпят в резултат на бъдещи земетресения. В този смисъл оценката е част от превантивните дейности за намаляване на загубите при бедствия.

Сеизмичната опасност (хазарт) се дефинира като процес или физическо явление, свързано с реализацията на едно земетресение, водещо до загуба на живот, нараняване или други въздействия върху здравето на човека, имуществени щети, загуба на поминък и услуги, социални и икономически сътресения или увреждане на околната среда (UNISDR).

Изложеността описва всичко, което потенциално е изложено на сеизмична опасност. Включва хора, имущество, съоръжения, инфраструктури и др., които са разположени в сеизмично опасна област и са обект на потенциални загуби (UNISDR).

Уязвимост – най-общо това е зависимостта между степента на увреждане на сгради и съоръжения и сеизмичните въздействия. Съществуват много аспекти на уязвимост, произтичащи от различни физически, социални, икономически и екологични фактори. Уязвимостта варира значително в рамките на дадена общност и във времето. В общата употреба на термина “уязвимост” често се влага по-широк смисъл, като се включва и “изложеността” (UNISDR).

ЧАСТ 1. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА ОПАСНОСТ (SEISMIC HAZARD ASSESSMENT)

Сеизмичната опасност (seismic hazard) може да се дефинира като процес или физическо явление, свързано с реализацията на земетресение, което може да доведе до загуба на живот, нараняване или други въздействия върху здравето на човека, имуществени щети, социални и икономически сътресения и увреждане на околната среда (UNISDR). Сеизмичната опасност е природна даденост, която не може да бъде контролирана от човека.

Съществуват два основни подхода за оценка на сеизмичната опасност – детерминистичен и вероятностен.

Вероятностният подход оценява вероятността земното движение да превиши дадено ниво вследствие на земетресение за определен период от време. Земното движение може да бъде представено чрез различни характеристики – макросеизмична интензивност, максимално ускорение (скорост, преместване), спектрални ускорения и др. Вероятностният подход дава количествена оценка на сеизмичната опасност за дадена площадка от всички възможни земетресения на различни разстояния като брой надвишавания, или вероятност за надвишаване на дадено ниво на земното движение за интересоващи ни периоди от време (Thenhaus, Campbell, 2003).

Детерминистичният подход се основава на появата на земетресение с определена сила и конкретно местоположение и оценява въздействията от това земетресение за конкретна площадка. Детерминистичната оценка е нивото на сеизмичните земни движения, предизвикани от най-силните земетресения, реализирани в най-близките до дадена площадка сеизмични източници. В зависимост от целта на изследването могат да се разглеждат и по-слаби (с по-голяма вероятност за случване) или на по-голямо разстояние референтни земетресения. Въздействията могат да бъдат представени чрез различни характеристики – макросеизмична интензивност, максимално ускорение (скорост, преместване), спектрални ускорения и др. Този подход не прогнозира вероятността за случване на даденото събитие през определен период от време.

Най-общо, анализът на сеизмичната опасност е свързан с оценката на земните движения на дадена площадка вследствие на множество от сеизмични сценарии (Bommer, Abrahamson, 2006). Всеки сценарий се дефинира чрез силата (магнитуда, M) на земетресението, разстоянието (епицентрално/ хипоцентрално/ най-близко до разкъсването/ JV – най-близко до проекцията на разкъсването на земната повърхност) до площадката (D), параметри на земетресението, като тип разломяване, геометрия на разломяването и др., и почвените условия на площадката. Стойността на изборния за анализ параметър се изчислява

(прогнозира) чрез закони за затихване, които се представят в следната форма (Bommer, Abrahamson, 2006):

$$\log(Y) = f(M, D, X) + \varepsilon,$$

където X е вектор от всички останали параметри. Тези равенства дефинират вероятностното разпределение на параметъра на земното движение. Сценарият трябва да включва избрана стойност на ε (разликата между дадена стойност на параметъра и медианната стойност f , изразена като части от стандартното отклонение σ).

Съществената разлика между детерминистичния (DSHA) и вероятностния анализ на сеизмичната опасност (PSHA) е, че при DSHA се разглежда само един или няколко M-D-X-ε сценария, докато при вероятностния анализ се разглеждат ефектите от всички възможни комбинации на M, D, X и ε. Вероятностният подход е разработен, за да се отчита неопределеността, заложена в сеизмичния процес (Cornell, 1968), а не да се избира и разглежда конкретен случай (Bommer, Abrahamson, 2006).

Съвременните техники (програмни продукти) позволяват в анализа да се отчитат и неточностите във входните данни, необходими за оценката на сеизмичната опасност. Вероятностната оценка на проектните нива на земното движение се извлича директно от PSHA анализа.

Представената методика за оценка на сеизмичната опасност е в съответствие с изискванията и препоръките, дадени в редица нормативни документи, третиращи тази задача (напр. IAEA, 2010, ICOLD 2010, FEMA, 2005), приложена е за сеизмичното райониране на България 2007-2009 (Отчет ГФИ, 2007, Отчет ГФИ, 2008, Солаков и др., 2009) и за оценка на сеизмичната опасност за множество високорискови съоръжения на територията на страната.

1.1. ВХОДНИ ДАННИ

1.1.1. Идентификация на сеизмогенни структури по геофизични данни

Анализът и интерпретацията на геофизични данни позволяват локализирането на аномалообразуващи структури в горните слоеве на земната кора, които могат да бъдат потенциални източници на сеизмична активност. Тези източници на аномални ефекти се отбелязват общо като контактни структури и ще послужат за компилирането на сеизмотектонския модел, необходим за оценка на сеизмичната опасност.

1.1.1.1. Дефиниране на типовете данни, които могат да бъдат използвани за регионална интерпретация

Като най-подходящ набор от методи за регионална интерпретация може да се посочи комплексната интерпретация на гравитационни и геомагнитни данни.

Основен източник на данни за гравитационното поле на територията на страната е “Гравиметрична карта на България в М 1:100 000”, предоставяна за ползване от Националния геоложки фонд при МЕ.

Гравиметричните аномалии са представени числено в каталози и графично на 99 картни листа с 4 слоя на MAPINFO и сечение на аномалиите 1 mGal.

Съставена е компютърна Гравиметрична база данни, съдържаща 279 115 точки с пълния набор гравиметрични данни. Числените данни за всяка измервателна точка с нейните координати, аномални стойности и въведени корекции са цифровани и записани на дискови носители.

През 2000 г. е завършена работата по съставянето на “Карта на магнитното поле – За на Р. България в М 1:100 000”. Общият брой измервателни точки с данни за вертикалната компонента (Z_a) по територията на страната е 217 823.

Резултатите от окончателната обработка на данните са представени на 83 картни листа със сечение на изолиниите 25 nT в MAPINFO. Съставена е “Геомагнитна информационна база данни”, която съдържа цифровани всички данни за измервателните точки.

Към гореописаните гравитационни и геомагнитни данни могат да бъдат добавени още резултати от вече направени геофизични изследвания и анализи, като: геолого-геофизични разрези; структурни схеми; карти на топлинното поле, както и общи данни (физични свойства на скалните комплекси): плътност [g/cm^3]; магнитна възприемчивост [ед. SI]; скорост на разпространение на сеизмичните вълни [m/s];

1.1.1.2. Описание на методите за идентифициране на линейни структури в горната част на земната кора по гравитационни и геомагнитни данни

За целите на анализа на геофизични данни за съставяне на сеизмотектонски модел се използват основно 5 интерпретационни метода: 1) аналитично продължение на полето (гравитационно и геомагнитно) в горното полупространство; 2) изчисляване на пълния хоризонтален градиент (THG) на гравитационното поле; 3) изчисляване на вертикалните производни; 4) преобразуване на аномалното магнитно поле Z_a в поле на модула на аномалния магнитен вектор T_a ; 5) Ойлерова деконволюция.

1. Аналитично продължение на полето (гравитационно и геомагнитно) в горното полупространство

За изчисляване на аналитичното продължение в горното полупространство могат да се използват различни техники. Най-често използвани са две от тях: чрез непосредствено решаване на интеграла на Поасон или чрез трансформация на данните в спектралното пространство.

2. Изчисляване на пълния хоризонтален градиент (THG) на гравитационното поле

Гравитационните аномалии от преходен тип стават добре различими след трансформация на данните към модула на пълния хоризонтален градиент (Total Horizontal Gradient/ THG). Това се получава чрез изчисляване на хоризонталните производни по две ортогонални оси и геометричното им сумиране.

На картата на аномалното поле производните в посоките x и y се получават в точките на интерполационната мрежа. В тези точки съответно се изчислява също и големината на пълния хоризонтален градиент.

3. Изчисляване на вертикалните производни

Най-често използван е спектралният метод, при който комплексният Фуриеров спектър на аномалията е умножен с честотната характеристика на преобразуването и полученият резултат отново е трансформиран в пространствената област.

4. Преобразуване на аномалното магнитно поле Za в поле на модула на аномалния магнитен вектор Ta

За подобряване на корелацията между аномалните екстремуми и положението на магнитните източници е необходимо да се извърши преобразуване на аномалното поле Za в поле на модула на аномалния магнитен вектор Ta .

5. Ойлерова деконволюция

Конвенционалната Ойлерова деконволюция използва трите ортогонални градиента на каква да е потенциална величина или самия потенциал за определяне на дълбочината и положението на смущаващото тяло. Тя се прилага при интерпретация на профилни данни (2-D Euler) и площни данни (3-D Euler) чрез използване на движещ се прозорец с равномерна стъпка и големина $n \times n$ точки от грид мрежата.

Описаните методи могат да бъдат използвани в комплект или частично в зависимост от преценката на експертите.

Специализиран софтуер

В практиката на геофизичните изследвания се наблюдава голямо разнообразие от софтуерни продукти и честа употреба на авторски изчислителни и интерпретационни програми. Подходящи за използване са: *OasisMontaj* (*GEOSOFT*); *Surfer* (*GOLDEN SOFTWARE*); *PF software* пакет от програми на J. Phillips от USGS (U.S. Geological Survey Open-File Report 83-237, 31 p.); *Generic Mapping Tools* (*GMT*), Wessel, P. and W. H. F. Smith, (*EOS Trans. AGU*, 79, 579, 1998).

1.1.1.3. Представяне и оценка на резултатите от интерпретацията на аномалното гравитационно и геомагнитно поле

Интерпретацията на аномалното гравитационно и геомагнитно поле най-общо може да се обозначи като два типа: качествена и количествена.

Качествената интерпретация включва изготвяне на карти на аномалните полета с подходяща стъпка, мащаб и разделителна способност. Картите се изготвят в Глобалната земна координатна система WGS84, като най-често се използва метричната проекция Universal Transverse Mercator, zone 35N (UTM35). Мащабът се определя в зависимост от големината на изследваната територия, като за цялата страна е удачно да се работи в М 1:1 000 000, докато за изучаване на отделни региони може да се използва и М 1:100 000.

Резултатите от качествената интерпретация на аномалните полета се представят във вид на описание на наблюдаваните аномални зони, групи аномалии и отделни аномални проявления. Коментиранияте аномалии се отбелязват върху картите със система от буквено-цифрени означения за по-лесно проследяване на тяхното пространствено положение.

Количествената интерпретация се извършва чрез идентифициране и маркиране на контактните структури по осите на максимумите, получени на картата на тоталния хоризонтален градиент на аномалното гравитационно поле. Параметрите, които се определят, са: 1) координатите на проекцията на структурата на земната повърхност; 2) дължината на проекцията. Другият количествен параметър, който може да бъде получен с описаните директни методи на интерпретация; 3) дълбочината до смущаващия източник по решенията от приложената Ойлерова деконволюция по гравитационни и/или геомагнитни данни. Това е допълнителен параметър, който дава приближителна информация за разположението на структурите в дълбочина и може да намери приложение при уточняването на сеизмотектонския модел.

Оценка на получените резултати от анализа и интерпретацията на геофизични данни може да бъде направена чрез съпоставка на резултатите с геоложки и тектонски карти.

1.1.1.4. Създаване на база данни на идентифицираните аномални източници за разработване на сеизмотектонски модел

Анализът и интерпретацията на данните за аномалното гравитационно и аномалното геомагнитно поле приключва със създаване на база данни с параметрите на идентифицираните източници, които ще бъдат използвани при създаване на сеизмотектонския модел за оценка на сеизмичната опасност. Получените линейни структури се описват еднозначно с двете си координати (начало и край) или координатите на техните сегменти при по-сложните структури. За удобство при по-нататъшната интерпретация и анализа на геофизичната информация е удачно да бъде изчислена и дължината на всяка структура. За аномалните източници, за които може да бъде определена и дълбочината по метода на Ойлеровата деконволюция или по други методи, е препоръчително да бъде добавен и този параметър в базата данни. Към числените параметри на структурите може да бъде добавено и кратко описание, в случай че е налична допълнителна информация за аномалния източник.

Моделът на такава база данни има следния вид:

№ на линеамент	Координати на краищата		Дължина [km]	Дълбочина* [km]	Описание*
	Географска дължина WGS84 [Dec.Deg.]	Географска ширина WGS84 [Dec.deg.]			
1	DD.dddd	DD.dddd	L	H	
	DD.dddd	DD.dddd	L	H	
2	DD.dddd	DD.dddd	L	H	
	DD.dddd	DD.dddd	L	H	
и т.н.	
	

* незадължителни параметри, дават се само при наличие на информация

Графични приложения:

1. Карта на аномалното гравитационно поле (редукция по Буге). Единици: *mGal*. Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: от 1:1 000 000 до 1:100 000.
2. Карта на аномалното геомагнитно поле (вертикална компонента). Единици: *nT*. WGS84, проекция: UTM35, мащаб: от 1:1 000 000 до 1:100 000.

3. Карти на аналитичното продължение на аномалното гравитационно и геомагнитно поле на различни височини. *Единици: за гравитационното $mGal$, за геомагнитното nT . Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*
4. Карта на тоталния хоризонтален градиент на гравитационното поле. *Единици: $mGal/km$. Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*
5. Карти на вертикалния градиент на гравитационното и/или геомагнитното поле. *Единици: за гравитационния градиент $mGal/km$, за геомагнитния градиент nT/km . Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*
6. Карта на модула на тоталния вектор на аномалното геомагнитно поле. *Единици: nT . Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*
7. Карти на решенията, получени по метода на Ойлеровата деконволюция по гравитационни и/или геомагнитни данни. *Единици: km . Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*
8. Схема на идентифицираните структури (линеаменти) по геофизични данни. *Основа: WGS84, проекция: UTM35, мащаб: в зависимост от мащаба на картите на аномалните полета.*

1.1.2. Съвременни движения на земната кора

Определянето на съвременните хоризонтални и вертикални движения на земната кора се извършва чрез методите на спътниковата геодезия. Първите резултати за движенията на земната кора в глобален мащаб са получени през 80-те години на XX век от обработка и анализ на лазерни наблюдения на Изкуствени спътници на Земята (ИСЗ). С появата и навлизането на GPS (Global Positioning System)/ GNSS (Global Navigation Satellite Systems) технологиите в геодезическата практика те се превръщат в основен инструмент за получаване на оценки за съвременните движения на земната кора. Използването на GNSS позволява получаването на съвременните движения, напрежения и ъглови деформации на земната кора от глобален до локален мащаб с много висока точност. Това от своя страна дава възможност да се търсят причините за литосферната и регионалната динамика и да се оценява сеизмичният цикъл.

На територията на България оценки на съвременните движения на земната кора се получават от обработката и анализа на GNSS измервания от перманентни GNSS мрежи, от периодично измервани точки на специализирани геодинамични мрежи и от Държавната GPS мрежа на България. Резултатът от обработката и анализа на измерванията са хоризонтални и вертикални движения на GNSS перманентните станции и периодично измерваните точки. Обработката и анализът се извършват съгласно международно утвърдени стандарти и методика със съвременен научноизследователски софтуер, отразяващ последните постижения в областта на GNSS технологиите. На базата на получените съвременни движения се изчисляват напреженията и ъгловите деформации на

земната кора. Съвременните GPS/GNSS мрежи съвместно със сеизмичните мрежи са инфраструктурата, необходима за мониторинг на геодинамичните процеси. Същественият принос на геодезията в този процес е получаването на съвременните движения на земната кора. Поддържането на перманентни и специализирани геодинамични GPS/GNSS мрежи и обработката и анализът на измерванията са основните аспекти за оценка на деформациите преди, по време и след настъпване на сеизмични събития. Интегрирането на сеизмичните и геодезическите мрежи е ключов елемент за създаване на сеизмотектонски модели и за оценка на сеизмичния риск.

1.1.2.1. Нормативни документи

В Република България не съществуват нормативни документи, регламентиращи както получаването на оценки за съвременните движения, така и напреженията, и ъгловите деформации на земната кора. Използването на GNSS технологиите в Република България е регламентирано в Инструкция № РД-02-20-25 от 20 септември 2011 г. за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи, ДВ, бр. 79, 11.10.2011 г. Инструкцията не третира обработката и анализа на GNSS измервания за получаване на оценки за съвременните движения.

Липсата на нормативни документи не е изключение. В европейски и световен мащаб получаването на съвременните движения чрез методите на спътниковата геодезия е регламентирано в международно приети стандарти и методики, съобразени с бързо развиващите се наблюдателни техники и методи на спътниковата геодезия за обработка и анализ.

Основният технически меморандум, дефиниращ стандартите, моделите и фундаменталните константи при обработка и анализ на спътниковите измервания, е публикуван от Международната служба за ротация на Земята и координатните системи (IERS/ International Earth Rotation and Reference System Service) със седалище Париж: Gerard Petit and Brian Luzum (2010) IERS Conventions 2010, IERS Technical Note No. 36, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, 2010.

Основният технически меморандум, касаещ стандартите и методиката за обработка и анализ на GNSS измервания за получаване на координати и скорости с висока точност на територията на Европа, е: Claude Boucher and Zuheir Altamimi (2011) Memo : Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign, Version 8: 18-05-2011, <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>.

В Република България методиката за (високоточно) определяне на координати и скорости от GPS/GNSS измервания е засегната в монографиите на Георгиев и др. (2007) и Георгиев и др. (2008), които описват подробно обработката и

анализа на GPS измерванията за получаване на координатите и скоростите на точките от Държавната GPS мрежа на Република България.

1.1.2.2. Координатни системи

Основен въпрос при обработката и анализа на GNSS измервания за получаване на координати и скорости е използването на съвременна координатна система, в която да се извърши тази обработка. Въпросът е разгледан подробно в т. 4.2.1 „Оценка на съвременни движения на земната кора по данни от перманентни GNSS станции, GNSS точки от геодинамичните мрежи на НИГГТ и Държавната GPS мрежа“ на Методиката за анализ, оценка и картографиране на сеизмичния риск на Република България. Тук са споменати само основните методологични аспекти на съвременните координатни системи.

Международната служба за ротация на Земята и координатните системи (IERS) и Секцията за координатни системи на Националния географски институт (Institut Geographique National), Париж, са международните структури, които отговарят за дефинирането, реализацията, поддържането и разпространението на Международната земна координатна система (ITRS/ International Terrestrial Reference System) в съответствие с резолюциите на Международната асоциация по геодезия (IAG/ International Association of Geodesy). Международната служба IERS дефинира Международната земна координатна система (ITRS) и нейните реализации ITRFuу, където с уу се означава годината на публикуването им.

Европейска земна координатна система ETRS89

Основният недостатък на глобалната координатна система ITRS е, че координатите на точките в тази система се изменят основно заради глобалните тектонски движения. Това изменение във времето прави координатите неподходящи за практически приложения. За да бъде преодолян този проблем, Международната асоциация по геодезия (IAG) и CERGO (Central European Initiative Working Group on Science and Technology) през 1987 г. проектират и през 1989 г. реализират Европейска земна координатна система (ETRS/ European Terrestrial Reference System), базирана на GPS измервания.

ETRS покрива територията на Европа и осигурява високоточна мрежа с широк спектър приложения: геодезия, картография, навигация, геодинамика и т.н. Проектът се координира от Международната асоциация по геодезия. По време на генералната асамблея на Международния съюз по геодезия и геофизика във Ванкувър (1987) е създадена нова подкомисия на Международната асоциация по геодезия – EUREF (European Reference Frame), със задача да дефинира и въведе новата 3-D координатна система за континентална Европа. Концепцията, залегнала в основата на ETRS, се състои в създаването на високоточна континентална мрежа, еднородна като геометрия и точност, отнесена към геоцентъра и невлияеща се (в голяма степен) от изменения във времето. Координатната система ETRS концептуално се дефинира чрез мрежа от

станции, намиращи се на стабилната част на Евроазиатската континентална плоча, чиито вътрешни (intra-plate) деформации са пренебрежимо малки (за няколкогодишен интервал). Епохата 1989.0 е приета за основна (начало), тъй като това е годината на първото ETRS решение, и по тази причина координатната система е наречена ETRS89 и е приета като официална геодезическа референтна система в Европейския съюз. Благодарение на изграждането и функционирането на Европейската перманентна мрежа (EPN/ European Permanent Network) координатната система на практика е четиридименсионална.

Поради движението на Евроазиатската континентална плоча координатите на Европейските станции се променят с около 25 mm/y в координатната система ITRS. За да се избегне това значително изменение на координатите във времето, е решено ETRS89 да се движи/ротира заедно със стабилната част на Евразия, така че съотношенията между станциите да се запазват. С министерско постановление и Наредба № 2 от 30 юли 2010 г. за дефиниране, реализация и поддържане на Българската геодезическа система, ДВ, бр. 62, 10.08.2010 г., координатната система ETRS89 е официално приета като част от Българската геодезическа система 2005 (БГС2005). Годината 2005 обозначава епохата на приетите координати на точките от Държавната GPS мрежа.

1.1.2.3. Стратегия при обработката и анализа на GPS/GNSS измервания за определяне на координати и скорости

Обработката и анализът на GPS/GNSS измервания за получаване на координатите и скоростите се извършва в Международната земна координатна система ITRS. Получените резултати (координати и скорости) се трансформират в Европейската земна координатна система ETRS89, по-точно в нейната последна реализация ETRF_{yy}, по процедура, описана подробно в Claude Boucher and Zuheir Altamimi (2012), Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign, Version 8: 18-05-2011, <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>. Стратегията, която трябва да бъде приложена при обработката и анализа на GNSS измерванията, е необходимо да се базира на последните постижения в областта на континенталните и националните мрежи и на обработката и анализа на данните от Европейската перманентна мрежа, както и станциите на Международната GNSS служба.

Основните принципи при обработката и анализа на GPS/GNSS измервания в общоприетата в Европа координатна система ETRS89 при използването на перманентните EPN станции и продуктите на IGS – прецизни ефемериди на спътниците и координати на полюса, могат да се формулират по следния начин (Boucher, Altamimi, 2012):

1. Данните се обработват в ITRS за епохата на наблюдение. Използва се последната реализация на ITRS и прецизните ефемериди и координати на

полюса. Референтните станции се трансформират за епохата на наблюдение с използване на техните скорости. Получените резултати са хомогенни с ITRFyy за епохата на наблюдение.

2. Координатите се трансформират в ETRS89.

На територията на България като изходни могат да се използват станциите от Европейската перманентна мрежа (EPN), от съществуващите в страната инфраструктурни перманентни GNSS мрежи и точки от Държавната GPS мрежа. Съвременни движения на земната кора се получават и от обработка и анализ на периодични GNSS измервания на специализирани геодинамични мрежи в особено активни тектонски райони, както и от GNSS измерванията на Държавната GPS мрежа на България. Като методическо ръководство за обработка и анализ на GPS/GNSS измервания за определяне на високоточни координати и скорости могат да се използват монографиите на Георгиев и др. (2006) и Георгиев и др. (2007). Двете монографии описват подробно методиката за обработката и анализа на измерванията от Основния и Второстепенния клас на Държавната GPS мрежа на Република България за получаване на координати и скорости на точките.

1.1.2.4. Научноизследователски софтуер за обработка и анализ на GPS/GNSS измервания

Обработката и анализът на GNSS измерванията за получаване на съвременни движения и напрежения на земната кора трябва да бъдат извършвани с научноизследователски софтуер, отразяващ последните постижения в областта и позволяващ получаване на координатите и скоростите на GNSS станции и точки от земната повърхност с висока точност. Понастоящем това са:

- GAMIT/GLOBK, разработен в Масачузетския технологичен институт;
- Bernese, разработен в Астрономическия институт в Берн;
- Gipsy/Oasis, разработен в Лабораторията за реактивни двигатели, Пасадена.

1.1.2.5. Получаване и анализ на полето на хоризонталните и вертикалните движения на земната кора

Съвкупността от получените хоризонтални скорости, определени от перманентни или периодични GNSS измервания на станции/точки от земната повърхност, дефинира полето на хоризонталните скорости. Територията на България се намира на границата на Евразийската континентална плоча и сеизмично активната Егейска екстензионна зона. В този смисъл анализът на полето на получените хоризонтални скорости на земната кора трябва да се разглежда в контекста на активните тектонски процеси, протичащи в района на Източното Средиземноморие.

С оглед особеностите на полето на хоризонталните скорости на територията на страната, както и територията на изследвания район, задачата за получаване и анализ на полето на хоризонталните скорости може да бъде разделена на регионална (за област с радиус от десетки до стотици километри, включваща и региона с национален обхват) и локална (касаеща локален район, евентуално свързан с конкретен обект). На базата на получените хоризонтални скорости се определят тенденциите и закономерностите на хоризонталните движения на земната кора в съответния регион.

При определяне на вертикалните движения на земната кора трябва да се има предвид, че те са (обикновено) на порядък по-малки по абсолютна стойност от хоризонталните, съответно тяхното определяне изисква по-дълъг период от време. Вертикални скорости на точките от земната повърхност се получават от обработката и анализа на GPS/GNSS измервания от перманентни и периодично измервани станции/точки. Независим контрол на вертикалните движения, получени от анализа на GPS/GNSS измервания, може да се извърши чрез сравнението им с вертикалните скорости, изведени от многократни нивелачни измервания на репери от Държавната нивелачна мрежа. Те се представят обикновено като карти на вертикалните движения и тъй като са отнесени към някой от фундаменталните векови репери, могат да служат за контрол на *относителните* вертикални движения. На базата на получените вертикални скорости се определят тенденциите и закономерностите на вертикалните движения на земната кора в съответния регион.

Интегрирането на полученото поле на хоризонталните и вертикалните движения на земната кора за съответния район – от национален до локален мащаб, с геоложката, тектонската и сеизмичната информация е ключов елемент за създаване на сеизмотектонски модели и за оценка на сеизмичния риск.

1.1.2.6. Положение на територията на България в контекста на активните тектонски процеси в Източното Средиземноморие

Получаването на съвременни движения на земната кора не може да бъде ограничено в рамките на държавните граници, така както не може да бъде ограничена и съвременната тектоника. Това важи особено за територията на България, намираща се в северната част на т.нар. Егейския екстензионен район.

Тектонската обстановка в Източното Средиземноморие е доминирана от колизията на Арабската и Африканската плоча с Евроазиатската (McKenzie, 1970; Jackson, McKenzie, 1984, 1988; Jackson, 1992). Моделите за движение на континенталните плочи показват, че Арабската плоча се движи в север-северозападна посока спрямо Евразия със скорост от около 18–25 mm/y. Африканската континентална плоча се движи в северна посока спрямо Евразия със скорост от около 10 mm/y. Водещият ръб на Африканската плоча се подпхва (субдукция) по Гръцката дъга под Егейската микроплоча.

Сложното взаимодействие на плочите и свързаните с тях деформации на земната кора в Източносредиземноморския регион се изразява в многото разрушителни земетресения през целия исторически период на регистрирането им. McKenzie (1970) и Jackson and McKenzie (1988) определят границите на микроплочите – Егейска и Анадолска, които се движат с различни скорости, и на екстензионна зона с посока север-юг в Западна Турция, разделяща тези две плочи. Територията на България се намира в северната част на Егейския екстензионен район, като територията на Южна България изпитва екстензионни напрежения с посока север-юг.

Блоквата структура в района на Източното Средиземноморие е детайлно разгледана от Vernant et al. (2014). Резултатите са получени от обработка и анализ на голям брой перманентни и периодично измервани GPS/GNSS станции, както и от геоложка, тектонска, геоморфоложка и сеизмична информация. Измерванията обхващат периода 1994-2014 г. Резултатите за територията на страната показват, че Северна България, територията на север от Стара планина, е част от Евроазиатската континентална плоча и е с пренебрежимо малки хоризонтални скорости. Резултатите потвърждават съществуването на т.нар. Южнобалкански екстензионен район и потвърждават концепцията за съществуването му, направена основно по геоложки и тектонски данни (Burchfiel et al., 2006) и потвърдена от GPS измервания (Georgiev et al., 2011). Съгласно получения модел южната граница на Евроазиатската плоча следва приблизително Стара планина. Счита се, че Южнобалканският екстензионен район е преходът между Евразия и Егейската микроплоча на юг и Анадолската на югоизток.

Южнобалканският екстензионен район обхваща територията на Южна България, достигайки на юг до Халкидическия полуостров и на югоизток до северозападните разклонения на Северноанатолския разлом. Получените за България и Северна Гърция резултати за хоризонталните движения на земната кора показват обща тенденция на движение в посока юг, като скоростите нарастват от района на Централна България (Стара планина) от 1–2 mm/y до 10 mm/y в района на Халкидическия полуостров. Нарастването на скоростите от север на юг потвърждава екстензионния режим в същата посока в цялата област.

Локализирането на Южнобалканския екстензионен район е от важно значение за анализа на полето на хоризонталните движения на земната кора при изследвания от национален до локален мащаб. Изборът на подходяща методика за получаване на полето на хоризонталните и вертикалните скорости зависи на първо място от това дали изследваният район се намира в Северна или Южна България.

1.1.2.7. Методика за получаване и анализ на полето на хоризонталните и вертикалните движения на земната кора с регионален обхват

Геодезическите (GPS/GNSS) резултати са количествена оценка на съвременните движения на земната кора. По тази причина анализът на полето на хоризонталните и вертикалните движения трябва да включва използването на геоложка, тектонска и сеизмотектонска информация с оглед да бъде получена цялостна и реална картина, която да се използва за изясняване на съвременната тектоника на изследвания район. Практиката на геокинематичните и геодинамичните изследвания през последните десетилетия и получените резултати определят методологично няколко стъпки при планиране на дейностите и получаването и анализа на полето на съвременните движения на земната кора. Те могат да бъдат обобщени по следния начин:

- определяне обхвата на изследвания район, неговото местоположение и наличието на перманентни и/или периодично измервани GPS/GNSS станции/точки с определени скорости;
- геоложка характеристика на изследвания район и (евентуалното) наличие на съвременно активни тектонски и/или сеизмогенни структури;
- при необходимост, изграждане на нови точки и планиране на GPS/GNSS измервания;
- обработка и анализ на налични и (евентуално на) нови GPS/GNSS измервания и получаване на хоризонталните и вертикалните скорости;
- получаване полето на хоризонталните и вертикалните скорости;
- получаване на GRID с хоризонталните и вертикалните движения с разрешаваща способност в зависимост от гъстотата на използваните GPS/GNSS станции/точки;
- използване на информация за вертикални движения на земната кора от „карти на вертикалните движения“, получени от многократни нивелачни измервания;
- анализ на полето на хоризонталните и вертикалните скорости с използване на геоложка, тектонска и сеизмотектонска информация;
- изводи и заключения за характера на полето на хоризонталните и вертикалните движения и тектонската активност в изследвания район;
- на базата на полученото поле на скоростите и характера на движенията се правят изводи за тектонското поведение на изследвания район: потвърждаване или отхвърляне на геоложки хипотези; заключения за наличие или отсъствие на активни разломни структури и дислокации.

На територията на България налични измервания от перманентни GPS/GNSS станции могат да се получат от съществуващите в страната инфраструктурни перманентни GNSS мрежи – на НИГГГ (<http://www.niggg.bas.bg>), некомерсиална научноизследователска мрежа, и две, сертифицирани от Агенцията по геодезия, картография и кадастър, комерсиални перманентни мрежи – СمارтБулНет

(<http://www.naviteq.net>) и ГеоНет (<http://www.geonet.bg>). Измерванията и резултатите от обработката и анализа на измерванията на Държавната GPS мрежа са отговорност и собственост на Военно-географската служба на Българската армия, а геодинамични мрежи на територията на страната се измерват и поддържат от НИГГГ.

При анализа на полето на хоризонталните и вертикалните скорости е необходимо да се използва *наличната геоложка, тектонска и сеизмотектонска информация за съответния район*. Това включва:

- Карта на кватернерните разломи М 1:1 000 000, Иванов, Наков, Радулов, Герджиков (Отчет ГФИ 07-02, 2008);
- Карта на съвременните активни разломи М 1:1 000 000, Иванов, Радулов, Герджиков, Наков (Отчет ГФИ 07-02, 2008);
- Всички достъпни геоложки литературни данни за геологията на изследвания район;
- Сеизмични данни за изследвания район, включително механизми на сеизмични събития и данни за разломни структури, генериращи земетресения.

Особености на получените вертикални движения на земната кора от обработка на многократни нивелачни измервания

Вертикални движения на земната кора могат да бъдат получени и чрез многократна високоточна геометрична нивелация – чрез периодично измерване на отделни репери, линии или полигони. Чрез сравнение на измерените превишения между идентични репери в различни епохи се получава информация за характера и стойностите на тези движения. Резултатите се представят обикновено чрез т.нар. карти на вертикалните движения, съставени чрез площна интерполация на получените скорости на нивелачните репери. По принцип във всички карти вертикалните движения са отнесени към някакво изходно начало, обикновено фундаментален нивелачен репер. С други думи, получените вертикални движения са относителни. Вертикални движения, получавани чрез GNSS технологията, се определят в Международната земна координатна система (ITRS) и Европейската земна координатна система (ETRS89) и в този смисъл са абсолютни. По тази причина получените от повторни нивелачни измервания вертикални движения трябва да се използват за качествена/относителна оценка и в райони, където гъстотата на GNSS точките е недостатъчна или липсва.

1.1.2.8. Методика за получаване и анализ на полето на хоризонталните и вертикалните движения на земната кора за локален район

Определянето на полето на съвременните движения на земната кора за локален район трябва да се подчинява на същите принципи, на които и определянето му за даден регион.

Основната разлика идва от предположението, че в един локален район най-вероятно липсват перманентни или периодично измервани GPS/GNSS станции/точки с известни скорости и/или измервания. Този факт води до две основни хипотези:

1. Локалният район не съдържа съвременен активни разломни структури по геоложки и сеизмотектонски данни. Това би дало възможност да се използват данни за съвременните движения на земната кора за регион, който обхваща локалният район, т.е. би позволило използването на литературни данни за полето на хоризонталните и вертикалните движения. При наличие на регионално изследване за съвременните движения те могат да бъдат интерполирани за локалният район.
2. Локалният район съдържа съвременен активна структура/структури. Ако съществува регионално изследване и то съдържа данни за полето на съвременните движения, използването му е препоръчително.

В случай че не съществуват данни за съвременните движения на земната кора, трябва да се проектира и изгради геодезическа GNSS мрежа в района, а при необходимост и нивелачна мрежа за мониторинг на вертикалните движения. Мрежите трябва да обхващат оптимално активната структура/структури. Трябва да се има предвид, че получаването на съвременните движения на земната кора, отчитайки стойностите на хоризонталните и вертикалните движения, преобладаващи на територията на България, е дълговременен процес, изискващ като минимум едногодишен период на/между измерванията.

1.1.2.9. Получаване на напреженията на земната кора и локализиране на активни разломни структури

На базата на получените хоризонтални скорости на GNSS точките, перманентни или периодично измервани, се изчисляват напреженията на земната кора в страната и околните земи, както и в различни региони и области, подлежащи на изследване. Тези напрежения отразяват бавните, тектонски, интерсеизмични напрежения на земната кора. На базата на полето на напреженията и получените ъглови деформации се търсят и евентуални ротации на блокови и разломни структури.

Методиката за получаване полето на напреженията на базата на изчислените скорости не изисква идентифициране на областта на изследване според нейния обхват. Методиката може да бъде приложена и към регионална, и към локална област, при положение че се разполага с GNSS точки с определени скорости с достатъчна гъстота. На базата на скоростите и напреженията се определят тенденциите, закономерностите и разпределението им в съответния регион или област. Получените напрежения и техните изменения във времето позволяват

лесно локализиране на аномални области и оценка на съвременната активност на тектонските структури.

1.1.2.10. Локализиране на съвременно активни разломни структури

Информацията за полето на скоростите и напреженията и техните изменения във времето за изследвания район е ключова за локализиране на съвременно активни¹ разломни структури. Получените от GNSS/GPS анализа резултати – скорости и напрежения, са факторът, който доказва или отхвърля геоложки и тектонски хипотези, особено що се отнася до локализиране на съвременно активни структури. За локализиране на тези структури в района на изследване е необходимо последователно да се изготвят анализи:

- на наличната геоложка и тектонска информация; конкретна информация за територията на България може да се намери в Карта на кватернерните разломи М 1:1 000 000 и Карта на съвременните активни разломи М 1:1 000 000;
- на сеизмичните данни – честота и магнитуди на сеизмичните събития, механизми на сеизмични събития и разломните структури, по които те са се реализирали;
- на геофизичната информация (гравиметрични и магнитни данни);
- на полето на хоризонталните и вертикалните скорости и техните тенденции;
- на получените напрежения и ъглови деформации и техните изменения във времето.

1.1.2.11. Създаване на база данни за съвременните движения и напрежения на земната кора за изработване на сеизмотектонски модел

Резултатите от получените съвременни движения на земната кора – хоризонтални и вертикални, както и изчислените от тях напрежения и ъглови деформации, се съхраняват в база данни и се използват при създаване на сеизмотектонския модел на изследвания район и оценка на сеизмичната опасност. Информацията за съвременните движения на земната кора, необходима за създаване на сеизмотектонския модел, независимо дали се отнася за регионално или локално изследване, включва:

1. Координати и скорости на перманентните станции и/или периодично измервани точки с техните средни квадратни грешки, получени от обработка и анализ на GNSS измервания. Координатите и скоростите на станциите/точките могат да бъдат или правоъгълни геоцентрични – X, Y, Z, или геодезически – В (ширина), L (дължина) и Н (елипсоидна височина) координати, отнесени към официално приетия в България (международно приет) референтен елипсоид. При интерпретацията на

¹ В геодезическата практика под съвременно активна разломна структура се разбира структура, по която се наблюдават движения.

результатите за по-голямо удобство се използват геодезическите координати и съответно скорости.

Таблица 1.1.2-1. Координати на GNSS точките с известни скорости

Име/номер на станция/точка	B dd mm ss.xxxx	L dd mm ss.xxxx	H [m] sss.xxx	σ_B [mm]	σ_L [mm]	σ_H [mm]

Таблица 1.1.2-2. Скорости (хоризонтални и вертикални) на GNSS станциите/точките

Име/номер на станция/точка	Север (N) [mm]	Изток (E) [mm]	Височина (U) [mm]	σ_N [mm]	σ_E [mm]	σ_U [mm]

- При достатъчна гъстота на точките с известни скорости се построява грид на хоризонталните и вертикалните скорости. И двата грида се съхраняват обикновено като неформатни файлове с информация за: координатите на левия горен ъгъл на грида (северозапад), нарастването на грида в източна и южна посока и броя на клетките в двете посоки. При отсъствие на активни разломни структури гридът на хоризонталните и вертикалните скорости може успешно да се използва за получаване на скоростите във всяка точка на изследвания район.
- Дигитализирана карта на вертикалните движения на земната кора, получена от многократни нивелачни измервания. Тази карта (препоръчва се последната – Беляшки, 2012) позволява да се интерполират вертикалните движения във всяка точка на изследвания район при отсъствие на информация за тях от GNSS измервания или за да бъде извършен независим контрол на движенията, получени от перманентните или периодично преизмерваните GNSS станции/точки.
- Напрежения на земната кора. При достатъчна гъстота на GNSS точките с определни хоризонтални и вертикални скорости в изследвания район от тях се изчислява тензорът на напреженията. В повечето случаи той се изчислява за центровете на тежестта на триъгълниците, формирани от GNSS точките, и се представя като хоризонтална (напрежения) и ъглова деформация. Напреженията са бездименсионална величина и се представят най-нагледно върху карта на изследвания район в микронапрежения за година ($\mu\text{strain/yr}$). Ако гъстотата на GNSS точките позволява, най-добре е да бъде създаден грид за хоризонталните и ъгловите деформации с подходяща стъпка (нарастване в южна и източна посока). Така полученият грид с напрежения и ъглови деформации позволява да бъдат интерполирани напреженията/деформациите за всяка точка от изследвания район.

1.1.2.12. Научноизследователски публикации, касаещи обработката и анализа на GPS/GNSS измервания за изследване на съвременната кинематика и геодинамика и получаване на напреженията и ъгловите деформации на земната кора

Значителен брой публикации през последните години третираат получаването на съвременни движения и напрежения на земната кора от GPS/GNSS измервания за изследване на съвременната тектоника и геодинамика. Районът на Източното Средиземноморие, един от най-активните тектонски и сеизмотектонски райони, обхваща и територията на България. В цитираната по-долу литература са дадени някои публикации, които могат да бъдат използвани успешно за отчитане и прилагане на последните постижения при определяне на съвременните движения на земната кора, полето на скоростите и неговия анализ.

1.1.2.13. Актуалност на методиката

Описаната методика за получаване полето на хоризонталните и вертикалните скорости и напреженията и ъгловите деформации на земната кора отчита последните постижения в областта на приложението на GNSS технологиите за определянето им с висока точност и дава насоки за техния анализ. Използването на вертикални движения, определени чрез повторна нивелация и представени като карти на съвременните вертикални движения, трябва да се използва при липса на данни от GNSS измервания и при описаните по-горе условия. Изложената методика е успешно прилагана за получаване полето на хоризонталните и вертикалните движения и напрежения на земната кора на територията на България и околните земи. Получаваните по този начин съвременни движения са ключов елемент от анализа и оценката на сеизмичния риск.

1.1.3. Сеизмологична база данни и хомогенизиран деклъстеризиран каталог

- При създаване на сеизмологична база данни за даден регион трябва да се отчитат сеизмотектонските особености на региона и практическата задача, за решението на която се използва тази база от данни.
- Генериране на файл с историческа сеизмичност, за която на няма инструментални записи (за България сеизмичността, реализирана преди 1900 г.). Историческата сеизмичност трябва да обхваща максимално голям период от време и да се простира толкова назад във времето, колкото е възможно.

Информацията за всяко земетресение (в генерирания файл) трябва да включва:

- дата на събитието (година, месец, ден);
- локализация на макросеизмичния епицентър (координати);
- максимална интензивност;

и ако е възможно,

- време на възникване (час, минута);
- оценка за фокалната дълбочина (в km);
- оценка за магнитуд;
- оценка за точността на определяне на горните параметри;
- оценка за качеството и количеството на данните, използвани за оценка на горните параметри.

Използваната интензивностна ска̀ла трябва да бъде уточнена. Магнитудът и фокалната дълбочина могат да бъдат допълнително оценени чрез съответни емпирични релации между инструменталните данни и макросеизмичната информация.

Параметрите на земетресенията се определят на базата на:

- наличната каталогизирана информация;
- допълнителни писмени сведения;
- историческа и археологическа информация. Тези сведения и данни се извличат от исторически, предимно писмени документи, древни книги, надписи, хроники, приписки, рисунки, предания и др. Някои данни се получават при археологически разкопки и от палеосеизмологични изследвания, но при последните датировката на събитията е затруднена.
- Генериране на файл със сизмологични данни за земетресенията, реализирани след 1900 г. (покриващ ранноинструментален и инструментален период).

Информацията за всяко земетресение (в генерирания файл) трябва да включва:

- дата на събитието (година, месец, ден);
- време на възникване (час, минута, секунда);
- епицентър на събитието (координати на епицентъра);
- фокална дълбочина (в km) – хипоцентър на събитието;
- всички налични магнитудни оценки (магнитудни оценки по различни ска̀ли) и ако са налични, оценки за сеизмичен момент и свалено напрежение;
- размери и геометрия на на фор-афтършокова зона (ако са налични);
- друга информация, която може да се използва за опознаване сеизмотектонския режим на изследвания регион като: решения на фокалните механизми, оценка на свалено напрежение и други параметри на сеизмичния източник;
- детайлна макросеизмична информация (ако е налична);
- оценка за точността на определяне на горните параметри.

Параметрите на земетресенията се определят на базата на:

- налична каталогизирана информация;
- допълнителни писмени сведения за периода до 1970 г. ;

- допълнителна информация от международни и национални сеизмологични центрове за периода след 1970 г.
- Съпоставяне и съвместяване на файловете със земетресения, реализирани през исторически, ранноинструментален и инструментален период – формиране на обща база данни за земетресения, генерирани в разглеждания регион.
- Компилиране на сеизмологичен каталог – таблица от хронологично подредени исторически и инструментално регистрирани сеизмични събития. Сеизмологичният каталог се създава на основата на компилираната сеизмологична база данни за изследвания регион.

Каталогът трябва да съдържа всички задължителни параметри за сеизмичните събития, както и допълнителната информация, която да се използва за дефиниране сеизмотектонския режим на изследвания регион.

- В компилирания каталог се хомогенизират магнитудните оценки (M) и оценките за макросеизмична интензивност (I_0/I_{max}).

Привеждане на магнитудните оценки към магнитуд по сеизмичен момент (M_W) може да се реализира чрез релации от вида $M_W = F(M)$, каквито са зависимостите, представени напр. в изследването на Scordilis (2006).

За хомогенизация на интензивностните оценки (привеждане към MSK 64) се прилага номограма, свързваща съществуващи скали (прилагани от края на XIX до началото на XXI в.) с MSK 64, представена в Shebalin et al. (1974).

- Каталогът се деклъстеризира, като се:
 - разпознат и изключат дублираните събития и сеизмичните събития, които са резултат от антропогенна дейност;
 - разпознат и маркират фор-афтършоковите събития.

Най-често използваният подход за идентифициране на афтършокови събития е чрез прилагане на магнитудно зависимия, пространствено-времеви прозорец, предложен за Балканския регион от Christoskov, Lazarov (1981).

Друг подход за разпознаване на афтършокови събития е чрез определяне продължителността на афтършоковата активност (представен в Ogata, Shimazaki, 1984.)

- Изследване пълнотата на каталожната информация в хомогенизирания и деклъстеризиран каталог.

Пълнотата на каталожните данни може да се изследва чрез прилагане на метода на Stepp (1972) и/или метода на “наклона” (Hakimhashemi, Grünthal, 2012).

Въз основа на оценката за пълнотата на каталожните данни се определят времевите интервали, за които земетресенията от даден магнитуден клас са напълно отчетени. Статистическите оценки на сеизмичността в даден регион

трябва да се основават на каталог, който е пълен за разглеждан период от време за магнитуди в даден магнитуден интервал. Използването на каталог, който не е пълен, ще води до некоректни оценки за сеизмичността на региона, а оттам и некоректност на всички следващи оценки, основаващи се на сеизмичността – на сеизмичната опасност и на сеизмичния риск.

1.2. СЪЗДАВАНЕ НА СЕИЗМОТЕКТОНСКИ МОДЕЛ

Сеизмотектонският модел е конфигурация на геоструктурите в даден регион, способни да генерират земетресения, или това е характеристичен модел на сеизмичните източници в региона, включващ алеаторните и епистемичните неточности в определяне на техните характеристики. Сеизмотектонският модел се създава въз основа на обща база данни, получена от изследванията за даден регион. Наличната сеизмотектонска информация може да бъде различно интерпретирана от отделни експертни групи, т.е. за региона може да се генерират повече от един сеизмотектонски модели, които да бъдат включени в логическата схема.

Стандартната процедура е интегриране на елементите на геолого-геофизичната и сеизмологичната база данни, като се включи и допълнителна информация (напр. за действащите напрежения) с цел създаване на модел, състоящ се от дискретен набор сеизмогенни структури и области с дифузна сеизмичност. Сеизмогенната структура е геоструктура, разлом или разломна зона с проявена сеизмична активност или с исторически (или палеосеизмични) данни за повърхностно разкъсване. Тази структура може да генерира силни земетресения с определен период на повторемост. Областите с дифузна сеизмичност включват сеизмичността, която не може да се привърже към структурите, идентифицирани въз основа на наличната геолого-геофизична база данни.

- Входната информация за създаване на сеизмотектонски модел включва:
 - конфигурация на активните разломи, идентифицирани по геоложки данни в изследвания регион;
 - конфигурация на разломите, дефинирани по геофизични данни в изследвания регион;
 - GPS данни за изследвания регион – активността на разломите се потвърждава или отхвърля от наличната геодезична информация;
 - хомогенен, деклъстаризиран каталог на независими земетресения, генерирани в разглеждания регион.
- Интегрирането на данни е процес, при който се комбинират данни от различни източници с цел да се предостави на потребителя унифицирана информация.

За интегриране на данните, които са необходими за конструирането на сеизмотектонски модел (въз основа на който се създава модел на сеизмичните източници), е необходимо да се следва следната процедура:

- Извличане и подбор на необходимите входни данни от формираните бази данни – геоложка, геофизична и сеизмологична;
- Включване на допълнителна информация: решение на механизмите на земетресенията, геодезична информация (които дават информация за съвременните движения и напрежения на земната кора) и др. Оценката на съвременните движения и напрежения в земната кора дава възможност да се определят деформациите от глобален до локален мащаб. Тази информация позволява да се разграничат краткотрайните движения по време на земетресения от дълговременните тектонски деформации;
- Обработка на входните данни с цел да се извлече необходимата информация за идентифициране на възможните сеизмогенни структури;
- Изчистване на данните – премахване на дублирани данни;
- Трансформация и параметризация на данните – привеждане в единна координатна система, унифициране на мерните единици и скали;
- Представяне на всички входни данни в геореферирани вид в единна координатна система;
- Прилагане на компютърни технологии – надеждно средство за интегриране на основните бази данни.

Представянето на информацията в GIS среда е един много ефективен инструмент за интегриране и картографиране на входните бази данни.

Така създаденият сеизмотектонски модел е основата за компилиране на модел на сеизмичните източници – основен вход за оценка на сеизмичната опасност.

1.3. ГЕНЕРИРАНЕ НА МОДЕЛ НА СЕИЗМИЧНИТЕ ИЗТОЧНИЦИ (ИДЕАЛИЗАЦИЯ НА СЕИЗМОТЕКТОНСКИЯ МОДЕЛ)

Сеизмотектонският модел е от съществено значение за прехода от общата регионална база данни (включваща геолого-геофизична, геодезична и сеизмологична информация) към моделиране на сеизмичните източници, които са в основата на оценката на сеизмичната опасност. Моделът на тези източници е схематично представяне на сеизмотектонския модел във форма, позволяваща директното му прилагане в оценката на сеизмичната опасност.

На базата на един сеизмотектонски модел може да се създаде повече от един модел (алтернативни модели) на сеизмичните източници.

Сеизмичен източник е област, характеризираща се с подобие на геоложкия строеж и реализирана сеизмичност. Сеизмичните източници се определят на основата на сеизмотектонския модел, създаден за съответния регион.

1.4. ДЕФИНИРАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА СЕИЗМИЧНИТЕ ИЗТОЧНИЦИ

Надеждната оценка на сеизмичната опасност в даден регион изисква предвиждане на пространственото, енергетичното и времевото разпределение на бъдещите земетресения, както и адекватното моделиране на геометрията на сеизмичните източници, която е директно свързана с конфигурацията на сеизмотектонския модел.

- За всички елементи на сеизмотектонския модел (сеизмогенни структури и зони с дифузна сеизмичност) се дефинира геометрия (пространствени характеристики);
- За елементите на сеизмотектонския модел се оценява магнитудно-честотна зависимост (закона на Gutenberg and Richter, 1942, или график на повтораемост, който се дефинира чрез релацията: $\log N = a - bM$), като се посочи магнитудният интервал, за който тази релация е приложима. Параметрите a и b на магнитудно-честотна зависимост най-често се оценяват по Метода на най малките квадрати (МНК) или Метода на максималното правдоподобие (ММП), като за предпочитане е оценката по ММП;
- Неточностите в оценката на параметрите на магнитудно-честотната зависимост трябва да се дефинират с вероятностни разпределения, които отчитат всички връзки между тези разпределения. Грешките в параметрите, получени по МНК, не трябва да се използват за оценка на неточностите поради факта, че нямат статистически смисъл;
- За елементите на сеизмотектонския модел (сеизмогенни структури и зони с дифузна сеизмичност) се определя максимален потенциален магнитуд M_{\max} на очакваните земетресения, който може да бъде оценен на базата на:
 - Сеизмологична информация – каталог на земетресенията, съдържащ достатъчно информация за продължителен период от време в голям магнитуден интервал и висока сеизмична активност;
 - M_{\max} , оценен въз основа на магнитуда на максималното наблюдавано историческо или съвременно земетресение плюс инкремент ΔM ($M_{\max} + \Delta M$), съобразен с точността на магнитудните определения за съответния времеви период;
 - Геоложка информация, прилагайки емпирични зависимости, свързващи M_{\max} напр. с дължината на разлома, породил земетресението (могат да се използват и други характеристики на разломите). Най-често прилаганите емпирични релации са зависимостите, представени например в работата на Wells and Coppersmith (1994), получени въз основа на богатата база световни данни;

- В практиката често се прилага подходът на “експертно решение”, който се базира на наличната геоложка информация, историческа и съвременна сеизмичност и/или магнитудно-честотната зависимост за земетресенията, генерирани в съответния сеизмичен източник.

Стойността на M_{\max} се използва като горна граница за интегриране при вероятностния анализ, за оценка параметрите на магнитудно-честотната зависимост, както и при детерминистичната оценка на опасността.

Неточностите в оценката на M_{\max} трябва да се опишат с дискретни или непрекъснати вероятностни разпределения.

- За всеки сеизмичен източник се задават разпределенията на земетресенията в пространството, по магнитуд и във времето. За моделиране пространствено-времето и енергетичното разпределение на земетресенията и коректно оценяване параметрите на тези разпределения е необходимо използване на хомогенен, деклъстеризиран каталог на независими земетресения.

Разпределение в пространството:

- За площни източници обикновено се приема равномерно разпределение. За моделиране на неравномерно разпределение могат да се дефинират подизточници с по-висока или по-ниска сеизмична активност;
- Земетресенията по линеен източник се разглеждат като „разломяване” с размери (дължина и широчина), зависещи от магнитуда на земетресението. Възможните „разломявания” се приемат за равновероятни. Размерите на „разломяването” се оценяват по емпирични релации в зависимост от сеизмотектонските характеристики на района, в който е разположен източникът. Освен дефинирането на проекцията на източника на земната повърхност трябва да се оцени и ъгълът на залягането му (dip angle). Тези параметри са необходими за определяне пространствените характеристики на разломяването и разстоянията до площадката;
- Дълбочината трябва да се разглежда като алеаторна неопределеност и се задава със съответно (обикновено дискретно) разпределение.

Разпределение по магнитуд:

- За площни източници се приема отсечено експоненциално разпределение с граници минимален магнитуд от инженерна значимост – максимално очаквания за източника магнитуд. Минималният магнитуд може да варира в зависимост от минималното разстояние от източника до изследваната площадка;
- За линеен източник (моделиращ разлом) може да бъде разглеждан и модел с характеристично земетресение. Параметрите на сеизмичността се оценяват само по земетресения, свързани с моделирания разлом. Друг подход за оценка е по геоложки и/или геодезични данни;

- Препоръчително е моделите с характеристично земетресение да се включват в логическото дърво с по-малко тегло от модела с експоненциално разпределение;
- Възможно е да се използва тригерен модел, но поради недостатъчно данни за надеждна оценка на параметрите му не се препоръчва за научно-приложни изследвания.

Разпределение във времето:

- За площни източници се използва Поасоново разпределение на земетресенията във времето;
- За линейни източници е възможно да се използват и времево зависими модели, но на този етап за научно-приложни изследвания не се препоръчва.

1.5. ИЗБОР НА РЕЛАЦИИ ЗА ЗАТИХВАНЕ НА ЗЕМНИТЕ ДВИЖЕНИЯ

Затихване на сеизмичните вълни – намаляване на амплитудите на сеизмичните вълни при разпространението им от земетръсното огнище до дадена точка, отдалечена на определено разстояние от огнището. Обикновено затихването се представя чрез съответни криви (закони, модели) на затихването, които са функция на магнитуда M , на разстоянието до източника и други параметри (механизъм на земетресението, инженерно-геоложка характеристика на площадката и др.).

Прогностичните релации за земните движения (Ground Motion Prediction Equations/ GMPEs), или релации (закони) за затихване, са средство за прогнозиране на нивото на земните движения заедно с техните неопределености в зависимост от магнитуда, разстоянието земетръсен източник–площадка, локалните почвени условия, механизма на реализация на земетресенията и др. Законите за затихване се използват ефективно както за детерминистичен, така и за вероятностен анализ на сеизмичната опасност. В момента най-често използваните интензивностни мерки за земните движения са: максимално земно ускорение, максимална земна скорост, спектрални ускорения, макросеизмична интензивност.

Най-общо, анализът на сеизмичната опасност е свързан с оценката на земното движение на дадена площадка вследствие на множество от земетръсни сценарии. Всеки сценарий се дефинира чрез магнитуд на земетресението и разстоянието от сеизмичния източник до площадката. Стойността на избран параметър на земното движение (максимално и спектрално ускорение, максимална скорост, интензивност и др.) се изчислява (прогнозира) от закон (модел) за затихване на избрания параметър – $\ln Y = f(m, r, c_i)$, функция на магнитуда m , разстоянието r . От съществено значение е, че законът за затихване не задава фиксирана стойност на избрания параметър на земното движение, а дефинира медианна стойност и дисперсия на неговото разпределение. Това

означава, че за всеки вектор (m, r, c_i) очакваната стойност на параметъра е случайна величина със съответно разпределение, т.е. $\ln Y = f(m, r, c_i) \pm \sigma$, което се приема за логнормално. По този начин всеки сценарий се дефинира чрез вектор (m, r, c_i, α) , където α задава отклонението от медианната стойност $f(m, r, c_i)$ и обикновено се задава в части от σ , т.е. $\alpha = \varepsilon \sigma$. Съвременните оценки на сеизмичната опасност разглеждат тази „недетерминираност“ на Y с m, r и c_i като интегрална част при всяка оценка (Bommer, Abrahamson, 2006). Съществен параметър на законите за затихване е стандартната девиация. Най-общо, стойностите на стандартната девиация σ зависят от критериите за селекция, количеството и качеството на входните данни и до голяма степен отразяват неопределеността, заложена в едно сложно природно явление, представено със силно опростен модел.

Епистемичните (моделните) неточности трябва да се включват в анализа на сеизмичната опасност чрез прилагане на няколко релации за затихване на земните движения, подходящи за сеизмотектонските особености на изследвания регион.

При оценка на сеизмичната опасност за територията на България трябва да се отчитат две съществени особености:

1) Силните плиткы земетресения са реализирани през прединструментален и ранноинструментален период (т.е. съвременната сеизмичност е от слаби до умерени събития с магнитуд по-малък от 6.0) и поради недостатъчното количество налични данни до настоящия момент не са получени модели за затихване на максималните и спектралните ускорения. Поради тази причина за плитката сеизмичност се използват емпирични модели за затихване, получени въз основа на богата и хомогенна база от инструментални данни за силни движения, регистрирани в райони със сходни геоложки и сеизмотектонски характеристики.

2) За голяма част от територията на Северна България най-силните сеизмични въздействия са резултат от междиннофокусните земетресения, генерирани от сеизмичен източник Вранча, Румъния.

- Първа стъпка при избор на релации за затихване на земните движения е извличане и подбор на необходимите модели за прогнозиране на затихването от: 1) плиткы (корови) силни земетресения; 2) силни междиннофокусни земетресения, генерирани от сеизмичен източник Вранча, Румъния.
- Релациите за затихване на земните движения, използвани за оценката на сеизмичната опасност, трябва да отговарят на следните критерии:
 1. Да са актуални и установени за времето на изследването;
 2. Да са описани данните, по които законът е получен: магнитуден интервал; интервал по разстояния и др.;

3. Използваните закони трябва да са приведени към една и съща компонента (максималната от двете регистрирани компоненти, средно геометрично, случайна компонента и др.);
 4. Да са в съответствие с типа на земетресенията и регионалните особености на затихване;
 5. Да отразяват във възможно най-голяма степен тектонските особености на разглеждания регион;
 6. Да отчитат най-малко тип почва и тип механизъм;
 7. Магнитудът, разстоянието и другите параметри да са в съответствие с тези параметри, използвани за характеризиране на сеизмичните източници;
 8. Да е посочена оценката на стандартната девиация, изчислена за съответната релация.
- Следващ етап е верифициране на избраните релации – да се покаже, че моделите за затихване, приложени за оценка на сеизмичната опасност, не са в противоречие с регионалните особености на сеизмогенния процес. За верификация се използват данни от директни наблюдения и макросеизмична информация.

1.6. МОДЕЛИРАНЕ НА НЕТОЧНОСТИТЕ В СЕИЗМИЧНИЯ ВХОД (ЛОГИЧЕСКО ДЪРВО)

Отчитането на неточностите в сеизмичния вход е ключов елемент в анализа на сеизмичната опасност. Вероятностният анализ на сеизмичната опасност е разработен, за да се отчитат неточностите в оценката на честотата на поява, силата и местоположението на бъдещите земетресения (Cornell, 1968).

Неточностите се разделят на два основни вида: алеаторни (aleatory), наречени още случайни грешки или неопределености; и епистемични (epistemic), или моделни грешки (McGuire, 1993).

Първият тип (случайни, или aleatory) са неточностите, произтичащи от случайността, присъща на природните явления. Те отразяват случайността, характерна за сеизмичния процес и разпространението на сеизмичните вълни. Вероятностните функции, съдържащи се в основния аналитичен модел за оценка на сеизмичната опасност, отразяват случайните неточности. Алеаторните неточности са включени директно в изчисленията при вероятностния анализ на опасността чрез математическото моделиране.

Моделните (епистемични) неточности са следствие на статистически или моделни вариации и са резултат от нивото на познание и базата данни, която е налична. Тези неточности са следствие на недостатъчното познание (включително ограничените извадки от данни) за сеизмогенезиса, характеристиката на протичащите процеси, земните движения и т.н., т.е. това са неточности в сеизмичния вход. Съществуват редица моделни грешки при

оценката на сеизмичната опасност, например: конфигурацията на сеизмичните източници; техните сеизмични характеристики – моделирането на честота на земетресенията, максималния магнитуд и др.

Правилното отчитане на неточностите е ключов елемент при вероятностния анализ на сеизмичната опасност. Разграничаването на двата вида грешки (което невинаги е лесна за решаване задача, а е възможна и миграция от алеаторни към епистемични грешки) и включването на моделните грешки в оценките са едни от най-важните проблеми, които се решават, за да се получи надеждна оценка от вероятностен анализ на сеизмичната опасност.

- Установена процедура при PSHA е включването на моделните неточности (грешки) в изчисленията чрез използването на „логическо дърво”. Логическото дърво е въведено от Kulkarni et al. (1984) като средство за моделиране и количествена оценка на неточностите в сеизмичния вход и се разглежда като част от вероятностния анализ на опасността (Coppersmith, Youngs, 1986).

Логическото дърво позволява формалното характеризирание на неточностите чрез алтернативни интерпретации, модели и параметри.

Общоприет подход за отчитане на моделните грешки е чрез постулиране на съвкупност от хипотези. На всяка хипотеза се приписва вероятностна стойност (тегло), основаваща се на аналитичната ѝ степен на достоверност или експертна оценка. За всяка хипотеза се генерира крива на сеизмичната опасност, представяща годишната честота на превишаване на определен параметър на земните движения. Така неточностите във входните данни намират израз в получаване на съвкупност от криви на опасността, отразяващи възможните хипотези.

- Важен принцип при разработването на логическото дърво (както е дефинирано в Vommer et al., 2005) е то да включва (чрез своите разклонения на дадено ниво) очакваните физически възможности за параметъра, който отразява съответното ниво.
- Логическото дърво за оценка на сеизмичната опасност трябва да включва неточностите във:
 - Конфигурацията, границите, размерите и дълбочинното разпределение на земетресенията в дефинираните сеизмични източници (препоръчително);
 - Оценката на магнитудно-честотната зависимост, изразена чрез нивото на сеизмичната активност и относителната честота на събития с различна сила (магнитуд) за всеки един от дефинираните сеизмични източници;
 - Оценката на максималния магнитуд (M_{max}) на очакваните земетресения – важен параметър в анализа на сеизмичната опасност (особено за малки вероятности на надвишаване);
 - Релациите (моделите) за затихване на сеизмичните земни движения като функция на силата на земетресението (магнитуд M) и разстоянието

сеизмичен източник–площадка. Установено е, че едни от най-съществените неопределености в анализа на сеизмичната опасност са свързани с релациите за затихване на сеизмичните вълни. Тази неопределеност най-общо се дава със стандартната девиация на релацията, изчислена за съответната релация. Допълнително за всяка релация трябва да е посочен магнитудният интервал, за който е валидна. Освен това всяка релация съдържа в себе си и епистемични неточности, дължащи се на ограничената извадка от данни, която е използвана за нейното получаване, опростената форма на релацията и др. По тази причина е необходимо в анализа да се използват поне две релации за затихване на земните движения, подходящи за сеизмотектонските особености на изследвания регион.

- Клоновете на логическото дърво трябва да са разработени по такъв начин, че при натрупване на нови познания ревизираните оценки на параметрите да бъдат лесно отразени;
- Физически необосновани хипотези не трябва да бъдат включвани в логическото дърво;
- За оценката на сеизмичната опасност да се използва софтуер, който позволява в изчисленията да се прилагат алтернативни модели за затихване и различни модели на сеизмичните източници.

1.7. ВЕРОЯТНОСТНА ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА ОПАСНОСТ (PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT)

Вероятностният подход (PSHA) оценява вероятността земното движение да превиши дадено ниво вследствие на земетресение за даден период от време. Земното движение може да бъде представено чрез различни характеристики – макросеизмична интензивност, максимално ускорение (скорост, преместване), спектрални ускорения и др. Вероятностният подход дава количествена оценка на сеизмичната опасност за дадена площадка от всички възможни земетресения на различни разстояния като вероятност за надвишаване на дадено ниво на земното движение за интересоващи ни периоди от време. Вероятностният подход е разработен, за да се отчита неопределеността, заложена в сеизмичния процес. Съвременните техники (програмни продукти) позволяват в анализа да се отчитат и неточностите във входните данни, необходими за оценката на сеизмичната опасност. Вероятностната оценка на проектните нива на земното движение се извлича директно от PSHA анализа.

Най-общо, сеизмичната опасност на дадена площадка е функция на: местоположението и геометрията на потенциалните сеизмични източници; максималната сила на земетресенията, които могат да се генерират във всеки един от потенциалните сеизмични източници, повторемостта на събития с

различна сила в тях и характеристиките на разпространението на сеизмичните вълни в дадения регион. Това обуславя основните етапи във вероятностния анализ на сеизмичната опасност, представени по-долу.

- Създаване и обединяване на сеизмологична, геолого-геофизична и геодезична база данни. Потенциалните сеизмогенни източници в разглежданата територия се дефинират по сеизмологична, геоложка, геофизична и геодезична (данни за съвременните движения и напрежения на земната кора) информация. Съвместяване на тези данни позволява да се локализира съвременен активни разломни структури и да се оцени разпределението на напреженията в земната кора за изследваната територия.
- Регионален сеизмотектонски модел се създава въз основа на общата база данни, получена от изследванията за региона при съгласувано обединяване на сеизмологичната, геолого-геофизичната и геодезичната информация. Стандартната процедура е интегриране на елементите от базите данни, като се включва и допълнителна информация (напр. решение на механизмите на земетресенията, действащи напрежения и др.) с цел създаване на модел, състоящ се от дискретен набор сеизмогенни структури и зони с дифузна сеизмичност. Всеки елемент на сеизмотектонския модел се характеризира с геометрия, магнитудно-честотно разпределение на земетресенията и максимален очакван магнитуд. При анализа на сеизмичната опасност е необходимо да се отчитат неточностите и интервалите на вариране на параметрите, характеризиращи елементите на модела. Подробно описан в раздел 1.2.
- Генериране модел на сеизмичните източници – конфигурация на източниците, в които се генерират земетресения. Моделът на сеизмичните източници е схематично представяне на сеизмотектонския модел, позволяващо директното му прилагане в изчисленията на сеизмичната опасност. Сеизмичен източник е област, характеризираща се с подобие на геоложкия строеж и реализирана сеизмичност. Сеизмичните източници се определят на основата на сеизмотектонския модел, създаден за съответния регион. Елементите на модела се представят като сеизмичен източник от определен тип и геометрия (източниците могат да бъдат площни, линейни, смесен тип и точкови). Подробно описан в раздел 1.3.
- Оценка на параметрите на пространствено-времето и енергетичното разпределение на сеизмичността (оценява се и точността в определяне на съответния параметър) във всеки сеизмичен източник. Надеждната оценка на сеизмичната опасност в даден регион изисква предвиждане на пространственото, енергетичното и времето разпределение на бъдещите земетресения, както и адекватното моделиране на геометрията на сеизмичните източници. За моделиране пространствено-времето и

енергетичното разпределение на земетресенията и коректното оценяване параметрите на тези разпределения е необходимо използване на хомогенен, деклъстеризиран каталог на независими земетресения и актуална и пълна геолого-геофизична и геодезична база данни. Подробно описани в раздел 1.4.

Случайността в местоположението на бъдещите земетресения, генерирани в сеизмичните източници, най-често се моделира чрез равномерно разпределение в целия източник и/или равномерно разпределение на земетресенията с по-нисък магнитуд в него и равномерно разпределение на по-силните земетресения по дефинираните (в източника) сеизмогенни структури.

За всеки сеизмичен източник се определя повторемостта на земетресенията с различни магнитуди (магнитудно-честотна зависимост), която се представя чрез нивото на сеизмичната активност и относителната честота на събития с различна сила (магнитуд). За всеки сеизмичен източник се оценява магнитудно-честотната зависимост, или график на повторемост, която се дефинира чрез релацията: $\log N = a - bM$. Посочва се и магнитудният интервал, за който релацията е приложима. Параметрите **a** и **b** на магнитудно-честотната зависимост най-често се оценяват по МНК или ММП, като за предпочитане е оценката по ММП. Неточностите в оценката на параметрите на магнитудно-честотната зависимост трябва да се дефинират с вероятностни разпределения, които отчитат всички връзки между тези разпределения.

За всеки един от дефинираните сеизмични източници се оценява максималното очаквано земетресение, което може да се генерира от източника. Максималният магнитуд (M_{\max}) на очакваните земетресения е важен параметър в анализа на сеизмичната опасност (особено за малки вероятности на надвишаване). M_{\max} може да се оцени както от сеизмологична, така и от геолого-геофизична база данни, допуска се и „експертно решение“. Неточностите в оценката на M_{\max} се описват с дискретни или непрекъснати вероятностни разпределения.

- Избор на модел за затихване на сеизмичните земни движения. Затихването се представя чрез съответни криви, наричани още прогностични релации, закони, модели, описани в раздел 1.5.

Прогностичните релации за земните движения (Ground Motion Prediction Equations/ GMPEs) са средство за прогнозиране на нивото на земните движения заедно с техните неопределености в зависимост от магнитуда, разстоянието земетръсен източник–площадка, локалните почвени условия, механизма на земетресенията и др. като функция на силата на земетресението (магнитуд M) и разстоянието сеизмичен източник–площадка. Прогностичните релации оказват съществено влияние върху оценката на сеизмичната опасност. Оценката на параметрите (коефициенти и стандартна девиация) на даден закон за затихване силно зависят от количеството и качеството на входните данни – магнитуден интервал, хомогенност на извадката и др.

Съществено е избраните релации да бъдат верифицирани с данни от директни наблюдения и макросейзична информация – да се покаже, че моделите за затихване, приложени за оценка на сейзичната опасност, са в съответствие с регионалните особености на сейзогенния процес на територията на България.

- Моделиране на неточностите във входните данни (описани в 1.6). Отчитането на неточностите в сейзичния вход е ключов елемент в анализа на сейзичната опасност. Вероятностният анализ на сейзичната опасност е разработен, за да се отчитат неточностите в оценката на честотата на поява, силата и местоположението на бъдещите земетресения (Cornell, 1968). Правилното отчитане на неточностите е ключов елемент при вероятностния анализ на сейзичната опасност.

Неточностите се разделят на два основни вида – алеаторни (aleatory) и епистемични (epistemic) (описани в т. 1.6).

Във вероятностния анализ на сейзичната опасност неточностите в моделирането (моделните грешки) се отчитат и включват в изчисленията чрез т.нар. логическо дърво (логическа схема) (Kulkarni et al., 1984; Coppersmith, Youngs, 1986; Bommer et al., 2005) и/или чрез метода на Monte Carlo (Bungum et al., 1986).

- Избор на подходящ стохастичен модел за поява на земетресенията. В повечето случаи при оценката на сейзичната опасност се предполага, че вероятността земетресение да се случи в момент T не зависи от времето, изминало от предишното земетресение. Това предположение обикновено се описва чрез Поасонов процес. В почти всички съвременни софтуерни продукти за вероятностен анализ на сейзичната опасност е предположен Поасонов процес за реализация на земетресенията във времето.
- Избор на софтуер за вероятностна оценка на сейзичната опасност. За вероятностна оценка на сейзичната опасност на територията на България е разработена програма, основавана главно на програмата EQRISK (McGuire, 1976), като са използвани някои изчислителни процедури от SEISRISKIII (Bender, Perkins, 1987). Програма е приложена и за вероятностна оценка на сейзичната опасност за редица високорискови съоръжения на територията на страната и за създаването на нови карти за сейзично райониране на България в съответствие с ЕС8.

Исходната информация от Вероятностния анализ на сейзичната опасност е:

- Средни и фрактални криви на сейзичната опасност (представени в табличен и графичен вид) за избрания параметър на земно движение;
- Среден и фрактални равновероятностни спектри (представени в табличен и графичен вид);

- Средните и фракталните криви и равновероятностни спектри се изчисляват за различна годишна вероятност за надвишаване (например 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} и 10^{-6}) и за различни фрактални нива (например 0.05, 0.16, 0.50, 0.84 и 0.95) в зависимост от изискванията, заложи в работната програма;
- При вероятностния анализ на сеизмичната опасност е препоръчително да се определят земетресенията с най-голям принос към сумарната оценка на сеизмичната опасност за дадена област и да се отчете относителният принос на всеки сеизмичен източник към сумарната оценка. Такива оценки се получават чрез деагрегация на резултатите от PSHA. Деагрегацията е процедура, разработена за изследване на пространствено-магнитудната зависимост на резултатите от вероятностния анализ на сеизмичната опасност. Извършва се деагрегация по магнитуд и разстояние (M-D деагрегация) и по сеизмични източници. Деагрегацията се прилага за средната стойност на сеизмична опасност и за годишни вероятности за надвишаване, които ще бъдат използвани за оценяване или проектиране. В деагрегацията може да бъде включен и параметърът ϵ , даващ отклонението на земното движение от прогнозираната (медианна) от използваните релации за затихване стойност (ϵ се задава като \pm части от стандартната девиация).

1.8. ДЕТЕРМИНИСТИЧНА ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА ОПАСНОСТ (DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT)

Детерминистичният подход постулира появата на земетресение с определена сила и конкретно местоположение (обикновено активен разлом) и оценява въздействията от това земетресение за конкретна площадка. Въздействията могат да бъдат представени чрез различни характеристики – макросеизмична интензивност, максимално ускорение (скорост, преместване), спектрални ускорения и др. Този подход не прогнозира вероятността за случване на даденото събитие през определен период от време. Детерминистичната оценка е нивото на сеизмичните земни движения, предизвикани от най-силните земетресения, реализирани в най-близките до дадена площадка сеизмични източници. Вероятността за надвишаване на това ниво не може да се изчисли директно и се оценява след вероятностния анализ на сеизмичната опасност. В зависимост от целите на изследването могат да се разглеждат земетресения, избрани по други критерии – например по-слабо земетресение с по-голяма вероятност за случване. Детерминистичната оценка е препоръчителна при оценки на сеизмичната опасност за площадки с ограничени размери (напр. селища).

Детерминистичният подход включва следните етапи:

- Създаване на сеизмотектонска база данни за разглеждания регион (обикновено област с радиус около 150 km около разглежданата площадка);
- Анализ на регионалната сеизмотектоника;
- Индентификация и местоположение на сеизмичните източници, които могат да предизвикат значими сеизмични въздействия върху дадена площадка;
- Определяне на “референтно” земетресение (максималното историческо или максимално потенциално земетресение в съответствие със сеизмотектонските особености на региона) за всеки източник, специфицирано с магнитуд или епицентрална интензивност. “Референтното” земетресение трябва да бъде в съответствие с резултатите от деагрегацията на вероятностния анализ на сеизмичната опасност. В зависимост от резултатите от деагрегацията детерминистичната оценка може да бъде комбинация от повече от едно земетресение. Често максималното ускорение се доминира от близки източници с умерено силни земетресения, докато спектралните ускорения за по-големите периоди се доминират от по-далечни силни земетресения;
- За всеки източник максималният магнитуд в него се привързва към най-близката до площадката точка;
- Избор на подходящи релации (модели) за затихване на земните движения, като се отчитат неопределеността (σ), заложена в моделите, и локалните условия на площадката;
- Оценка на сеизмичната опасност;
- Отчитане усилващите ефекти на конкретните инженерно-геоложки условия;
- Сравнение и верификация на резултатите.

ЧАСТ 2. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНАТА УЯЗВИМОСТ

2.1 . СГРАДЕН ФОНД

2.1.1. Входни данни за сгради

Данните, необходими за оценка на сеизмичната уязвимост на сградите, дават информация за:

- наименование;
- адрес;
- основно предназначение;
- вид на строителните материали;
- тип на конструктивната система, поемаща сеизмичното натоварване;
- година на проектиране и построяване;
- използвани нормативни документи за сеизмично осигуряване; ниво на сеизмично осигуряване (7, 8, 9 степен по скалата за интензивности);
- брой на етажите;
- височина;
- форма в план – информация за регулярност или нерегулярност;
- форма по височина – информация за регулярност или нерегулярност;
- вид на приземния етаж;
- площ на приземния етаж;
- предназначение на етажа;
- разгъната площ;
- състояние по отношение на поддръжката, в т.ч. информация за претърпени повреди при минали земетресения, извършени предишни реконструкции, промяна на функции, усилвания;
- качество по отношение на материал, проект, строителство;
- фундиране, вид на земната основа (меки, твърди почви, насип, скала), ниво на подпочвените води; наклон на терена (градус, процент);
- брой апартаменти;
- площ на апартаментите;
- брой обитатели (денем/ нощем).

Нивото на пълнота на входните данни е съществено и определя степента на прецизност на възможните за приложение методи за оценка на уязвимостта.

Източници за събиране на данни за сградния фонд са:

- местни и регионални власти – общини и кметства;
- кадастър;
- преброяване – Национален статистически институт (НСИ);
- дистанционни методи за наблюдение и създаване на бази данни;
- технически паспорти.

При липса на информация в изброените източници е необходимо допълнително обследване на място за събиране на данни във формат, определен за целите на оценката на сеизмичния риск. Обследването се извършва от предварително обучени лица, запознати с особеностите на прилаганите у нас конструктивни система. По-долу е приложен специализиран чек лист.

За сгради с особена значимост след силно земетресение (болници, училища, пожарна, полиция) е препоръчително провеждане инспекция на място с цел по-прецизно определяне на сеизмичната им уязвимост.

ИНВЕНТАРЕН ОПИС (ЧЕК ЛИСТ) ЗА СЪБИРАНЕ НА ДАННИ ЗА ОЦЕНКА НА УЯЗВИМОСТТА НА СГРАДИТЕ

Дата:

ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ:

Наименование на сградата:	
Адрес:	
Година на изграждане/проектиране:	
Основно предназначение на сградата:	
GPS координати:	
Брой и площ на апартаменти:	
Брой обитатели в сградата: (денем/ нощем)	
Наличие на технически паспорт на сградата:	
Коментари:	

ГЕОМЕТРИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Брой на етажите:	
Височина:	
Форма на сградата в план-информация за регулярност или нерегулярност:	
Форма на сградата по височина – информация за регулярност или нерегулярност:	
Разгъната площ:	
Коментари:	

ТЕХНИЧЕСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

А. НОСЕЩА КОНСТРУКЦИЯ

Вид строителен материал:	
Тип конструктивна система на сградата, поемаща сеизмичното натоварване:	
Използвани нормативни документи за сеизмично осигуряване; ниво на сеизмично осигуряване (7, 8, 9 степен по скалата за интензивности):	
Състояние на носещата конструкция: – наличие на пукнатини;	

<ul style="list-style-type: none"> – нарушено бетоново покритие; – оголена и корозирала армировка; – следи от течове и/или слягане на основата; – наличие на пукнатини в преградни и носещи зидове; – големи деформации на основни конструктивни елементи. 	
Информация за фундиране на сградата, вид на земната основа (меки, твърди почви, насип, скала), ниво на подпочвени води; наклон на терена (градус, процент) :	
Коментари:	

Б. ПЪРВИ ЕТАЖ

Коравина на етаж: <ul style="list-style-type: none"> • Гъвкав първи етаж по проект • Отслабен (премахнати преградни зидове) 	
Площ на етаж:	
Информация за предназначението на етаж:	
Коментари:	

В. СТАТУС НА СГРАДАТА

Състояние на сградата по отношение на нейната поддръжка, в т.ч. информация за претърпени повреди при минали земетресения, извършени предишни реконструкции, промяна на функции, усилвания:	
Качество на сградата по отношение на материал, проект, строителство:	
Коментари:	

Подробна информация за начина на организиране на данните в ГИС е дадена в точка 4.1.

2.1.2. Класификация на сградния фонд в зависимост от типа на конструктивната система, годината на проектиране/построяване, етажността и предназначението

В базата данни сградите се класифицират в отделни групи с цел оценяване на повредите. В една група попадат сгради с конструктивни системи, реагиращи по един и същи начин на сеизмично въздействие. Нецелесъобразно е анализването на всяка отделна сграда. Чрез анализа на уязвимостта се разработват зависимости между параметрите на земното движение и възможните повреди в конструкциите за всеки прототип (представител на група). Те от своя страна се използват за определяне на очаквания размер на конструктивните повреди за дадено ниво на сеизмичното въздействие.

2.1.2.1. Формиране на матрицата на типологиите сгради

Основни параметри за формиране на матрицата на типологиите сгради:

1-ви параметър – вид строителен материал:

Зидани конструкции – зидария от тухли, камъни и др. – ЗД;

Стоманобетонни конструкции: монолитни – СтБ, и сглобяеми ст.б. – СтБс;

Стоманени конструкции – См;

Комбинирани конструкции – стомана и стоманобетон – Ксб.

2-ри параметър – начин на строителство:

Монолитни – М;

Сглобяеми – С;

Комбинирани – К.

3-ти параметър – етажност:

Ниска етажност – НЕ 1-3 етажа;

Средна етажност – СЕ 4-8;

Висока етажност – ВЕ 9-22.

4-ти параметър – вид подова конструкция:

Деформируема подова конструкция – ДФ;

Недеформируема подова конструкция – НДФ.

5-ти параметър – дуктилност (способност за нелинейно поведение)

Липса на дуктилност – 0Д;

Нисък клас дуктилност – НД (L);

Среден клас дуктилност – СД (M);

Висок клас дуктилност – ВД (H).

Подробно описание на типовете конструктивни системи в зависимост от вида на материала, конструктивната система (вертикална и хоризонтална), начина на изграждане и други параметри е дадено в Приложение 1.

Пълната матрица съдържа 24 типологии (табл. 1 на Приложение 1).

В кондензираната матрица на типологиите (12 типологии) са избрани най-често срещаните типове конструктивни системи за жилищни сгради – таблица 2 на Приложение 1.

За класифициране на сградите по типове уязвимост са съществени и параметрите: ограничена етажност; година на построяване.

2.1.2.1.1. Ограничена етажност

При описание на различните типове сгради е посочена и етажността. Нормите за сеизмично осигуряване предвиждат ограничаване на височината и броя на

етажите в земетръсни райони. Правилникът от 1987 г. не предвижда ограничения само за жилищни, обществени и промишлени сгради със стоманен скелет или монолитни със стоманобетон. За всички останали броят на етажите се определя в зависимост от сеизмичността на площадката. За едропанелни (ЕПЖС) и сгради с пакетно повдигани плочи (ППП) ограниченията са: при $K_c=0.27$ ($a_{max}=0.27g$) – до 8 етажа; $K_c=0.15$ – до 9 етажа; $K_c \leq 0.10$ – до 12 етажа.

2.1.2.1.2. Година на построяване

Второто ниво на категоризация на сградите се извършва в зависимост от годината на проектиране и/или построяване. Този параметър има особено значение, тъй като при липса на данни за някои от изброените по-горе параметри (използвани правилници за сеизмично проектиране; ниво на сеизмично осигуряване; карта на местоположението на сградата с очакваната максимална сеизмична интензивност) дава индиректна информация чрез нормативните документи, прилагани по време на проектирането и/или строителството.

Ключовите, разделителни дати са годините, в които са приети, допълнени или изменени съответните правилници/наредби за строителство в сеизмични райони:

- (0) ≤ 1929 ;
- (1) 1930-1957;
- (2) 1958-1964;
- (3) 1965-1977;
- (4) 1978-1987;
- (5) 1988-2007;
- (6) ≥ 2007 .

2.1.3. Нива на повреди и разрушения в конструкциите на сградите

В съвременните макросеизмични скали повредите се представят в дискретна форма чрез нива на повреди (НП) (k) (damage grades D_g (k), (k=0,1,2,3,4,5), които могат да се наблюдават при земетресение. В случая на Европейската макросеизмична скала EMS-98, която е в основата на настоящата методика, са приети пет нива на повреди, представени в таблица 2.1.3-1.

Таблица 2.1.3-1 Дефиниране на нивата на повреди в Европейската макросеизмична скала (EMS-98)

Ниво на повреда	Описание
НП 0 (D_g0)	няма
НП 1 (D_g1)	леки
НП 2 (D_g2)	средни
НП 3 (D_g3)	тежки
НП 4 (D_g4)	много тежки
НП 5 (D_g5)	разрушение

Подробно описание на нивата на повреди за стоманобетонни конструкции е дадено в таблица 2.1.3-2.

Таблица 2.1.3-2. Дефиниране на нивата на повредите за стоманобетонни конструкции според ЕМС-98

	<p>Ниво 1: Незначими до слаби повреди (без конструктивни повреди, слаби неконструктивни повреди) Малки пукнатини по мазилки върху елементи от рамкови конструкции или в основата на стените. Малки пукнатини в части от преградни стени.</p>
	<p>Ниво 2: Средни повреди (слаби конструктивни повреди, слаби неконструктивни повреди) Пукнатини в колоните и гредите от рамковите конструкции и сеизмичните шайби. Пукнатини в части от преградните стени; разрушения на крехки облицовки и стенни панели.</p>
	<p>Ниво 3: Значителни до тежки повреди (средни конструктивни повреди, тежки неконструктивни повреди) Пукнатини в колоните и във възлите колона-греда на рамковите конструкции. Разрушение на бетонното покритие, загуба на устойчивост на армировъчните пръти. Големи пукнатини в части от преградните стени, разрушение на отделни преградни панели</p>
	<p>Ниво 4: Много тежки повреди (тежки конструктивни повреди, много тежки неконструктивни повреди) Големи пукнатини в конструктивните елементи, вкл. повреди от натиск в бетона и скъсване на армировъчни пръти; загуба на сцепление на армировъчните пръти в гредови елементи; завъртане на колони. Разрушение на малък брой колони или на последния етаж на конструкцията.</p>
	<p>Ниво 5: Разрушение (много тежки конструктивни повреди) Разрушение на приземния етаж или части (крила) на сградите.</p>

2.1.4. Оценка на уязвимостта на сградния фонд

Съществуват два основни подхода за определяне на физическата уязвимост:

- емпиричен;
- аналитичен.

2.1.4.1. Емпиричен подход за определяне на уязвимостта

Зависимостите за емпиричната уязвимост се отнасят до оценки, основани на статистически данни за повреди от минали земетресения. Статистическите резултати се представят под форма на вероятностна матрица на повредите (ВМП), която изразява вероятността дадена сграда от определен клас да понесе определно ниво на повреди като резултат от определена сеизмична интензивност. Традиционно емпиричните изследвания за оценка на сеизмичните загуби се извършват с помощта на скалите за интензивност – Модифицирана скала на Меркали (Modified Mercalli (MMI) или Европейска макросеизмична скала (EMS-98).

2.1.4.2. Аналитичен подход за определяне на уязвимостта

Основава се на статистическа обработка на резултати от проведени числени изследвания на конструкции за набор от сеизмични въздействия. Основните елементи, необходими за получаване на аналитични зависимости за уязвимостта, са:

- дефиниране на конструктивната система;
- генериране на входни земни движения;
- оценка на реагирането на конструкцията;
- статистическа обработка на получените резултати.

Съществуват няколко причини, поради които не се препоръчва прилагане на аналитичния подход (специално за сгради):

- съществуващи ограничения в достоверното моделиране на конструктивните и неконструктивните елементи, в т.ч. взаимодействието земна основа–конструкция, особено за по-високи нива на повреди и силни земни движения;
- сложни и обемисти изчисления;
- за типовете конструкции, характерни за нашата страна, няма разработени достоверни криви на уязвимост; съществуващите криви от проект RISK-UE (2004) обхващат само няколко типологии и са получени на база експертна оценка.

2.1.4.3. Процедура за оценка на уязвимостта на сградния фонд

В настоящата методика за анализ, оценка и картографиране на сеизмичния риск се препоръчва емпиричен подход за определяне на уязвимостта.

- **Средно ниво на повреди (μ_D)**

В случай че се разглежда група от сгради, земетресение с дадена интензивност може да причини различни нива на повреди във всяка една от тях поради специфичното им сеизмично поведение.

Въз основа на хистограмата от нива на повреди, настъпили в група от сгради, е възможно като представителен параметър да се дефинира **средното ниво на повреда μ_D** (the mean damage grade):

$$\mu_D = \sum_{k=0}^5 p_k \cdot k \quad 0 < \mu_D < 5,$$

където p_k е вероятността за съществуване на ниво на повреда D_k ($k=0\div 5$) в групата от сгради.

μ_D е средно ниво на повреда при дискретно разпределение и е в диапазона от 0 до 5. Дефинира се като средна повреда, представяща абциса на хистограмата на повреди.

- **Индекс на повреди (D_I)**

Индексът на повреди може да се изрази чрез икономически термини. Дефинира се като отношение между разходите за възстановяване и себестойността на сградата:

$$D_I = \frac{\text{repair cost}}{\text{building value}} \quad 0 < D_I < 1.$$

- **Индекс на уязвимост (V_I)**

Индексът на уязвимост (V_I) е въведен за количествено определяне принадлежността на сградата към съответен клас на уязвимост. Стойностите му са в интервала от **0** (най-малко уязвима сграда) до **1** (най-силно уязвима). Може да бъде предписан на всяка сграда по наличната информация за типологията и други конструктивни характеристики.

Сгради с конструктивни системи с подобно сеизмично поведение имат еднакъв индекс на уязвимост. Към V_I може да се добави модификатор, отразяващ възможна промяна в сеизмичното поведение:

$$V_I = V_{IVTM} + \Delta V_R + \Delta V_m,$$

където:

- V_{IVTM} – индекс на уязвимост за съответния клас на уязвимост (тип конструктивна система);
- ΔV_R – регионален модификатор, с който се вземат под внимание характеристики на региона или периода на построяване;
- $\Delta V_m = \Sigma V_m$;

- V_m – параметри за изменение на сеизмичното поведение, отчитащи ниво на поддържане, етажност, наличие на отслабен етаж, нерегулярности в план и височина, надстроени етажи, усилвания, реконструкции, нива на фундиране и др.

- **Класове на уязвимост съгласно EMS-98**

Класовете на уязвимост групират различни типове сгради, характеризиращи се с подобно сеизмично поведение.

EMS-98 дефинира шест класа на уязвимост, означени от **A** до **F** и подредени в намаляващ уязвимостта ред. Всеки тип сграда се характеризира с преобладаващ, най-вероятен клас на уязвимост, за който съществува зависимост между сеизмичната интензивност и претърпяната повреда. Възможно е да се дефинира и друг възможен и/или по-малко вероятен клас на уязвимост за един и същи тип сграда при отчитане на конструктивните характеристики, района, в който е построена, и други параметри. Например стоманобетонна сграда, проектирана преди 1987 г. (т.е. по нормите, действащи в този период), би трябвало да бъде в клас D, но ако същият тип сграда е праектирана след 1987 г. – възможният клас на уязвимост е E.

- **Криви на уязвимост**

Методиката за анализ на уязвимостта се основава на дефиниране на криви на уязвимост, които свързват сеизмичната опасност, изразена чрез макросеизмична интензивност I , с повредата, изразена чрез средно ниво на повреда μ_d . Групата от криви на уязвимост, които представляват поведението на всяка една сграда, зависи само от един параметър и това е индексът на уязвимост V_I .

- **Вероятностна матрица на повредите (ВМП) за класовете на уязвимост в скалата EMS-98**

Вероятностните матрици на повредите определят вероятността за поява на някакво ниво на повреди при зададено сеизмично въздействие.

Разпределението на нивата на повреди за група от хомогенни сгради е добре представено чрез биномиално разпределение. То зависи само от един параметър – средно ниво на повреди μ_d , и се определя със зависимостта:

$$\text{PMF: } P_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} \left(\frac{\mu_d}{5}\right)^k \left(1 - \frac{\mu_d}{5}\right)^{5-k} \quad 0 < \mu_d < 5$$

където:

- PMF е вероятностна масова функция;
- p_k е вероятност от настъпване на ниво на повреди D_k ($k=0 \div 5$);
- символът ! означава факториел.

• Криви на разрушаване

Кривите на разрушаване показват вероятността за проява при дадена група от сгради на някакви последствия от сеизмичното въздействие (нива на повреди, икономически загуби, разрушени сгради, негодни за експлоатация сгради, загинали хора, бездомни хора) като функция от макросеизмичната интензивност.

2.1.4.4. Дефиниране на вероятностната матрица на повреди за класовете на уязвимост от EMS-98

За изчисляване на непрекъснатата вероятностна матрица на повреди за всеки клас на уязвимост се използва „бета“ разпределение, както следва:

$$PDF: p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r)\Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1}(b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}} \quad a \leq x < b$$

$$CDF: P_{\beta}(x) = \int_a^x p_{\beta}(\varepsilon) d\varepsilon$$

където:

- PDF е дискретна „бета“ вероятностна функция;
- CDF е „бета“ кумулативна функция на вероятностното разпределение;
- **a, b, t и r** са параметри на разпределението, Γ – „гама“ функция;
- **x** е постоянна променлива, варираща между **a** и **b**.

Параметрите на „бета“ разпределението са свързани със средното ниво на повреда μ_D посредством зависимостта:

$$r = t(0.007\mu_D^3 - 0.052\mu_D^2 + 0.2875\mu_D)$$

Параметърт **t** се отнася до разсейването на разпределението и при използване на **t=8** „бета“ разпределението изглежда подобно на биноминалното разпределение.

При прилагане на „бета“ разпределение е необходимо да се използва ниво на повреда (НП, D), което е дискретна променлива, характеризира се с 5 нива плюс ниво **0** – липса на повреда. Препоръчва се да се присвои стойност **0** на параметъра **a** и стойност **b** на параметъра **b**.

Вероятностната функция с дискретно „бета“ разпределение се изчислява от вероятностите, свързани с нивата на повреди **k** и **k+1** (**k=0,1,2,3,4,5**), както следва:

$$p_k = \int_k^{k+1} p_{\beta}(y) dy = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

2.1.5. Алгоритъм на методиката за оценка на сеизмичната уязвимост

2.1.5.1. Матрица на типовете сгради (BTM)

Първата стъпка в методиката, следвайки принципите, описани по-горе, е дефиниране на матрицата на типовете сгради, дадена в таблица 1 на Приложение 1. В зависимост от наличната информация всяка сграда се причислява към дадена типология.

2.1.5.2. Матрица с класовете на уязвимост

Втората стъпка е дефиниране на класовете уязвимост (А, В, С, D, Е, F) на сградите с различните типове конструктивни системи, прилагани у нас. За тази цел се използват дефинициите и описанието, дадени в EMS-98.

Важен параметър, който се взема под внимание, е годината на построяване/проектиране на сградите със съответния тип конструктивна система, даващ информация за нивото на сеизмичното осигуряване.

В таблица 3 на Приложение 1 са показани класовете на уязвимост за типовете сгради във функция от годината на построяване/проектиране. За всеки клас на уязвимост за съответната конструктивна система може да бъде направена промяна в съответствие с допълнителна информация (ако е налична) за състоянието към момента на изследването. Възможните изменения на класовете на уязвимост са показани в таблица 4 на Приложение 1.

2.1.5.3. Дефиниране на индекс на уязвимост (V_I)

Третата стъпка е дефиниране на индекс на уязвимост V_I . Избира се експертно при обследване на сградите в даден регион с използване на опита и стойностите, дадени в таблица 5 на Приложение 1. При наличие на по-пълна информация за сградния фонд индексът на уязвимост може да бъде уточнен допълнително.

В методиката се използват индекси на уязвимост, обобщени за съответните класове на уязвимост. В таблица 2.1.5-1 са дадени примерни стойности на индекса на уязвимост за различните класове на уязвимост, които могат да се използват у нас. Всеки клас на уязвимост се дефинира чрез пет различни стойности, най-възможната стойност V_I , границите (V_B , V_I^+) на достоверния обхват и границите (V_I^{min} , V_I^{max}) на възможния обхват.

Таблица 2.1.5-1. Представителни стойности на индекса V_I

Клас на уязвимост	Представителни стойности на индекса V_I				
	V_I^{min}	V_I	V_I	V_I^+	V_I^{max}
A	0.78	0.86	0.9	0.94	1.02
B	0.66	0.7	0.74	0.78	0.86
C	0.46	0.54	0.58	0.62	0.7
D	0.3	0.38	0.42	0.46	0.54
E	0.14	0.22	0.26	0.3	0.38
F	-0.02	0.06	0.1	0.14	0.22

2.2. ТЕХНИЧЕСКА ИНФРАСТРУКТУРА

В следващите текстове се налага многократно позоваване на четири важни литературни източника, които се базират на мащабни проекти и представляват обобщени методологии за оценка на сеизмичната уязвимост и сеизмичния риск. В таблица 2.2-1 са дадени абривиатурите им с цел краткост и яснота на изложението.

Таблица 2.2-1. Използвани абривиатури в текстовете от методиката

Означение	Източник (проект, методология)
HAZUS	HAZUS-MH MR4, Technical Manual, FEMA, 2003, www.fema.gov/plan/prevent/hazus .
SYNER-G	SYNER-G: Systematic Seismic Vulnerability and Risk Analysis for Buildings, Lifeline Networks and Infrastructure Gain, www.syner-g.eu
SRM-LIFE	SRM-LIFE (2003–2007), Development of a global methodology for the vulnerability assessment and risk management of lifelines, infrastructures and critical facilities. Application to the metropolitan area of Thessaloniki. Research Project, General Secretariat for Research and Technology, Greece
ALA	(ALA) American Lifelines Alliance, 2001/2005, Seismic fragility formulation for water systems, Part 1 and Part 2-Appendices

2.2.1. Транспортна инфраструктура

2.2.1.1. Входни данни, събиране и оценка на данните за транспортната инфраструктура

Институциите, където се събират и съхраняват данни за транспортната инфраструктура, са:

- Агенция “Пътна инфраструктура” (АПИ);
- Национална компания “Железопътна инфраструктура” (НКЖИ);
- Областни пътни управления;
- Общини и др.

Мостове

В НКЖИ съществува информация във формат Microsoft Excel за всички 940 мостове по деветте главни жп линии и разклоненията към тях. Информацията съдържа:

- местоположение;
- отвори и обща дължина;
- материал на връхната конструкция;
- тип и статическа схема на връхната конструкция;
- тип влак, за който е проектирана конструкцията;
- години на „генерална ревизия“.

На всеки 5-6 години се прави оглед на мостовете. Констатациите се отразяват в частта „генерална ревизия“ с предписания за ремонт при необходимост.

В Института по пътища и мостове съществува информация във формат Microsoft Excel за пътните мостове и водостоци на автомагистралите и пътищата I, II, III и IV клас, които се поддържат от АПИ. Останалите мостове са на общински пътища.

На посочените по-горе пътища са изградени 40 118 водостоци и общо 3793 моста, от които с обща дължина, по-малка от 20 m – 2242, от 20 до 50 m – 773, и 50 m – 778 моста. За мостовете с дължина над 20 m (1551 бр.) са изготвени технически паспорти. Част от паспорта е т.нар. „фиш за повредите“, описващ състоянието на отделните носещи и неносещи елементи.

За мостовете с липсваща информация е желателно да се изготви даденият по-долу примерен инвентарен опис (чек лист).

ИНВЕНТАРЕН ОПИС ЗА СЪБИРАНЕ НА ДАННИ ЗА МОСТОВЕ

Дата: _____ Мост идентификационен № (ID): _____

ОБЩА ИНФОРМАЦИЯ:

Име/място на моста:	
Година на изграждане	
Строител, проектант	

ГЕОМЕТРИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Брой на отворите:	
Дължина на отворите (m):	
Обща дължина (m):	
Различна височина на стълбовете – регулярен/нерегулярен	
Ситуация на моста – кос/без косота	
Косота (°)	
Коментари:	

ТЕХНИЧЕСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

А. ВРЪХНА КОНСТРУКЦИЯ

Тип материал:	
Връзка стълб–връхна конструкция:	
Непрекъснатата конструкция: да/не	
Брой междинни деформационни фуги:	
Коментари:	

Б. ЛАГЕРИ

Тип:	
Подпорна дължина (m):	
Коментари:	

В. СТЬЛБОВЕ

Тип: единична колона/повече от една колона/стена	
Максимална височина (m):	
Тип на фундирането:	
Коментари:	

Г. УСТОИ

Тип:	
Тип на фундирането:	
Коментари:	

ПОЧВА

Описание:	
Коментари:	

Съгласно БДС EN 1998:3:2005 наличната информация съответства на:

- Ниво KL1 (ниво на ограничена информация) – за мостовете без налични конструктивни проекти и документи от изграждането им;
- Ниво KL2 (ниво на средна информация) – за мостовете с налични такива.

За оценка на сеизмичната уязвимост на мостовете с ниво KL1 е необходимо:

- Да се направи т.нар. възпроизвеждащо проектиране (simulated design) според обичайната практика по време на изпълнение на конструкцията.
- Да се извърши обследване на място за критичните елементи и да се проверят получените във възпроизвеждащото проектиране детайли. При липса на съответствие се провежда пълно обследване. Препоръчва се проверка на място на не по-малко от 20 % от конструктивните елементи.
- Механичните характеристики на материалите да се приемат съгласно стандартите, действащи в практиката по времето на изпълнението на конструкцията. Следва да се направят ограничени изпитвания на място за критичните елементи.
- Събраната информация да бъде достатъчна за извършване на проверки за носимоспособност на елементите в определени сечения и за създаване на модел за прилагане на линеен статичен или динамичен анализ.

Прилагат се т.нар. доверителни коефициенти (confidence factor/ **CF**), които са съответно:

- $CF_{KL1}=1.35$;
- $CF_{KL2}=1.20$.

За новопроектирани мостове може да се приеме ниво KL3 (ниво на пълна информация) и съответно $CF_{KL3}=1.00$.

Тунели:

- географско разположение;
- стойности на максималното земно ускорение (PGA) и остатъчното земно преместване (PGD);
- класификация на тунела.

Пътища:

- географско разположение на пътните възли;
- стойности на остатъчното земно преместване (PGD);
- класификация на пътя.

Жп линии:

- географско разположение на жп възли;
- стойности на остатъчното земно преместване (PGD);

2.2.1.2. Класификация за оценка на сеизмичната уязвимост

Мостове

Препоръчва се прилагането на класификацията от проекта HAZUS, като се дефинират 28 класа мостове в зависимост от:

- ниво на сеизмично проектиране;
- брой на отворите;
- статическа схема на връхната конструкция;
- конструктивна система;
- вид на долното строене и/или лагерите.

Класовете мостове са дадени в таблица 1 на Приложение 2. В класификацията са спазени критериите от HAZUS с адаптиране към българската мостова практика при следните приемания:

1. Проектираните преди 2012 г. мостове не са достатъчно надеждни за сеизмични въздействия по следните причини: в периода 1987-2007 г. при проектирането на всички видове мостове се използва коефициент на реагиране $R=0.25$ (коефициент на поведение $q=1/R=4$), съответно за периода 2007-2012 г. $R=0.40$ ($q=2.5$); в нормативните документи, валидни до 2012 г., не са разработени детайли за осигуряване на дуктилно поведение.
2. За условията в България мостовете се разделят на построени в региони с висока степен на сеизмичност (референтно ускорение $a_{gR} \geq 0.23$) и всички останали.

Алтернативно е използването на класификацията от проекта SYNER-G, обхващаща по-голям брой показатели, като освен посочените по-горе включва:

- косота на моста;
- регулярност;
- вид на лагерите;

- тип на фундирането и др.

Класификацията е “отворена” за включване на допълнителни показатели – таблица 2 на Приложение 2.

Тунели

Препоръчва се прилагането на класификацията от проекта HAZUS, като се дефинират два класа тунели в зависимост от начина на изпълнение:

- чрез пробиване (bored/drilled);
- чрез изкопаване и покриване (cut and cover).

Пътища

Препоръчва се прилагането на класификацията от проекта HAZUS, като се дефинират два класа:

- главни пътища;
- пътища в урбанизирани райони.

2.2.1.3. Нива на повреди и разрушения в конструкциите за оценка на сеизмичната уязвимост

Мостове

Дефинират се пет нива на повреди (damage states ds_j , $j=1\div 5$) в зависимост от възможни повреди в компонентите на мостовата конструкция, а именно:

- ds_1 – без повреди;
- ds_2 – леки повреди;
- ds_3 – средни повреди;
- ds_4 – значителни повреди;
- ds_5 – разрушение.

За стоманобетонни мостове съответните нива се характеризират със следните повреди:

A. Ниво ds_2 :

- минимално напукване и разцепване на бетонното покритие на елементите на устоя;
- пукнатини в противоземетръсните буфери (shear keys) при устоите;
- минимално напукване и разцепване в стоманобетонните стави;
- минимално разцепване на бетонното покритие на колоните на стълбовете, т.е. необходимият ремонт е само “козметичен” (cosmetic repair);
- минимални пукнатини в елементи от връхната конструкция (cosmetic repair).

Б. Ниво ds_3 :

- средни пукнатини от срязване и от разцепване, но колоните са със запазена конструктивна носимоспособност;
- средно слягане на устои (по-малко от 5 cm);
- значителни пукнатини и разцепване в противоземетръсните буфери (shear keys);
- значителни разрушения в „сеизмичните връзки“, но без изпадане на конструкцията от опорите;
- средно слягане на насипа зад устоите.

В. Ниво ds_4 :

- всички колони са със значително редуцирана коравина, но без пълно разрушение;
- разрушения от срязване;
- значителни разрушения на сеизмичните връзки;
- значително слягане на насипа зад устоите;
- отклонение на устоя от вертикалната ос;
- значително разрушение на противоземетръсните буфери при устоите (shear keys).

Г. Ниво ds_5 :

- разрушения във всички колони на стълбовете;
- разрушения на сеизмичните връзки, водещи до разрушения във връхната конструкция;
- наклоняване на долното строене поради разрушение на фундаментите.

Преминаването от едно ниво на повреди в друго се нарече праг (threshold) и се определя като гранично състояние. При пет нива на повреди съществуват четири гранични състояния. Възможно е дефиниране на критерии за достигане на четирите гранични състояния в зависимост от елемента на моста (стълб, лагер), за който се определят нивата на повреди.

За стълбовете оценката може да стане чрез:

- хоризонтално преместване (displacement, δ);
- отношението “хоризонтално преместване/ височина на стълба δ/H ”;
- кривина (curvature, φ);
- завъртане (rotation, θ).

В таблица 2.2.1-1 се предлагат критериите за гранично състояние в стълбовете. Индексите “-y” и “-u” се отнасят съответно до пластифициране (yielding) и максимална носимоспособност (ultimate capacity).

Таблица 2.2.1-1. Параметри за определяне на нивата на повреди при стълбове на мостове

Параметър	Ниво на повреда			
	Леки повреди	Средни повреди	Значителни повреди	Пълно разрушение
Хоризонтално преместване, δ	$0.5\delta_u$	$0.6\delta_u$	$0.7\delta_u$	δ_u
Хоризонтално преместване/ височина на стълба, δ/H	0.7%	1.5%	2.5%	5%
Кривина, φ	φ_y	$2\varphi_y$	$4\varphi_y$	$7\varphi_y$
Завъртане, θ	θ_y	$2\theta_y$	$6\theta_y$	$11\theta_y$

Лагерите са особено отговорен елемент на мостовете. Липсва единно мнение за дефиниране на гранични състояния. Решението зависи от производителите, стандартите за проектиране и инженерната оценка. Като показател за гранично състояние е възможно да се използва ъгловата деформация на еластомерните лагери γ , както следва:

- леки повреди – $\gamma=1$;
- средни повреди – $\gamma=1.5$;
- значителни повреди – $\gamma=2$;
- пълно разрушение – $\gamma=2.5$.

В методологията SYNER-G се използват две основни гранични състояния:

- пластифициране (yielding);
- крайно (ultimate, near collapse).

В този случай нивата на повредите са три. Методологията е отворена и дава възможност на ползвателя да дефинира и повече от три нива.

В световната практика съществува и друг начин за определяне на нивата на повредите на мостовите конструкции – чрез т.нар. нива на функционалност, представляващи възможностите за използване на моста след земетресение. Вариантите са два.

При първия вариант се дефинират три нива на функционалност, а именно:

- нормална експлоатация (full service);
- ограничена експлоатация (emergency traffic) – движение само на специални превозни средства (Спешна помощ, Гражданска защита, Противопожарна охрана и др.);
- забрана за движение по моста (closed).

В табл. 2.2.1-2 е определена връзката между (Lehman et al., 2004):

- нивото на функционалност;
- повредите;
- възстановителните мерки.

Таблица 2.2.1-2. Дефиниране на три нива на функционалност

Функционалност	Повреди	Мерки за възстановяване
Нормална експлоатация (Full service)	Минимални: напр. пукнатини с размер на косъм (hairline cracks)	Локално инжектиране на епоксиден разтвор
Ограничена експлоатация – движение само на специални превозни средства (Limited service) (emergency traffic)	Средни: по-широко отворени пукнатини, разцепване на бетонно покритие	Инжектиране на епоксиден разтвор, ремонт на бетона, напр. торкретиране
Забрана за движение по моста (Closed)	Значителни: изкълчване на армировка, скъсване на пръти, смачкване на бетона	Подмяна на повредените сечения

При втория вариант се определят пет нива на функционалност (Maskie, Stojadinovic, 2006), дадени в табл. 2.2.1-3. Този вариант се счита за по-удобен, тъй като се използва „загуба на носеща способност за хоризонтални и вертикални въздействия“, която може да се определи аналитично.

Таблица 2.2.1-3. Дефиниране на пет нива на функционалност

Ниво на функционалност	Остатъчен капацитет за движение (%)	Загуба на носимоспособност за хоризонтални въздействия (%)	Загуба на носимоспособност за вертикални въздействия (%)
Без прекъсване на движението (Immediate access)	100	<2	<5
Движение с ограничение на теглото (Weight restriction)	75	<5	<20
Възможно движение само в една лента (One lane open only)	50	<15	<35
Движение само на специални превозни средства (Emergency access only)	25	<25	<50
Забрана за движение по моста (Closed)	0	>25	>50

Тунели

За тунели нивата се характеризират със следните повреди:

А. Ниво ds_2 :

- минимално напукване на облицовката (повредите изискват само козметично възстановяване);
- падане или свличане на ограничено количество скална/земна маса;
- минимално слягане на земната основа в двата края на тунела.

Б. Ниво ds_3 :

- средно напукване на облицовката;
- падане или свличане на скална/земна маса.

В. Ниво ds_4 :

- значително напукване на облицовката;
- значително слягане на земната основа в двата края на тунела.

Г. Ниво ds_5 :

- тотално напукване на облицовката, с възможност за пълно разрушение;

Пътища

За пътища нивата се характеризират със следните повреди:

А. Ниво ds_2 :

- минимално слягане (няколко сантиметра) или преместване на основата на пътя.

Б. Ниво ds_3 :

- средно слягане (няколко сантиметра) или преместване на основата на пътя.

В. Ниво ds_4 :

- значително слягане (няколко десетки сантиметра) или преместване на основата на пътя.

Г. Ниво ds_5 :

- много голямо слягане (десетки сантиметра) или преместване на основата на пътя.

Жп линии

За жп линии нивата се характеризират със следните повреди:

А. Ниво ds_2 :

- потенциално минимално (локално) дерайлиране, дължащо се на леко слягане на насипа или преместване на земната основа.

Б. Ниво ds_3 :

- потенциално значително дерайлиране, дължащо се на слягане на насипа или преместване на земната основа, линията се нуждае от ремонт.

В. Ниво ds_4 и ds_5 :

- значително слягане на земната основа и потенциално дерайлиране по цялата дължина на линията.

2.2.1.4. Оценка на сеизмичната уязвимост

Мостове

Основният подход за оценка на сеизмичната уязвимост на мостовете е чрез т.нар. функции (криви) на уязвимост, представляващи вероятността мостовата конструкция да получи определено ниво на повреди при дадено ниво на сеизмичното въздействие.

Като вероятностни функции техни основни параметри са:

- медианна стойност;
- стандартно отклонение.

За практически цели се прилагат два основни подхода:

1. Използване на налични криви за уязвимост от литературни източници. Следва да се изберат внимателно в зависимост от конструктивната класификация на моста. Поради това, че у нас няма налична база данни за криви на уязвимост за мостове, препоръчва се да се използват тези от проектите HAZUS и Siner-G.
2. Създаване на криви на уязвимост за конкретен мост. При използване на т.нар. аналитични методи последователността е следната:
 - Дефиниране на граничните състояния за моста, респ. нива на повреди;
 - Определяне на характеристиките на материалите. За съществуващ мост това може да се направи чрез изпитване и определяне на нивото на информация;
 - Определяне на детайлите в конструкцията на моста и основното количество на армировката в опорите. При липса на проекти се провежда т.нар. възпроизвеждащо проектиране по нормите, валидни за периода на строителство;
 - Създаване на модел за компютърен сеизмичен анализ на моста. Определяне на медианните стойности за съответните гранични състояния;
 - Определяне на вероятностите мостовата конструкция да получи определено ниво на повреди.

Тунели

За оценка на уязвимостта на тунелите се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост от PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания). В методологията HAZUS са дадени и ориентировъчни дискретни функции за възстановяване след земетресение. За пътни тунели стойностите са дадени в таблица 2.2.1-4, а за жп тунели – в таблица 2.2.1-5.

Таблица 2.2.1-4. Функции за възстановяване на пътни тунели в зависимост от нивото на повреди

Период за възстановяване (дни)	Функционална годност в проценти			
	Леки повреди	Умерени повреди	Значителни повреди	Разрушение
1	90	25	5	0
3	100	65	8	3
7	100	100	10	3
30	100	100	30	5
90	100	100	95	15

Таблица 2.2.1-5. Функции за възстановяване на жп тунели в зависимост от нивото на повреди

Ниво на повреда	1 ден	3 дни	7 дни	30 дни	90 дни
	Функционална годност в проценти				
Леки	95	100	100	100	100
Умерени	16	38	85	100	100
Значителни	11	13	16	40	97
Разрушение	3	4	4	7	22

Пътища

За оценка на уязвимостта на пътищата се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост от PGD (остатъчни премествания). В методологията HAZUS са дадени и ориентировъчни дискретни функции за възстановяване след земетресение – табл. 2.2.1-6.

Таблица 2.2.1-6. Функции за възстановяване на пътища в зависимост от нивото на повреди

Период за възстановяване (дни)	Функционална годност в проценти		
	Леки повреди	Умерени повреди	Значителни/Разрушение
1	90	25	10
3	100	65	14
7	100	100	20
30	100	100	70
90	100	100	100

Жп линии

За оценка на уязвимостта на жп линии се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост от PGD (остатъчни премествания). В методологията HAZUS са дадени и ориентировъчни дискретни функции за възстановяване след земетресение (табл. 2.2.1-7).

Таблица 2.2.1-7. Функции за възстановяване на жп линии в зависимост от нивото на повреди

Ниво на повреда	1 ден	3 дни	7 дни	30 дни	90 дни
	Функционална годност в проценти				
Леки	90	100	100	100	100
Умерени	22	46	90	100	100
Значителни	14	18	28	87	100
Разрушение	6	8	10	22	70

2.2.2. Техническа инфраструктура за питейна и отпадъчна вода

2.2.2.1. Входни данни за елементите на техническата инфраструктура за питейна и отпадъчна вода

Необходимите входни данни за провеждане на анализ на ниво оценка на уязвимостта (директни физически повреди и разрушения) на компонентите на системите за питейна и отпадъчна вода са:

За пречиствателни станции за питейна вода:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- капацитет: малка/ средна/ голяма;
- анкерирани/неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти);
- подкомпоненти: електрозахранване, наличност на резервно захранване електрооборудване, оборудване за хлориране, утаители, коагулация, басейни, химически резервоари, тръбни схеми и напречни профили, филтрационни галерии;
- типология на сградата, в която се помещават съответните подкомпоненти;
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За помпени станции за питейна вода:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;

- капацитет: малка/ средна/ голяма;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти);
- подкомпоненти: електрозахранване, наличност на резервно захранване, оборудване, вертикални/ хоризонтални помпи;
- типология на сградата, в която се помещават съответните подкомпоненти.
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За резервоари:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- отворени, затворени; тип на покрива (ст.б., стомана, дърво);
- тип на материала: дърво, стомана, бетон, зидария;
- капацитет: малки, средни, големи;
- анкерирани (да/не);
- разположение (наземни, повдигнати на колони или рамки, подземни); тип конструкция (повдигнат на колони, наземен директно върху терена, на бетонни пилоти);
- сеизмично проектиране (да/не);
- наличие на входно/изходни странични тръби;
- обем (височина, диаметър); дебелина на стените;
- оперативна функционалност (пълен, почти пълен, почти непълен).
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти);
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За кладенци за питейна вода:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти: електрозахранване, електрооборудване, помпа за кладенец;
- стойност на съоръжение, сграда.

За пречиствателни станции за отпадъчна вода:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- капацитет на станцията: малка/ средна/ голяма;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти);

- подкомпоненти: електрозахранване, електрооборудване, оборудване за хлориране, утайтели, химически резервоари, открити тръбопроводи;
- типология на сградата, в която се помещават съответните подкомпоненти.
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За помпени станции за отпадъчна вода:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- класификация;
- капацитет на станцията: малка/ средна/ голяма;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти)
- подкомпоненти: електрозахранване, наличност на резервно захранване, оборудване, вертикални/ хоризонтални помпи;
- типология на сградата, в която се помещават съответните подкомпоненти;
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За тръбопроводи:

- географски координати на крайните точки на линейните участъци (дължина, ширина);
- PGV (максимална земна скорост) и PGD (остатъчни премествания) – карти с разпределение;
- класификация;
- местоположение (вкопани, надземни);
- тип (непрекъснати, сегментирани);
- материал/тип/якост (стомана, PVC, PEHD, азбестоцимент, чугун, бетон, каменинови);
- тип на връзките (корави, еластични);
- капацитет; налягане;
- геометрия (дебелина на стените, диаметър);
- тип покритие и облицовка; дълбочина; клонове, тройници, разгъвка;
- корозия, агресивна среда; възраст/година на полагане;
- стойност.

За канали:

- географски координати на крайните точки на линейните участъци (дължина, ширина);
- PGV (максимална земна скорост) и PGD (остатъчни премествания) – карти с разпределение;
- изкопан и отворен способ или пробити;

- усилен, неусилен облицовки или необлицовани диги;
- материал (дърво стомана, бетон); местоположение на разклонения, отклонения; възраст на конструкцията; геометрични характеристики (ширина, дълбочина, капацитет); напречно сечение (правоъгълно, трапец и т.н.); наклон.

2.2.2.2. Класификация на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода

Класификацията на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода се основава на данните, които се събират за провеждане на анализ на ниво оценка на уязвимостта (директни физически повреди и разрушения). Основен етап е определяне на това дали компонентите и подкомпонентите са анкерирани, или не, т.е. дали техните опори и самите компоненти са проектирани за сеизмични въздействия. Оценката обикновено се извършва от обучени специалисти въз основа на огледи или провеждане на анализ за сеизмично квалифициране на съответния компонент. Класификациите на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода от проект *SYNER-G* и *HAZUS* са подобни, но в тази на *SYNER-G* има допълнителни подкомпоненти, необходими за провеждане на системен анализ на по-високо ниво. Различията са предимно за подземните тръбопроводи. Възможно е използването и на двете класификации.

Таблица. 2.2.2-1. Класификация за водоснабдителната система в *SYNER-G*

Елемент	Категория	Класификация /Подкомпоненти
Водоизточници	Извори Реки Естествени езера Язовири Кладенци: Плитки/Дълбоки;	Анкерирани/ неанкерирани компоненти Електрозахранване, електрооборудване, помпа за кладенец, Сграда
Пречиствателни станции за питейни води	Големина: Малки, Средни, Големи	Анкерирани/ неанкерирани компоненти Електрозахранване, електрооборудване, оборудване за хлориране, Утаители, Коагулация, Басейни, Химически резервоари, Тръбни схеми и напречни профили, Филтрационни галерии
Помпени станции	Големина: Малки, Средни, Големи	Анкерирани/ неанкерирани компоненти Електрозахранване, оборудване, вертикални/ хоризонтални помпи, сграда
Резервоари за съхранение	Затворени Отворени	Тип на материала (дърво, стомана, бетон, зидария); Капацитет (малки, средни, големи); Анкерирание (да/не); Разположение (наземни, повдигнати на колони или рамки); Тип на покрива (ст.б. стомана, дърво); Сеизмично проектиране (да/не); Тип конструкция (повдигнат на колони, наземен директно върху терена, на бетонни пилоти); Наличие на входно/изходни странични тръби;

		Обем (височина, диаметър); Дебелина; Оперативна функционалност (пълнен, почти пълен, непълен).
Тръбопроводи		Местоположение (вкопани, надземни); Тип (непрекъснати, сегментирани); Материал/Тип/Якост (дуктилно желязо, стомана, PVC, PE, RTM, азбестоцимент, чугун, бетон, каменинови); Тип на връзките (кораби, еластични); Капацитет (диаметър); Геометрия (дебелина на стените); Тип покритие и облицовка; Дълбочина; Клонове, тройници, разгъвка; Корозия, агресивна среда; Възраст; Налягане.
Тунели		Технология на строителство, система на облицоване, геоложки условия.
Канали	Изкопан и отворен способ или пробити; Усилени, неусилени облицовки или необлицовани диги	Материал (дърво стомана, бетон); Местоположение на разклонения, отклонения; Възраст на конструкцията; Геометрични характеристики (ширина, дълбочина, капацитет); Напречно сечение (правоъгълно, трапец и т.н.); Наклон.
SCADA система	Система за контрол и събиране на данни	

Таблица 2.2.2-2. Класификация за системата за отпадъчна вода в SYNER-G

Елемент	Категория	Класификация /Подкомпоненти
Пречиствателни станции за отпадъчни води	Големина: Малки, Средни, Големи	Анкерирани/ неанкерирани компоненти Електрозахранване, електрооборудване, оборудване за хлориране, Утаители, Химически резервоари, Открити тръбопроводи; Сграда
Помпени станции	Големина: Малки, Средни, Големи	Анкерирани/ неанкерирани компоненти Електрозахранване, оборудване, вертикални/ хоризонтални помпи, сграда
Тръбопроводи	Същото като при водопроводи за питейна вода	
Тунели	Същото като при водопроводи за питейна вода	
SCADA система	Система за контрол и събиране на данни	

Таблица 2.2.2-3. Класификация на съоръженията за питейна вода съгласно методиката на HAZUS

Означение	Описание
	Тръбопроводи
PWP1	Крежки тръби
PWP2	Дуктилни тръби
	Помпени станции
PPPL	Големи помпени станции
PPPM	Средни помпени станции
PPPS	Малки помпени станции
	Кладенци
PWE	Кладенци
	Резервоари
PSTAS	Надземни стоманени резервоари
PSTBC	Вкопани бетонни резервоари
PSTGC	Наземни бетонни резервоари
PSTGS	Наземни стоманени резервоари
PSTGW	Наземни дървени резервоари
	Пречиствателни станции
PWTL	Големи пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“
PWTM	Средни пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“
PWTS	Малки пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“

Таблица 2.2.2-4. Класификация на съоръженията за отпадъчна вода съгласно методиката на HAZUS

Означение	Описание
	Тръбопроводи
WWP1	Крежки тръби
WWP2	Дуктилни тръби
	Помпени станции
WLSL	Големи помпени станции
WLSM	Средни помпени станции
WLSS	Малки помпени станции
	Пречиствателни станции
WWTL	Големи пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“
WWTM	Средни пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“
WWTS	Малки пречиствателни станции „различни комбинации в зависимост от това дали имат, или нямат анкерирани компоненти“

Тръбите, които основно се ползват у нас в системите за питейна и отпадъчна вода, се класифицират съгласно методологията HAZUS по следния начин (табл. 2.2.2-5).

Таблица 2.2.2-5. Класификация съгласно методологията HAZUS на най-масово употребяваните тръби у нас от системите за питейна и отпадъчна вода

Вид материал на тръбата	Класификация съгласно методология HAZUS
Азбестоциментови тръби	Крехки
Чугунени тръби	Крехки
Бетонени тръби	Крехки
Стоманени тръби	Дуктилни (ако са с електродъгови заварки) Крехки (ако са с газови заварки)
Тръби от неръждаема стомана	Дуктилни
Поцинковани тръби	Дуктилни
Полиетиленови тръби, PE	Дуктилни
Тръби от поливинилхлорид, PVC	Дуктилни

2.2.2.3. Нива на повреди на елементите на системата за питейна и отпадъчна вода

Съгласно HAZUS са дефинирани пет степени на повреди за всички компоненти на системата за питейна вода, както следва: без повреди (ds_1), леки/незначителни повреди (ds_2), умерени повреди (ds_3), значителни повреди (ds_4), пълно разрушение (ds_5).

Леки/ незначителни повреди (ds_2):

- **За пречиствателни станции** ds_2 се дефинира с нарушена работа за кратко време (по-малко от три денонощия) в резултат на прекъсване на електрозахранването и на резервното захранване, ако има такова, значителни повреди на различни видове оборудване, леки повреди на басейните за утаяване, леки повреди на резервоарите за хлориране или леки повреди на химическите резервоари. Може да настъпи загуба на качеството на водата.
- **За помпени станции** ds_2 се дефинира с нарушена работа за кратко време (по-малко от три денонощия) в резултат на прекъсване на електрозахранването и на резервното захранване, ако има такова, или леки повреди на сградата.
- **За кладенци** ds_2 се дефинира с нарушена работа на помпата на кладенеца и на мотора за кратко време (по-малко от три денонощия) в резултат на прекъсване на електрозахранването и на резервното захранване, ако има такова, или леки повреди на сградата.

- **За резервоари за съхранение на вода** ds_2 се дефинира с леки повреди без загуба на съдържанието му или на функционалността му. Незначителни повреди на покрива на резервоара в резултат на плискането на водата, незначителни пукнатини в бетоновите резервоари или локални набраздявания в стоманените резервоари.

Умерени повреди (ds_3):

- **За пречиствателни станции** ds_3 се дефинира с нарушена работа за около една седмица в резултат на прекъсване на електрозахранването и на резервното захранване, ако има такова, значителни повреди на различни видове оборудване, сериозни повреди на басейните за утаяване, сериозни повреди на резервоарите за хлориране без загуба на съдържанието им или сериозни повреди на химическите резервоари. Вероятна е загуба на качеството на водата.
- **За помпени станции** ds_3 се дефинира с прекъсване на електрозахранването за около една седмица, значителни повреди на механичното и електрооборудването или умерени повреди на сградите.
- **За кладенци** ds_3 се дефинира с нарушена работа на помпата и мотора за около една седмица в резултат на прекъсване на електрозахранването и на резервното захранване, ако има такова, значителни повреди на механичното и електрооборудването или умерени повреди на сградите.
- **За резервоари за съхранение на вода** ds_3 се дефинира със сериозни повреди на резервоара и незначителна загуба на съдържанието му. Деформиране/ изкълчване тип „слонска стъпка“ (elephant foot buckling) на стоманените резервоари без загуба на съдържанието им или умерени пукнатини в бетоновите резервоари с незначителни загуби на съдържанието им.

Значителни повреди (ds_4):

- **За пречиствателни станции** ds_4 се дефинира със сериозни повреди на тръбите, свързващи различните басейни и химически единици. Този тип повреди е вероятно да доведе до спиране работата на станцията.
- **За помпени станции** ds_4 се дефинира със значителни повреди на сградите или тежки, непоправими повреди на помпите.
- **За кладенци** ds_4 се дефинира със значителни повреди на сградата или помпата на кладенеца и с тежко деформирана/ изкривена вертикална шахта и невъзможност да обслужва кладенеца.
- **За резервоари за съхранение на вода** ds_4 се дефинира със сериозни повреди на резервоара, който не може да функционира. Стоманените резервоари са с изкълчване тип „слонска стъпка“ и загуба на съдържание,

разтваряне на обрамчването на дървените резервоари или срязване на стените на бетоновите резервоари.

Пълно разрушение (ds₅):

- *За пречиствателни станции ds₅* се дефинира с пълно разрушаване на всички тръби или сериозни повреди на филтърните галерии.
- *За помпени станции ds₅* се дефинира с пълно разрушение на сградата.
- *За кладенци ds₅* се дефинира с пълно разрушение на сградата.
- *За резервоари за съхранение на вода ds₅* се дефинира с пълно разрушение на резервоара и загуба на цялото съдържание.

За наземни стоманобетонни резервоари в документите на ALA са описани възможни повреди (състояния на повреди), съответно за анкерирани (табл. 2.2.2-ба) и за неанкерирани (табл. 2.2.2-6б) резервоари. За всяко състояние е посочено дали при настъпване на съответната повреда резервоарът може да продължи да функционира.

Таблица 2.2.2-ба. Състояния на повреди на наземните ст.б. резервоари без анкериране (от разпространение на вълни) съгласно ALA

Състояние на повреда	Способност за обслужване
Повдигане на стената – смачкване на бетона	Не функционира
Напукване или срязване на стената на резервоара	
Приплъзване на резервоара	
Прекалено високи пръстеновидни напрежения	Функционира

Таблица 2.2.2-6б. Състояния на повреди на наземните ст.б. резервоари с анкериране (от разпространение на вълни) съгласно ALA

Състояние на повреда	Способност за обслужване
Напукване или срязване на стената на резервоара	Загуба на съдържанието. Не функционира
Повреда на покрива	Няма загуби на съдържание. Функционира
Повдигане на стената – смачкване на бетона	Слаб теч. Функционира
Приплъзване на резервоара	Слаб теч. Функционира
Прекалено високи пръстеновидни напрежения	Загуба на съдържанието. Не функционира
Леко високи пръстенни напрежения	Слаб теч. Функционира

Дефиниране на степените на повреди на тръбопроводите съгласно HAZUS

За тръбопроводите степените на повреди са: без повреди; протичане; скъсване. Протичането се свързва с параметъра на земетръсното въздействие максимална скорост на движението на земната среда (PGV). Повредите настъпват от разпространението на сеизмичните вълни. Типът на повредите е изтръгване на

тръбите във връзките им, смачкване на муфата, а скъсването се асоциира с геоложката опасност или с параметъра остатъчни деформации в земната среда (PGD). В методологията на HAZUS е възприето, че повредите, които настъпват в тръбопроводите от преминаване на сеизмичните вълни, причиняват 80 % течове и 20 % скъсване на тръбите, а от остатъчните премествания в земната среда се причиняват 20 % течове и 80 % скъсвания.

Степените на повреди за всички елементи на системата за отпадъчна вода, както и тръбопроводите, са идентични с тези за питейна вода съгласно HAZUS: без повреди (ds_1), леки/ незначителни повреди (ds_2), умерени повреди (ds_3), значителни повреди (ds_4), пълно разрушение (ds_5) и за тръбите брой повреди/km.

Леки/ незначителни повреди (ds_2):

- *За пречиствателни станции* ds_2 се дефинира идентично, както за пречиствателните станции за питейна вода.
- *За помпени станции* ds_2 се дефинира идентично, както за помпените станции за питейна вода.

Умерени повреди (ds_3):

- *За пречиствателни станции* ds_3 се дефинира идентично, както за пречиствателните станции за питейна вода.
- *За помпени станции* ds_3 дефинира идентично, както за помпените станции за питейна вода.

Значителни повреди (ds_4):

- *За пречиствателни станции* ds_4 се дефинира идентично, както за пречиствателните станции за питейна вода.
- *За помпени станции* ds_4 се дефинира идентично, както за помпените станции за питейна вода.

Пълно разрушение (ds_5):

- *За пречиствателни станции* ds_5 се дефинира идентично, както за пречиствателните станции за питейна вода.
- *За помпени станции* ds_5 се дефинира с пълно разрушение на сградата, идентично, както за помпените станции за питейна вода.

Колекторни канали, дюкери, тръби

За тръбопроводите повредите са: протичане; скъсване. Типични за тези елементи са повреди в резултат на остатъчните премествания на земната среда. Приема се, че 80 % от повредите са скъсване, а 20 % са протичане. Протичането се свързва с параметъра на земетръсното въздействие максимална скорост на

движението на земната среда (PGV). Повредите настъпват от разпространението на сеизмичните вълни. Типът им е изтръгване на тръбите в свързването им, смачкване на муфата. В методологията на HAZUS е възприето, че повредите, които настъпват в тръбопроводите от преминаване на сеизмичните вълни, причиняват 80 % течове и 20 % скъсване на тръбите.

2.2.2.4. Оценка на уязвимостта на елементите на системата за питейна и отпадъчна вода

За оценка на уязвимостта на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода се прилагат вероятностни функции на повреди, в много случаи дефинирани чрез емпирични и хибридни методи. За оценка на уязвимостта на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода могат да се ползват кривите на повреди, предложени в HAZUS, SYNER-G или ALA.

2.2.3. Техническа инфраструктура за газоснабдяване

2.2.3.1. Входни данни за елементите на техническата инфраструктура за газоснабдяване

Компресорните станции и тръбопроводите са основните компоненти на системите за газоснабдяване, за които има обща типология и криви на повреди в методологията на HAZUS. Поради разнообразието и спецификата на някои елементи на газоснабдителните системи (например, измервателни и редуциращи станции) в европейския контекст в много случаи не могат да бъдат присъединени към общата типология на компресорните/ помпените станции. Елементите на газоснабдителните системи са специфични за различни райони на Европа и класификацията им невинаги може да се сведе до единна обща класификация, което трябва да се вземе под внимание при прилагане на настоящата методика. При липса на специфични данни може да се ползва процедурата на HAZUS за първоначална ориентировъчна оценка на повредите в компресорните станции.

Необходимите входни данни, съгласно методологията HAZUS, за провеждане на анализ на ниво оценка на уязвимостта (директни физически повреди и разрушения) на компонентите на системите за газоснабдяване са:

За компресорни станции:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично проектирани или стандартно проектирани подкомпоненти);
- типология на сградата, в която се помещават съответните компоненти;
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За газопроводи:

- географски координати на крайните точки на линейните участъци (дължина, ширина);
- PGV (максимална земна скорост) и PGD (остатъчни премествания) карти с разпределение;
- местоположение (подземни, надземни);
- тип (непрекъснати, сегментирани);
- материал/ тип/ якост (стомана, PVC, PEHD);
- тип на връзките (корави, еластични);
- капацитет; налягане;
- геометрия (дебелина на стените, диаметър);
- корозия, агресивна среда; възраст/ година на полагане.

2.2.3.2. Класификация

Класификацията на компресорните станции за газоснабдяване се основава главно на начина на проектиране, дали компонентите и подкомпонентите са анкерирани, или не, т.е. дали техните опори и самият компонент са проектирани за сеизмични въздействия. Оценката обикновено се извършва от обучени специалисти въз основа на огледи или чрез провеждане на анализ за сеизмично квалифициране. Необходима е и типологията на сградата, което определя възможността да се ползват функциите на повреди за станциите, предложени в гръцкия проект SMR-LIFE, и да се разработят функции на повреди, специфични за компресорните станции у нас.

2.2.3.3. Нива на повреди

Състоянията на повредите, които описват нивото на повреди на всеки компонент от системата за газоснабдяване, са дефинирани като: без повреди (ds_1), леки/ незначителни повреди (ds_2), умерени повреди (ds_3), значителни повреди (ds_4), пълно разрушение (ds_5) за компресорни станции плюс брой ремонтни дейности/km за газопроводи.

За компресорни станции:

- **Леки /незначителни повреди (ds_2):** ds_2 се дефинира с леки/незначителни повреди на сградата.
- **Умерени повреди (ds_3):** ds_3 се дефинира със значителни повреди на механичното и електрооборудването или значими повреди на сградата.
- **Значителни повреди (ds_4):** ds_4 се дефинира с тежки повреди на сградата или тежка повреда на помпите, които не могат да се отремонтират.
- **Пълно разрушение (ds_5):** ds_5 се дефинира с пълно разрушение на сградата.

За газопроводи:

За тръбопроводите са дефинирани две нива на повреди: протичане и скъсване. При нарушения в земната среда (геоложки риск) най-вероятната повреда в тръбопровода е скъсване. При преминаване на сеизмичните вълни повредата е локално изкълчване на стената на тръбата. Възприето е, че при от преминаване на сеизмични вълни повредите са 80 % протичане и 20 % скъсване. При нарушения в земната среда повредите са 20 % протичане и 80 % скъсване. Методологията дава възможност тези проценти да бъдат променени.

2.2.3.4. Оценка на уязвимостта

За оценка на уязвимостта на елементите на системите за газоснабдяване се прилагат вероятностни функции на повреди в зависимост от PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката на станциите. За газопроводите оценката се изразява чрез брой на аварияте/ремонти за линейен километър от тръбопровода във функция на PGV и PGD. За оценка на уязвимостта на елементите на газоснабдителната система могат да се ползват кривите на повреди, предложени в HAZUS, SMR-LIFE и SYNER-G, или да се разработят функции, специфични за компресорните станции у нас, в зависимост от типологията на станциите по начин, подобен на този, приложен в проект SMR-LIFE.

2.2.4. Техническа инфраструктура за електроснабдяване

2.2.4.1. Входни данни за елементите на техническата инфраструктура за електроснабдяване

Компонентите на системите за електроснабдяване са разпределителни и трансформаторни подстанции, електроцентрали и разпределителни мрежи.

Необходимите входни данни за провеждане на анализ на ниво оценка на уязвимостта (директни физически повреди и разрушения) на компонентите на системите за електроснабдяване са:

За подстанции:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания) за площадката;
- анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично или стандартно проектирани подкомпоненти);
- волтаж (нисък, среден, висок);
- типология на сградата, в която се помещават съответните компоненти;
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

За разпределителните мрежи:

- географски координати на съоръженията (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение);
- класификация: анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично или стандартно проектирани подкомпоненти).

За електроцентралите:

- географски координати (дължина, ширина);
- PGA (максимално земно ускорение);
- класификация: малки или средни/големи; анкерирани/ неанкерирани подкомпоненти (т.е. сеизмично или стандартно проектирани подкомпоненти);
- стойност на компонентите, съоръжения, сгради.

2.2.4.2. Класификация

Електроцентралите се считат за критични съоръжения. Изследват се индивидуално и не могат да са обект на тази методология. Данните за класификацията им, изброени по-горе, могат да се ползват само за първоначална ориентируваща оценка на възможните повреди, следвайки процедурата, изложена в методологията HAZUS.

В методологията SYNER-G подстанциите са моделирани чрез макро- и микрокомпоненти. Такава класификация може да се ползва и за системен анализ. Последователността на свързване на макро- и микрокомпонентите, характерни за подстанциите в България, могат да бъдат разработени от експерти за тази система.

Оценката на компонентите на системите за електроснабдяване дали са анкерирани, или не (при прилагане на класификацията съгласно HAZUS), дали опорите и самият компонент са проектирани за сеизмични въздействия се извършва от обучени специалисти въз основа на огледи или чрез провеждане на анализ за сеизмично квалифициране.

В таблица 2.2.2-7 е дадена класификация на системите за електроснабдяване съгласно HAZUS.

Таблица 2.2.2-7. Класификация на системата за електроснабдяване съгласно методологията HAZUS

Означение	Описание
	Подстанции
ESSL	Подстанции нисък волтаж (115 KV) (различни комбинации в зависимост от това дали компонентите са анкерирани, или не са анкерирани)
ESSM	Подстанции среден волтаж (215 KV) (различни комбинации в

	зависимост от това дали компонентите са анкерирани, или не са анкерирани)
ESSH	Подстанции висок волтаж (500 KV) (различни комбинации в зависимост от това дали компонентите са анкерирани, или не са анкерирани)
	Разпределителни мрежи
EDC	Разпределителни мрежи (със сеизмично проектирани подкомпоненти или със стандартно проектиране)
	Електроцентрали
EPPL/M	Големи и средни (>200 MW) (различни комбинации в зависимост от това дали компонентите са анкерирани, или не са анкерирани)
EPPS	Малки (<200 MW) (различни комбинации в зависимост от това дали компонентите са анкерирани, или не са анкерирани)

2.2.4.3. Нива на повреди

За компонентите на системите за електроснабдяване са дефинирани общо пет степени на повреди: без повреди (ds_1); леки/ незначителни повреди (ds_2); умерени повреди (ds_3); значителни повреди (ds_4); пълно разрушение (ds_5).

За системите за електроснабдяване, по-специално за подстанциите и разпределителните мрежи, степените на повреда се дефинират по отношение на процента на повредените подкомпоненти. Това означава, че за подстанция с n_1 трансформатори, n_2 автоматични изключватели, n_3 мрежови прекъсвачи и n_4 токови трансформатори се дефинира, че тя е с леки или незначителни повреди, ако 5 % от n_2 или 5 % от n_3 са повредени, и е в състояние на значителни повреди, ако 70 % от n_2 , 70 % от n_3 са повредени или ако сградата е със значителни повреди. Параметрично изследване на стойностите n_1 , n_2 , n_3 и n_4 показва, че медианите на степените на повреди, дефинирани по този начин, не се променят значително (по-малко от 3 %), тъй като с нарастване на n_i съответните дисперсии намаляват. Поради това в HAZUS са използвани дисперсии, получени от малък брой на повредите и сравнително постоянните стойности за медианите.

Леки/ незначителни повреди (ds_2):

- **За подстанции** ds_2 се дефинира с 5 % повредени автоматични прекъсвачи или 5 % повредени мрежови прекъсвачи, или незначителни повреди на сградата.
- **За разпределителни мрежи** ds_2 се дефинира с разрушаване на 4 % от всички мрежи.
- **За електроцентрали** ds_2 се дефинира като аварийно спиране на турбината или лека повреда на дизел генератора, или незначителни повреди на сградата.

Умерени повреди (ds₃):

- *За подстанции* ds₃ се дефинира с повреди на 40 % от прекъсвачите или 40 % повредени мрежови прекъсвачи, или 40 % повредени електротокови трансформатори, или умерени повреди на сградата.
- *За разпределителни мрежи* ds₃ се дефинира с разрушаване на 12 % от мрежите.
- *За електроцентрали* ds₃ се дефинира с тракане на инструментални/апаратни табла и етажерки, значителни повреди на котли и съдове под налягане или умерени повреди на сградата.

Значителни повреди (ds₄):

- *За подстанции* ds₄ се дефинира с повреди на 70 % от прекъсвачите, със 70 % повредени мрежови прекъсвачи или 70 % повредени електротокови трансформатори, или 70 % повредени трансформатори (протичане на радиаторите), или със значителни повреди на сградата.
- *За разпределителни мрежи* ds₄ се дефинира с разрушаване на 50 % от мрежите.
- *За електроцентрали* ds₄ се дефинира със значителни повреди в помпите или значителни повреди в големи вертикални помпи, или значителни повреди на сградата.

Пълно разрушение (ds₅):

- *За подстанции* ds₅ се дефинира с повреда на всички прекъсвачи или всички мрежови прекъсвачи, или всички електротрансформатори, всички трансформатори, или сградата е в състояние на степен на пълно разрушение.
- *За разпределителни мрежи* ds₅ се дефинира с разрушаване на 80 % от мрежите.
- *За електроцентрали* ds₅ се дефинира с много големи повреди на големи хоризонтални съдове с невъзможност за ремонтване, много големи повреди на големи електрозадвижки или пълно разрушение на сградата.

2.2.4.4. Оценка на уязвимостта

За оценка на уязвимостта на елементите на системите за електронабдяване се прилагат вероятностни функции за повреди. Възможно е да се използват кривите на повреди, предложени в HAZUS и SYNER-G.

ЧАСТ 3. ОЦЕНКА НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК

3.1 СЕИЗМИЧЕН РИСК ЗА СГРАДНИЯ ФОНД

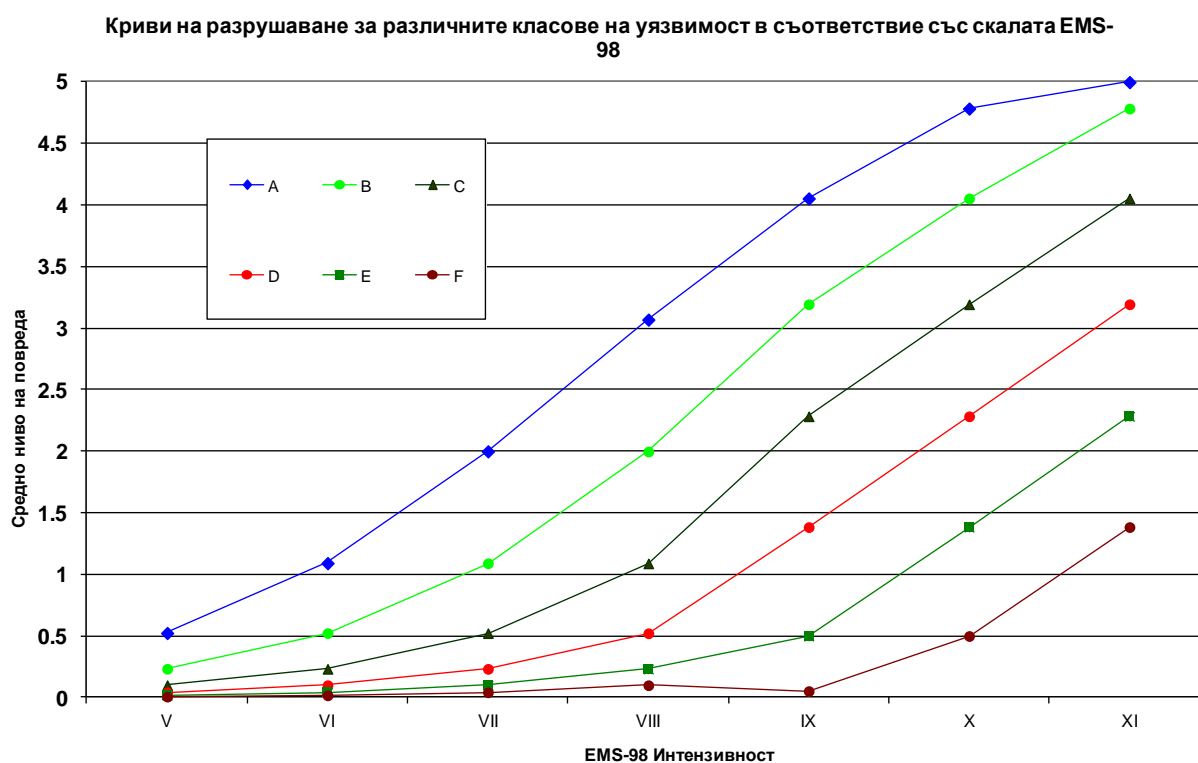
3.1.1. Оценка на директните повреди и разрушения на сградния фонд

3.1.1.1 Определяне на средното ниво на повреда μ_D за различните класове на уязвимост

В настоящата методика се използва аналитичен израз, който дефинира средното ниво на повреда μ_D като функция на макросеизмичната интензивност I и индекса на уязвимост V_I (предварително дефиниран на база експертна оценка за всеки тип конструктивна система):

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh\left(\frac{I + 6.25.V_I - 13.1}{2.3}\right) \right]$$

В таблица 6 на Приложение 1 са дадени стойностите на μ_D за различните класове на уязвимост. На фигура 3.1.1-1 са показани кривите на разрушаване чрез средните нива на повреди за различните класове на уязвимост.



Фигура 3.1.1-1. Разпределение на средното ниво на повреди μ_D за различните класове на уязвимост

3.1.1.2 Определяне на разпределението на нивата на повреди за различните класове на уязвимост

След като е дефинирано средното ниво на повреда μ_D , чрез „бета“ разпределение на дискретна вероятностна функция е възможно да се оцени статистическото разпределение на нивата на повреди за група от сгради или вероятността отделната сграда от групата сгради да притежава някакво ниво на повреда. В таблици 7–12 на Приложение 1 са представени параметрите на разпределение на повредите за различните класове на уязвимост при различни сеизмични интензивности.

3.1.1.3 Определяне на кривите на разрушаване

Друг подход за представяне на уязвимостта на сградата е чрез кривите на разрушаване. Те изразяват вероятността очакваната повреда на конструкцията да надхвърли фиксирано ниво на повреда по време на сеизмичното въздействие:

$$P(D \geq D_k) = \sum_{j=k}^5 p_j$$

където: p_j е вероятността, свързана с ниво на повреда j ($j=0,1,2,3,4,5$); D отговаря на $НП_k$.

Кривите на разрушаване за дадено ниво на повреда може да бъдат получени в аналитична форма и са дадени директно от кумулативното вероятностно „бета“ разпределение:

$$P(D \geq D_k) = 1 - P_\beta(k)$$

На фигури 1–6 на Приложение 1 са дадени най-вероятните криви на разрушаване за различните класове на уязвимост чрез нивата на повреди и сеизмичните интензивности.

3.1.1.4 . Резюме на процедурата за определяне на повредите

Процедурата за определяне на повредите, описана по-горе, може да се резюмира в следните стъпки:

Стъпка 1 – Избор (определяне) на индекса на уязвимост V_I

$$V_I = V_{I_{ВТМ}} + \Delta V_R + \Delta V_m,$$

където $\Delta V_m = \Sigma V_m$.

Стъпка 2 – Определяне на средното ниво на повреда μ_D

Средното ниво на повреда се определя от индекса на уязвимост V_I за сградите от матрицата на типологиите сгради ВТМ и макросеизмичната интензивност I чрез зависимостта

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh\left(\frac{I + 6.25.V_I - 13.1}{2.3}\right) \right]$$

Стъпка 3 – Определяне на разпределението на повредите

(Вероятностна матрица на повреди и криви на разрушаване)

$$PDF : p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r)\Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1}(b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}} \quad a \leq x < b$$

$$CDF : P_{\beta}(x) = \int_a^x p_{\beta}(\varepsilon) d\varepsilon$$

$$a = 0; \quad b = 6; \quad t = 8 \quad \text{и}$$

$$r = t(0.007\mu_D^3 - 0.052\mu_D^2 + 0.2875\mu_D)$$

Вероятностна функция с дискретно „бета“ разпределение се изчислява от вероятностите, свързани с нивата на повреди k и $k+1$ ($k=0,1,2,3,4,5$), както следва:

$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Кривите на разрушаване, дефиниращи вероятността за достигане или надхвърляне на някакво ниво на повреда, се получават директно от комутативното вероятностно „бета“ разпределение:

$$P(D \geq D_k) = 1 - P_{\beta}(k)$$

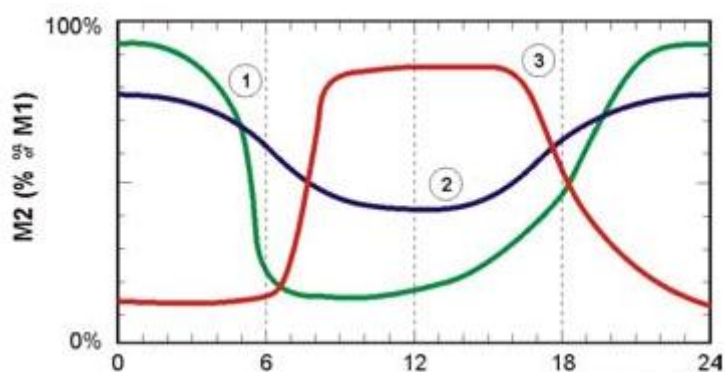
3.1.2. Оценка на жертвите и ранените

За определяне броя на жертвите вследствие на конструктивни повреди (K_{sb}) се прилага следната зависимост:

$$K_{sb} = TC_b \times [M_1 \times M_2 \times M_3 \times (M_4 + M_5(1-M_4))],$$

където:

- TC_b – общ брой на разрушените сгради от тип b ;
- M_1 – коефициент, отчитащ регионалните изменения на броя на живущите в сграда;
- M_2 – коефициент, отчитащ промените в броя на обитателите в зависимост от времето през денонощието;
- M_3 – коефициент, отчитащ процента на затрупаните обитатели под развалините на разрушените сгради;
- M_4 – коефициент, отчитащ различните степени на ранимост (увреждане) на затрупаните хора;
- M_5 – коефициент, отчитащ промяната на степените на ранимост на затрупаните хора с течение на времето.



Време през денонощието (час)

- | | |
|---------------------------------|--------------|
| 1. Селскостопански сгради | $M_2 = 45\%$ |
| 2. Жилищни сгради в градовете | $M_2 = 65\%$ |
| 3. Нежилищни сгради в градовете | $M_2 = 40\%$ |

Фигура 3.1.2-1. Изменение на коефициента M_2 – процент живущи в сградите през различни часове на денонощието (Собирн, Спенсе, 2002)

Таблица 3.1.2-1. Коефициент M_3 за зидани и ст.б. конструкции

Разрушени сгради със зидария (до 3 етажа)				
Интензивност	VII	VIII	IX	X
	5%	30%	60%	70%
Разрушени сгради със ст.б. конструкция (3-5 етажа)				
Близки до епицентъра, високочестотни земетресения			70%	
Отдалечени, дългопериодични земетресения			50%	

Таблица 3.1.2-2. Коефициент M_4 за зидани и ст.б. конструкции

Категория ранени	Зидария	Стоманобетон
Леко ранени (S1)/ Малки наранявания*	20%	10%
Ранени, нуждаещи се от болнично лечение (S2)/ Сериозни наранявания*	30%	40%
Тежко ранени (S3)/ Тежки наранявания*	30%	10%
Загинали или неспасяемо ранени (S4)	20%	40%

* Класификация съгласно „Указания за разработването и готовността за изпълнението на планове за защита при бедствия от 2017 г.“, приети от Съвета за намаляване на риска от бедствия към МС на Р. България

Таблица 3.1.2-3. Коефициент M_5 за зидани и ст.б. конструкции

Ситуация	Зидария	Стоманобетон
Ниво 1 Общината е недееспособна поради високата степен на жертвите	95%	-
Ниво 2 Общината е в състояние да организира спасителна дейност	60%	90%
Ниво 3 Общината + аварийните отряди след 12 часа	50%	80%
Ниво 4 Общината + аварийните отряди + експерти след 36 часа	45%	70%

В проекта RISK-UE е направена модификация на два от параметрите, а именно:

- TC_b е заменен от TC – площ, съответстваща на разгънатата застроена площ на сградите, понесли дадено ниво на повреди;
- M_1 е коефициент, отчитащ броя на живущите на единица площ от засегнатите сгради.

Този подход се оказва по-удобен за работа, поради което се препоръчва за използване в настоящата методика.

3.1.3. Оценка на икономическите загуби вследствие на директните физически повреди и разрушения

Икономическите загуби вследствие на директните физически повреди и разрушения могат да бъдат оценявани чрез вероятностните матрици на повреди. В действителност данните, събрани чрез оценка на повредите в спешни случаи (след някои земетресения), могат да бъдат съотнесени към загубите. Резултатът е обобщен в таблица 3.1.3-1.

Таблица 3.1.3-1. Корелация между разпределението на повредите и ефектите върху сградите и хората

Сгради	неизползваеми	40% от сградите с ниво на повреда 3 + 100 % от сградите с ниво на повреда 4 и 5
	разрушени	сгради с ниво на повреда 5
Хора	без дом	100% от живущите в неизползваемите сгради - жертви и тежко ранени
	жертви и тежко ранени	30% от обитаващите разрушените сгради

За да се определи икономическият индекс на повреди **DI** за група от сгради, който представлява отношението между общите разходи за възстановяване и стойността на всички сгради в групата, може да се използва корелация със средното ниво на повреда μ_D .

При използване на дискретно „бета“ разпределение (с $t=8$) се получават представителни стойности:

$$D_I(\mu_D) = \sum_{k=0}^5 p_k(\mu_D) D_{Ik},$$

които са систематизирани в таблица 3.1.3-2.

Таблица 3.1.3-2. Представителни стойности за **DI** за различните нива на повреди

Ниво на повреда	0	1	2	3	4	5
DI	0	0.01	0.1	0.4	0.8	1

3.2. СЕИЗМИЧЕН РИСК ЗА ТЕХНИЧЕСКАТА ИНФРАСТРУКТУРА

3.2.1. Оценка на директните повреди и разрушенията на транспортната инфраструктура

3.2.1.1. Преки и непреки загуби

Разрушенията и повредите след станало земетресение водят до загуби, които се дефинират като:

- преки загуби (direct losses);
- непреки загуби (indirect losses).

И двете групи представляват социално-икономически загуби.

Към преките (директни) загуби се отнасят:

- брой загинали и брой тежко пострадали – социални загуби;
- необходими разходи за възстановяване на пострадалите съоръжения – икономически загуби.

Към непреките загуби могат да се отнесат:

- загуби от прекъснат трафик за транспортната система;
- загуби от отклонен трафик;
- загуби в другите отрасли на икономиката поради липса или забавяне на доставки и суровини.

Между двете групи загуби съществува пряка връзка. Така например, при отклоняване на движението по обходен път с по-малка пропускливост (непряка загуба) е възможно да възникнат пътнотранспортни произшествия с жертви (преки загуби). Разрушаването на мост може да прекъсне за дълъг период от време важна пътна комуникация, необходима за движението на хора и/или стоки, което може да доведе до нови жертви.

3.2.1.2. Оценка на директните загуби съгласно HAZUS

В HAZUS са предложени методи за оценка на повредите и загубите. Ръководството за използване на методиката (Technical Manual) е достъпно на сайта на FEMA www.fema.gov/plan/prevent/hazus.

Основни особености и ограничения в приложението на методиката:

1. Използва се основно за оценка на загубите за отделен обект. За група от подобни обекти получените резултати следва да се приемат като „средни“.
2. При земетресения с малък магнитуд ($M \leq 6$) определените загуби е възможно да се окажат преувеличени за случаите на гъсто населени градски райони.

3. За оценка на елементи от транспортната инфраструктура точността зависи от наличните данни.

Методологията HAZUS е гъвкава и позволява ползвателят да избира различни методи за оценка на риска в зависимост от необходимата степен на точност, ограниченията в бюджета и практическите цели.

Препоръчват се три типа анализи съобразно достъпните данни:

1. Липса на входни данни (Default Data Analysis) – използват се каталожни данни, оценката е приблизителна, необходимо време – от 1 седмица до 1 месец.
2. Данни, осигурени от ползвателя (User-Supplied Data Analysis) – най-често използваният анализ, изисква участие на консултанти, необходимо време – от 1 до 6 месеца.
3. Прилагане на съвременни модели и данни (Advanced Data and Models Analysis) – използват се съответстващите на модела методи, изисква участие на технически експерти и подробни данни от техническите служби, необходимо време – от 6 месеца до 2 години.

3.2.1.3. Подход за оценка на директните загуби при мостове

Оценката на директните загуби се извършва в следната последователност:

1. Избира се групата мостове, за които се определят загубите – таблица 1 на Приложение 2. Приема се, че мостовете, проектирани след м. март 2012 г. с влизане в сила на Наредба № РД-02-20-2 за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони, са с по-висока степен на осигуреност вследствие прилагането на европейските стандарти.
2. Определя се броят на мостовете, които подлежат на анализ (за избраната група), глобално за страната, за община, лот от магистрала, жп направление и др.
3. При голям брой обекти се прави представителна извадка (около 20 %), равномерно разпределена по зони на сеизмичност.
4. За всеки избран мост от групата се провежда дадената по-долу процедура за определяне на директните загуби. За улеснение на ползвателите на методиката е представен числен пример.
5. Директните загуби за групата се обобщават на основата на получените резултати за отделните мостове.

3.2.1.4. Алгоритъм на методиката за оценка на директните загуби при мостове

1. Изходни данни:

- Географско местоположение, съответно максималното земно ускорение (PGA-Peak Ground Acceleration) за района;
- Клас на почвата. При липса на данни се приема клас D или по препоръка на инженер-геолог. Методиката е невалидна при класове E, S₁ и S₂. В тези случаи се изисква специална геотехническа оценка;
- Клас на моста – таблица 1 на Приложение 2;
- Брой на отворите;
- Косота (ако има такава). Определя се с ъгълът α между оста на стълба и нормалата към оста на моста.

2. Определяне на спектралните ускорения при периоди 0.3 s и 1.0 s, съответно Sa(0.3) и Sa(1.0). При отсъствие на данни за спектралните ускорения (като изход от оценката на сеизмичната опасност) се използва от БДС EN 1998-1/NA Еврокод 8: Проектиране на конструкции за сеизмични въздействия. Част 1: Общи правила, сеизмични въздействия и правила за сгради (т. 3.2.2.2). Стойностите за коефициента S за вида на почвата се заместват с корекционни коефициенти F_{Ai} за почвен клас I=A,B,C и D, дадени в таблица 3 на Приложение – 2 (прието е S=1).

3. Изчисляване на коефициентите, отчитащи:

- Косотата – $K_{skew} = \sqrt{\sin(90-\alpha)}$;
- Формата на моста – $K_{shape} = 2.5 Sa(1.0) / Sa(0.3)$;
- Пространствения (3D) характер на конструкцията – K_{3D}. Определя се според класа на моста по формулите, дадени в таблица 4 на Приложение 2.

4. Определяне на стандартните медианни стойности за съответния клас на моста – SMV (standard median value) (таблица 5 на Приложение 2). Коригираните медианни стойности се означават с NMV (new median value). Корекцията е в зависимост от нивото на повреди, както следва:

А. За ниво „леки повреди“ (ds₂)

Изчислява се корекционен коефициент C, равен на:

- 1.0 при I_{shape}=0;
- min(1, K_{shape}) при I_{shape}=1.

I_{shape} е Булев оператор със стойности 0 и 1 за привеждане на случаите на мостове с малки периоди на свободни трептения към еквивалентна спектрална амплитуда за период T=1 s. Стойностите на I_{shape} за класовете мостове са дадени в таблица 4 на Приложение 2.

Коригираната (нова) медианна стойност се определя по формулата:

$$NMV(ds_1) = SMV(ds_1)C.$$

Б. За всички останали нива на повреди новата медианна стойност е:

$$NMV(ds_j) = SMV(ds_j)K_{skew}K_{3D}.$$

5. Построяване на “функциите (кривите) на уязвимост” $P[D_s \geq ds_j]$ чрез новата медианна стойност за всяко ниво на повреди и прието стандартно отклонение $\beta=0.60$. Определяне на вероятностите $P[D_s \geq ds_j / PGA_i (PGV_i)]$ с използване на еквивалентно PGA_i , определено по една от формулите:

$$PGA_i = PGA.F_{Ai}$$

$$PGA_i = PGA.F_{Vi},$$

където $i=A, B, C, D$ е класът на почвата.

Изборът на формула зависи от използваните каталожни медианни стойности. В таблица 5 на Приложение 2 медианните стойности са за $Sa(T=1.0)$. В този случай се използва еквивалентното максимално почвено ускорение, определено с F_{Vi} за $Sa(1.0)$ (таблица 3 на Приложение 2).

6. Определяне на директните загуби за моста чрез отношението “разходи за ремонт/ разходи за изграждане на нов мост” (damage ratio/ DR). За различните нива на повреди (j) стойностите на DR_j за пътни и жп мостове са дадени в таблица 6 на Приложение 2.

Комплексното отношение DR_C за целия мост се определя като:

$$DR_C = \sum DR_j P_j, \text{ за } j = 2 \div 5.$$

Вероятностите P_j се определят по формулите:

$$P_1 = P[D_s = ds_1 / PGA] = 1 - P[D_s \geq ds_2 / PGA];$$

$$P_2 = P[D_s = ds_2 / PGA] = P[D_s \geq ds_2 / PGA] - P[D_s \geq ds_3 / PGA];$$

$$P_3 = P[D_s = ds_3 / PGA] = P[D_s \geq ds_3 / PGA] - P[D_s \geq ds_4 / PGA];$$

$$P_4 = P[D_s = ds_4 / PGA] = P[D_s \geq ds_4 / PGA] - P[D_s \geq ds_5 / PGA];$$

$$P_5 = P[D_s = ds_5 / PGA] = P[D_s \geq ds_5 / PGA].$$

Приема се предпоставката, че разходите за изграждане на моста към момента на анализа е известна. Разходите за ремонт (директните загуби) се получават чрез умножаване на разходите за изграждане на моста с комплексното отношение DR_C .

7. Директните загуби за отделните мостове се обобщават за съответната група.

В настоящата методика се оценяват директните загуби, причинени от земетръсното въздействие, представено чрез PGA (максимално земно ускорение) за приет период на повторяемост.

3.2.1.5. Тунели

За оценка на повредите на тунелите се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост от PGA (максимално земно ускорение) и PGD (остатъчни премествания).

Медианите и дисперсиите на функциите за повреди са дадени в таблица 3.2.1-1.

Таблица 3.2.1-1. Функции за повреди за тунели (HAZUS)

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Пробити тунели	Леки/ Незначителни	0.6	0.6
	Умерени	0.8	0.6
Изкопани и покрити тунели	Леки/ Незначителни	0.5	0.6
	Умерени	0.7	0.6
Остатъчно преместване (PGD)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (in/cm)	β
Пробити тунели	Леки/ Умерени	6/15.24	0.7
	Значителни	12/30.48	0.5
	Пълно разрушение	60/152.4	0.5
Изкопани и покрити тунели	Леки/ Умерени	6/15.24	0.7
	Значителни	12/30.48	0.5
	Пълно разрушение	60/152.4	0.5

За определяне на директните загуби (за единица дължина) за тунелите се използва отношението „разходи за възстановяване на облицовката/разходи за изграждане“ (damage ratio /DR). За отделните нива на повреди (j) стойностите на DR_j са дадени в табл. 3.2.1-2.

Таблица 3.2.1-2. Стойности на DR за тунели (HAZUS)

Класификация	Степен на повреда	DR (best estimate)	Граници на изменение на DR
Облицовка на тунела	Леки	0.01	0.01 – 0.15
	Умерени	0.30	0.15 – 0.4
	Значителни	0.70	0.4 – 0.8
	Пълно разрушение	1.00	0.8 – 1.0

3.2.1.6. Пътища

За оценка на повредите на пътищата се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост PGD (остатъчни премествания).

Медианите и дисперсиите на функциите за повреди са дадени в таблица 3.2.1-3.

Таблица 3.2.1-3. Функции за повреди за пътища (HAZUS)

Остатъчно преместване (PGD)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (in/cm)	β
Главни пътища	Леки/ Умерени	12/30.48	0.7
	Значителни	24/60.96	0.7
	Пълно разрушение	60/152.4	0.7
Пътища в урбанизирани райони	Леки/ Умерени	6/15.24	0.7
	Значителни	12/30.48	0.7
	Пълно разрушение	24/60.96	0.7

За определяне на директните загуби (за единица дължина) за пътищата се използва отношението „разходи за възстановяване на пътя / разходи за изграждане“ (damage ratio/ DR). За отделните нива на повреди (j) стойностите на DR_j са дадени в таблица 3.2.1-4.

Таблица 3.2.1-4. Стойности на DR за пътища (HAZUS)

Класификация	Степен на повреда	DR (best estimate)	Граници на изменение на DR
Пътища	Леки	0.05	0.01 – 0.15
	Умерени	0.20	0.15 – 0.4
	Значителни /	0.70	0.4 – 1.0
	Пълно разрушение		

3.2.1.7. Жп линии

За оценка на повредите на жп линии се прилагат вероятностни функции за повреди в зависимост PGD (остатъчни премествания).

Медианите и дисперсиите на функциите за повреди са същите, както тези за пътищата, дадени в таблица 3.2.1-3.

За определяне на директните загуби (за единица дължина) за жп линии се използва отношението „разходи за възстановяване на линията / разходи за изграждане“ (damage ratio/ DR). За отделните нива на повреди (j) стойностите на DR_j са същите, както при пътищата, и са дадени в таблица 3.2.1-4.

3.2.2. Оценка на директните повреди и разрушения на техническата инфраструктура – комунални системи (питейна и отпадъчна вода, газоснабдяване, електроснабдяване)

3.2.2.1. Оценка на директните физически повреди и разрушения на системите за питейна и отпадъчна вода

За оценка на повредите и разрушенията на елементите на системите за питейна и отпадъчна вода се прилагат вероятностни функции на повреди, в много случаи дефинирани чрез емпирични и хибридни методи. За оценка на уязвимостта могат да се използват кривите на повреди, предложени в HAZUS и SMR-LIFE/SYNER-G. Изборът е в зависимост от типологията на оценяваната строителна конструкция като компонент на системата, начина на анкериране на компонентите и наличието на резервно хранване. В случай че класификациите съответстват на тези от SMR-LIFE/ SYNER-G, се препоръчва да се ползват функциите на повреди от този проект. В останалите случаи алтернатива са функциите от HAZUS или разработването на оригинални функции, подходящи за условията в България.

За наземните ст.б. неанкерирани и анкерирани резервоари се препоръчва използването на кривите за повреди съгласно ALA. Уязвимостта на стоманените и дървените резервоари може да се определи от кривите за повреди от HAZUS.

За подземните тръбопроводи се използват два алгоритъма за определяне на повредите, свързани съответно с максималната земна скорост (PGV) и постоянната/ остатъчна земна деформация (PGD). За оценка на уязвимостта се препоръчва използването на алгоритмите по HAZUS и ALA. Уязвимостта на каналите, дължаща се на разпространение на сеизмични вълни и остатъчни земни премествания, може да бъде оценена въз основа на процедурата в ALA, която е единствената налична.

Методологията HAZUS предлага опростен подход за оценка поведението на системата непосредствено след сеизмичното събитие, приложим за бърза оценка на остатъчната ефективност.

3.2.2.1.1. Функции за повреди за компонентите на системите за питейна вода съгласно методологията HAZUS

Функциите за повреди, дължащи се на остатъчни премествания (PGD) за всички компоненти на системите за питейна вода, с изключение на тръбопроводи, (т.е. пречиствателни и помпени станции, кладенци и резервоари) се приемат, както за сградите.

Функции за повреди за пречиствателни станции за питейна вода от максимално земно ускорение (PGA)

Функциите за повреди за пречиствателните станции за питейна вода в зависимост от PGA (общо 24 броя) са разработени в съответствие с тяхната класификация – по 12 броя за станции с анкерирани и неанкерирани подкомпоненти. Медианите и дисперсиите са дадени в таблици 3.2.2-1 – 3.2.2-3.

Таблица 3.2.2-1. Функции за повреди за малки пречиствателни станции за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.25	0.50
	Умерени	0.38	0.50
	Значителни	0.53	0.60
	Пълно разрушение	0.83	0.60
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.16	0.40
	Умерени	0.27	0.40
	Значителни	0.53	0.60
	Пълно разрушение	0.83	0.60

Таблица 3.2.2-2. Функции за повреди за средни пречиствателни станции за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.37	0.40
	Умерени	0.52	0.40
	Значителни	0.73	0.50
	Пълно разрушение	1.28	0.50
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.20	0.40
	Умерени	0.35	0.40
	Значителни	0.75	0.50
	Пълно разрушение	1.28	0.50

Таблица 3.2.2-3. Функции за повреди за големи пречиствателни станции за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.44	0.40
	Умерени	0.58	0.40
	Значителни	0.87	0.45
	Пълно разрушение	1.57	0.45
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.22	0.40
	Умерени	0.35	0.40
	Значителни	0.87	0.45
	Пълно разрушение	1.57	0.45

Функции за повреди за помпени станции за питейна вода от максимално земно ускорение (PGA)

Функциите за повреди за помпени станции за питейна вода в зависимост от PGA (общо 16 броя) са разработени в съответствие с тяхната класификация – по 8 броя за станции с анкерирани и неанкерирани подкомпоненти. Медианите и дисперсиите са дадени в таблици 3.2.2-4 и 3.2.2-5. В HAZUS са дадени и параметрите на функциите на повреди за подкомпонентите.

Таблица 3.2.2-4. Функции за повреди за малки помпени станции за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.15	0.70
	Умерени	0.36	0.65
	Значителни	0.66	0.65
	Пълно разрушение	1.50	0.80
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.13	0.60
	Умерени	0.28	0.50
	Значителни	0.66	0.65
	Пълно разрушение	1.50	0.80

Таблица 3.2.2-5. Функции за повреди за средни/големи помпени станции за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.15	0.75
	Умерени	0.36	0.65
	Значителни	0.77	0.65
	Пълно разрушение	1.50	0.80
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.13	0.60
	Умерени	0.28	0.50
	Значителни	0.77	0.65
	Пълно разрушение	1.50	0.80

Функции за повреди за кладенци за питейна вода от максимално земно ускорение (PGA)

Функциите за повреди за кладенци за питейна вода в зависимост от PGA са общо четири. Възприета е предпоставката, че оборудването в кладенците е анкерирано. Медианите и дисперсиите са дадени в таблица 3.2.2-6. В HAZUS са дадени и параметрите на функциите на повреди за подкомпонентите.

Таблица 3.2.2-6. Функции за повреди за кладенци за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Кладенци	Леки/ Незначителни	0.15	0.75
	Умерени	0.36	0.65
	Значителни	0.72	0.65
	Пълно разрушение	1.50	0.80

Функции за повреди за резервоари за питейна вода

Функциите на повреди за резервоарите за питейна вода са общо 24 броя – за наземни бетонови резервоари (анкерирани и неанкерирани), наземни стоманени (анкерирани и неанкерирани), стоманени повдигнати (водни кули) и дървени наземни. Термините анкерирани и неанкерирани съответстват на наличие или отсъствие на връзка между стената на резервоара и опорния бетонов пръстен. Медианите и дисперсиите на функциите за повреди от PGA са дадени в таблица 3.2.2-7.

Таблица 3.2.2-7. Функции за повреди за резервоари за питейна вода

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Наземни анкерирани бетонови резервоари	Леки/ Незначителни	0.25	0.55
	Умерени	0.52	0.70
	Значителни	0.95	0.60
	Пълно разрушение	1.64	0.70
Наземни неанкерирани бетонови резервоари	Леки/ Незначителни	0.18	0.60
	Умерени	0.42	0.70
	Значителни	0.70	0.55
	Пълно разрушение	1.04	0.60
Наземни анкерирани стоманени резервоари	Леки/ Незначителни	0.30	0.60
	Умерени	0.70	0.60
	Значителни	1.25	0.65
	Пълно разрушение	1.60	0.60
Наземни неанкерирани стоманени резервоари	Леки/ Незначителни	0.15	0.70
	Умерени	0.35	0.75
	Значителни	0.68	0.75
	Пълно разрушение	0.95	0.70
Стоманени резервоари повдигнати (водни кули)	Леки/ Незначителни	0.18	0.50
	Умерени	0.55	0.50
	Значителни	1.15	0.60
	Пълно разрушение	1.50	0.60
Наземни дървени резервоари	Леки/ Незначителни	0.15	0.60
	Умерени	0.40	0.60
	Значителни	0.70	0.70
	Пълно разрушение	0.90	0.70
Остатъчно преместване (PGD)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (in/cm)	β
Подземни бетонови резервоари	Леки/ Незначителни	2/5.08	0.60
	Умерени	4/10.16	0.60
	Значителни	8/20.32	0.70
	Пълно разрушение	12/30.48	0.70

Функции за повреди на подземни тръбопроводи за питейна вода

При подземните тръбопроводи се използват два алгоритъма за определяне на повредите, свързани съответно с максималната земна скорост (PGV) и постоянната/ остатъчна земна деформация (PGD). И в двата случая диаметърът на тръбата не е определящ.

Първият алгоритъм използва следната формула:

$$RR \cong 0.0001(PGV)^{2.25},$$

където: RR е плътността/гъстотата на ремонтните дейности за единица дължина от тръбопровода [ремонти/km]; дименсията на PGV е [cm/s].

Зависимостта е изведена от данни за азбестоциментови, бетонови и чугунени тръби. Приема се, че е валидна за тръби от крехки материали. За дуктилни тръби (стомана, модифициран чугун и PVC) се въвежда корекционен коефициент 0.3. В HAZUS стоманените тръбопроводи с дъгово заварени съединения се класифицират като дуктилни, а с газови заварени съединения – като крехки. По тази причина се препоръчва стоманени тръби, инсталирани преди 1935 г., да се приемат за крехки.

Алгоритъмът за определяне на повредите на подземни тръбопроводи, дължащи се на остатъчни земни премествания, се основава на работата на Honegger and Eguchi (1992). Използва се следната зависимост:

$$RR \cong \text{Prob [liq]}(PGD)^{0.56},$$

където PGD е в инчове.

Формулата е приложима за крехки тръбопроводи. За дуктилните се въвежда корекционен фактор 0.3, както при PGV алгоритъма.

Функциите за повреди, използвани в HAZUS за оценка на загубите, са представени в таблица 3.2.2-8.

Таблица 3.2.2-8. Алгоритъм на повредите за тръбопроводи

	PGV алгоритъм	PGD алгоритъм
	$RR \cong 0.0001(PGV)^{2.25}$	$RR \cong \text{Prob [liq]}(PGD)^{0.56}$
Тип на тръбите	Фактор	Фактор
Крехки тръби	1	1
Дуктилни тръби	0.3	0.3

3.2.2.1.2. Функции за повреди на компонентите на системите за питейна вода, съгласно SRM-LIFE / SYNER-G

В таблица 3.2.2-9 са дадени параметрите на функциите за повреди на компонентите на системите за питейна вода: кладенци, пречиствателни станции,

помпени станции, а в таблици 3.2.2-10 и 3.2.2-11 – съответно за ст.б. неанкерирани и анкерирани резервоари.

Таблица 3.2.2-9. Параметри на функциите за повреди на компонентите на системите за питейна вода в SRM-LIFE/SYNER-G

Компонент	Методология	Описание	Степен на повреди	Максимално земно ускорение (PGA)	
				Медиана, λ	отклонение, β
Кладенци	SRM-LIFE	Анкерирани компоненти, ниска ст.б. сграда с ниско ниво на сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди Умерени повреди Значителни повреди Пълно разрушение	0.16 0.18 0.30 0.40	0.7 0.65 0.65 0.75
		Анкерирани компоненти, ниска ст.б. сграда с високо ниво на сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди Умерени повреди Значителни повреди Пълно разрушение	0.25 0.45 0.85 2.1	0.55 0.5 0.55 0.7
<i>Като алтернатива може да се използват параметрите на кривите на повреди от HAZUS . Степените на повреди и описанията им са същите</i>					
Пречиствателни станции за питейна вода	SRM-LIFE	Анкерирани компоненти, без резервно хранване	Леки/ незначителни повреди Умерени повреди Значителни повреди Пълно разрушение	0.15 0.30 0.55 0.90	0.30 0.25 0.650 0.55
		<i>Като алтернатива да се използват параметрите на кривите на повреди от HAZUS . Степените на повреди и описанията им са същите</i>			
Помпени станции за питейна вода	SRM-LIFE	Анкерирани компоненти, без резервно хранване; ниски ст.б. сгради с ниско ниво на сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди Умерени повреди Значителни повреди Пълно разрушение	0.10 0.15 0.30 0.40	0.55 0.55 0.70 0.75
		Анкерирани компоненти, без резервно хранване; ниски ст.б. сгради с високо ниво на сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди Умерени повреди Значителни повреди Пълно разрушение	0.15 0.30 1.1 2.1	0.30 0.35 0.55 0.70
<i>Като алтернатива да се използват параметрите на функциите за повреди от HAZUS. Степените на повреди и описанията им са същите</i>					

Таблица 3.2.2-10. Параметри на функциите за повреди на наземни неанкерирани ст.б. резервоари съгласно ALA и препоръчани в SYNER-G

Състояние на повреда	Способност за обслужване	Максимално земно ускорение (PGA)		Остатъчно земно преместване (PGD)	
		Медиана, λ	отклонение, β	Медиана, λ	отклонение, β
Повдигане на стената – смачкване на бетона	Не функционира	1.3	0.5		
Напукване или срязване на стената на резервоара		1.6	0.5		
Приплъзване на резервоара		1.1	0.5		
Прекалено високи пръстеновидни напрежения	Функционира	4.1	0.5		
PGD нарушение				24 in = 61 cm	0.5

Таблица 3.2.2-11. Параметри на функциите за повреди на наземни анкерирани ст.б. резервоари съгласно на ALA и препоръчани в SYNER-G

Състояние на повреда	Способност за обслужване	Максимално земно ускорение (PGA)		Остатъчно земно преместване (PGD)	
		Медиана, λ	отклонение, β	Медиана, λ	отклонение, β
Напукване или срязване на стената на резервоара	Загуба на съдържанието. Не функционира	1.05	0.45		
Повреда на покрива	Няма загуби на съдържание. Функционира	2.6	0.45		
Повдигане на стената – смачкване на бетона	Слаб теч. Функционира	2.0	0.45		
Приплъзване на резервоара	Слаб теч. Функционира	0.25	0.45		
Прекалено високи пръстеновидни напрежения	Загуба на съдържанието. Не функционира	0.75	0.45		
Леко високи пръстеновидни напрежения	Слаб теч. Функционира	0.45	0.45		
PGD нарушение				24 in = 61 cm	0.5

Параметрите на функциите за повреди на стоманени и дървени резервоари, препоръчани в SYNER-G, са съгласно HAZUS.

В SYNER-G са препоръчани функциите на ALA за подземни тръби поради факта, че се основават на по-голям брой наблюдения. Определят броя на ремонтите за km (RR) във функция от PGV (cm/s) (за разпространение на сеизмични вълни) и PGD (cm) (за остатъчни земни премествания в земната среда):

$$RR = 0.002416(PGV)K1$$

$$RR = 2.5829(PGD)K2^{3.19},$$

където K1 (табл. 3.2.2-12) и K2 (табл. 3.2.2-13) са коефициенти за коригиране на основната функция. Отчитат вида на материала, диаметъра и вида на връзките между тръбите.

Таблица 3.2.2-12. Стойности на K1 за модифициране функциите за повреди при разпространение на сеизмични вълни

	Материал на тръбата	Тип на връзките	Почва	Диаметър	K1
1	Чугун	Цимент	Всички	Малък	1.0
2	Чугун	Цимент	Корозивна	Малък	1.4
3	Чугун	Цимент	Некорозивна	Малък	0.7
4	Чугун	С гумени уплътнения	Всички	Малък	0.8
5	Заварени стоманени	Дъгово заварени	Всички	Малък	0.6
6	Заварени стоманени	Дъгово заварени	Корозивна	Малък	0.9
7	Заварени стоманени	Дъгово заварени	Некорозивна	Малък	0.3
8	Заварени стоманени	Дъгово заварени	Всички	Голям	0.15
9	Заварени стоманени	С гумени уплътнения	Всички	Малък	0.7
10	Заварени стоманени	На винт; фланш	Всички	Малък	1.3
11	Азбестоцимент	Гумени уплътнения	Всички	Малък	1.0
12	Бетонови + стом. цил.	Дъгово заварени	Всички	Голям	0.7
13	Бетонови + стом. цил.	Цимент	Всички	Голям	1.0
14	Бетонови + стом. цил.	Гумени уплътнения	Всички	Голям	0.8
15	PVC	Гумени уплътнения	Всички	Малък	0.5

Под “малък диаметър” се разбира от 4 до 12 in (100–300 mm) и съответно “голям” – \geq 16 in (406 mm).

K2 зависи от материала на тръбата и типа на връзките.

Таблица 3.2.2-13. Коригиращ коефициент K2 (ALA, 2001)

Материал	Вид на връзките между тръбите	K2
Неизвестен	Неизвестен	1.0
Заварени стоманени (WS)	Дъговозаварени, заварки с препокриване	0.15
	Гумено уплътнение	0.7
PVC	Гумено уплътнение	0.8

3.2.2.1.3. Функции за повреди на компонентите на системите за отпадъчни води (по HAZUS)

Функциите за повреди, дължащи се на остатъчни премествания (PGD), на компонентите на системите за отпадъчна вода, с изключение на тръбопроводи, (т.е. пречиствателни и помпени станции), се приемат, както за компонентите на системите за питейна вода, дадени по-горе.

Функциите за повреди на помпени станции от системите за отпадъчни води са идентични с тези за питейни води (HAZUS, табл. 3.2.2-4 и 3.2.2-5).

Параметрите на функциите за пречиствателни станции при анализ по PGA са дадени в таблици 3.2.2-14 – 3.2.2-16.

Таблица 3.2.2-14. Параметри на функциите за повреди на малки пречиствателни станции за отпадъчни води

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.23	0.40
	Умерени	0.35	0.40
	Значителни	0.48	0.50
	Пълно разрушение	0.80	0.55
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.16	0.40
	Умерени	0.26	0.40
	Значителни	0.48	0.50
	Пълно разрушение	0.80	0.55

Таблица 3.2.2-15. Параметри на функциите за повреди на средни пречиствателни станции за отпадъчни води

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.33	0.40
	Умерени	0.49	0.40
	Значителни	0.70	0.45
	Пълно разрушение	1.23	0.55
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.2	0.40
	Умерени	0.33	0.40
	Значителни	0.70	0.45
	Пълно разрушение	1.23	0.55

Таблица 3.2.2-16. Параметри на функциите за повреди на големи пречиствателни станции за отпадъчни води

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Станции със сеизмично проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.40	0.40
	Умерени	0.56	0.40
	Значителни	0.84	0.40
	Пълно разрушение	1.50	0.40
Станции със стандартно проектирани подкомпоненти	Леки/ Незначителни	0.22	0.40
	Умерени	0.35	0.40
	Значителни	0.84	0.40
	Пълно разрушение	1.50	0.40

Функциите за повреди на колекторните канали, дюкерите и тръбите на системите за отпадъчни води са същите, както за тръбопроводите за питейни води, дадени в таблица 3.2.2-8. Като крехки тръби са класифицирани бетоновите и камениновите, а като дуктилни са добавени и пластмасовите тръби.

3.2.2.1.4. Функции за повреди на компонентите на системите за отпадъчни води (по SYNER-G)

След критичен анализ в SYNER-G са подбрани и препоръчани за използване функции за повреди на компонентите на системите за отпадъчни води, подходящи за условията в Европа.

За компонентите, разположени в сгради, степените на повреди са идентични с тези от HAZUS. Съответните функции на повреди, възприети в SYNER-G, са взаимствани от SRM-LIFE поради това, че отчитат европейската практика за типология на сградите. Определени са въз основа на тези в HAZUS и функциите за повреди на типичните за Европа сгради чрез анализ с логическо дърво. За подкомпонентите е отчетено, че опорите им са проектирани без специални сеизмични изисквания, което увеличава несигурността. Типологията и кривите за повреди на сградите са съгласно SRM-LIFE. Съответните криви са приложими за пречиствателни станции без аварийно хранване – ниски сгради със стоманобетонни конструкции. Параметри на функциите за повреди са дадени в таблица 3.2.2-17.

Таблица 3.2.2-17. Параметри на функциите за повреди на компоненти на системите за отпадъчни води по SYNER-G

Компонент	Методология	Описание	Степен на повреди	Максимално земно ускорение (PGA)	
				Медиана λ	отклонение β
Пречиствателни станции за отпадъчни води	SRM-LIFE	Анкерирани компоненти, ст.б. ниска сграда, ниско ниво на норми за сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди	0.15	0.35
			Умерени повреди	0.30	0.20
	Анкерирани компоненти, ст.б. ниска сграда, високо ниво на норми за сеизмично проектиране	Значителни повреди	0.45	0.50	
		Пълно разрушение	0.50	0.50	
<i>Като алтернатива да се използват параметрите на кривите на повреди според HAZUS. Степените на повреди и описанията им са идентични</i>					
Помпени станции за отпадъчни води	SRM-LIFE	Анкерирани компоненти, ст.б. ниска сграда, ниско ниво на норми за сеизмично проектиране	Леки/ незначителни повреди	0.10	0.55
			Умерени повреди	0.15	0.55
	Анкерирани компоненти, ст.б. ниска сграда, високо ниво на норми за сеизмично проектиране	Значителни повреди	0.30	0.70	
		Пълно разрушение	0.40	0.75	
<i>Като алтернатива да се използват параметрите на кривите на повреди според HAZUS. Степените на повреди и описанията им са идентични</i>					

3.2.2.2. Оценка на директните физически повреди и разрушения на системите за газоснабдяване

Оценката на възможните повреди и разрушения на компонентите на системите се извършва въз основа на вероятностни криви на повредите, определящи вероятността съответният компонент на системата да достигне определено ниво на повреди.

При газопроводи се препоръчва използването на функциите за повреди според ALA (2001) за алгоритмите, основани на PGV и PGD.

За оценка уязвимостта на компресорни станции се препоръчват функциите за повреди според HAZUS и SMR-LIFE/ SYNER-G в зависимост от класификацията. Кривите на повреди от SMR-LIFE/ SYNER-G огчитат типологията на сградите, типични за Гърция (т.е. нискоетажни стоманобетонни с анкерирани компоненти). При условие че класификацията на елементите на

системите съответства на тази в посочените два проекта, се препоръчва използването на функциите на повреди съгласно тях. При несъответствие е възможно приложението на тези от HAZUS (разграничението е по наличие на анкериране). Третата алтернатива е разработване на оригинални функции, подходящи за условията в България.

Функции за повреди на компонентите на системите за газоснабдяване по HAZUS

Функции за повреди на компресорни станции

Функциите за повреди на компресорни станции са дефинирани с медианата и дисперсията на PGA / PGD – таблица 3.2.2-18.

Таблица 3.2.2-18. Параметри на функциите за повреди на помпени/компресорни станции

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Нива на повреди	Медиана (g)	Дисперсия (β)
Станции с анкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.15	0.75
	Умерени повреди	0.34	0.65
	Значителни повреди	0.77	0.65
	Пълно разрушение	1.5	0.8
Станции с неанкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.12	0.6
	Умерени повреди	0.24	0.6
	Значителни повреди	0.77	0.65
	Пълно разрушение	1.5	0.8

Функциите за повреди в зависимост от PGD (остатъчни земни премествания) за компресорни/помпени станции по HAZUS са идентични с тези за помпените станции от системите за питейна вода, дадени по-горе.

Функции за повреди на газопроводи

За газопроводите кривите на повреди са дефинирани с медианата и дисперсията на PGV / PGD.

Функциите за повреди за двата алгоритъма са идентични с тези за водопроводи (табл. 3.2.2-19).

Таблица 3.2.2-19. Функции за повреди на газопроводи

	Алгоритъм за PGV		Алгоритъм за PGD	
	$RR \cong 0.0001(PGV)^{2.25}$		$RR \cong Prob [liq](PGD)^{0.56}$	
Вид на тръбите	Множител	Примерна тръба	Множител	Примерна тръба
Крежки тръби	1	Стоманена тръба, газово заварена	1	Стоманена тръба, газово заварена
Дуктилни тръби	0.3	Стоманена тръба, електродъгово заварена	0.3	Стоманена тръба, електродъгово заварена

Функции за повреди на компонентите на системите за газоснабдяване по SYNER-G

Функции за повреди на тръбопроводите за газоснабдяване

За общи приложения се препоръчва зависимостта за подземни тръби на ALA (2001a). Функциите определят броя на ремонтите за km (RR) в зависимост от PGV (cm/s) (за разпространение на сеизмични вълни) и PGD (cm) (за остатъчни премествания в земната среда):

$$RR = 0.002416.PGV.K1$$

$$RR = 2.5829.PGD.K2^{3.19}.$$

Чрез K1 се коригира основната функция за отчитане вида на материала, диаметъра и типа на връзките между тръбите. Стойностите са дадени в таблица 3.2.2-12.

Коефициентът K2 зависи от материала на тръбата и типа на връзката (табл. 3.2.2-13).

Функции за повреди на компресорните станции по SYNER-G

Параметрите на функциите за повреди (медиана α и стандартно отклонение β) са дадени в таблица 3.2.2-20.

Таблица 3.2.2-20. Параметри на функциите за повреди (медиана α и стандартно отклонение β) за гръцките компресорни станции съгласно SRM-LIFE

Типология	Степен на повреди	Медиана α (g)	Дисперсия β
Станции с анкерирани компоненти, нискоетажни ст.б. сгради с прилагане на съвременни норми за проектиране	Леки/ незначителни повреди	0.3	0.7
	Умерени повреди	0.55	0.45
	Значителни повреди	0.8	0.5
	Пълно разрушение	2.2	0.7

3.2.2.3. Оценка на директните физически повреди и разрушения на системите за електроснабдяване

Оценката на възможните директни физически повреди и разрушения на компонентите на системите за електроснабдяване се извършва въз основа на вероятностни криви на повредите, определящи вероятността компонент на системата да достигне съответно ниво на повреди.

Възможни са различни подходи за оценка на уязвимостта. Първият е предложен в HAZUS. Степента на повреда за цялата подстанция или разпределителна мрежа се дефинира чрез процента на повредените подкомпоненти. Друг възможен подход е системният, даден в SYNER-G. При него компонентите на

подстанциите са разделени на микро- и макрокомпоненти. Следвайки схемата на последователни връзки между микрокомпонентите, се моделира вътрешната логика на подстанциите. Това позволява да се проследи процесът на електропреноса в мрежата и да се отчете частично функциониране на подстанцията и разпространение на късо съединение. Функциите за повреди на микрокомпонентите (от италиански подстанции) са извлечени от динамични изпитвания.

Функциите за повреди, предложени в HAZUS, могат да се ползват само за предварителни груби оценки на уязвимостта на електроцентрали. Същите са критични съоръжения и като такива се нуждаят от детайлен индивидуален анализ, отчитащ тяхната вътрешна логика.

HAZUS предлага определяне на прекъсванията на електрозахранването в определен район. Подстанциите са сред най-уязвимите компоненти при земетръсно въздействие. За електроенергийните системи прекъсванията на електрозахранването за изследваната област зависят от прекъсване на захранването на подстанциите.

Функции за повреди в зависимост от PGA за подстанции за електроенергия по HAZUS

За подстанциите се използват общо 24 броя зависимости за повредите във функция от PGA – по 12 броя съответно за подстанции с анкерирани и неанкерирани компоненти. Медианите и дисперсиите са дадени в табл 3.2.2-21.

Таблица 3.2.2-21. Параметри на функциите за повреди на подстанции в методологията HAZUS

Максимално земно ускорение (PGA)					
Класификация	Степен на повреда	Подстанции с анкерирани/ сеизмично осигурени компоненти		Подстанции с неанкерирани/ стандартно проектирани компоненти	
		Медиана (g)	β	Медиана (g)	β
Нисък волтаж	Незначителни	0.15	0.70	0.13	0.65
	Умерени	0.29	0.55	0.26	0.50
	Значителни	0.45	0.45	0.34	0.40
	Пълно разрушение	0.90	0.45	0.74	0.40
Среден волтаж	Незначителни	0.15	0.60	0.10	0.60
	Умерени	0.25	0.50	0.20	0.50
	Значителни	0.35	0.40	0.30	0.40
	Пълно разрушение	0.70	0.40	0.50	0.40
Висок волтаж	Незначителни	0.11	0.50	0.09	0.50
	Умерени	0.15	0.45	0.13	0.40
	Значителни	0.20	0.35	0.17	0.35
	Пълно разрушение	0.47	0.40	0.38	0.35

Функции за повреди в зависимост от PGA за разпределителни мрежи по HAZUS

За разпределителните мрежи се използват общо 8 броя зависимости за повредите във функция от PGA – по 4 броя съответно за разпределителни вериги със сеизмично и стандартно проектирани компоненти. Медианите и дисперсиите са дадени в таблица 3.2.2-22.

Таблица 3.2.2-22. Функции за повреди на разпределителни мрежи по HAZUS

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреда	Медиана (g)	β
Сеизмично проектирани компоненти	Незначителни	0.28	0.30
	Умерени	0.40	0.20
	Значителни	0.72	0.15
	Пълно разрушение	1.10	0.15
Стандартно проектирани компоненти	Незначителни	0.24	0.25
	Умерени	0.33	0.20
	Значителни	0.58	0.15
	Пълно разрушение	0.89	0.15

Функции за повреди в зависимост от PGA за електроцентрали по HAZUS

За електроцентрали се използват общо 16 броя зависимости за повредите във функция от PGA – по 8 броя съответно за големи/ средни и малки централи (по четири за случаите с анкерирани и неанкерирани компоненти) разпределителни вериги със сеизмично и стандартно проектирани компоненти. Медианите и дисперсиите за големи и малки централи са дадени в таблици 3.2.2-23 и 3.2.2-24. Съответните стойности за неанкерирани компоненти са в таблица 3.2.2-24.

Таблица 3.2.2-23. Функции за повреди на големи² електроцентрали

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреди	Медиана (g)	β
Големи електроцентрали с анкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.1	0.6
	Умерени повреди	0.25	0.6
	Значителни повреди	0.52	0.55
	Пълно разрушение	0.92	0.55
Големи електроцентрали с неанкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.10	0.60
	Умерени повреди	0.22	0.55
	Значителни повреди	0.49	0.50
	Пълно разрушение	0.79	0.50

² Съгласно методологията HAZUS големи електроцентрали са с мощност над 200 MW

Таблица 3.2.2-24. Функции за повреди на малки електроцентрали

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреди	Медиана (g)	β
Малки електроцентрали с анкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.1	0.55
	Умерени повреди	0.21	0.55
	Значителни повреди	0.48	0.5
	Пълно разрушение	0.78	0.5
Малки електроцентрали с неанкерирани компоненти	Леки/ незначителни повреди	0.1	0.5
	Умерени повреди	0.17	0.5
	Значителни повреди	0.42	0.5
	Пълно разрушение	0.58	0.55

Таблица 3.2.2-25. Функции за повреди на неанкерирани компоненти на електроцентрали

Максимално земно ускорение (PGA)			
Класификация	Степен на повреди	Медиана (g)	β
Електрооборудване	Незначителни	0.22	0.5
	Умерени	0.35	0.7
Котли и съдове под налягане	Умерени	0.36	0.7
Големи вертикални съдове с лети глави	Умерени	0.46	0.5
	Значителни	0.68	0.48
Моторни помпи	Значителни	1.0	0.43
Големи хоризонтални съдове	Пълно разрушение	1.05	0.75
Големи автоматични кранове	Пълно разрушение	1.23	0.8
Сградите на машинна зала и котелно	Незначителни	0.15	0.8
	Умерени	0.4	0.8
	Значителни	0.8	0.8
	Пълно разрушение	1.5	0.8

Функции за повреди на компонентите на системата за електроснабдяване по SYNER-G

Функциите за повреди за макро- и микрокомпонентите на системата за електроснабдяване по SYNER-G са избрани сред наличните в техническата литература. За да се моделира вътрешната логика, се използват функции за подкомпонентите, а не за подстанцията като цяло. Необходими са за провеждане на системен анализ на уязвимостта. В зависимост от изпълняваните функции се разграничават разпределителни и трансформаторно/ разпределителни подстанции.

Таблица 3.2.2-26. Функциите за повреди на микрокомпоненти

Компонент	λ	β
Coil support – опора намотка	1.36	0.34
Circuit breaker – прекъсвач	1.66	0.33
Current transformer – токов трансформатор	1.43	0.27
Voltage transformer – напреженов трансформатор	1.79	0.27
Horizontal sectionalizing switch – хоризонтален секционен превключвател	1.75	0.22
Discharger – разрядник	2.27	0.32
Vertical sectionalizing switch – вертикален секционен превключвател	1.69	0.34
Bar – събирателна шина	1.48	0.44
Box – кутия, шкаф	2.93	0.52
Power supply to protection system – захранване на система за защита	1.40	0.16
Autotransformer – автотрансформатор	3.16	0.29

Кривите за микрокомпонентите са получени с използване на данни от лабораторни динамични изпитвания (shaking table) на компоненти от италиански подстанции. Поради това са приети за най-подходящи за европейските условия (табл. 3.2.2-26). Отнасят се за компоненти, произведени през 80-те и 90-те години на XX век и инсталирани във високоволтови подстанции (220 до 380 kV).

По същество електроцентралите са критични съоръжения и се нуждаят от детайлен анализ на вътрешната им логика.

Моделът на електроразпределителната мрежа, приет в SYNER-G, включва вътрешното логическо моделиране на подстанцията, което позволява да се отчита частично функциониране и разпространение на късо съединение.

ЧАСТ 4. КАРТОГРАФИРАНЕ НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК

В настоящата методика се възприемат следните дефиниции (UNISDR, 2009; EC, 2011; ISO 31000, 2009):

Анализ на сеизмичния риск – процес, свързан с разкриване на същността, източниците, причините и степента на риска. Използва се за изследване на въздействията, последиците и възможностите за контрол и управление на риска.

Оценка на сеизмичния риск – процес за определяне на характера и степента на риска, като се анализират потенциалната сеизмична опасност и съществуващите условия на уязвимост, които биха могли да представляват заплаха или да причиняват увреждане на хора, имущество, дейности и околната среда.

Картографиране на сеизмичния риск – процес, насочен към зонироване на територията чрез определяне на районите с различни степени на сеизмичен риск въз основа на пространствените аспекти на анализа и оценката на риска.

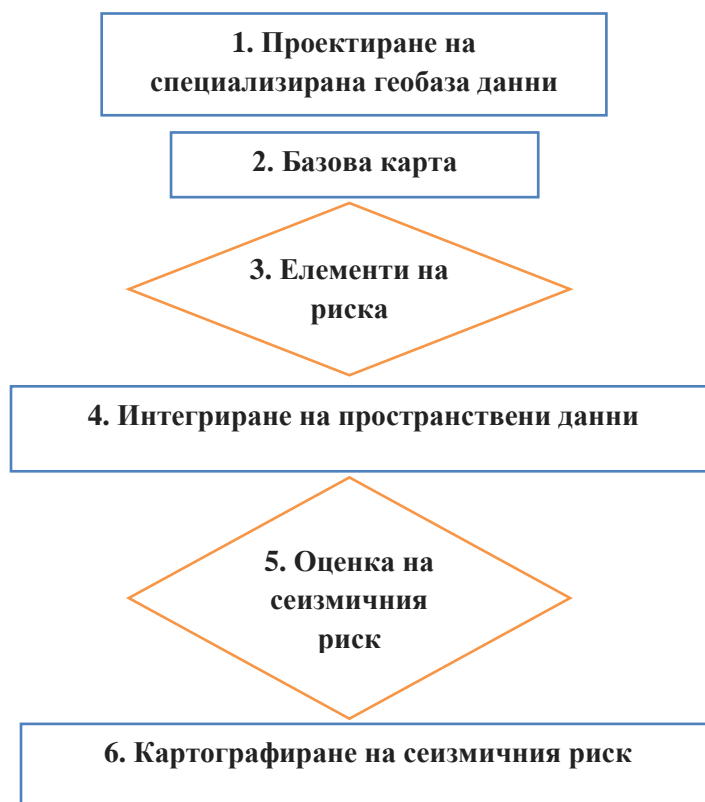
Необходимо е да се отбележи, че съгласно UNISDR (2009) „оценката на риска е методология за определяне на характера и степента на риска чрез анализ на потенциалните опасности и оценка на съществуващите условия на уязвимост, които заедно биха могли да навредят на хората, имуществото, услугите, средствата за преживяване и околната среда, от които те зависят. Коментар: Оценката на риска (и свързаното с нея картографиране на риска) включва: преглед на техническите характеристики на опасностите, като тяхното местоположение, интензивност, честота и вероятност; анализ на изложеността (експозицията) и уязвимостта, включително физически, социални, здравни, икономически и екологични измерения; както и оценка на ефективността на преобладаващия и алтернативния капацитет за справяне по отношение на вероятните сценарии на риска. Тази поредица от дейности понякога се нарича процес на анализ на риска”.

4.1. СТРУКТУРА И СЪДЪРЖАНИЕ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНА ЕДИННА ГЕОБАЗА ДАННИ

Картографирането на сеизмичния риск е свързано с изграждането на динамична, постоянно обновяваща се информационна система с разработена специализирана геопространствена информация. Това позволява да се генерират необходимите пространствено-аналитични процедури за извличане на нужната информация, както и да се извършват анализи, интегриране и трансформиране на данните.

Концепцията, върху която се основава изграждането на географска информационна система (ГИС) за картографиране на сеизмичния риск на територията на България, включва няколко основни компоненти (фиг. 4.1-1), първият от които е създаване на специализирана единна геобаза данни за

сеизмичния риск. Целта е да се осигури гъвкава и адаптивна структура и съдържание на базата данни с възможности за потенциално разширяване и оперативна съвместимост.



Фигура 4.1-1. Компоненти на ГИС за картографиране на сеизмичния риск

Основните стъпки за създаване на специализирана единна геобаза данни включват:

1. Идентифициране на източниците на данни и ключови тематични данни в ГИС и характеристика на всеки тематичен слой (включително референтна координатна система, картографска проекция, мащаб, формат, произход на данните и интегриране с други масиви от данни);
2. Разработване на представителни взаимоотношения и топология (моделиране, определяне на табличната структура на базата данни, пространствени правила за валидация и цялостност (пълнота) на данните, където са приложими);
3. Определяне на процедурите за интегриране, хомогенизиране и съвместимост на данните, опциите за визуализация на картите и определяне на процедурите за изграждане, редактиране и поддръжка на геобазата данни;
4. Изготвяне на съпътстваща документация към предложения дизайн на базата данни (например схема, слоеве, примерни карти, метаданни).

Създаването на базата данни (концептуален, логически и физически модел на данните) е свързано със структурирането едновременно на геопространствени и негеопространствени данни, а също така и на метаданни. Данните могат да бъдат:

- Векторни – shp – Shapefile формат (shape файлове) векторен формат (полигонов, линеен и точков файл);
- Растерни – grid – растер, мрежа от клетки, които съдържат информация за дадена характеристика на обекта;
- Матрица;
- Таблици;
- Текст;
- Снимки.

Необходимо е да се разработи и подходяща схема за създаване и съхранение на метаданни, които отговарят на спецификациите на Директивата INSPIRE (т. 4.3).

Основните източници на необходимите данни за картографиране на сеизмичния риск са посочени в табл. 4.1-1. Наличието на много и разнообразни източници на информация затруднява стандартизирането и съвместяването на данните, които могат да притежават както пространствени, така и непространствени характеристики.

Таблица 4.1-1. Източници на пространствени и статистически данни за територията на България

№	Вид данни	Източник/ Институция	Формат	Достъп
1	Сателитни изображения	Европейска космическа агенция (ЕКА)	цифров	свободен
2	Ортофото изображения	МЗХГ	цифров	осигурен
3	Топографски карти М 1:25 000, 1:50 000	Военно-географска служба – Министерство на отбраната	цифров	свободен (М 1:50 000)
3а	Топографски карти М 1:5 000, 1:10 000	Агенция по геодезия, картография и кадастър (АГКК)	цифров	
4	Цифров модел на релефа	МОСВ, ИАОС	цифров	свободен
5	Земно покритие и земеползване (CLC 2012)	ИАОС	цифров	свободен
6	Речна мрежа	МОСВ, ИАОС	цифров	
7	Водни обекти	МОСВ, ИАОС	цифров	

8	Кадастрални карти	АГКК	цифров	
9	Общи и подробни устройствени планове	Общинска администрация	цифров	свободен
10	Планове за защита при бедствия / аварийни планове	Областни и общински администрации; ГД "ПБЗН" – МВР; юридически лица и еднолични търговци, собственици и ползватели, осъществяващи дейност в обекти, представляващи строежи по чл. 137, ал. 1, т. 1, буква „г” или „д” от Закона за устройство на територията, която представлява опасност за възникване на бедствие.	цифров	
11	Селищна мрежа	МОСВ, ИАОС	цифров	
12	Общественосигурни сгради – по населени места		цифров	
13	Пътна мрежа	Агенция "Пътна инфраструктура" (АПИ), ИАОС	цифров	
14	Железопътна мрежа	МТИТС	цифров	
15	Мостове	АПИ	цифров	
16	Тунели	АПИ	цифров	
17	Техническа инфраструктура за питейна и отпадъчна вода		цифров	
18	Техническа инфраструктура – газоснабдяване		цифров	
19	Техническа инфраструктура – електроснабдяване		цифров	
20	Паметници на културата – световно наследство и с национално значение	МОСВ, ИАОС	цифров	
21	Население – брой по общини и населени места	НСИ	цифров	свободен

Данните могат да бъдат организирани в следните теми:

- Базови данни;
- Сгради;
- Население;
- Транспортна инфраструктура;
- Техническа инфраструктура.

Основните параметри, общи за всички данни, са:

- Формат – geodatabase (например в ArcGIS .gdb – файлова геобаза данни);
- Координатна система WGS84, проекция Universal Transverse Mercator, zone 35N (UTM 35N).

Базовата карта е актуален цифров модел на територията, представящ с необходимата детайлност съществуващите обекти. Тя се състои от няколко слоя, които могат да бъдат растерни и векторни и тематично представят обектите. Препоръчва се за картна основа да се използват цифрови ортофото и/или сателитни изображения, но може да се ползват и налични данни, свързани със специализираното съдържание на картата на сеизмичния риск, които могат да бъдат извлечени от достъпни карти (топографски, кадастрални, карти на възстановената собственост и др.).

Тематичните данни представят *елементите на риска*, т.е. елементите, изложени на сеизмична опасност в даден район. Основните елементи на риска включват население, сгради, транспортна и техническа инфраструктура и системи или други елементи, намиращи се в зоните на сеизмична опасност, които по този начин са предмет на потенциални загуби (UNISDR, 2009).

Данните за елементите на риска трябва да се събират за определени *основни пространствени единици*, каквито могат да бъдат териториално-административните единици (област, община, населено място), клетките (пикселите) на даден избран гريد, или т.нар. *хомогенни единици* с еднакви характеристики на обектите, например тип сгради. Въз основа на това оценката и *картографирането на сеизмичния риск трябва да се осъществява за избраните пространствени единици на елементите на риска*, а не за тези, използвани при оценката на сеизмичната опасност.

Препоръчва се основната пространствена единица да бъде *населено място*, в рамките на което могат да се идентифицират отделни хомогенни единици, например въз основа на предназначението на сградите (жилищни райони, индустриални зони, търговски зони и т.н.).

Цифровите данни за всеки елемент на риска се представят като отделен ГИС слой в Shapefile формат (вж. примерното описание на ГИС слой за сгради).

Описание на ГИС слой за сгради

1. Слой СГРАДИ

Пореден номер	1.
Име на слой	Sgradi
Тип	Полигон
Предназначение	Данни за сградния фонд

№	Име на атрибут	Тип	Мерна единица	Описание
1	IDENT	string		Кадастрален идентификатор
2	VIDS	string		Вид собственост
3	VIDSCODE	integer		Вид собственост – КОД
4	FUNC	string		Функционално предназначение на сградата
5	FUNCCODE	integer		Функционално предназначение на сградата – КОД
6	CONST	string		Конструкция на сградата
7	CONSTCODE	integer		Конструкция на сградата – КОД
8	BRET	integer		Брой етажи на сградата
9	GODINA	date		Година на построяване
10	AREA	double	m ²	Застроена площ
11	RZP	double	m ²	Разгъната застроена площ

За оценка на сеизмичния риск за населението се използва броят на засегнатите (пострадалите) жители. Във връзка с това е необходимо да бъдат събрани и обработени пространствени данни в ГИС среда за населението по населени места, които включват статични характеристики (в т.ч. брой жители, гъстота на населението, възраст и др.) и динамични характеристики (разпределение денем / нощем). За тази цел се използват свободно достъпните данни на НСИ за брой на населението по населени места и ГИС слоя с данни за сградите, в т.ч. разгъната застроена площ (РЗП) и функция (жилищни, индустриални, търговски и т.н.). Изчислява се гъстотата на населението (д./m²) за всяка сграда в населеното място, като се отчита РЗП и се разработват времеви сценарии съответно за денем и нощем.

Данните за елементите на риска като Shapefile в ГИС имат следния тип:

- Население (гъстота) – полигон;
- Сгради – полигон;
- Общественозначими сгради – точка;
- Паметници на културата – точка;
- Транспортна инфраструктура – линия;

- Мост – точка;
- Тунел – точка;
- Техническа инфраструктура – линия.

Така създадените тематични данни се използват като входни данни при оценка на сеизмичната уязвимост. Допуска се наличието на ограничителни условия за достъп до данните за техническата инфраструктура (газоснабдяване, електроснабдяване, питейна и отпадъчна вода), поради което е възможно те да бъдат обект на отделна самостоятелна оценка на сеизмичния риск.

Във връзка с картографирането на сеизмичния риск е препоръчително да се направи приоритизация по качествен показател „значимост“ на транспортната и техническата инфраструктура, включително на мостовете и тунелите в следните три степени:

- Главен;
- Важен;
- Второстепенен.

При процедурите за събиране и верификация на данните се препоръчва да се използват съвременните геоинформационни технологии, в т.ч. ГИС и дистанционни изследвания, които предоставят нови подходи и средства за анализ и картографиране на сеизмичния риск. Така например, сателитните и ортофото изображенията с висока резолюция предоставят възможност за картографиране на транспортната инфраструктура и на пространствените характеристики на сградите, включително местоположение, размер на основите, 3D модел, като могат да представят и някои атрибутивни данни, свързани с типа на конструкцията, вида на ползване, броя етажи и т.н. През последните години практически е невъзможно да се осигури обновена пространствена информация без използването на данни от дистанционни изследвания.

4.2. ИНТЕГРИРАНЕ И ТРАНСФОРМИРАНЕ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ДАННИ

Входни данни за картографиране на сеизмичния риск са количествено определените очаквани загуби (в т.ч. пострадали хора, повредени сгради и засегната инфраструктура), получени при оценката на риска. Тези пространствени данни представляват структурно разнородни индикатори (дескриптори) с различни дименсии, което изисква:

- Определяне нивото на приемливост на риска и структуриране на класификационно дърво;
- *Стандартизация и нормализация* (от 0 до 1) на индикаторите;
- Определяне на *коэффициент на тежест* на индикаторите;
- Класификация на резултатите и определяне на степени на сеизмичния риск (например: нисък, среден, висок).

Посочените основни стъпки могат да бъдат изпълнени с прилагането на пространствен многофакторен анализ чрез достъпни модули в ГИС среда.

Пространствената проява на индикаторите може да бъде представена с *индекс на риска*. За тази цел е необходимо те да бъдат групирани, стандартизирани и да им се придаде коефициент на тежест. Това е свързано с избор на функции за нормализиране (стандартизиране) на индикаторите и превръщане на абсолютните стойности (X_{PhRi}) в сравними единици (F_{PhRi}). Функциите на трансформация са изразени със стойности между 0 и 1, описващи интензитета на риска за всеки дескриптор (индикатор). Прилагат се различни методи за трансформация, като експертно мнение, анализ на събрана информация за минали събития и др. Така например, функцията на относителните стойности, представящи повреди на сгради, е създадена въз основа на експертни мнения ($FP7Move$) и скалата представя минималния риск като „0“, а максималния като „1“ за всички зони с разрушения и/или повреди на сградите над 20 % (0,2).

Индексът на риска (R_{Ph}) се оценява като претеглената сума:

$$R_{Ph} = \sum_{i=1}^p W_{PhRi} \times F_{PhRi}$$

където p е общият брой дескриптори (индикатори) на риска, F_{PhRi} са факторите и w_{PhRi} са техните съответни тегла. Теглото w_{PhRi} представлява относителното значение на всеки фактор и се изчислява чрез метода на йерархичния анализ (например относителното тегло на показателя „зона на разрушаване“ е 0,31).

Например, базисните показатели за изчисляване на *индекс на риска* могат да бъдат представени по следния начин:

Зони на разрушаване/ повреди на сгради

- Абсолютни стойности на засегнати сгради (повредени, разрушени) – за всяка площ могат да бъдат представени като брой засегнати сгради спрямо общия брой сгради за дадената площ;
- Засегнатата разгъната застроена площ (РЗП) – може да бъде представена като отношение между увредена РЗП и обща РЗП за дадената територия.

Граничните стойности на функцията за разрушаване са $P = (0-20\%)$ (минимален риск – „0“ (0%); различни степени: „нисък“, „среден“, „висок“ в диапазона 0–20 % (0,0–0,2); максимален риск „1“ – 20–100 % (> 0,2–1,00).

Пострадали хора

- Брой загинали хора (жертви) – за всяка площ могат да бъдат представени чрез съотношение на брой на загиналите спрямо 1000 души, постоянно живеещи на същата територия;

- Брой пострадали хора – за всяка площ могат да бъдат представени като брой на пострадалите на 1000 души, постоянно живеещи на същата територия.

Граничните стойности на функцията за загинали е $P = (0-50 \text{ д.})$ (минимален риск – „0“ (0 д.); различни степени: „нисък“, „среден“, „висок“ в диапазона 0–50 д.; максимален риск „1“ > 50 д.

Граничните стойности на функцията за пострадали е $P = (0-75 \text{ д.})$ (минимален риск – „0“ (0 д.); различни степени: „нисък“, „среден“, „висок“ в диапазона 0–75 д.; максимален риск „1“ > 75 д.

Засегната пътна мрежа

- Абсолютни стойности на увредени пътища – дължина (m, km) (повредени, разрушени) спрямо общата дължина на пътищата от даден вид (m, km) в изследваната територия (населено място, община и т.н.);

Граничните стойности на функцията за разрушаване са $P = (0-20\%)$ (минимален риск – „0“ (0%); различни степени: „нисък“, „среден“, „висок“ в диапазона 0–20 % (0,0–0,2); максимален риск „1“ – 20–100 % (> 0,2–1,00).

Оценяването на риска е тясно свързано с въпроса за неговата допустимост. Като *приемлив риск* може да се дефинира нивото на потенциалните загуби, които обществото смята за приемливи според съществуващите социални, икономически, политически, културни, технологични и екологични условия. За изпълнение на методиката е необходимо да се определи ниво на приемливост на риска според уязвимостта на елементите на риска, а също и да се разработят *критерии за степени на сеизмичния риск*, които ще се прилагат при съставяне на легендите на картите.

4.3. РАЗРАБОТВАНЕ НА МЕТАДАННИ

Метаданните представляват описание на пространствените данни и услугите за пространствени данни, което включва информация за автор, актуалност, мащаб, референтна координатна система, картографска проекция, тема, формат на геоданните, качество на данните, източник, линк към източника на данните, достъпност и др. Наличието на такава информация дава възможност за оценка на съдържанието и качеството на пространствените данни или на масивите от пространствени данни.

Съгласно Директива 2007/2/ЕО за създаване на инфраструктура за пространствена информация в Европейската общност (INSPIRE) подходящи стандарти за осигуряване на метаданни са приети от International Organization for Standardization (ISO) и Open Geospatial Consortium (OGC), в т.ч. EN ISO 19115, EN ISO 19119 и ISO 15836 (Dublin Core).

Във връзка с Регламент (ЕО) № 1205/2008 на ЕК са публикувани задължителните метаданни за масиви от пространствени данни по стандарт EN ISO 19115. Въз основа на това е препоръчително следното съдържание на метаданните за картите на сеизмичния риск:

- име на ресурс;
- кратко описание на ресурс;
- вид ресурс;
- указател на ресурс;
- уникален идентификатор на ресурс;
- език на ресурс;
- тематична категория;
- вид услуга;
- ключова дума;
- географски очертаващ правоъгълник;
- времеви обхват (дата на публикуване, дата на последен преглед, дата на създаване);
- произход;
- разделителна способност;
- спецификация;
- степен на съответствие;
- условия, приложими към достъпа;
- ограничения за публичен достъп;
- отговорна организация;
- адрес, електронна поща и контакти;
- роля на отговорната организация;
- лице за контакт метаданни;
- дата метаданни;
- език на метаданни.

Прието е, че метаданните трябва да могат се трансформират в *Extensible Markup Language (XML)* и *XML Schema Document*. Съществуват свободни (Open Source) и комерсиални продукти за създаване и поддръжка на метаданни. В някои ГИС-продукти, като ArcGIS (ESRI), такива приложения са интегрирани в софтуера. Метаданните могат да бъдат създавани директно чрез използване на Европейския INSPIRE Геопортал. Порталът е създаден на базата на актуалните Регламенти за създаване на метаданни и може да осъществява препратка директно към българския координатор по INSPIRE.

За създаване на метаданни на данните, интегрирани в специализираната единна геобаза данни, може да се използва ArcCatalog (ArcGIS, ESRI). Софтуерът позволява създаване на метаданни за описание на елементите съгласно стандарт EN ISO 19115, препоръчан в изискванията на Директива 2007/2/ЕО INSPIRE. Всеки ArcGIS-елемент представлява отделен документ на метаданни, който не е свързан с подобни ArcGIS-елементи, например:

- В метаданните за определен *Feature-Class* се описва само този *Feature-Class*.
- В метаданните за *Feature-Datasets* се описва само *Feature-Dataset* и не съдържа информация за отделните *Feature-Classes*.
- В метаданните на даден слой (*Layer*) се описва съответният слой.

Основните характеристики за описание на пространствените данни в ArcCatalog (ArcGIS, ESRI) са представени в таблица 4.3-1.

Таблица 4.3-1. Основни характеристики за описание на пространствената информация в ArcCatalog (ArcGIS, ESRI)

Overview	Metadata	Resource
Item Description*	Details	Details
Topics & Keywords*	Contacts	Service Details
Citation*	Maintenance	Extents*
Citation Contacts	Constrains	Points of Contact
Contacts Manager		Maintenance
Locales*		Constrains
		Spatial Reference
		Spatial Data Representations
		Content
		Quality*
		Lineage*
		Distribution*
		Fields*
		References
		Geoprocessing History

* – задължително се попълва

В ArcCatalog (ArcGIS, ESRI) могат да бъдат създавани метаданни за крайните картографски продукти – картите на сеизмичния риск. Създадените метаданни могат да бъдат проверени и експортирани в XML-формат и да се допълват с допълнителна информация.

4.4. СЪСТАВЯНЕ НА КАРТИ НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК

Картите на сеизмичния риск са вид тематични карти, които представят степента на риска за дадена територия. Основното им предназначение е да осигурят систематизирана информация за потенциално засегнатите елементи на риска и да подпомогнат информираното вземане на решения.

Препоръчително е картата на сеизмичния риск в България да се изработва за основната териториална единица – населено място, като се имат предвид наличните данни за елементите на риска (в т.ч. формат, обхват, качество и достъп) и съобразно предназначението на картата (цел, потребители и форма на визуализация). Така получените детайлни данни при необходимост могат да







бъдат агрегирани за по-голяма административно-териториална единица – община и област.

Мащабът на картите на сеизмичния риск се избира така, че да позволява ясно изобразяване на елементите на риска за населено място в електронен и хартиен формат. Препоръчва се мащабът да бъде 1:10 000, 1:5 000 или по-едър мащаб съобразно големината на населеното място, като за по-големите населени места се създават няколко карти, които покриват изцяло територията.

Координатната система и картографската проекция на картите на сеизмичния риск е препоръчително да бъдат WGS84 (референтна система), Universal Transverse Mercator (проекционна система), zone 35N (UTM 35N). Основанията за това са, че глобалната система за позициониране (GPS) се реализира чрез проекционните координати UTM като вид проекционно приложение на глобалната референтна система WGS84 и UTM е програмно реализирана на изхода на всички GPS-устройства. От друга страна, съществуват достатъчно софтуерни приложения за трансформация на векторни и кадастрални ГИС данни в UTM 35N от приетата понастоящем система за изработка на геодезически и картографски материали и данни – Българска геодезическа система 2005 (БГС2005), или от предишната Координатна система 1970 г. Въз основа на това приемането на координатна система WGS84, проекция UTM 35N, осигурява съвместимост на входните пространствени данни и възможност за анализ и картографиране в ГИС среда.

Легендата на картата представя изцяло картографското съдържание, включително тематичното, общогеографското и специализираното съдържание. Препоръчва се да се разработи единен стил за визуализация на картографското съдържание, който включва всички избрани цветови комбинации (RGB, CMYK) (табл. 4.4-1) и условни знаци (скала и вид).

Таблица 4.4-1. Примерни цветови комбинации за визуализация на категории обекти

№	Категории обекти (напр. уязвимост на сгради EMS-98)	Цвят	Цветова комбинация (RGB)			Цветова комбинация (CMYK)			
			R	G	B	C	M	Y	K
1	F		230	240	0	10	6	100	0
2	E		255	240	0	0	6	100	0
3	D		255	200	0	0	25	100	0
4	C		255	125	0	0	50	100	0
5	B		255	25	0	0	80	100	0
6	A		170	50	0	30	80	100	0

Тематичното съдържание е необходимо да има по-висока степен на детайлност и да доминира над общогеографските и специализираните данни при визуализация на картографското съдържание. Тематичните данни включват всички елементи на риска. За картографската визуализация на тематичното съдържание е препоръчително да се използват два основни метода (способа):

- Качествен фон;
- Условни знаци.

С качествен фон се представят площни обекти и качествени показатели, например характеристики на сгради, степен на уязвимост, степен на риск. Поради това, че плътното фоново оцветяване се визуализира върху растерна основа (ортофото или сателитно изображение), се препоръчва задаване на прозрачност на тематичния слой, например 30–40 %, за да могат цветовете да останат ясно различими.

С условни знаци се представят точкови и линейни обекти и количествени показатели, например общественозначими сгради, паметници на културата, транспортна инфраструктура, брой пострадали хора и т.н. Съставя се ска̀ла за визуализация на съответните условни знаци.

Общогеографското и специализираното съдържание се визуализират чрез качествен фон и условни знаци, изобразяващи населени места, хидрография, транспортна инфраструктура, кадастрални данни и т.н. (фиг. 4.4-1 и 4.4-2). Основно изискване е те да не доминират, а по подходящ начин да допълват тематичното съдържание.







Препоръчително е изборът на качествен фон и условни знаци да бъде съгласуван с утвърдените изисквания за изобразяване на графични елементи на общите устройствени планове (ОУП) в Приложение № 2 към чл. 68, ал. 2 на Наредба № 8 за обема и съдържанието на устройствените планове (ДВ, бр. 22 от 2014 г.).

Легенда на общогеографско съдържание	
Обществени сгради	Културно-исторически сгради
 Общинска администрация	 Църква
 Училище	 Театър
 Медицинска помощ	 Музей
 Пожарна	 Читалище
 Полиция	 Сграда-паметник на културата

Фигура 4.4-1. Примерни условни знаци

Легенда на специализирано съдържание

Класификация на територията по предназначение

-  Имоти за жилищни нужди
 -  Имоти за обществени сгради
 -  Имоти за стопански и производствени сгради
 -  Имоти за озеленяване и спорт
 -  Незастроени земеделски имоти
 -  Пътна инфраструктура
-

Фигура 4.4-2. Примерни цветове за качествен фон

Надписите в картите на сеизмичния риск трябва да бъдат с еднакъв шрифт. Препоръчва се използването на Arial, като размерът на шрифта е необходимо да бъде съобразен с мащаба на картата. Надпис с наименование на обекта задължително трябва да бъде поставен срещу всеки условен знак. Това правило се спазва и в случаите на струпване на много обекти в определени части на картата. Не е допустимо да има припокриване на условни знаци и надписи.

4.5. ДИЗАЙН НА КАРТИТЕ НА СЕИЗМИЧНИЯ РИСК

При съставяне на картите на сеизмичния риск е препоръчително да се спазват следните основни изисквания:

- За картна основа да се използват актуални данни (налични ортофото или сателитни изображения с висока пространствена резолюция), върху които се визуализира тематичното съдържание.
- Картата да обхваща територията на населено място. Това позволява при необходимост данните да се агрегират за отделни административно-териториални единици (община, област).
- Мащабът да позволява идентификация на отделни обекти (например, сгради), които са основната единица при определяне на застрашените елементи на риска. Препоръчително е картите да се създават в мащаб 1:10 000, 1:5 000 или по-едър мащаб.
- Картата да бъде изготвена в размер на листа A3 с ориентация Landscape. В случаите, в които районът, за който се изготвя съответната карта, е с по-голям обхват и това не позволява едновременно спазване на изискванията за размер на картния лист и мащаб, се препоръчва създаване на няколко карти, които покриват целия район, като това е отразено в индексната карта.
- При създаването на картата се извършва генерализация на изображенията, като се спазват определени правила и стандарти, в т.ч. тематичното съдържание да доминира над общогеографското и да няма припокриване на условни знаци и надписи.
- Шрифтът и размерът на надписите да са съобразени с мащаба.

Съставянето на карта на сеизмичния риск се извършва съгласно препоръчания шаблон (фиг. 4.5-1) и представената примерна тематична карта (фиг. 4.5-2).

Картата на сеизмичния риск включва следните основни елементи:

1. Картографско съдържание;
2. Заглавие, подзаглавие;
3. Легенда на тематично съдържание;
4. Индексна карта;
5. Математическа основа (мащаб, координатна система, проекция);
6. Легенда на общогеографско съдържание;
7. Легенда на специализирано съдържание;
8. Данни за съставителите и дата на изготвяне.

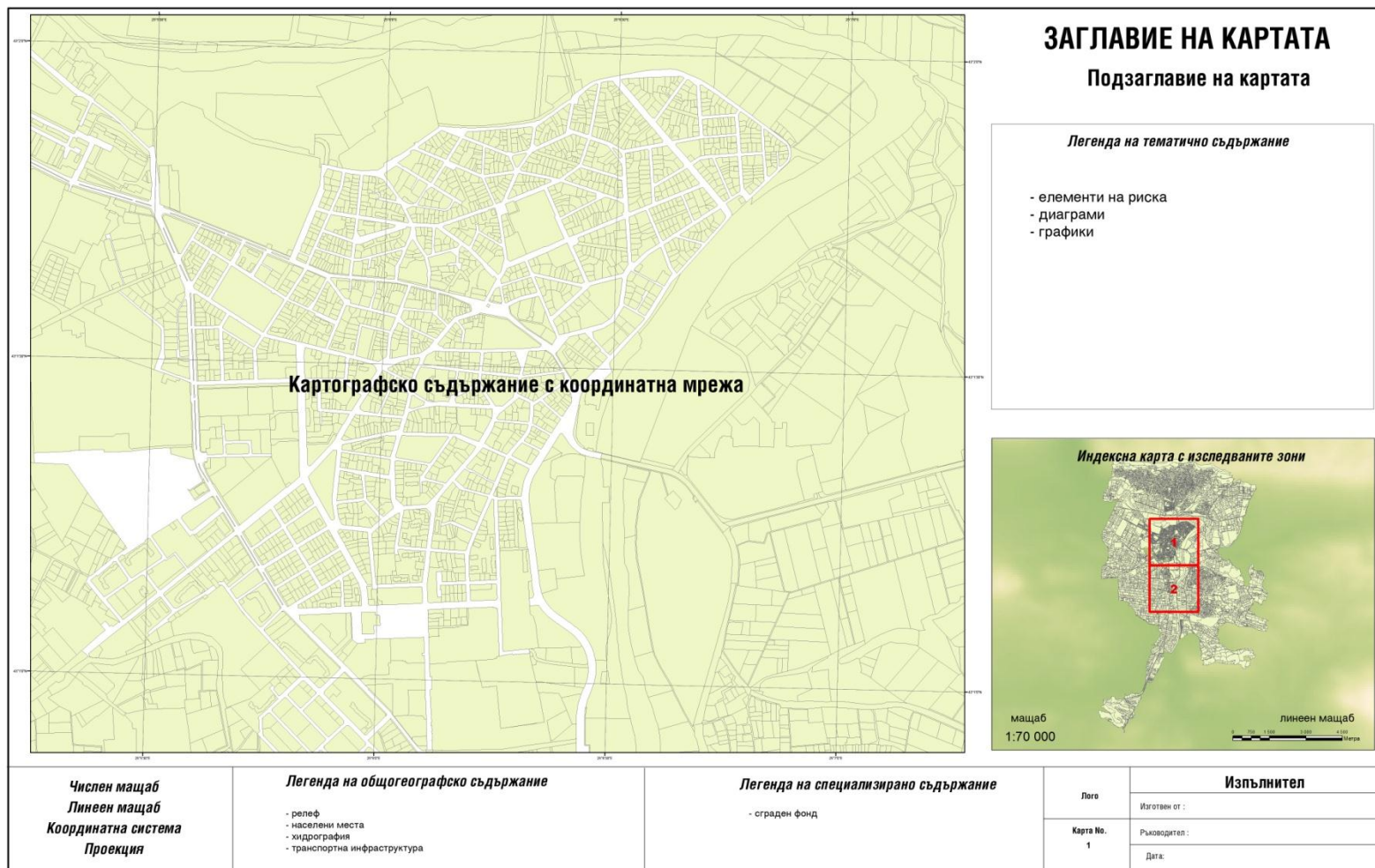
Картографското съдържание е основният елемент на картата. Съставено е от две части – общогеографско и тематично. Тематичното съдържание е водещо и съдържа няколко геоинформационни слоя, чрез които се изобразяват картографираните елементи на риска. Общогеографското съдържание се представя чрез растерна геореферирана основа и дава информация за местоположението и обхвата на изследвания район. Най-подходящо е за основа да се използват ортофото или сателитни изображения с висока пространствена резолюция или други актуални растерна данни. За изобразяване на географското местоположение и математическата основа на изследвания район в картографското съдържание се визуализират географските паралели и меридиани.

Заглавието и подзаглавието на картата са разположени в горния десен ъгъл и представят тематичното съдържание.

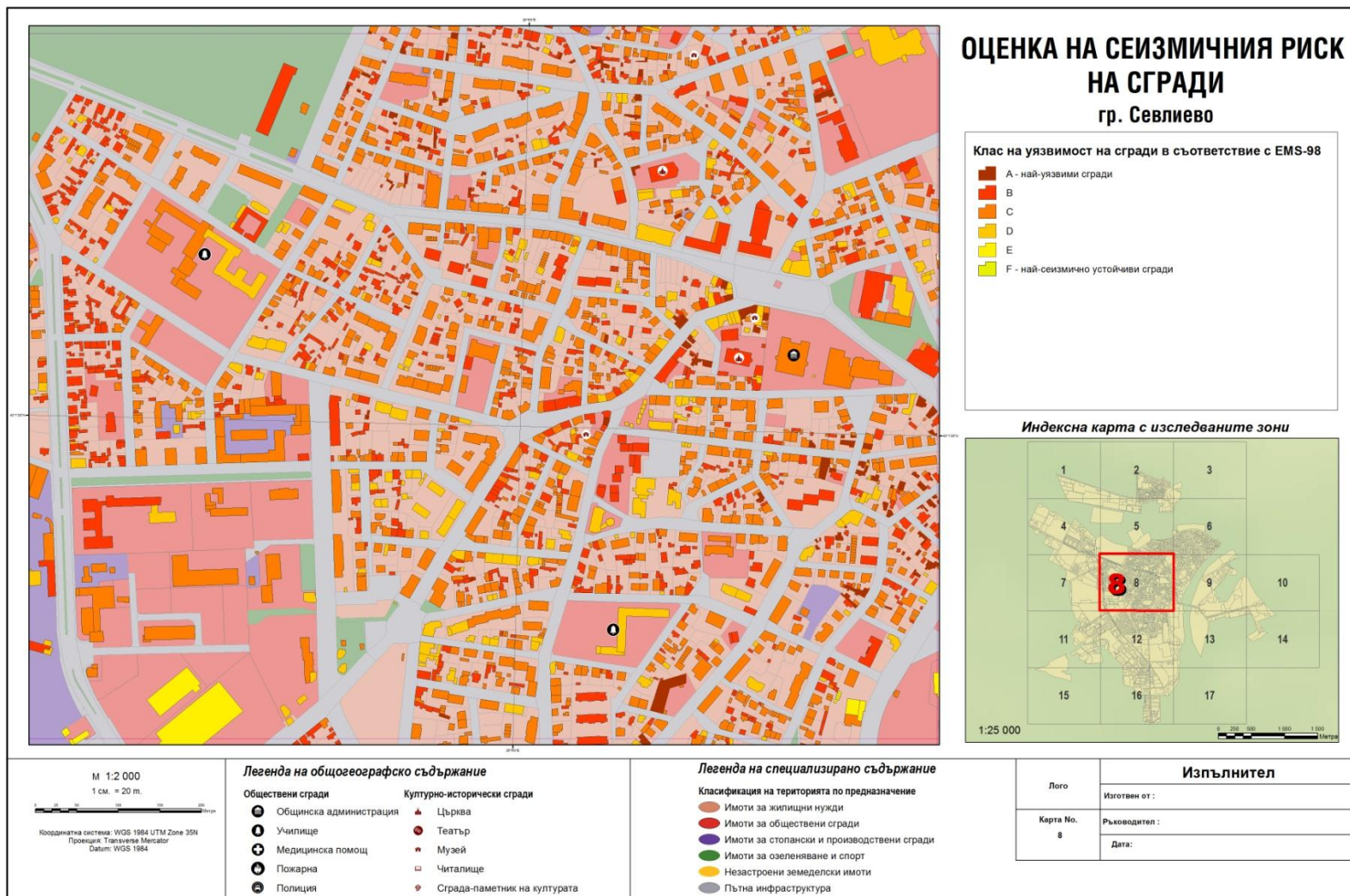
Легендата на тематичното съдържание е разположена непосредствено под заглавието на картата. В нея са представени условните знаци за елементите на риска, изобразени върху картата, например, сгради, население, транспортна и техническа инфраструктура. Самостоятелно може да са представени обществено значими сгради, културно-исторически обекти и др. Срещу всеки условен знак се записва количествен показател за потенциалните загуби, които се измерват в брой, площ или дължина, както следва:

- Сгради – брой и разгъната застроена площ.
- Население – брой хора.
- Транспортна и техническа инфраструктура – дължина.

Сеизмичният риск може да бъде представен и с качествени показатели. Допълнителна информация може да бъде предоставена с диаграми и графики.



Фигура 4.5-1. Шаблон на карта на сеизмичния риск



Фигура 4.5-2. Примерен краен картографски продукт – тематична карта на сеизмична уязвимост на сгради

Индексната карта е разположена в долния десен край на картата и представя местоположението на района. При картографиране на район с голяма площ е необходимо да се изготвят няколко картни листа А3 в препоръчителния мащаб 1:10 000 – 1:5 000, за да бъде обхваната цялата територия. В тези случаи се изисква в индексната карта да бъде отразено както местоположението на целия район, така и покритието на всеки картен лист.

Математическата основа на картата е дадена в долния ляв ъгъл. Включва: мащаб (числен и линеен), информация за координатната система и за картографската проекция. Към математическата основа се отнася и мрежата от паралели и меридиани, разположена върху картографското съдържание.

Легендата на общогеографското съдържание е разположена в централната лява част на долния край на картата. Включва условни знаци, изобразяващи населени места, транспортна мрежа и хидрография. Това е минималното географско съдържание, което подпомага добрата ориентация.

Легендата на специализираното съдържание е разположена в централната дясна част на долния край на картата. Включва условните знаци, свързани с кадастралната основа и специализирани данни.

Данни за съставителите и дата на изготвяне са дадени в долния десен ъгъл на картата. Може да са включени и лого на организацията, както и допълнителен обяснителен текст.

4.6. ИЗХОДНИ ПРОСТРАНСТВЕНИ ДАННИ

В процеса на картографиране се генерират изходни (output) пространствени данни, които е необходимо да притежават определен формат и съдържание, за да се представят резултатите от анализа и оценката на сеизмичния риск. За тази цел е препоръчително да бъдат разработени спецификации за изходните данни, в т.ч. вид слой, наименование, атрибутивно съдържание и т.н. Основно изискване е да бъдат създадени геореферирани данни за потенциалните неблагоприятни последици, свързани със:

- Пострадали хора;
- Засегнати сгради и техническа инфраструктура;
- Икономически загуби.

Основните параметри, общи за всички изходни пространствени данни, са:

- Формат – geodatabase (например в ArcGIS.gdb – файлова геобаза данни);
- Координатна система WGS84, проекция Universal Transverse Mercator, zone 35N (UTM 35N) и Българска геодезическа система 2005 (БГС2005).

За да може изпълнението на настоящата методика да не се обвързва с използването на определен ГИС софтуер, базата данни е възможно да бъде предоставена и в XML схема, която е универсална и използваема от всички налични географски информационни системи.

Препоръчително е минималното съдържание на атрибутивните таблици на генерираните данни да бъде представено в шаблон база данни.

Исходните пространствени данни се представят като отделни ГИС слоеве в Shapefile формат, съдържащ следните задължителни файлове:

- <име на слой>.shp – географско представяне на обектите;
- <име на слой>.shx – индекси на географските данни;
- <име на слой>.dbf – атрибутивни данни на обектите.

Името на слоя (<име на слой>) е едно и също за трите файла.

Атрибутивните таблици се попълват с необходимите атрибути, които Shapefile формат позволява:

- Текст – текстова/описателна информация и брой символи 50/250 – (string);
- Дробно число – (double);
- Цяло число – (integer);
- Дата – ден, месец, година – (date).

Исходните пространствени данни могат да бъдат представени в Shapefile формат като 3 вида слоеве:

- Точков;
- Линеен;
- Полигонов.

Всички геометрични обекти, представени в Shapefile формат, се състоят от въртекси (точки) и свързващи ги страни (линейни обекти).

В отделните shape файлове се поддържат следните автоматично попълвани системни полета:

- За точков shape файл:

- OBJECTID – уникален идентификатор за всеки обект;
- SHAPE – геометрията на всеки обект.

- За линеен shape файл:

- OBJECTID – уникален идентификатор за всеки обект;
- SHAPE – геометрията на всеки обект;
- LENGTH – дължината на всеки обект.

- За полигонов shape файл:

- OBJECTID – уникален идентификатор за всеки обект;
- SHAPE – геометрията на всеки обект;
- AREA – площта на всеки обект;
- PERIMETER – дължината на границата на всеки обект.

С полигонов слой, например, могат да бъдат представени изходните пространствени данни за пострадали хора, засегнати сгради и икономически загуби; с точков слой – данните за засегнати общественозначими сгради, паметници на културата, мостове, тунели и с линеен слой – изходните данни за засегнатата транспортна и техническа инфраструктура.

Данните за сеизмичния риск следва да бъдат публикувани в ГИС на МРРБ, като за целта се предоставят в координатна система Българска геодезическа система 2005 (БГС2005) със съответните валидиращи документи, които показват, че са хармонизирани според Директива 2007/2/ЕО (INSPIRE).

ЛИТЕРАТУРА

- БДС EN 1998-1 Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 1: Общи правила, сеизмични въздействия и правила за сгради
- БДС EN 1998-1/NA: Национално приложение
- БДС EN 1998-2 Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 2: Мостове
- БДС EN 1998-2+A1/NA: Национално приложение
- БДС EN 1998-3 Еврокод 8: Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия Част 3: Оценка и възстановяване/ усилване на сгради
- Беляшки, Т. (2012). Нова карта на съвременните вертикални движения на земната кора на територията на България. Геод. Карт. и Земеустр., 3-4, стр. 3-6.
- Георгиев, Ив. (2010). Държавна и перманентна GPS мрежи на Република България – обработка на измерванията, анализ и приложение в геодинамиката. Автореферат за придобиване на научната степен „доктор на науките”, 88 стр, 30 фиг.
- Георгиев, Ив., П. Габенски, Г. Гладков, Т. Ташков, П. Данчев, Д. Димитров (2007). ДЪРЖАВНА GPS МРЕЖА: Обработка на наблюденията от Второсепенния клас. *Висша геодезия 20*, Военногеографска служба на Българската армия, 190 стр.
- Георгиев, Ив., П. Габенски, Г. Гладков, Т. Ташков, П. Данчев, Д. Димитров (2006). ДЪРЖАВНА GPS МРЕЖА: Обработка на наблюденията от Основния клас. *Висша геодезия 18*, специално издание, Военногеографска служба на Българската армия, 209 стр., 27 фиг.
- Директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 14.03.2007 г. за създаване на инфраструктура за пространствена информация в Европейската общност (INSPIRE). – Официален вестник на Европейския съюз ОВ, L 108/1 от 25.04.2007 г.
- Закон за достъп до пространствени данни, обнародван в ДВ. бр. 19 от 09.03.2010 г., изм. ДВ, бр. 66 от 26.07.2013 г.; изм. ДВ, бр. 98 от 28.11. 2014 г.; изм. и доп. ДВ, бр. 26 от 07.04.2015 г., изм. ДВ, бр. 50 от 01.07.2016 г.
- Инструкция № РД-02-20-25 от 20 септември 2011 г. за определяне на геодезически точки с помощта на глобални навигационни спътникови системи. МРРБ, ДВ, бр. 79, 11.10.2011.
- Наредба № 2 от 30 юли 2010 г. за дефиниране, реализация и поддържане на Българската геодезическа система координатната система, ДВ, бр. 62, 10.08.2010 г.
- Наредба № 8 за обема и съдържанието на устройствените планове (ДВ, бр. 22 от 2014 г.) – Приложение № 2 към чл. 68, ал. 2.
- Отчет ГФИ 07-02 (2008). Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 “Сеизмично осигуряване на строителни конструкции” и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната.
- Отчет ГФИ, 2007. Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната. Отчет ГФИ 07-01, Част I БАН, ГФИ, С., стр.205.
- Отчет ГФИ, 2008. Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 “Сеизмично осигуряване на строителни конструкции” и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната . Отчет ГФИ 07-02, Част II БАН, ГФИ, С., стр.187.

- Отчет НИГГГ, 2013. Изследване и определяне на местоположението на предпочетена площадка за изграждане на нова ядрена мощност на площадката на “АЕЦ Козлодуй” ЕАД и прилежащи територии. Раздел 2 Оценка на сеизмичния хазарт. Стр.130.
- Регламент (ЕО) № 1205/2008 на ЕК от 3 декември 2008 г. за прилагане на Директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета по отношение на метаданните (ОВ L 326, 4 декември 2009 г.);
- Регламент (ЕО) № 976/2009 на ЕК от 19 октомври 2009 г. за прилагане на Директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета по отношение на мрежовите услуги (ОВ L 274, 20 октомври, 2009 г.);
- Регламент (ЕС) № 1089/2010 на ЕК от 23 ноември 2010 г. за прилагане на Директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета по отношение на оперативната съвместимост на масиви от пространствени данни и услуги за пространствени данни (ОВ L 323, 11 от 8 декември 2010 г.);
- Регламент (ЕС) № 1311/2014 г. на ЕК от 10 декември 2014 г. за изменение на Регламент (ЕО) № 976/2009 на Комисията по отношение на определението за елемента ISPIRE на метаданните (ОВ L 354 от 11 декември 2014 г.).
- Регламент (ЕС) № 1312/2014 г. на ЕК от 10 декември 2014 г. за изменение на Регламент (ЕС) № 1089/2010 по отношение на оперативната съвместимост на услуги за пространствени данни (ОВ L № 354 от 11 декември 2014 г.).
- Солаков, Д., Симеонова С., Христосков Л., Аспарухова И., Трифонова П. и Димитрова Л., 2009. Сеизмично райониране на Република България, съобразено с изискванията на Еврокод 8 “Сеизмично осигуряване на строителни конструкции” и изработване на карти за сеизмичното райониране с отчитане на сеизмичния хазарт върху територията на страната. Отчет ГФИ 07-03. БАН, Геофизичен институт, София, 79.
- Указания за разработването и готовността за изпълнението на планове за защита при бедствия от 2017 г., приети от Съвета за намаляване на риска от бедствия към МС на Р. България.
- Altamimi, Z., J. Legrand (2005). Dense European velocity Field and ETRS89 positions and velocities of the EPN stations. EUREF Publication No. 14, Proceedings of the Symposium of the IAG Sub-commission for Europe (EUREF), Bratislava, Slovakia, 2-5 June, 2004, p. 60-63.
- Altamimi, Z. (2003). Discussion on How to Express a Regional GPS Solution in the ITRF. EUREF Publication No. 12, Proceedings of the Symposium of the IAG Sub-commission for Europe (EUREF), Ponta Delgada, 5-8 June, 2002, Mitteilungen des Bundesamtes fur Kartographie und Geodäsie, p. 162-167.
- Altamimi, Z. (2004). Towards a Dense European Velocity Field. EUREF Publication No. 13, Proceedings of the Symposium of the IAG Sub-commission for Europe (EUREF), Toledo, 4-7 June 2003 - Mitteilungen des Bundesamtes fur Kartographie und Geodäsie, p. 84-88.
- Altamimi, Z., X. Collilieux, J. Legrand, B. Garayt, C. Boucher (2007). ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. Journal of Geophysical Research. Vol. 112, B09401.
- Altamimi, Z., X. Collilieux, L. Métivier. (2011) ITRF2008: an improved solution of the international terrestrial reference frame. Journal of Geodesy, August 2011, Volume 85, Issue 8, pp 457–473.
- Bender, B., D. Perkins, 1987. SEISRISK III: A computer program for seismic hazard estimation, USGS Bull. 1772.

- Bommer, J. J., F. Scherbaum, H. Bungum, F. Cotton, F. Sabetta, N. A. Abrahamson, 2005. On the use of logic trees for ground-motion prediction equations in seismic hazard assessment, *Bull. Seism. Soc. Am* 95, no. 2, 377–389.
- Bommer, J., N. Abrahamson, 2006. Why Do Modern Probabilistic Seismic-Hazard Analyses Often Lead to Increased Hazard Estimates?. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 96, No. 6, pp. 1967–1977.
- Boucher, C., Z. Altamimi (2011). Memo : Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. Version 8 : 18-05-2011, <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>.
- Bungum, H., P. Swearingen, G. Woo, 1986. Earthquake hazard assessment in the North Sea. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 44, 201-210.
- Burchfiel, B.C., King, R.W., Todosov, A., Kotzev, V., Durmurdzanov, N., Serafimovski, T., Nurce, B. (2006), GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the Southern Balkan extensional regime. *Tectonophys* 413 (3-4), 239-248.
- Caltrans, 1993. *Bridge Design Specification*, California Department of Transportation, Sacramento, California.
- Christoskov, L., R. Lazarov, 1981. General considerations on the representativeness of the seismological catalogues with a view to the seismostatistical investigations, *Bulgarian Geophys. J.*, 3, 58-72 (Bg).
- Coppersmith, K., R. Youngs, 1986. Capturing uncertainty in probabilistic seismic hazard assessments within intraplate environments: in *Proceedings of the 3rd National Conference on Earthquake Engineering*, Charleston, August 24-28, v. I, pp 301.
- Cornell, C., 1968. *Engineering Seismic Risk Analysis*. BSSA, v.5, pp 1583.
- Drew, A., R. Snay (1989). DYNAP: software for estimating crustal deformation from geodetic data. *Tectonophysocs* 162, p. 331-343.
- DUBLIN CORE METADATA INITIATIVE (DCMI).
- FEMA, 2005. *Feder. Guidelines for Dam Safety: Earthq. Analys. and Design of Dams*. FEMA, pp 65.
- Floyd, M., R. Reilinger, R. King; D. Paradissis, II. Vernant; A. Ganas; P. England; I. Georgiev; S. Ergintav, H. Karabulut, I. Tiryakioglu (2017). Geodetic and Seismic Constraints on Strain Accumulation on the Hellenic Subduction Zone off Crete. The 15th RCMNS Conference “Exploring a “physical laboratory”: the Mediterranean Basin”, Athens, Greece, 3-6 September 2017, Abstract.
- Georgiev I., D. Dimitrov, E. Botev (2013) Crustal motion monitoring in Bulgaria and surrounding regions by permanent GPS array. Tirana, Albany, *Proceedings,; Proceedings of the 7th Congress of Balkan Geophysical Society*, 7-10 October, Tirana, Albania, CD, art. N. 18628. ISBN 978-90-73834-55-2; ISSN 2214-4609.
- Georgiev I., D. Dimitrov, L. Pashova, T. Belijashki, S. Shanov, G. Nikolov, G. Marinov (2006). Geodetic monitoring of the recent crustal movements in Southwestern Bulgaria. *Pocceedings of th National Conference "Geosciences 2006"*, Bulgarian Geophysical Society and Geological Society, pp.354-357.
- Georgiev, I., A. Ganas, R. Pachalieva (2014). Status of the HenusNET Permanent GNSS Network data maintenance, data processing and analysis. *Geophysical Research Abstract*, Vol. 16, EGU2014-13479, 2014 EGU General Assembly 2014
- Georgiev, I., D. Dimitrov, P. Briole, E. Botev (2011). Velocity field in Bulgaria and Northern Greece from GPS campaigns spanning 1993-2008. 2nd INQUA-IGCP 567 International Workshop on Active

- Tectonics, Earthquake Geology, Archeology and Engineering, 19-24 September 2011 Corinth, Greece, p. 54-56.
- Gutenberg, B., C. Richter, 1942. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 32, 163-191.
- G&E Engineering Systems, Inc., “NIBS Earthquake Loss Estimation Methods, Technical Manual, Transportation Systems, May 1994.
- Hakimhashemi, A., G. Grünthal, 2012. A statistical method for estimating catalog completeness applicable to long-term nonstationary seismicity data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 102, No. 6, pp. 2530–2546.
- IAEA Safety Guide, 2010. Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations. Specific Safety Guide No.SSG-09, Vienna, pp 60.
- ICOLD, 2010. Bulletin 148. Selecting Seismic Parameters for Large Dams: Guideline. Paris: International Committee for Large Dams.
- INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119. European Commission Joint Research Centre (2013). Наличен, 07.05.2017: http://inspire.ec.europa.eu/documents/Metadata/INSPIRE_MD_IR_and_ISO_v1_2_20100616.pdf
- International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/home.html>
- Jackson J. (1992). Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in eastern Turkey, *J. Geophys. Res.*, 97, 12471–12479.
- Jackson J., D. McKenzie. 1988. The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East. - *Geophysical Journal* 93, 45–73.
- Jackson J., D.P. McKenzie, (1984) Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan, *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 77, 185–246.
- Kenyeres, A., A. Caporali, B. Droschak, P. Franke, B. Garayat, I. Georgiev, M. Gianniou, D. Hansen, L. Huisman, I. Jumare, J. Nagl, P. Pihlak, Ryczywolski, G. Stangl (2014). EPN Densification: Status Report. *EUREF Symposium Vilnius*, Lithuania, 04-06 June, 2014.
- Kenyeres, A., A. Caporali, T. Horvath, A. Baron, F. Doncker, B. Droschak, A. Duret, P. Franke, I. Georgiev, M. Gianniou, D. Hansen, L. Huisman, K. Morozova, J. Nagl, P. Pihlak, G. Stangl, M. Valdes, M. Ryczywolski, J. Zurutuza (2015). Global Reference Frame Realization on National Level Based on the Integration of National CORS Networks. *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, 12-16 December 2015, Abstract #77549, Final Paper##: G23B-1070.
- Kenyeres, A., T. Horvath, G. Stangl, B. Garayat, D. Hansen, V. Marcellino, A. Caporali, M. Figurski, I. Georgiev, B. Droschak, P. Franke, I. Jumare, J. Nagl, P. Pihlak, L. Huisman (2015). Regional Densification of the ITRF through the Integration of National Active GNSS Network Products. *EGU General Assembly Vienna*, 13-17 April, 2015, Geophysical Research Abstract, Vol. 17, EGU2015-9591, 2015.
- Kulkarni R., R. Youngs, K. Coppersmith, 1984. Assessment of confidence intervals for results of seismic hazard analysis: in Proceedings of the 8 World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California, v I, pp 263.
- Lehman et al., Experimental evaluation of the seismic performance of reinforced concrete columns. *ASCE J. Str. Eng.*, 2004.
- Mackie, K. Stojadinovic, B. 2006. Post-earthquake functionality of highway overpass bridges. *Earthq. Eng Str. Dyn.*

- McGuire, R., 1976. FORTRAN Computer Program for Seismic Risk Calculations, Geol.Surv. Open-File Rep. 76-67, U.S., pp 1-90.
- McGuire, R., 1993. Computations of seismic hazard. *Annali di Geofisica*, XXXVI, 3-4, 181-200.
- McKenzie D.P. (1970). Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature*, 226, 239–243.
- Metois, M., L. Duni, N. D’Agostino, N. Kuka, R. Koci, A. Avallone, I. Georgiev (2015). Insights on Continental Collisional Processes from GPS Data: Dynamics of the Peri-Adriatic Belts. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, DOI:10.1002/2015JB012023R, ISSN 0148-0227.
- Ogata, Y. and K.Shimazaki, 1984. Transition from aftershock to normal activity: the Rat Islands earthquake aftershock sequence. *Bull. Seism. Soc. Am.* 74, 1757-1765.
- Open Geospatial Consortium (OGC). <http://www.opengeospatial.org/>
- Pérouse, E. N. Chamot-Rooke, A. Rabaute, P. Briole, F. Jouanne, I. Georgiev, D. Dimitrov (2012) Bridging onshore and offshore present-day kinematics of central and eastern Mediterranean: Implications for crustal dynamics and mantle flow. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems (G³)*, Vol. 13, Q09013, 25 PP., 2012, doi: 10.1029/2012GC004289, ISSN 1525-2027.
- Priestley, M.J.N, F. Seible and G.M.Calvi, 1996. Seismic Design and Retrofit of Bridges, John Wiley and Sons, INC.
- Reilinger, R., M. Floyd, R. King, D. Paradissis, P. Vernant, I. Georgiev, S. Ergintav (2015). Geodetic Constraints on the Active Tectonics of Greece and the Aegean, and the Seismic Potential of the Hellenic Subduction Zone. The Volcanic and Geodynamic Field of the South Aegean, International Workshop, May 20-22, 2015, Pyrgos, Santorini, Abstract.
- Scordilis E., 2006. Empirical Global Relations Converting M_S and mb to Moment Magnitude. *Journal of Seismology*, Volume 10, Issue 2, pp. 225-236.
- Shebalin N.V. V. Karnik and D.Hadzievski (Editors), 1974. Catalogue of earthquakes of the Balkan Region. Part I and Part II. UNDP/UNESCO Survey of the seismicity of the Balkan region, UNESCO, Skopje, pp 600.
- Stepp, J. C., 1972. Analysis of the completeness of the earthquake sample in the Puget Sound area and its effect on statistical estimates of earthquake hazard, Proc. of the International Conf. on Microzonation for Safer Construction: Research and Application, Seattle, Washington 64, 1189–1207.
- Thenhaus P., K. Campbell, 2003. Seismic hazard analysis, In: Earthquake engineering handbook, W.Chen and C.Scawthorn (Editors), CRC Press, Boca Raton, Florida, 8-1 – 8-50.
- UNISDR Terminology file, available at <file:///F:/Terminology%20-%20UNISDR.html>
- Vernant, P, R. King, M. Floyd, H. Ozener, S. Ergintav, A. Karakhanyan, F. Kadirov, G. Sokhadze, A. ArRajehi, H. Nankali, I. Georgiev, A. Ganas, D. Paradissis, S. McClusky, F. Gomez, R. Reilinger (2014). A new Arabia-Africa-Eurasia GPS velocity field (1994-2014) and East Mediterranean block model: Implications for continental deformation in a zone of active plate interaction. *American Geophysical Union Fall Meeting*, San Francisco, USA, 15-19 December 2014, Abstract.
- Wells D., K.Coppersmith, 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, 974-1002.

ТЕРМИНИ

- Активен разлом** – разлом, по който движенията продължават и сега. Някои от активните разломи могат да бъдат и сеизмоактивни структури.
- Активен тектонски район** – район със значими съвременни движения на земната кора и/или сеизмични събития.
- Анализ на сеизмичния риск** – процес, свързан с разкриване на същността, източниците, причините и степента на риска. Използва се за изследване на въздействията, последиците и възможностите за контрол и управление на риска.
- Българска геодезическа система 2005** – система от дефиниции и конвенции, дефиниращи използваните в България координатни системи, геодезически мрежи, константи, модели и др.
- Вероятностна матрица на повредите (Damage probability matrix) (DPM)** – изразява вероятността определен клас конструктивни системи да понесат някаква степен на повреда.
- Временни редове** – временни редове с координати на перманентни GNSS станции, обикновено по ширина, дължина и височина, определени за всяко денонощие.
- Геодинамична геодезическа GPS мрежа** – специализирана геодезическа мрежа, измервана периодично и предназначена за получаване на съвременни движения на земната кора.
- Геомагнитно поле и аномалии** – общо за всеки елемент на геомагнитното поле и аномалиите, като интензитет, индукция, векторни компоненти, пространствен градиент и производни от различен ред.
- Гравитационно поле и аномалии (Буге и Фай)** – общо за всеки елемент на гравитационното поле, като потенциал, интензитет, градиент, производни от различен ред и съответните аномалии, най-често за интензитета; гравитационни аномалии, отразяващи несъответствието между теоретично изчислената и реалната стойност на земното гравитационно поле в определена точка на еталонния елипсоид.
- Градиент тензор** – тензор, даващ връзката между преместването и началното положение на точка, в случая в тримерното пространство. Нарича се тензор на преместване, или градиент тензор. Този тензор е точно матрицата на екстензия, чиито елементи по главния диагонал (e_{11} , e_{22} , e_{33}) представляват екстензията по трите оси, т.е. свързани са с промяната на дължината по трите ортогонални оси. Недиagonalните елементи отразяват ъгловите деформации (shear strains), т.е. направлението на линии, които първоначално са били успоредни на координатните оси.
- Граница на блок** – повърхност, разделяща тектонски ненарушени участъци от земната кора (блокове).
- Граница на Мохо (Мохоровичич)** – граница между Земната кора и мантията.
- Дълбочинен разлом** – зона на подвижно съчленяване на големи блокове на земната кора и горната мантия; може да има дължина стотици и хиляди километри и ширина десетки километри.
- Държавна GPS мрежа** – съвременната геодезическа GPS мрежа на Република България; състои се от два класа – Основен (112 точки) и Второстепенен (353 точки).
- Европейска макросеизмична скала EMS98** – скалата, която дефинира сеизмичната интензивност в конкретно местоположение, основана на въздействието на земетресението върху хора, предмети, съоръжения и други обекти и повредите върху сградите.

Елементи на риска – население, сгради, транспортна и техническа инфраструктура и системи или други елементи, намиращи се в зоните на сеизмична опасност, които по този начин са предмет на потенциални загуби.

Епицентър – точка върху земната повърхност вертикално над хипоцентъра на земетресението.

Затихване на сеизмичните вълни – намаляване на амплитудите на сеизмичните вълни при разпространението им от земетръсното огнище до дадена площадка, отдалечена на определено разстояние от него. Обикновено затихването се представя чрез съответни криви (закони) на затихването, които са функция на магнитуда M и на разстоянието до източника.

Изложеност – всичко, което потенциално е изложено на сеизмична опасност. Това включва хора, имущество, съоръжения, инфраструктури и др., разположени в сеизмично опасна област и по тази причина са обект на потенциални загуби.

Изосейстна (макросейзмична) карта – контурна карта, очертаваща границите на площите, които са били въздействани с една и съща макросейзмична интензивност (степен) от дадено земетресение.

Интерсейзмични движения и напрежения – движения, отразяващи бавните, тектонски, интерсейзмични напрежения на земната кора, за разлика от мигновените движения по време на сеизмични събития.

Карта на сеизмичния риск – тематична карта, която представя степента на сеизмичния риск за дадена територия. Основното ѝ предназначение е да осигури систематизирана информация за потенциално засегнатите елементи на риска и да подпомогне информираното вземане на решения.

Картографиране на сеизмичния риск – процес, насочен към зонирание на територията чрез определяне на районите с различни степени на сеизмичен риск въз основа на пространствените аспекти на анализа и оценката на риска.

Контактна повърхност – вертикална или наклонена повърхност, отделяща геоложка среда с различни физични свойства (плътност, намагнитеност и др.);

Контактна структура – дълбочинна геоструктура, изтеглена в едно направление (разлом, флексура, пукнатина, вулканска верига, контакт със значителна дължина), с линейна проекция, линеамент, върху земната повърхност;

Магнитуд – инструментално получена числена оценка, която характеризира енергията, реализирана от дадено земетресение. Съществуват различни скали за определяне на магнитуда и поради различията в оценките му се въвеждат корелационни съотношения за преход от една към друга скала.

Макросейзмична интензивност (степен) – интегрален неинструментален (субективен) показател за силата на земетръсните въздействия върху земната повърхност (хора, сгради и природна среда). Определя се в съответствие с описанията (дефинициите) за различните интензивности (степени) на въздействие според използваната макросейзмична скала.

Метаданни – описание на пространствени данни и услуги за пространствени данни. Информация за самите данни, в т.ч. формат, произход, резолюция (разделителна способност), условия за достъп и т.н.

Микро-/Макроземетресения – микроземетресенията са слаби тектонски събития, инструментално регистрирани (в повечето случаи не са усетени), с магнитуд $M < 3$. Макроземетресенията са умерени до силни земетресения с магнитуд $M > 3$, усещат се от хората, имат макросейзмично въздействие върху околната среда.

Нива на повреди (damage level) – използват се за описване на степента на повреди в сградата при сеизмично въздействие.

Обработка и анализ на GPS/GNSS измервания – обработка на „сурови“ GNSS измервания (фазови разлики) за получаване на координати и скорости на перманентни и периодично измервани GNSS точки. При анализа се получава и широк спектър геодезически и геофизични глобални и регионални параметри.

Огнище на земетресение – обем (или повърхнина) в земната среда, където настъпват необратими процеси на разрушение на материала поради достигане на критично напрегнато-деформирано състояние, в резултат на което в околното пространство се излъчват сеизмични вълни.

Оценка на сеизмичния риск – процес за определяне на характера и степента на риска, като се анализират потенциалната сеизмична опасност и съществуващите условия на уязвимост, които биха могли да представляват заплаха или да причиняват увреждане на хора, сгради, инфраструктура, дейности и околната среда.

Перманентна GNSS станция – GNSS приемници, работещи непрекъснато и чиито измервания се обработват за получаване на координати и скорости.

Поле на хоризонтални и вертикални скорости – съвкупността от получените хоризонтални и вертикални скорости, определени от перманентни или периодични GNSS измервания на станции/ точки от земната повърхност.

Приемлив риск – нивото на потенциалните загуби, които обществото смята за приемливи според съществуващите социални, икономически, политически, културни, технологични и екологични условия.

Разлом (разломна структура) – разривна дислокация (разкъсване) на земната кора, която е разпространена на голяма дълбочина и има значителна дължина и ширина.

Риск – комбинация от вероятността да се случи дадено събитие и неговите негативни последици.

Сеизмичен риск – очакваните загубите за определен период от време вследствие на земетресение. Изразява се в човешки загуби (жертви, ранени), повреди в сгради и съоръжения и икономически загуби за единица време.

Сеизмична вълна – еластична (квазиеластична) вълна, излъчена от земетръсното огнище (сеизмичен източник) и разпространяваща се в земната среда.

Сеизмична опасност (хазарт) – процес или физическо явление, което е свързано с реализацията на едно земетресение и може да доведе до загуба на живот, нараняване или други въздействия върху здравето на човека, имуществени щети, загуба на поминък и услуги, социални и икономически сътресения или увреждане на околната среда.

Сеизмично земно движение – земно движение вследствие на земетресение, което се наблюдава в дадена точка на земната повърхност.

Сеизмично ниво – количествена мярка за характеристиките на сеизмичните земни движения.

Сеизмогенна структура – геоструктура, разлом или разломна зона с проявена сеизмична активност или с исторически или палеосеизмоложки данни за повърхностно разломяване. Сеизмогенната структура може да генерира силни (макро) земетресения с определена повторемост.

Сеизмологичен каталог – таблица от хронологично подредени исторически и инструментално регистрирани сеизмични събития. Задължителни параметри на сеизмичните събития, които трябва да се включат в таблицата, са: 1) дата на събитието (година, месец, ден); 2)

време в огнището (на реализация в GMT); 3) координати на епицентъра (ϕ и λ); 4) хипоцентрална дълбочина (H [km]); 5) магнитуд и/или епицентрална/максимална интензивност (M и $I_{0/\max}$, ако са оценени); 6) тип на събитието (E – взрив, U – неразпознато, Z – земетресение).

Сеизмотектонска провинция – географска област, характеризираща се с подобие на геоложкия строеж и проявената сеизмичност.

Сеизмотектонски модел – модел на структури, способни да генерират земетресения в определен регион при подходяща параметризация на сеизмичната активност.

Система за класификация на сгради и съоръжения (taxonomy) – включва групи от сгради и съоръжения, чиито конструктивни системи имат подобни характеристики по отношение на повреди; сходно поведение при сеизмично въздействие.

Скрити дълбочинни разломи – разломи, които се маркират само с помощта на геофизични методи и сондажи.

Стабилна част на Евразийската континентална плоча – онази част от Евразийската континентална плоча, чиито вътрешни (intra-plate) деформации са пренебрежимо малки. Обхваща района на Централна Европа.

Точка на поведение – пресечната точка на капацитивната крива и капацитивния спектър във формата $ADSR$ / спектрално ускорение (Sa) – спектрално преместване (Sd)

Уязвимост (vulnerability) – връзка между сеизмичното въздействие и нивата на повреди и последвалите от това икономически и социални загуби.

Физическа уязвимост: Криви на уязвимост (Fragility Curves) – уязвимостта на конструкцията обикновено се определя от зависимостите между сеизмичното въздействие и повредите на конструкцията. Тези зависимости определят вероятността за повреди на конструкцията (напр. леки, средни, големи, разрушение) за определено ниво на сеизмичното въздействие.

Флексура – пластова гънкова структура, подобна на разсед в хоризонтален слой, но без разкъсване на скалната среда.

Хелмертова трансформация – седемпараметрична трансформация между две пространствени координатни системи. Параметрите са три трансляции, три ротации и мащабен фактор.

Хипоцентър – начална точка на излъчване (и на разрушение на средата) в огнището на земетресението, намираща се на дълбочина h [km] под епицентъра.

Целево преместване – максималното преместване, което е вероятно да изпита конструкцията по време на земетръс.

Южнобалкански екстензионен район – обхваща територията на Южна България, достигайки на юг до Халкидическия полуостров и на югоизток до северозападните разклонения на Северноанатолския разлом. Характеризира се с преобладаваща екстензия с посока север-юг и увеличаващи се движения на земната кора на юг.

ИЗПОЛЗВАНИ СИМВОЛИ И СЪКРАЩЕНИЯ

М	Магнитуд на сеизмичните събития
ГИС	Географска информационна система
ЕК	Едроразмерен кофраж
ЕПЖС	Едропанелни жилищини сгради
Зд	Зидани конструкции
ИСЗ	Изкуствен спътник на Земята
К_c	Коефициент на сеизмичност
МААЕ	Международна агенция за атомна енергия
ММП	Метод на максималното правдоподобие
МНК	Метод на най-малките квадрати
НИГГГ	Национален институт по геофизика, геодезия и география
НОТССИ	Национална оперативна телеметрична система за сеизмологична информация
НПСЗР-87	Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони (1987 г.)
ПАС-61	Правилник за антисеизмично строителство от 1961 г.
ППП	Сгради с пакетно повдигани плочи
ППССИСЗРБ-47	Правилник за проектиране и строеж на сгради и инженерни съоръжения в земетръсни райони на НРБ от 1947 г.
ППССИСЗРБ-57	Правилник за проектиране и строеж на сгради и инженерни съоръжения в земетръсни райони на НРБ от 1957 г.
ПСЗР'64	Правилник за строителство в земетръсни райони от 1964 г.
См	Стоманени конструкции
СтБ	Стоманобетонни конструкции
СтБс	Сглобяеми стоманобетонни конструкции
cm	Сантиметър (10^{-2} m)
EPN	(European Permanent Network) (Европейска перманентна мрежа) – мрежа от постоянно работещи GPS/GNSS приемници на територията на Европа с много точно определени координати и скорости
ETRF	(European Terrestrial Reference Frame) – реализация на Европейската земна координатна система 1989
ETRS89	(European Terrestrial Reference System 1989) – Европейска земна координатна система 1989 (година на първата реализация)
EUREF	(EUropean REference Frame) (Европейска референтна система) – едновременно наименование на подкомисия на Международната асоциация по геодезия и на Европейската (геодезическа) референтна мрежа
g	Земно ускорение (сила на тежестта) със средна стойност 981 cm/s^2
GMT	Време по Гринуич
GNSS	(Global Navigation Satellite Systems) – Глобални спътникови навигационни системи
GPS	(Global Positioning System) – Глобална позиционна система; система от навигационни спътници на САЩ
H	Хипоцентрална дълбочина (в km)
h	Час (като измерение за време) / дълбочина (в km)
Hz	Херц (цикли за секунда)
I	Макросеизмична интензивност

$I_{0/\max}$	Епицентрална/максимална интензивност за $\Delta=0$ (най-често е максималната интензивност от едно земетресение)
IAG	(International Association of Geodesy) – Международна асоциация по геодезия
IERS	(International Earth Rotation Service) – Международна служба за ротация на Земята и координатни системи
IGS	(International GNSS Service) – Международна GNSS служба
ITRF	(International Terrestrial Reference Frame) – Реализация на Международната земна координатна система ITRS
ITRS	(International Terrestrial Reference System) – Международна земна координатна система
km	Километър
LT	Локално време
m	Метър
min	Минута (като измерение за време)
R	Коефициент на реагиране
s	Секунда
t	Време
T_0	Време в огнището (GMT)
T_a	Тотален интензитет на аномалното магнитно поле (модул на тоталния вектор)
THG	(Total Horizontal Gradient) (ТХГ) – пълен (тотален) хоризонтален градиент на аномалното гравитационно поле
Z_a	Вертикална компонента на аномалното магнитно поле
φ и λ	Географски координати (съответно географска ширина и дължина)
T	Период (s)
Δ	Разстояние в km или градуси ($^{\circ}$) ($1^{\circ} \approx 111.2$ km)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Описание на типовете конструктивни системи на сградите

Класификация на конструкциите по строителен материал и начин на изграждане

Зидани конструкции

- КТ1 Къщи от кирпич и тухли с ниско качество; камък с лошо качество на разтвора.

Неармирани зидарии

Значително е многообразието на жилищни сгради, изпълнени по строително-конструктивна система „монолитни сгради с носещи тухлени стени“ – нискоетажни (индивидуални еднофамилни и двуфамилни къщи, вили и др.) и многоетажни. Голямо е разнообразието и в изпълнението им – специфични конструктивни елементи, материали и технологични средства, дължащо се на материални възможности, исторически момент и съответна строителна традиция, действащи технически норми за проектиране и приемане, както и в степента на спазване на тези норми. Всички тези фактори обуславят и твърде големия диапазон, в който се движи степента на антисеизмична осигуреност на сгради с тази конструктивна система.

Характерни особености на носещата конструкция за този тип сгради, като елементи и евентуални разновидности, са:

- монолитни ивични фундаменти под носещи стени каменна зидария, бетонни, стоманобетонни, бутобетонни (бетон и камък);
- монолитни външни бетонни стени в сутерена или от каменна зидария на варов или вароциментов разтвор;
- носещи тухлени стени, изпълнени от дребноразмерни тухли на варов разтвор със или без обрамчващи колони и пояси; неносещи преградни стени – също от тухлена зидария;
- междуетажни подови конструкции от:
 - монолитен стоманобетон (гладки или оребрени плочи);
 - дървен гредоред с каратаван;
 - стоманени греди и пълнеж между тях от бетон или тухли, включително тухлен свод („пруски“ свод);
 - сглобяеми ивични подови елементи с цилиндрични кухини;
 - покривна дървена или стоманобетонна конструкция с покритие от керемиди, закрепени на летви или дъсчена обшивка; по изключение има изпълнени и единични плоски топли покриви. По-долу са описани някои от разновидностите на тази конструктивна система.

- ЗД1 Неармирани зидарии със стоманобетонни плочи, греди и пояси, необрамчени или обрамчени с колони; $R^3=0.4$;

³ Коефициент на реагиране от НПССЗР-1987; Наредба 07 -2012

- ЗД2 Неармирани зидарии с дървен гредоред без стоманобетонни пояси, необрамчени с колони⁴; $R=0.67$;
- ЗД3 Неармирани зидарии, обрамчени или необрамчени с колони със замонолитени сглобяеми подови елементи и стоманобетонни пояси⁵; $R=0.5$.

Тази конструктивна система включва носещи тухлени стени и сглобяеми подови конструкции от керамични тела или подови панели с цилиндрични кухини (т.нар. ПЕЦ).

Носещите тухлени стени са от плътни тухли или тухли четворки с дебелина 25 и 38 cm и конструктивно поставени ст.б. колони в стените през 6.0 или 9.0 m. По фасадните стени има междинни тухлени колони през 3.0 m. Сглобяемите подови елементи стъпват върху ст.б. пояси. Основите на такива сгради са изпълнени от бетон или *стоманобетон*. По тази схема има изградени училища, детски градини, административно-битови сгради на промишлени предприятия, жилищни сгради с височина до 5 етажа, включително.

Армирани зидарии⁵

- ЗД4 Сгради със стени от армирана зидария със стоманобетонни плочи и стоманобетонни пояси, необрамчени с колони; $R=0.4$;
- ЗД5 Сгради със стени от армирана зидария със стоманобетонни плочи и стоманобетонни пояси, обрамчени с колони; $R=0.33$;
- ЗД6 Сгради със стени от армирана зидария със замонолитени сглобяеми подови елементи, обрамчени с колони; етажност от 1 до 5 етажа; $R=0.33$.

Стоманобетонни конструкции

Монолитни стоманобетонни конструкции

Рамкови и смесени системи, еквивалентни на рамкови

- СтБ1 Едноетажни и многоетажни сгради с едноотворни и многоотворни рамки $R=0.25$;
- СтБ2 Скелетно безгредови конструкции с рамки $R=0.33$;
- СтБ3 Смесени системи, еквивалентни на рамкови, със стени, участващи в поемането на сеизмичните сили от обрамчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон $R=0.33$.

Носещата конструкция на сградите с тази конструктивна система се състои от монолитен стоманобетонен скелет, колони, плочи, греди, фундаменти и вертикални стени от неармирана тухлена зидария, обрамчена с колони.

- стоманобетон $R=0.28$

Стенни системи и смесени системи, еквивалентни на стенни

Системи от стени, несвързани с греди

⁴ Тези видове конструкции се разглеждат при обследване и оценка на съществуващи строежи.

⁵ Сеизмично неосигурени са скелетно-безгредовите конструкции, в които усилията от сеизмичните въздействия се поемат само от безгредовия скелет

- **СтБ4** Скелетно-безредови конструкции със стоманобетонни шайби и/или с шайби от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон;

Сгради, изпълнени по системите „Пълзящ кофраж” (ПК), „Тунел-кофраж” (ТК), „Едроразмерен кофраж” (ЕК) и др. $R=0.33$

Тук се дава описание на конструктивната система „Едроразмерен кофраж” (ЕК), тъй като тя е най-масово използваната в сравнение с другите две. Сградите, построени по системата ПК, са първите у нас с прилагане на индустриализирана технология, но те са получили сериозни повреди след земетресението във Вранча (04.03.1977 г.) поради некачествено изпълнение на технологията на строителството и тази система не се използва след 1977 г.

Носещата конструкция на сградите, изпълнени по системата “Едроразмерен кофраж” (ЕК), включва:

- Монолитни стоманобетонни носещи стени и подови конструкции;
- Зидани тухлени фасадни (външни) и преградни стени, а в някои случаи за външни стени се използват трислойни фасадни панели с размера на помещението и с отвори за дограма;
- Монолитни стоманобетонни фундаменти: ивични (гредоскара) или обща фундаментна плоча, а за случаи на „слаби“ почви – гредоскарата или плочата са разтворени на пилотен фундамент;
- Предимно плоски (единични или двойни) покриви с листов хидроизолация.

Сградите, изпълнявани по технологията „Едроразмерен кофраж“, имат характерни особености на фасадата, в разпределението в план и в „твърдостта“ на стените, обусловени от характерното за технологията монолитно излети стоманобетонни вътрешни стени и подови конструкции – с едроразмерни, с определени модули, инвентарни кофражи и тухлени (в повечето) случаи фасадни стени, изпълнени след декофрирането на стените и плочите.

Система от стени, свързани с греди:

- **СтБ5** Скелетно-гредови конструкции, при които поемането на сеизмичните сили се осъществява от стоманобетонни шайби или от съвместната работа на стоманобетонните шайби и стени от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон, включително и рамково-диафрагмени конструкции от плътни и с отвори стоманобетонни шайби $R=0.30$.

Носещата конструкция при тази система включва монолитно изпълнени носещи елементи:

- монолитни ивични и/или единични бетонни и стоманобетонни фундаменти под стени и колони;
- монолитни бетонни стоманобетонни стени в сутерена – външни и някои вътрешни;
- монолитни стоманобетонни колони;
- противоземетръсни шайби – монолитни стоманобетонни и тухлени стени, оброчени с колони;
- монолитни стоманобетонни междуетажни подови конструкции (греди и плочи);

- неносещи външни, вътрешни и разпределителни стени от тухлена зидария или газобетон; съществуват и изпълнени разпределителни стени и от гипсови плочи;
- дървена покривна конструкция с покритие от керемиди, закрепени върху летви или дъсчена обшивка; изпълняват се и плоски покриви с листовата хидроизолация.

Сглобяеми стоманобетонни конструкции

Рамкови и смесени системи, еквивалентни на рамкови

- **СтБс1** Едноотворни и многоотворни скелетни конструкции без шайби; скелетни конструкции с един отвор, при които сеизмичните сили се поемат от колоните (конструкции с покривни ТТ панели, с виренделови греди и др.) $R=0.35$;
- **СтБс2** Многоетажни (до 5 етажа) скелетно-рамкови конструкции, състоящи се от колони и греди, и сглобяеми подови елементи, стъпващи върху гредите; $R=0.4 \div 0.5$ в зависимост от изпълнението на рамковите възли.

При тази конструктивна система резултатите от проведени обследвания след земетресение показват, че в много случаи сглобяемите елементи не са свързани помежду си с връзки или замонолитващ ст.б. слой. За сгради, попадащи в сеизмични райони съгласно сеизмично райониране НПССЗР 1964 г., във фугите на елементите по проект са предвидени къси закотвящи пръти и армировъчни мрежи, закотвени в ст.б. пояси. За сгради, които не попадат в сеизмични райони, такива мрежи и закотвящи пръти по проект не са предвиждани. Основите на сгради с тази конструктивна система са изпълнени от бетон. По тази схема има изградени училища, детски градини, административно-битови сгради, на промишлени предприятия, жилищни сгради с височина до 5 етажа, включително. Основните повреди при тази конструктивна система се дължат на липса на достатъчна коравина и носеща способност на подовите конструкции за хоризонтални сили; липса на връзка между отделните подови панели.

- **СтБс3** Скелетни конструкции с един и повече отвори, при които сеизмичните сили се поемат от шайби, изпълнявани по системите МС 83, т.нар. спирол с-ма; СКС–УС-73(86) и др.; $R=0.28$.

Строително-конструктивната система СКС-УС-73(86) е предназначена за изграждане на „университетски сгради“, както и други многоетажни сгради с обществено и промишлено предназначение, като:

- административни сгради;
- културно-битови сгради;
- търговски сгради;
- здравни заведения;
- училища;
- детски градини и ясли;
- многоетажни промишлени и складови сгради с полезни товари до 1500 kg/m^2 .

С елементите на СКС-УС-73 могат да се изградят сгради от 2 до 5 етажа.

Допуска се изграждането на сгради с повече от 5 етажа, при условие че не се надвишава носимоспособността на колоните, фундаментите и диафрагмите (шайбите). Приети са следните етажни височини: 3 m; 3.3 m; 3.6 m; 4.2 m; 4.8 m; 5.4 m и 6.0 m.

Допуска се строителство с тези конструктивни системи в сеизмични райони с максимална интензивност до 8 степен съгласно „Правилник за строителство в земетръсни райони“ от 1964 г. и изменението му от 23.02.1972 г.

За провеждане на статическо изчисление се приема система от ставни съединения между всички конструктивни елементи за поемане на вертикалните натоварвания. Хоризонталните натоварвания от сеизмично въздействие се поемат от подовата шайба и се предават на вертикални диафрагми, разположени в две взаимно перпендикулярни направления, успоредни на главните инерционни оси на сградата или на корави ядра.

Строително-конструктивна система МС-83. Тази конструктивна система представлява усъвършенстван вариант на СКС-УС'73.

- документацията за нея е актуализирана през 1987 г.;
- съблюдавани са изискванията на „Норми за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони” – 1987 г.;
- предназначена е за изграждане на многоетажни сгради (МС) с подови панели тип „спирол”;
- елементите на системата са предназначени за изграждане на сгради с височина от 2 до 5 етажа при спазване на основните конструктивни параметри. Възможно е изграждане на сгради по-високи от 5 етажа. При това усилията във вложените елементи не трябва да надвишават максималната носимоспособност, фиксирана в таблиците и номограмите, дадени в указанията за проектиране към системата;
- елементите на системата са предназначени за изграждане на сгради в райони със снежно натоварване до III район, ветрово натоварване до V район и сеизмични въздействия в райони до IX степен;
- конструктивното решение и приетите статически схеми са подобни на тези при СКС-УС'73. В допълнение системата МС използва плътни подови елементи, които се монтират срещу колоните. Детайлирането цели формиране в равнината на подовата конструкция на „виренделови греди” с успоредни пояси, подпрени на вертикалните диафрагми. При фундиране в почви III категория и $K_s=0.15\div 0.27$ и повече върху подовата конструкция се предвижда замонолитващ пласт от филцбетон М20 с дебелина 40 mm, армиран със заварени мрежи ($5\phi 5/m^2$ в двете посоки).

Сградата на бившия СБКИ в София, кв. Дървеница, е една от първите, построена по системата МС-83 и е със 7 надземни етажа.

- **СтБс4** Многоетажни рамкови конструкции с корави възли; рамкови конструкции за големи вертикални натоварвания, изпълнявани по системата ИИ-20 и др. $R=0.25$

Строително-конструктивната система ИИС-20 е предназначена за проектиране и изпълнение на промишлени многокорабни многоетажни сгради от 3 до 5 етажа с мрежи на колоните 6x6 и 6x9 m за несеизмични и сеизмични райони от VII, VIII и IX степен. Полезните нормативни натоварвания върху етажните плочи са от 0.5 до 2.5 t/m².

Посещата конструкция на сградите по *ИИС-20* се състои от пространствен скелет и фундаменти. Пространственият скелет е образуван от надлъжни и напречни рамки. Напречните рамки се образуват от кораво свързани монтажни ригели и колони. Надлъжните рамки се образуват от кораво свързани монолитни надлъжни ригели към монтажните колони. Подовите и покривните плочи се изпълняват от панели с широчина 1.50 m, които стъпват върху конзолите на напречните ригели.

- **СтБс5** Безгредови конструкции с „приведено“ рамково действие, изпълнявани по системата **E1-72**, $R=0.30$

Строително-конструктивна система E1-72 няма широко приложение в масовото жилищно строителство. Тя се отнася към безгредовите конструкции с напрегнати на местостроежа подови елементи. Конструктивната система е сглобяема от ст.б. колони с височина на няколко етажа и сглобяеми стоманобетонни подови конструкции, които се сглобяват от ивични подови елементи. Връзката между подовата конструкция и колоните се реализира чрез замонолитване и налягане на носещата армировка. Налягането на армировъчните пръти (струни) се извършва на местостроежа след монтажа на подовите елементи.

За поемане на вертикални и хоризонтални въздействия се разчита на пространствен скелет, съставен от „рамки“, ориентирани в 2 главни направления, със стойки – колони, и ригели – ивици от подовата конструкция.

Фундирането е с монолитни стоманобетонни или бетонни единични фундаменти под колоните. Конструкцията включва зидани външни и вътрешни неносещи стени. Покривната конструкция може да бъде дървена с покритие от керемиди, фиксирани върху летви или дъсчена обшивка.

Височината на сградите може да бъде до 9-11 етажа (въпрос на конкретно проектно решение). Примерна сграда с тази конструктивна система в София е сградата на НАЦИД със 7 етажа плюс сутерен. За сградите от тази система твърде характерна е технологията на изпълнение – монтаж на елементите и налягане на носещата армировка.

Системи от стени или смесени системи, еквивалентни на стенни системи:

- **СтБс6** Безгредови конструкции с шайби, изпълнявани по системата ППП $R=0.30$

Строително-конструктивната система “Пакетно повдигани плочи” (ППП) включва:

- сглобяеми колони с височина на един етаж;
- сглобяеми безгредови подови конструкции – непрекъсната гладка стоманобетонна плоча;
- зидани външни и вътрешни неносещи стени от тухли или блокове от газобетон;
- шайби и стълбищно-асансьорни клетки;

- монолитни стоманобетонни или бетонни: единични фундаменти (под колони), ивични фундаменти (под шайби, външни стени в сутерена, стените на стълбищно-асансьорните клетки), а в някои случаи – обща фундаментна плоча или пилотен фундамент;
- дървена покривна конструкция с покрив от керемиди, закрепени върху летви или дъсчена обшивка.

За тази конструктивна система е твърде характерна технологията на изпълнение – предварително монолитно изпълнение на стоманобетонните стълбищно-асансьорни клетки, последователно изливане на местостроежа на плочите на пакета, междуетажни гладки плочи, повдигане на пакета чрез система хидравлични крикове, поставяне на колоните за етаж и продължаване на повдигането на останалата част от пакета, като се изоставя съответно най-долната плоча и т.н.

- **СтБс7** Конструкции от едроразмерни стени и подови елементи; сгради, изпълнявани по системата ЕПЖС или други безскелетни системи $R=0.33$ (0.25^6)

Носещата конструкция на сгради, изпълнени с тази конструктивна система, включва:

- Монолитни стоманобетонни фундаменти: ивични (гредоскара) или обща фундаментна плоча, а в случай на „слаби“ почви – гредоскарата или плочата са ростверк на пилотен фундамент;
- Монолитни (при строителство в район със сеизмичност, дефинирана с $K_c=0.27$, съгласно НПССЗР (87) или сглобяеми стоманобетонни стени в сутерена;
- Изпълнени от сглобяеми, свързани чрез заварки и замонолитване, стоманобетонни елементи:
 - стени от носещи и неносещи панели;
 - подове и покриви – от подови и покривни панели, покривни рамки и корнизни елементи;
 - обемни санитарни кабинни;
- Плоски единични или двойни покриви с листов хидроизолация. Има изпълнени и със скатни покриви и покритие с керемиди върху покривни панели.

В случай на извършване на оглед с цел събиране на информация за сградния фонд тези сгради са с лесно установима строително-конструктивна система – с характерни лесно видими обработени fugи между фасадните панели, повтарящи се компановки на фасадите, плоски покриви и застрояване най-често в комплекси. Има изпълнени отделни сгради и в централни райони на градовете.

Стоманени конструкции

- **См 1** Рамки с корави възли $R=0.25$

- **См 2** Конструкции, в които сеизмичните сили се поемат от вертикални връзки, конструирани като централно включени в съответствие с БДС EN1998-1:

- с X-образна решетка $R=0.25$;
- с V-образна и Λ -образна решетка $R=0.5$.

⁶ За съществуващи строежи

Смесени системи

- **См 3** Рамки с корави възли, комбинирани:
 - с вертикални връзки с X-образна решетка $R=0.25$
- **См 4** Стоманени скелети със стоманобетонни шайби или ядра $R=0.25$
- **См 5** Смесени със сглобяем ст.б. скелет: греди и колони, и стоманени вертикални връзки в двете направления на сградата; покрив от профилирана ламарина. В много случаи гредите са предварително напрегнати.

Дървени конструкции

- **Д1** Конзоли, греди, дъги, ферми и рамки с нискодуктилни съединения във възлите $R=0.67$
- **Д2** Ферми със съединения във възлите чрез:
 - **Д21** дюбели и болтове $R=0.5$
 - **Д22** гвоздеи $R=0.3$
- **Д3** Статически неопределими портални рамки с дюбелни и болтови съединения $R=0.4$
- **Д4** Сгради с лепени стенни панели и лепени подови диафрагми, свързани с гвоздеи и болтове $R=0.5$
- **Д5** Сгради със стенни панели, ковани с гвоздеи и лепени подови диафрагми, свързани с гвоздеи и болтове $R=0.3$

Други

- **ДР1** системи, гъвкави при усукване (система с ядра) $R=0.5$
- **ДР2** система „обърнато махало” $R=0.67$

В таблица 1 е дадена матрицата на типологиите на конструкциите на сградите у нас.

Таблица 1. Матрица на типологиите на конструкциите на сградите у нас

N	Строителен материал	Вид строителство	Означение	Вертикална и хоризонтална конструктивна система	Предназначение (съгласно табл. 2.1.-4)	Брой етажи	Коеф. на реагиране
1	Зидани конструкции	Монолитно	КТ1	Стени от кирпич, камък, тухли и разтвор с лошо качество; Дървен гредоред с каратаван; стоманени греди и пълнеж между тях от бетон и тухли, в т.ч. тухлен свод („пруски ” свод)	1. жилищни сгради	1-2	-
2			ЗД1	Стени от неармирана зидария, обрaмчени или необрaмчени с колони; Недеформируеми подови конструкции (Ст.б. греди, пояси и плочи)	1. жилищни сгради 2. детски градини 3. училища 4. поликлиники, болници 5. адм. сгради	1-5 1-2 1-3 1-3 1-3	0.4
3			ЗД2	Стени от неармирана зидария, необрaмчени с колони; Деформируеми подови конструкции (дървен гредоред или стоманени греди без ст.б. пояси)	1. жилищни сгради 2. детски градини 3. училища 4. поликлиники, болници 5. адм. сгради	1-2 1-2 1-2 1-2 1-2	0.67
4			ЗД3	Стени от неармирана зидария; Замонолитени сглобяеми подови елементи и ст.б. пояси; Сглобяемите подови конструкции са от керамични тела или подови елементи с цилиндрични кухини т.нар. ПЕЦ	1. жилищни сгради 2. детски градини 3. училища 4. поликлиники, болници 5. адм. сгради	1-4 1-2 1-3 1-3 1-3	0.5
5			СтБ1	Едноетажни и многоетажни сгради с едноотворни и многоотворни рамки; ст.б. плочи	1. търговски сгради 2. производствени и складови сгради; гаражи; 2а. леката промишленост 3. жилищни сгради 4. хотели и др. 5. адм. сгради 6. обществено-	1-4 1-2 3-8 1-4 2-10 2-10 2-8	0.25

					обслужващи сгради – учебни и здравни заведения		
6	Стоманобетонни конструкции	монолитно	СтБ2	Скелетно безгредови конструкции с рамки; Безгредови ст.б. плочи	1. жилищни сгради 2. адм. сгради	1-4 1-4	0.33
7			СтБ3	Смесени системи, еквивалентни на рамкови със стени, участващи в поемането на сеизмичните сили – от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон; ст.б. плочи и ст.б. греди	1. жилищни сгради 2. детски градини 3. училища 4. болници, поликлиники 5. адм. сгради	1-6 1-2 3-4 3-4 1-6	0.33
8			СтБ4	Скелетно-безгредови конструкции: – със ст.б.шайби и/или с шайби от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон; Безгредови ст.б. плочи; Сгради, изпълнени по системите ПК, ТК, ЕК, ст.б. плочи	1. жилищни сгради 2. болници, поликлиники 3. адм. сгради 4. детски градини 5. училища 6. производствени сгради	3-14 4-14 3-14 1-2 1-4 4-9	0.33
9			СтБ5	Скелетно-гредови конструкции, при които поемането на сеизмичните сили се осъществява от ст.б. шайби; или от съвместната работа на ст.б. шайби и стени от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон, вкл. и рамково- диафрагмени конструкции от плътни или с отвори ст.б. шейби; Ст.б. плочи	1. жилищни сгради 2. училища 3. болници, поликлиники 4. адм. сгради 5. производствени сгради 6. хотели и др.	8+ 3-4 4-9 8+ 4+ 4+	0.30
10					СтБс1	Едноотворни и многоотворни скелетни конструкции без шайби; скелетни конструкции с един отвор, при които сеизмичните сили се поемат от колоните (конструкции с покривни ТТ панели, с виренделови греди и др.)	1. производствени и складови сгради
11	Стоманобетонни конструкции	Сглобяемо	СтБс2	Многоетажни скелетно-рамкови конструкции, състоящи се от колони и греди, и сглобяеми подови елементи, стъпващи върху гредите	1. жилищни сгради 2. адм. сгради 5. производствени сгради и складови сгради	1-5	0.4

12			СтБс3	Скелетни конструкции с един и повече отвори, при които сеизмичните сили се поемат от шайби, изпълнявани по системите МС 83, т.нар. спирол с-ма; СКС–УС-73(86) и др.; подови шайби, плътни подови елементи	1. производствени сгради 2. общественообслужващи сгради	2-5	0.28
13			СтБс4	Многоетажни рамкови конструкции с корави възли; рамкови конструкции за големи вертикални натоварвания, изпълнявани по системата ИИС-20 и др.	1. производствени и складови сгради	3-5	0.25
14			СтБс5	Безгредови конструкции с “рамково” действие – Сгради, изпълнявани по системата Е1-72; Сглобяеми ст.б. подови к-ции, сглобени от ивични подови елементи, напрегнати на местостроежа	1. детски градини 2. училища 3. адм. сгради 4. поликлиники	2 2-4 9-11 2-4	0.3
15			СтБс6	Безгредови конструкции с шайби – Сгради, изпълнявани по системата ППП; Сглобяеми безгредови подови конструкции – непрекъснатата гладка ст.б. плоча	1. жилищни сгради 2. общественообслужващи сгради 3. адм. сгради	8-12 2-8 2-8	0.3
16			СтБс7	Конструкции от едроразмерни стени и подови елементи; сгради, изпълнявани по системата ЕПЖС или други безскелетни системи; Подови панели	1. жилищни сгради 2. детски градини 3. училища	3-12 2 2-4	0.33
17	Стоманени конструкции		См1	Рамки с корави възли	1. търговски сгради 2. складове	1-2	0.25
18			См2	Конструкции, в които сеизмичните сили се поемат от вертикални връзки, конструирани като централно включени в съответствие с БДС EN1998-1: - с Х образна решетка - с V-образна и Λ-образна решетка	1. производствени и складови сгради 2. търговски сгради	1-2 1-4	0.25 0.50
19	Смесени конструкции		См3	Рамки с корави възли, комбинирани: с вертикални връзки с Х-образна решетка	1. производствени и складови сгради 2. търговски сгради	1 3-4	0.25
20			См4	Стоманени скелети със ст.б. шайби или ядра	1. адм. сгради 2. търговски сгради	6+	0.28

21			См5	Смесени със сглобяем ст.б. скелет: греди и колони, и стоманени вертикални връзки в двете направления на сградата; покрив профилирана ламарина. В много случаи гредите са предварително напрегнати	1. производствени и складови сгради 2. търговски сгради	1 1-2	0.35
22	Други		Др1	Системи, гъвкави при усукване (система с ядра)	1. адм. сгради	8+	0.5
23			Др2	ДР2 система „обърнато махало“ стоманобетонна	1. адм. сгради	6+	0.67
24			Др3	Други конструктивни системи, невключени по-горе			

Таблица 2. Кондензирана матрица на типовете жилищни сгради

№	Строителен материал	Вид строителство	Означение	Вертикална конструктивна система	Хоризонтална конструктивна система	Брой етажи	Коеф. на реагиране
1	Зидани конструкции	Монолитно	КТ1	Стени от кирпич, камък, тухли и разтвор с лошо качество	Дървен гредоред с каратаван; стоманени греди и пълнеж между тях от бетон и тухли, в това число тухлен свод („пруски” свод)	1-2	-
2			ЗД1	Стени от неармирана зидария, обрамчени или необрамчени с колони	Недеформируеми подови конструкции (Ст.б. греди, пояси и плочи)	1-5	0.4
3			ЗД2	Стени от неармирана зидария, необрамчени с колони	Деформируеми подови конструкции (дървен гредоред или стоманени греди без ст.б. пояси)	1-4	0.67
4			ЗД3	Стени от неармирана зидария	Замонолитени сглобяеми подови елементи и ст.б. пояси	1-4	0.5
5	Стоманобетонни конструкции	Монолитно	СтБ1	Едноетажни и многоетажни сгради с едноотворни и многоотворни рамки;	Ст.б. плочи	1-4	0.25
6			СтБ2	Скелетно безгредови конструкции с рамки	Безгредови ст.б. плочи	1-4	0.33
7			СтБ3	Смесени системи, еквивалентни на рамкови със стени, участващи в поемането на сеизмичните сили – от обрамчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон	Ст.б. плочи със ст.б. греди	1-6	0.33
8			СтБ4	Скелетно–безгредови конструкции: – със ст.б. шайби и/или с шайби от обрамчена с колони, неармирана тухлена зидария или	Безгредови ст.б. плочи	5+	0.33

			бетон; Сгради, изпълнени по системите “Пълзящ кофраж” (ПК), “Тунел-кофраж” (ТК), “Едроразмерен кофраж” (ЕК)			
9			СтБ5 Скелетно-гредови конструкции, при които поемането на сеизмичните сили се осъществява от ст.б. шайби; или от съвместната работа на ст.б. шайби и стени от оброчена с колони, неармирана тухлена зидария или бетон, вкл. и рамково-диафрагмени конструкции от плътни или с отвори ст.б. шайби	Ст.б. плочи със ст.б. греди	8+	0.30
10		Сглобяемо	СтБс2 Многоетажни скелетно-рамкови конструкции, състоящи се от колони и греди	Сглобяеми подови елементи, стъпващи върху гредите	1-5	0.4
11	СтБс6 Безгредови конструкции с шайби; сгради, изпълнявани по системата ППП		Сглобяеми безгредови подови конструкции – непрекъсната гладка ст.б. плоча	8-12	0.3	
12	СтБс7 Конструкции от едроразмерни стени и подови елементи; сгради, изпълнявани по системата ЕПЖС или други безскелетни системи		Подови панели	1-12	0.33	

Таблица 3. Класове на уязвимост в съответствие с EMS98 във функция от „възрастта” на сградата

Тип/ година на норми	КТ1	ЗД1	ЗД2	ЗД3	СтБ1	СтБ2	СтБ3	СтБ4	СтБ5	СтБс1	СтБс2	СтБс3	СтБс4	СтБс5	СтБс6	СтБс7	См1	См2	См3	См4	См5	Др1	Др2	Др3	
0 ≤ 1929	A	A	A																						
1 1930-1957	B	C	B	B	B	B	C										C	C	C						
2 1958-1965		C	B	B	C		C	C	C	C	C	B				B	C	C	C	C	C				
3 1966-1977		C	B	C	C	B	D	D	C	C	C	B	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	D	C	C
4 1978-1987		C		C	C	B	D	D	D	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
5 1988-2007		D			D	B	D	E	E	D	D	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	D	D	E	E
6 ≥2007		D			D	B	E	E	E	D	D	D				D	F	F	F	F	F	E	E	E	E

Таблица 4. Възможни класове на уязвимост на конструктивните системи от матрица ВТМ

ВТМ	A	B	C	D	E	F
КТ1	●					
ЗД1		○	●	*		
ЗД2	*	●	○			
ЗД3	*	○	●	○		
СтБ1		*	●	●	○	
СтБ2	○	●	*			
СтБ3		*	○	●	●	*
СтБ4		○	○	●	●	*
СтБ5		*	●	●	●	○
СтБс1		*	○	●	○	
СтБс2	*	●	●	○		
СтБс3		○	●	●		
СтБс4		*	○	●		
СтБс5		*	○	●		
СтБс6		*	○	●	○	
СтБс7		*	○	●	*	
См1			○	●	●	*
См2			○	●	●	*
См3			*	○	●	○
См4			*	○	●	○
См5				*	●	○
Др1			*	●	○	
Др2			*	●	○	
Др3			*	●	○	

- най-вероятен клас на уязвимост;
- възможен клас на уязвимост;
- * по-малко вероятен клас на уязвимост

Таблица 5. Индекси на уязвимост V_{IVTM} за различните типове сгради, включени в ВТМ (матрица на типологичните сгради) в проекта RISK-UE

Тип сграда		Индекси на уязвимост				
	Описание	V_{IVTM}^{min}	V_{IVTM}^-	V_{IVTM}	V_{IVTM}^+	V_{IVTM}^{max}
Зидария						
M1	Камък	0.62	0.81	0.873	0.98	1.0
M2	Кирпич	0.62	0.687	0.84	0.98	1.0
M3	Обикновен камък	0.46	0.65	0.74	0.83	1.0
M4	Камък	0.3	0.49	0.616	0.793	0.86
M5	Неармирана зидария стари тухли	0.46	0.65	0.74	0.83	1.0
M6	Неармирана зидария-ст.б плочи	0.3	0.49	0.616	0.79	0.86
M7	Армирани обрамчени зидарии	0.14	0.33	0.451	0.633	0.7
Стоманобетонни						
RC1	Ст.б. рамки без сеизмично осигуряване	0.3	0.49	0.644	0.8	1.0
RC2	Ст.б. рамки със средно ниво на сеизмично осигуряване	0.14	0.33	0.484	0.64	0.86
RC3	Ст.б. рамки високо ниво на сеизмично осигуряване	0	0.17	0.324	0.48	0.7
RC4	Ст.б. стени без сеизмично осигуряване	0.3	0.367	0.544	0.67	0.86
RC5	Ст.б. стени със средно ниво на сеизмично осигуряване	0.14	0.21	0.384	0.51	0.7
RC6	Ст.б. стени с високо ниво на сеизмично осигуряване	0	0.047	0.224	0.35	0.54
Стоманени						
S	Стоманени конструкции	0	0.17	0.324	0.48	0.7
Дървени						
W	Дървени конструкции	0.14	0.207	0.447	0.64	0.86

Таблица 6. Стойности на средното ниво на повреда μ_D за различните класове на уязвимост и различните интензивности на сеизмичното въздействие

	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI
A	0.521	1.086	1.991	3.061	3.951	4.499	4.777	4.904
B	0.232	0.521	1.086	1.991	3.061	3.951	4.499	4.777
C	0.100	0.232	0.521	1.086	1.991	3.061	3.951	4.499
D	0.042	0.100	0.232	0.521	1.086	1.991	3.061	3.951
E	0.018	0.042	0.100	0.232	0.521	1.086	1.991	3.061
F	0.008	0.018	0.042	0.100	0.232	0.521	1.086	1.991

Таблица 7. Разпределение на нивата на повреди за сгради от клас на уязвимост А

Ниво на повреда/ интензивност	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.577	0.294	0.079	0.009	0	0	0	0
1	0.335	0.408	0.261	0.069	0.008	0	0	0
2	0.078	0.226	0.346	0.219	0.058	0.008	0	0
3	0.009	0.063	0.229	0.345	0.217	0.073	0.017	0.003
4	0	0.009	0.076	0.272	0.409	0.328	0.186	0.089
5	0	0	0.010	0.086	0.308	0.590	0.796	0.908

Таблица 8. Разпределение на нивата на повреди за сгради от клас на уязвимост В

Ниво на повреда/ интензивност	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.788	0.577	0.294	0.079	0.009	0	0	0
1	0.192	0.335	0.408	0.261	0.069	0.008	0	0
2	0.019	0.078	0.226	0.346	0.219	0.058	0.008	0
3	0	0.009	0.063	0.229	0.345	0.217	0.073	0.017
4	0	0	0.009	0.076	0.272	0.409	0.328	0.186
5	0	0	0	0.010	0.086	0.308	0.590	0.796

Таблица 9. Разпределение на нивата на повреди за сгради от клас на уязвимост С

Ниво на повреда /интензивност	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.904	0.788	0.577	0.294	0.079	0.009	0	0
1	0.092	0.192	0.335	0.408	0.261	0.069	0.008	0
2	0.004	0.019	0.078	0.226	0.346	0.219	0.058	0.008
3	0	0	0.009	0.063	0.229	0.345	0.217	0.073
4	0	0	0	0.009	0.076	0.272	0.409	0.328
5	0	0	0	0	0.010	0.086	0.308	0.590

Таблица 10. Разпределение на нивата на повреди за сгради от клас на уязвимост D

Ниво на повреда /интензивност	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0	0.958	0.904	0.788	0.577	0.294	0.079	0.009	0
1	0.041	0.092	0.192	0.335	0.408	0.261	0.069	0.008
2	0	0	0.019	0.078	0.226	0.346	0.219	0.058
3	0	0	0	0.009	0.063	0.229	0.345	0.217
4	0	0	0	0	0.009	0.076	0.272	0.409
5	0	0	0	0	0	0.010	0.086	0.308

Криви на разрушаване за различните класове на уязвимост

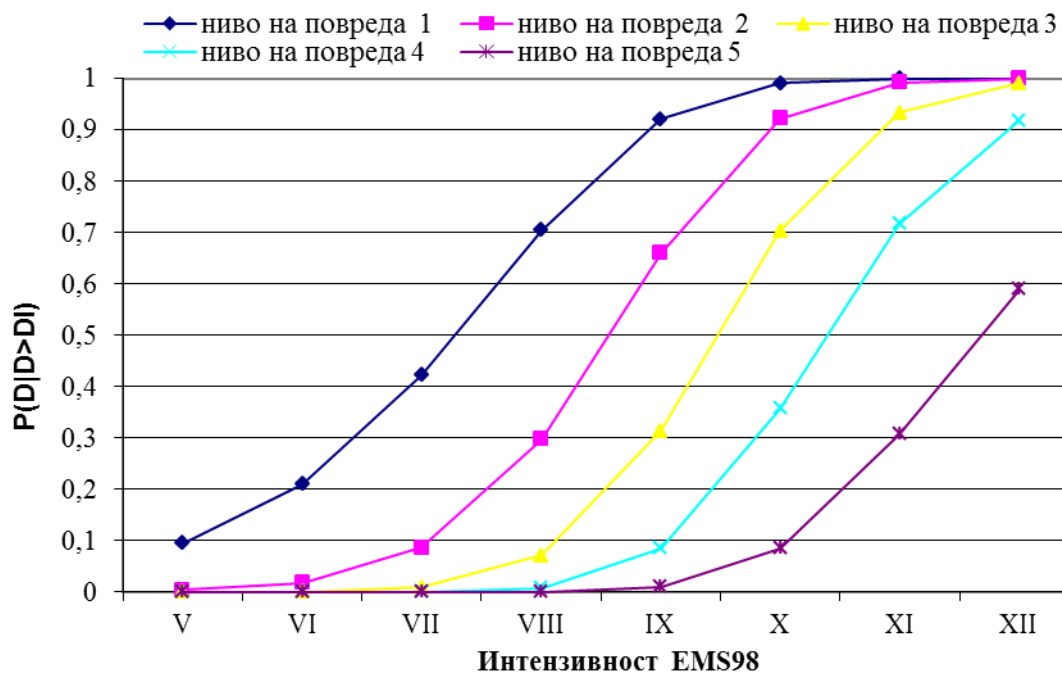


Фигура 1. Криви на разрушаване – клас А



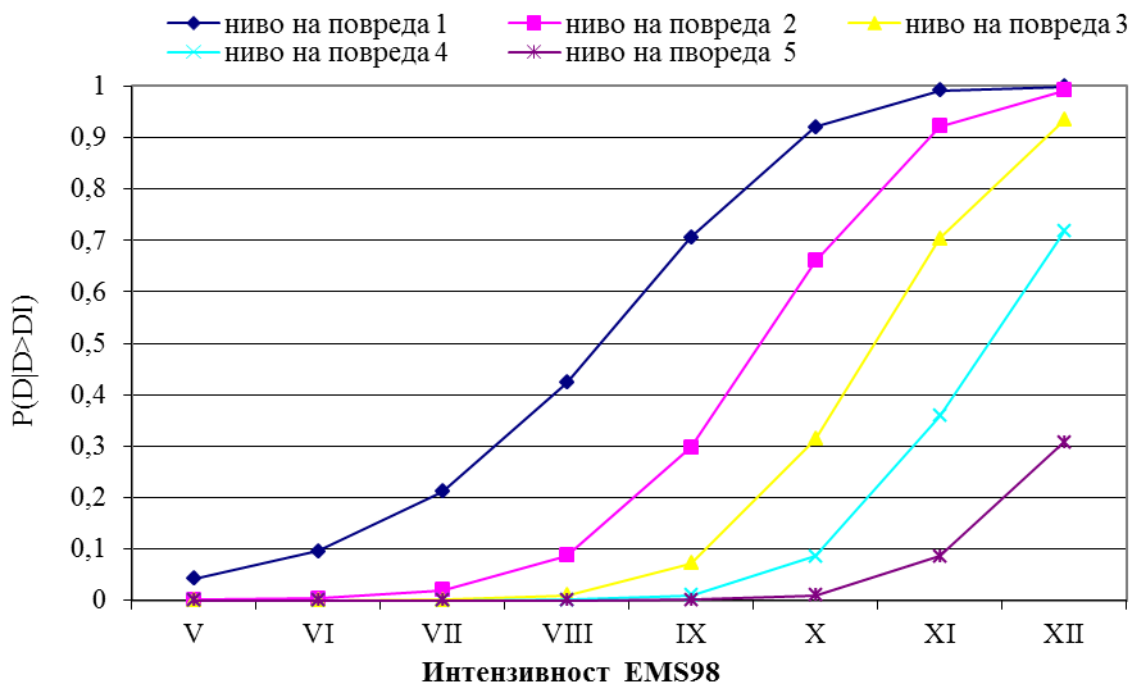
Фигура 2. Криви на разрушаване – клас В

Криви на разрушаване - Клас "С"

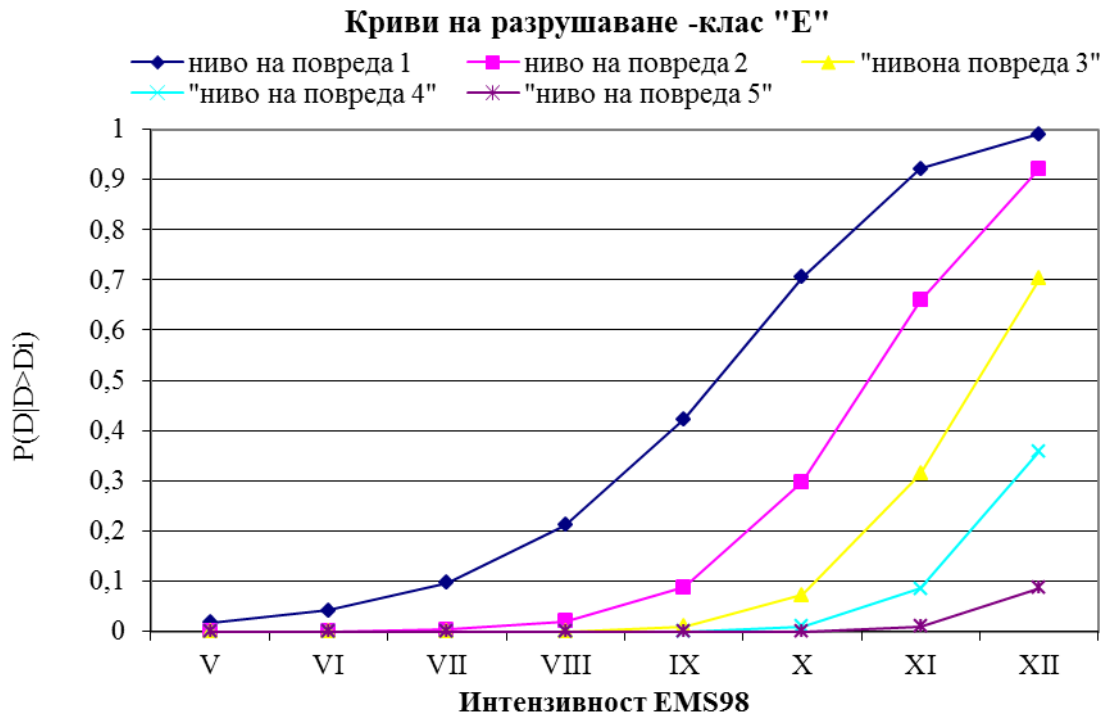


Фигура 3. Криви на разрушаване – клас С

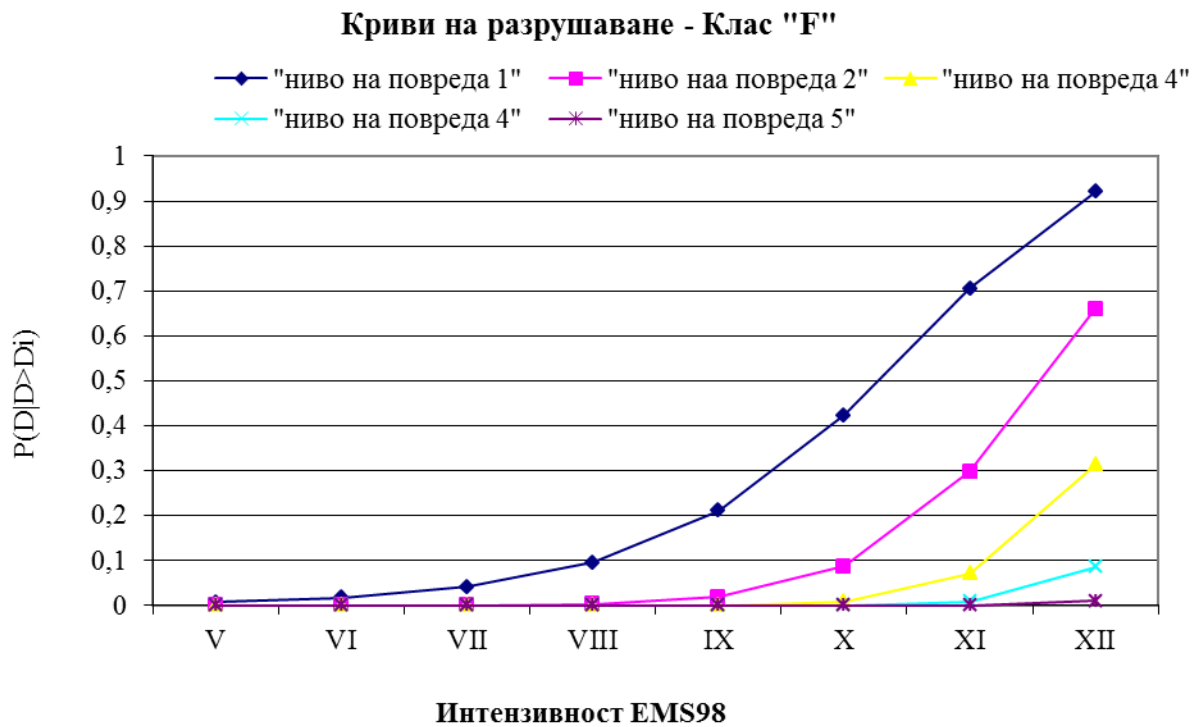
Криви на разрушаване - Клас "D"



Фигура 4. Криви на разрушаване – клас D



Фигура 5. Криви на разрушаване – клас Е



Фигура 6. Криви на разрушаване – клас F

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1. Класификация на мостовите конструкции

Сигнатура	Описание
HWB1	Мост на главен път с дължина >150m (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB2	Мост на главен път с дължина >150m (проектиран след 03.2012 г.)
HWB3	Мост с един отвор (не се включват HWB1 и HWB2) (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB4	Мост с един отвор (не се включват HWB1 и HWB2) (проектиран след 03.2012 г.)
HWB5	Стоманобетонен мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.), регион със VII-а и VIII-а степен на сеизмичност
HWB6	Стоманобетонен мост, стълбове с повече от една колони; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.), регион с IX-а степен на сеизмичност
HWB7	Стоманобетонен мост, стълбове с повече от една колони; Връзка на връхната конструкция с лагери (проектиран след 03.2012 г.)
HWB8	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда с кухо сечение, стълб с една колона (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB9	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда с кухо сечение, стълб с една колона (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB10	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда (без HWB8 и HWB9) (проектиран за всички въздействия преди 03.2012 г.)
HWB11	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда (без HWB8 и HWB9) (проектиран за всички въздействия след 03.2012 г.)
HWB12	Стоманен мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.), регион със VII-а и VIII-а степен на сеизмичност
HWB13	Стоманен мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.) регион с IX-а степен на сеизмичност
HWB14	Стоманен мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB15	Стоманен мост, непрекъсната греда (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB16	Стоманен мост, непрекъсната греда (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB17	Стоманобетонен предварително напрегнат мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.), регион със VII-а и VIII-а степен на сеизмичност
HWB18	Стоманобетонен предварително напрегнат мост, стълбове с повече от една колони; Връзка на връхната конструкция и долно строене с лагери (проектиран преди 03.2012 г.), регион с IX-а степен на сеизмичност
HWB19	Стоманобетонен предварително напрегнат мост, стълбове с повече от една колона; Връзка на връхната конструкция с лагери (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB20	Стоманобетонен предварително напрегнат мост с кухо сечение, стълбове с една колона (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB21	Стоманобетонен предварително напрегнат мост с кухо сечение, стълбове с една колона (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB22	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда (без HWB20 и HWB21) (проектиран преди 03.2012 г.)
HWB23	Стоманобетонен мост, непрекъсната греда (без HWB20 и HWB21)

	(проектиран преди 03.2012 г.)
HWB24	Като HWB12, но дължината на моста е по-малка от 20 m
HWB25	Като HWB13, но дължината на моста е по-малка от 20 m
HWB26	Като HWB15, но дължината на моста е по-малка от 20 m и той е в регион със VII-а и VIII-а степен на сеизмичност
HWB27	Като HWB15, но дължината на моста е по-малка от 20 m и регион с IX-а степен на сеизмичност
HWB28	Всички останали мостове, които не попадат в описанието по-горе (вкл. дървени мостове)

Таблица 2. Класификация на мостовите конструкции съгласно SYNER-G

КАТЕГОРИЯ	КЛАСИФИКАЦИЯ
Материал (MM1) <ul style="list-style-type: none"> • Бетон (C) • Зидария (M) • Стомана (S) • Чугун (S) • Дърво (W) • Комбинирани (MX) 	Материал (MM2) <ul style="list-style-type: none"> • Стоманобетон (RC) • Предварително напрегнат стоманобетон (PC) • Неармирана зидария (URM) • Армирана зидария (RM) • Високоякостен бетон (HSC) • Бетон със средна якост (ASC) • Бетон с ниска якост (LSC) • Изпечени тухли (FB) • Кухи керамични тела (HC) • Камък (S) • Варов разтвор (LM) • Циментов разтвор (CM) • Разтвор с кал (MM) • Бетонни тела за зидария (CMU) • Автоклавен газобетон (AAC) • Висок % на кухини (H%) • Нисък % на кухини (L%) • Обработен камък (Rc) • Необработен камък (Ru)
Тип на връхната конструкция (TD1) <ul style="list-style-type: none"> • Гредов мост (Gb) • Сводов/ дъгов мост (Ab) • Висящ мост (Sb) • Вантов мост (Csb) • Подвижен мост (Mb) 	Тип на връхната конструкция (TD2) <ul style="list-style-type: none"> • Плътна плоча (Ss) • Куха плоча (Sv) • Куха греда (B) • Съвременен дъгов мост (MA) • Древен дъгов мост (AA) • Сглобяеми греди с монолитна плоча (Pbc) • Стоманени греди с монолитна плоча (Sbc) <p>Характеристика на връхната конструкция (DC) – задължително се дава, ако е известна, широчината на връхната конструкция.</p>
Конструктивна система на връхната конструкция (DSS) <ul style="list-style-type: none"> • Проста греда (SSu); Статически определима • Непрекъсната (Co); Статически неопределима 	
Връзка на връхната конструкция със стълбовете (PDC) <ul style="list-style-type: none"> • „Неизолирана“ (монолитна) (NI) 	Тип на лагерите <ul style="list-style-type: none"> • Неподвижни лагери (Fb) • Еластомерни лагери (Eb)

<ul style="list-style-type: none"> • „Изолирана“ (с лагери) (Is) • Комбинирана (Com) 	<ul style="list-style-type: none"> • Хлъзгащи се лагери (Sb) • Устройства за сеизмоизолация и за дисипация на енергия (SeisD)
Тип на връзката на връхната конструкция със стълбовете (TC1) <ul style="list-style-type: none"> • Стълб с една колона (ScP) • Стълб с повече от една колона (McP) 	Брой на колоните в един стълб (NP) Задължително се дава, ако е известен.
Тип на сечението на стълбовете (TS1) <ul style="list-style-type: none"> • Цилиндрично (Cy) • Правоъгълно (R) • „Издължено“ (Ob) • Стенен тип (W) 	Тип на сечението на стълбовете (TS2) <ul style="list-style-type: none"> • Плътно (So) • Куха (Ho) Височина на стълба (HP) – Задължително се дава, ако е известна.
Отвори (Sp) <ul style="list-style-type: none"> • Един отвор (Ssp) • Много отвори (Ms) 	Характеристика на отворите (SC) <ul style="list-style-type: none"> • Брой на отворите (Ns) – Задължително се дава, ако е известен. • Дължина на отвора (SC) – Задължително се дава, ако е известна.
Тип на връзката на връхната конструкция с устоите (TCa) <ul style="list-style-type: none"> • “Свободна” с подвижни лагери (F) • “Неизолирана” (монолитна) (M) • “Изолирана” (с лагери) (Isl) 	Тип на лагерите <ul style="list-style-type: none"> • Свободна трансляция в напречна посока (Ftt) • Ограничена трансляция в напречна посока (Ctt) • Неподвижни лагери (Fb) • Еластомерни лагери (Eb) • Хлъзгащи се лагери (Sb) • Устройства за сеизмоизолация и за дисипация на енергия (SeisD)
Косота (Sk) <ul style="list-style-type: none"> • Без косота • Коси 	Задължително се дава, ако е известен ъгълът на косотата.
Конфигурация на мостовата конструкция (RC) <ul style="list-style-type: none"> • Регулярна или полурегулярна (R) • Нерегулярна (IR) 	
ТИП НА ФУНДИРАНЕТО (FT) <ul style="list-style-type: none"> • Плоско фундиране (SF) • Дълбоко фундиране (DF) 	Тип на дълбокото фундиране <ul style="list-style-type: none"> • Единичен пилот (Sp) • Система от пилоти с ростверк (Mpc) • Система от пилоти без ростверк (Mp)
Ниво на сеизмичното проектиране на моста (SDL) <ul style="list-style-type: none"> • Без сеизмично проектиране. (проектиране само за гравитационни товари) (NSD) • Проектиране за земетресение на ниско ниво (LC) • Проектиране за земетресение на средно ниво (MC) • Проектиране за земетресение на средно ниво (HC) 	

Таблица 3. Корекционни коефициенти F_{AI} и F_{VI} за почвени класове I=A,B,C и D

Спектрално ускорение за клас А	А	В	С	Д
$S_a(T=0.3\text{sec})$ (g)	Корекционни коефициенти F_{AI}			
≤ 0.25	1.0	1.2	1.6	2.5
0.50	1.0	1.2	1.4	1.7
0.75	1.0	1.1	1.2	1.2
1.00	1.0	1.0	1.1	0.9
≥ 1.25	1.0	1.0	1.0	0.8*
$S_a(T=1\text{sec})$ (g)	Корекционни коефициенти F_{VI}			
≤ 0.10	1.0	1.7	2.4	3.5
0.20	1.0	1.6	2.0	3.2
0.30	1.0	1.5	1.8	2.8
0.40	1.0	1.4	1.6	2.4
≥ 0.50	1.0	1.3	1.5	2.0*

* Дадените стойности са ориентировъчни. Точни стойности могат да се дадат от компетентен инженер-геолог.

Забележка: за изключително здрави скали, несъответстващи на клас А, може да се приеме за всички случаи $F_{AI} = F_{VI} = 0.80$.

Таблица 4. Корекционни коефициенти K_{3D} и I_{shape}

Сигнатура	K_{3D}^*	I_{shape}
HWB1	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB2	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB3	1	1
HWB4	1	1
HWB5	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB6	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB7	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB8	$1+0.33/N$	0
HWB9	$1+0.33/(N-1)$	0
HWB10	$1+0.33/N$	1
HWB11	$1+0.33/(N-1)$	1
HWB12	$1+0.09/(N-1)$	0
HWB13	$1+0.09/(N-1)$	0
HWB14	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB15	$1+0.05/N$	1
HWB16	$1+0.33/(N-1)$	1
HWB17	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB18	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB19	$1+0.25/(N-1)$	0
HWB20	$1+0.33/N$	0
HWB21	$1+0.33/(N-1)$	0
HWB22	$1+0.33/N$	1
HWB23	$1+0.33/(N-1)$	1
HWB24	$1+0.20/(N-1)$	0
HWB25	$1+0.20/(N-1)$	0
HWB26	$1+0.10/N$	1
HWB27	$1+0.10/N$	1
HWB28	n/a**	n/a

* $N > 1$ – броят на отворите на моста;

** n/a="липсват данни". В полза на сигурността може да се приемат за равни на 1.

Таблица 5. Стандартни „медианни стойности” на кривите на уязвимост, съответстващи на $Sa(T=1sec), (g)$, за ниво на повреди ds_j ($j=1-4$)

Клас на моста	ds_2	ds_3	ds_4	ds_5
HWB1	0.40	0.50	0.70	0.90
HWB2	0.60	0.90	1.10	1.70
HWB3	0.80	1.00	1.20	1.70
HWB4	0.80	1.00	1.20	1.70
HWB5	0.25	0.35	0.45	0.70
HWB6	0.30	0.50	0.60	0.90
HWB7	0.50	0.80	1.10	1.70
HWB8	0.35	0.45	0.55	0.80
HWB9	0.60	0.90	1.30	1.60
HWB10	0.60	0.90	1.10	1.50
HWB11	0.90	0.90	1.10	1.50
HWB12	0.25	0.35	0.45	0.70
HWB13	0.30	0.50	0.60	0.90
HWB14	0.50	0.80	1.10	1.70
HWB15	0.75	0.75	0.75	1.10
HWB16	0.90	0.90	1.10	1.50
HWB17	0.25	0.35	0.45	0.70
HWB18	0.30	0.50	0.60	0.90
HWB19	0.50	0.80	1.10	1.70
HWB20	0.35	0.45	0.55	0.80
HWB21	0.60	0.90	1.30	1.60
HWB22	0.60	0.90	1.10	1.50
HWB23	0.90	0.90	1.10	1.50
HWB24	0.25	0.35	0.45	0.70
HWB25	0.30	0.50	0.60	0.90
HWB26	0.75	0.75	0.75	1.10
HWB27	0.75	0.75	0.75	1.10
HWB28	0.80	1.00	1.20	1.70

Таблица 6. Отношение “разходи за ремонт / разходи за изграждане на нов мост”
(*damage ratio - DR_J*)

6.1. Пътни мостове

Ниво на повреди (ds_j)	DR_J	Възможно отклонение на DR_J
Леки (ds_2)	0.03	0.01-0.03
Средни (ds_3)	0.08	0.02-0.15
Значителни (ds_4)	0.25	0.10-0.40
Пълно разрушение (ds_5)	1.00*	0.30-1.00

* Ако броят на отворите на моста $N > 2$, то $DR_J = 2/N$

6.2. Жп мостове

Ниво на повреди (ds_j)	DR_J	Възможно отклонение на DR_J
Леки (ds_2)	0.12	0.01-0.15
Средни (ds_3)	0.19	0.15-0.40
Значителни (ds_4)	0.40	0.40-0.80
Пълно разрушение (ds_5)	1.00	0.80-1.00

Таблица 6а. Отношение “разходи за ремонт / разходи за изграждане на съответен елемент от жп мост” (*damage ratio – DR*)

6.1а. Стълб

Ниво на повреди (ds_j)	DR
Леки (ds_2)	0.05
Значителни (ds_4)	0.25
Пълно разрушение (ds_5)	0.80

6.2а. Устой

Ниво на повреди (ds_j)	DR
Леки (ds_2)	0.02
Средни (ds_3)	0.075
Значителни (ds_4)	0.15

6.3а. Лагери

Ниво на повреди (ds_j)	DR
Средни (ds_3)	0.01
Значителни (ds_4)	0.2

6.4а. Връхна конструкция

Ниво на повреди (ds_j)	DR
Леки (ds_1)	0.05