

POTRESNA OGROŽENOST V OBČINI LJUBLJANA CENTER

Matjaž Godec*, Renato Vidrih**

UDK 550.34 (497.12—191.2)

V predstavitvi dela elaborata Potresna ogroženost mesta Ljubljane je podana ocena potresne ogroženosti v občini Ljubljana Center. Ta nam kaže pričakovane potresne izgube v določenem času na določenem prostoru. Ocena potresne ogroženosti je izdelana na podlagi karte potresne mikrorajonizacije in podatkov o potresni ranljivosti objektov v mestu Ljubljani. Naloga vsebuje oceno potresne ogroženosti v nekaterih značilnih mestnih karejih. Te rezultate smo uporabili na območju občine Ljubljana Center, kjer so bili zbrani potrebni podatki o objektih in uporabnikih.

V scenariju ocene potresne ogroženosti smo predpostavili nastanek potresa v večernih urah, ko so stanovanjci večinoma doma, poslovni prostori pa so v glavnem prazni. Možni so tudi drugačni scenariji, ki pa jih z zdaj zbranimi podatki ni moč številčno ovrednotiti.

Ocena potresne ogroženosti je narejena v skladu z opisno potresno lestvico MSK 78.

Pričakovani potresni učinki

Ocena pričakovanih potresnih učinkov je narejena na osnovi karte in podatkov, opisanih v članku Potresna nevarnost na območju Ljubljane, ki je objavljen v tej številki Ujme (6).

Glede na seizmološke podatke lahko na območju mesta Ljubljana pričakujemo za povratno dobo 1000 let tudi potrese 9. stopnje po MSK-lestvici (preglednica 1).

Preglednica 1. Intenzitetne stopnje pri posameznih povratnih dobah za mesto Ljubljana.

Povratna doba	Intenziteta (MSK)
1000 let	9
500 let	8
50 let	7

Dani so rezultati analize pričakovanih potresnih učinkov v Ljubljani Center za potres s povratno dobo 500 let, to je potres 8. stopnje po MSK, ki pa glede na litološke razmere doseže ponekod v Ljubljani tudi učinke 9. stopnje po MSK (7).

Ocena človeških izgub

Iz zgodovine potresne dejavnosti je znano, da so na območju Ljubljane možni potresi, ki poleg gmotne škode lahko povzročijo tudi smrtne žrtve. Ocena tega je zelo težavna, zato smo si pomagali s tragičnimi izkušnjami močnih potresov po svetu.

V obdobju od leta 1900 do 1988 je bilo na svetu okoli 650 potresov, ki so zahtevali smrtne žrtve. Skupaj je v tem obdobju zaradi posledic potresa izgubilo življenje 1,3 milijona ljudi, od tega približno 75 % zaradi rušenja stavb. V 20. stoletju se je na Zemlji zgodilo prek tisoč potresov z magnitudo nad 7,0 (potres v Furlaniji 6. maja 1975 je imel magnitudo 6,5), toda le v 30 potresih je bilo več kot 10 000 žrtev. Tragične posledice potresa so splet različnih vplivov. Najpomembnejši so:

- epicenter na območju velike naseljenosti,
- obsežno rušenje objektov,
- hude sekundarne posledice (požari, poplave, plazovi) in
- onesposobitev možnosti samopomoči.

Na sliki 1 je prikazana odvisnost števila mrtvih od števila porušeni objektov. Posamezne krivulje predstavljajo različne načine gradnje in vrste materiala v različnih delih sveta. Še nazorneje kaže vpliv izbora konstruktivnega materiala na število žrtev slika 2.

Ocena potresne ogroženosti v izbranih mestnih karejih Ljubljane

V okviru naloge (6) smo opravili oceno potresne ranljivosti objektov v nekaterih mestnih karejih. Ti podatki so poleg potresne nevarnosti bistveni za ocenjevanje potresne ogroženosti.

Kareji, v katerih je bila opravljena ocena ranljivosti, so:

1. CO 1/19 — Cankarjevo nabrežje
2. CO 5/9 — Slomškova ulica
3. CO 1/5 — Trubarjeva ulica

4. CO 1/38 — Breg

5. ŠS 1/8 — Litostrojski bloki

Vsi pregledani objekti so bili zgrajeni pred letom 1965. Od takrat naprej naj bi bili vsi objekti grajeni v skladu z zahtevami predpisov o potresnovarni gradnji na potresnih območjih iz leta 1964.

Stavbe so bile do leta 1964 grajene praviloma le za prenos vertikalne obtežbe. Ukrepe za povečanje potresne odpornosti stavb so graditelji upoštevali le v krajših obdobjih po rušilnih potresih. Tudi predpisi iz leta 1948 so potresno obremenitev glede na sodobna spoznanja močno poddimenzionirali.

Pregledani objekti so zidani iz kamna, opeke ali iz mešanice teh materialov, največkrat z apneno malto. Stropi so navadno leseni. Takšne objekte uvrščamo v MSK-lestvici med zgradbe tipa B (2).

Glede na ocene ranljivosti (Vs) lahko vse objekte razvrstimo v štiri razrede v skladu z lestvico MSK. Razredi so izbrani glede na pričakovani obseg poškodb v primeru potresa določene intenzitete (preglednica 2). Pri oceni ranljivosti smo ocenjevali vrsto in kakovost zidov, količino zidov, tlorsno razporeditev zidov, povezanost zidov in druge dejavnike. Pri končni oceni, ki je med 5 in 25, pomeni nižja vrednost večjo skladnost s predpisi kot višja.

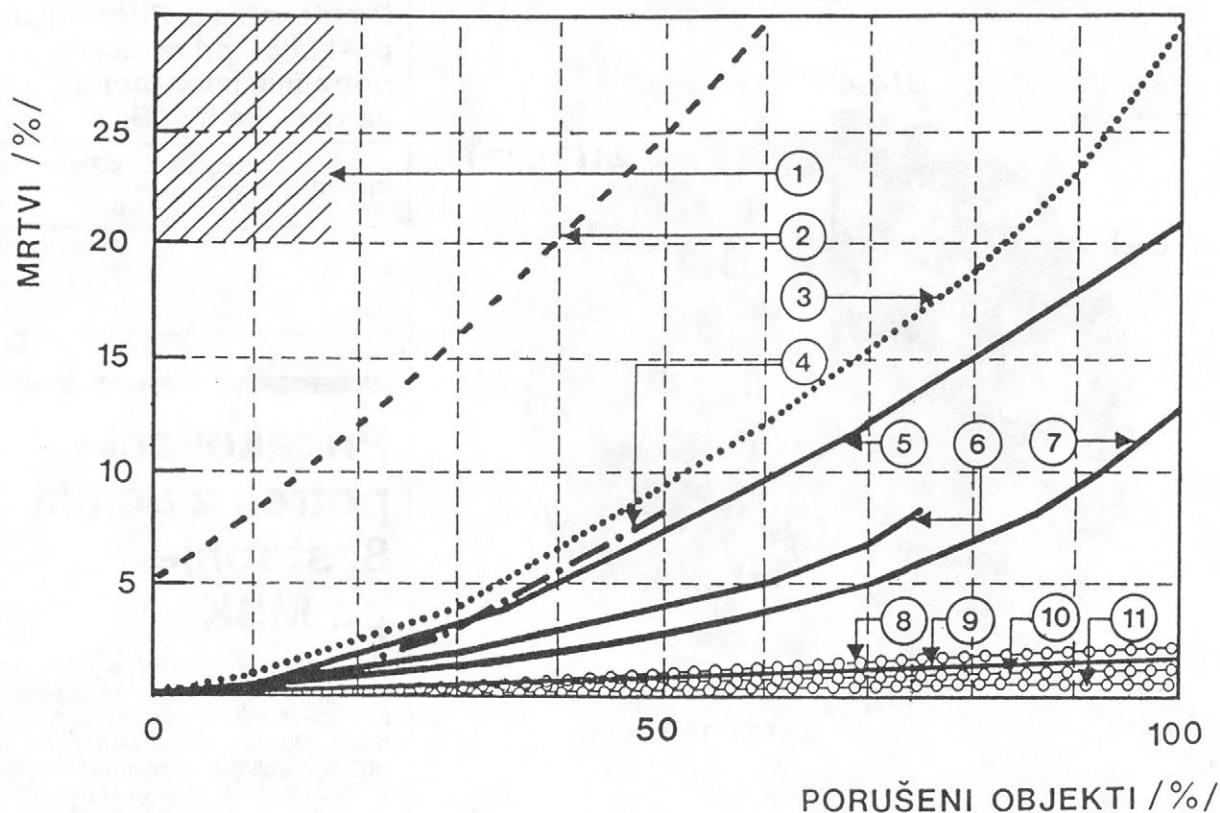
Poškodbe, ki jih lahko pričakujemo v posameznem razredu ranljivosti, so ocenjene v razponu od 1 do 5; pomen posameznih ocen pa je isti kot pri opisu MSK-lestvice (2) (preglednica 3).

Preglednica 2. Razredi ranljivosti za objekte tipa B v mestu Ljubljana.

Tip objekta	Razred	Ranljivost
B	B1	$V_s < 15$
B	B2	$15 < = V_s < 18$
B	B3	$18 < = V_s < 20$
B	B4	$20 < = V_s$

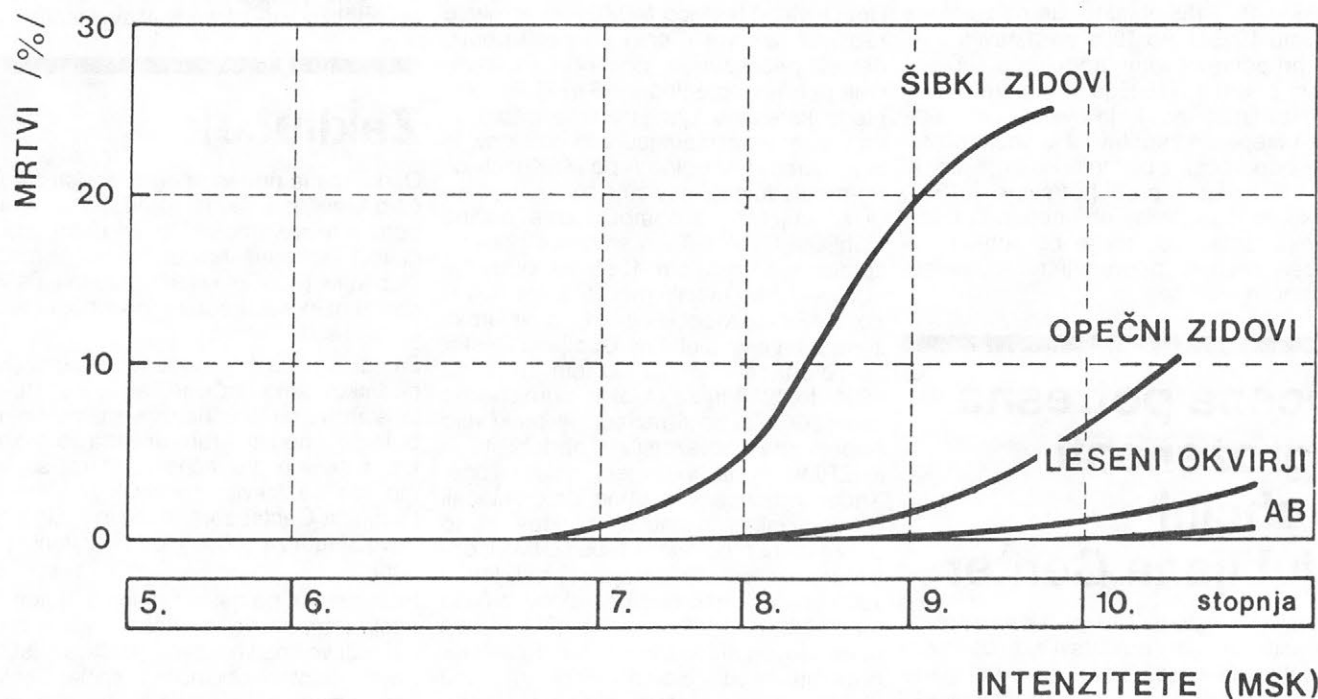
* Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Kersnikova 3, Ljubljana.

** Mag., Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Seizmološki zavod Republike Slovenije, Pot na Golovec 25, Ljubljana.

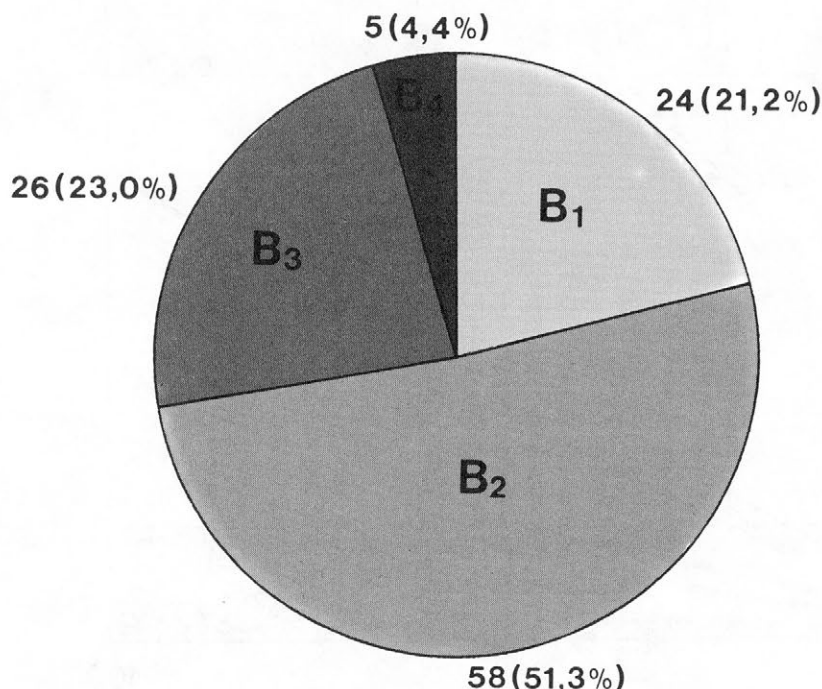


Slika 1. Število žrtev pri poruštivah objektov ob potresu (Coburn in sod., 1989).
pomen števil

- 1 ... armiranobetonske stavbe
- 2 ... posamezne vasi v vzhodni Turčiji (neobdelan kamen)
- 3 ... povprečne vasi v vzhodni Turčiji (neobdelan kamen)
- 4 ... zidane stavbe — evropski potresi
- 5 ... zidane stavbe na Kitajskem (štirje potresi 1960—1979)
- 6 ... stavbe iz obdelanega kamna v Italiji (potres I. 1930)
- 7 ... stavbe iz obdelanega kamna v Italiji (potres I. 1980)
- 8 ... lesene hiše (leseni okvirji) na Japonskem (potres I. 1900)
- 9 ... San Francisco (potres I. 1972)
- 10 ... lesene hiše (leseni okvirji) na Japonskem (potres I. 1940)
- 11 ... lesene hiše (leseni okvirji) na Japonskem (potres I. 1970)



Slika 2. Število žrtev pri potresu glede na bivanje v različnih objektih (Coburn in sod., 1989).



Slika 3. Deleži ocenjenih objektov po razredih ranljivosti.

Pregledanih je bilo 113 objektov (slika 3). Čeprav so vsi ti objekti tipa B po MSK-lestvici, je pregled pokazal bistvene razlike med njimi. Glede pričakovanih poškodb v primeru potresa lahko razlikujemo vsaj dve skupini objektov glede na obdobje, v katerem so bili zgrajeni. V primeru analize večje množice objektov bi lahko imeli tudi več skupin. Objekte tipa B smo razdelili na tiste, zgrajene pred letom 1895 (48 objektov), zgrajene v obdobju med 1896 in 1965 (65 objektov) in na zgrajene po letu 1965. Leto 1895 predstavlja mejnik pri potresnovarni gradnji. Po ljubljanskem potresu l. 1895 je bil namreč sprejet stavbinski red, ki je uvažal konstruktivne ukrepe pri zagotavljanju večje potresne odpornosti objektov. Pri objektih, ki so bili zgrajeni pred potresom l. 1895, lahko pričakujemo ob potresu hujše učinke. Leta 1965 pa je bil sprejet sodoben predpis o gradnji na potresnih območjih.

Ocena potresne ogroženosti v občini Ljubljana Center

Rezultati pregleda 113 objektov v petih mestnih karejih predstavljajo osnovno podatkovno bazo. Glede na predlagane meje, ki naj bodo ločnice v gradnji objektov, je ta baza podatkov pomanjkljiva.

Na osnovi razpoložljivih podatkov je po-

dana ocena potresne ogroženosti občine Ljubljana Center. Ogroženost je ocenjena za potres z učinki 8. stopnje po MSK-lestvici na srednjih tleh; potres naj bi nastal v nočnih urah. Za občino Ljubljana Center imamo v ISUP (5) zbranih precej podatkov za analizo po takšnem scenariju. Izbrana ura nastanka potresa pomeni, da so v tem času ljudje že doma, uradi, tovarne šole, vrtci in trgovine pa so prazni.

Upoštevač lestvico MSK 78 in rezultate raziskav ranljivosti, smo pripravili porazdelitev pričakovanih poškodb pri različnih potresih (preglednici 6 in 7). Pri pregledu karejev v Ljubljani smo ugotovili, da v ožjem mestnem jedru ni objektov, ki bi jih uvrstili v skupino A po MSK-lestvici. Po pregledu objektov smo to ugotovili tudi za objekte na območju cele občine Ljubljana Center. Tako smo vse objekte, zgrajene pred letom 1965 na območju občine, lahko uvrstili med objekte tipa B po MSK-lestvici. Podatki o starosti zgradb na nivoju občine Ljubljana Center so zbrani za obdobja do leta 1900, od 1901 do 1963 in za objekte, zgrajene po letu 1964. Žal se ti razredi ne prekrivajo popolnoma s porazdelitvijo obdobji, ki jih je ZRMK podal v svojem delu naloge. Ker so odstopanja majhna, smo sklepali da ustrezajo značilnosti objektov, ki so bili zgrajeni pred letom 1895 (ZRMK), objektom, ki so bili zgrajeni pred letom 1900 (ISUP), značilnosti objektov iz časa med letoma 1896 in 1965 (ZRMK) pa ustrezajo objektom, ki so bili zgrajeni v obdobju med letoma 1901 in 1963 (IUSP). Podatki o stanovalcih v teh karejih so iz leta 1985. Tako se do neke mere lahko razlikujejo od današnjih.

Preglednica 3. Pričakovane poškodbe pri različnih potresnih intenzitetah za zgradbe tipa B.

Razred	Stopnja po MSK-lestvici		
	7	8	9
B1		1	2
B2	1	2	3
B3	2	3	4
B4	3	4	5

Pričakovani potres z učinki 8. stopnje po MSK

Na območju mesta Ljubljane lahko pričakujemo, da bo imel učinke 8. stopnje po MSK na srednjih tleh potres s povratno dobo 500 let. Takšen potres bo imel v občini Ljubljana Center učinke stopnje 8₁, 8₂ in 8₃ MSK-lestvice. Pri oceni ogroženosti je upoštevana enakomerna zasebnost stanovanj. Podatki o stanovalcih in stanovanjih so podani v preglednicah 4 in 5. Ocena pričakovanih poškodb po objektih glede na čas izgradnje pa je prikazana v preglednicah 6 in 7.

Iz pregleda je razvidno, da na območju občine Ljubljana Center v primeru potresa 8. stopnje po MSK lahko pričakujemo, da se bodo nekatere zgradbe porušile. V takih zgradbah je več kot 50 stanovanj s približno 150 stanovalci. V najneugodnejšem primeru (nastanek potresa v času, ko ljudje spijo) lahko pričakujemo, da bo približno 130 stanovalcev zasutih.

Zaključek

Dana ocena potresne ogroženosti za občino Ljubljana Center predstavlja oceno potresne nevarnosti, ki je prikazana v članku Potresna nevarnost na območju Ljubljane (7). Celovitejši rezultati pa so dani v nalogi Potresna ogroženost mesta Ljubljane (6).

Zaradi omejenega obsega razpoložljivih podatkov smo kot ogrožence upoštevali le stanovalce, kar ustreza razmeram pri potresu v nočnih urah. Seveda so možne tudi bistveno drugačne razmere, saj vemo, da se število prebivalcev v občini Ljubljana Center zaradi dnevne migracije poveča tudi za 100 % glede na stanje ponoči.

Rezultati so, po našem mnenju, dokaj zanesljivi, a seveda le približni, saj je takšnih tudi večina vhodnih podatkov. Veljajo pa za celotno občino Ljubljana Center, kar pomeni, da zaenkrat slabo poznamo možno porazdelitev posledic potresa v manjših enotah, na primer v krajevnih

Preglednica 4. Število stanovanj in stanovalcev.

Intenziteta	Stanovalci	Stanovanja			Skupaj
		do 1900	1901—63	po 1964	
8-1	207	39	4	5	48
8-2	12235	793	2101	738	3632
8-3	24583	3489	3617	1394	8500

Preglednica 5. Število stanovalcev po stanovanjih glede na obdobje izgradnje.

Intenziteta	Obdobje izgradnje			Skupaj
	do 1900	1901—63	po 1964	
8-1	168	17	22	207
8-2	2671	7078	2486	12235
8-3	10091	10462	4032	24585

Preglednica 6. Število stanovanj s pričakovanimi poškodbami.

Tip zgradb Obdobje izgradnje		Poškodbe po MSK-lestevici				
B do 1900						
Intenziteta						
	1	2	3	4	5	
8-1		13	7	2		
8-2		357	230	48		
8-3		1396	1465	349		35

Preglednica 7. Število stanovanj s pričakovanimi poškodbami.

Tip zgradb Obdobje izgradnje		Poškodbe po MSK-lestevici				
B 1901—1963						
Intenziteta						
	1	2	3	4	5	
8-1		2	1	0		
8-2		1155	399	63		
8-3		1808	1013	181		18

skupnostih. Za druga območja mesta zaradi pomanjkanja kakovostnih podatkovnih baz še nismo mogli priti niti do približnih ocen števila močno poškodovanih in porušenih zgradb ter števila zasutih stanovalcev. Zavedati pa se moramo, da se stalno spreminja tako stanje gradbenega fonda mesta kot tudi število in razporeditev stanovalcev in drugih uporabnikov.

1. Coburn, A., A. Pomonis, S. Sakai, 1989. Assessing Strategies to Reduce Fatalities in Earthquakes. International Workshop on Earthquake Injury Epidemiology for Mitigation and Response, Baltimore.
2. Lapajne, J., 1989. Potresna lestvica MSK. Ujma št. 3, Ljubljana, 62—66.
3. Ribarič, V., 1982. Seizmičnost Slovenije, Katalog potresov (792 n. e.—1981). Seizmološki zavod SR Slovenije, Ljubljana.
4. Sakai, S., A. Coburn, R. Spence, 1990. Human Casualties in Building Collapse — Literature review. Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge.
5. Souvan, T. in sar., 1985. ISUP — Informacijski sistem za urejanje prostora občine Ljubljana Center. Urbanistični inštitut SR Slovenije in Zavod za izgradnjo Ljubljane, Ljubljana.
6. Tomažević, M., J. Lapajne, P. Sheppard, M. Bergant, M. Lutman, M. Godec, R. Vidrih, 1991. Potresna ogroženost mesta Ljubljana I. in II. del. Seizmološki zavod R Slovenije in IKFIS — ZRMK, Ljubljana.
7. Vidrih, R., M. Godec, 1992. Potresna nevarnost Ljubljane, Ujma 6, Ljubljana.

M. Godec, R. Vidrih

The Seismic Hazard in the Ljubljana Center District

The article gives a seismic hazard analysis for the Ljubljana Center district and evaluates the seismic vulnerability of 132 older buildings in the area of the city of Ljubljana. These buildings have been taken as a model for Ljubljana Center and have been extrapolated to the entire area. On the basis of the seismic hazard map, an assessment of expected seismic damage, i.e. seismic hazard has been made.

Because of the limited availability of information, only local residents are considered as endangered, which suits the circumstances of an earthquake taking place at night. Of course, quite another situation is also possible since in the course of daily migration the number of people in Ljubljana Center increases by 100 % compared to the situation at night.

In the event of an earthquake with an intensity of 8° MSK, it is expected that a number of buildings would collapse. These buildings contain about 50 apartments with 150 residents. In our opinion, the information presented is fairly reliable, even though only approximate like the most of the input data. These data apply only to Ljubljana Center, which means that we are still not familiar with the probable dispersion of consequences of an earthquake in smaller units such as neighbourhoods.

Due to the lack of quality data bases for other parts of the city, we are not able to make even a rough estimate of the number of seriously damaged and demolished buildings and the number of buried residents. It should, however, be borne in mind that the condition of the town's housing is constantly changing, and so is the number and disposition of its residents and other users.

UJMA

UJMA