

Գլուխ 4 Մեյսմիկ վտանգի գնահատում

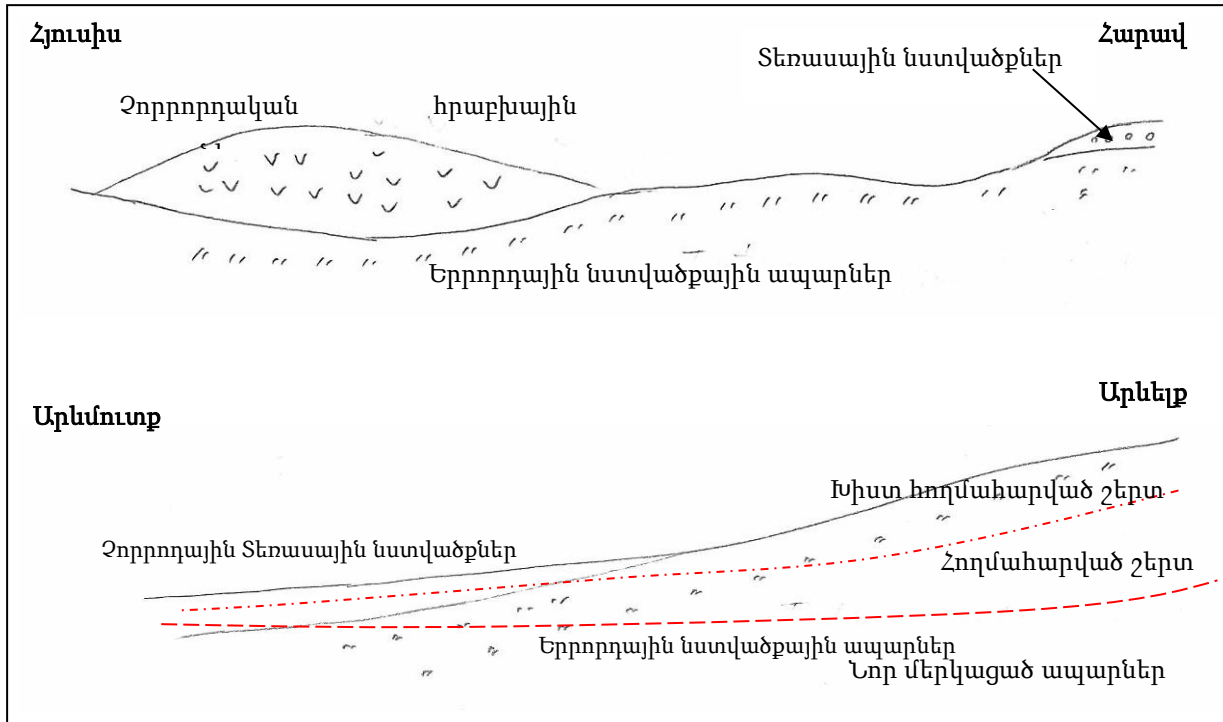
4.1 Գրունտային պայմանների մոդելավորում

4.1.1 Մակերևութից ոչ խորը հատվածում գրունտային պայմանների ընդհանուր պատկերը

Երևան քաղաքում մակերեսից ոչ-խորը երկրաբանական կառուցվածքի ընդհանուր պատկերը հետևյալն է.

- ա) Երրորդական նստվածքային ապարները լայնորեն տարածված են Երևանում: Դրանք մերկանում են Երևան քաղաքի հարավային մասում:
- բ) Հրաբխային ապարները ծածկում են երրորդական նստվածքային ապարները Երևան քաղաքի հյուսիսային մասում:
- գ) Դարավանդի նստվածքները ծածկում են երրորդական նստվածքային ապարները Երևան քաղաքի արևմտյան մասում:
- դ) Գետի երկայնքով վերջին ակտիվացման հետևանքով առաջացած բազալտային լավան կամ գետային նստվածքները մասամբ ծածկում են վերոնշյալ ապարները:

Երևան քաղաքի մակերեսային գրունտը բաղկացած է հրաբխային ապարներից, նստվածքային ապարներից և դարավանդի նստվածքներից: Մակերևութային շերտը բաղկացած է ճեղքված հրաբխային ապարներից (բազալտ) հյուսիսային մասում, հողմահարված նստվածքային ապարներից՝ հարավ-արևելյան մասում, և դարավանդի դեպոզիտներից՝ հարավային և արևմտյան մասերում: Ապարների հատկությունների վրա մեծ ազդեցություն ունի հողմահարված վիճակը: Երևան քաղաքում սխեմատիկ երկրաբանական լայնական հատույթները ցույց են տրված նկար 4.1-1-ում:



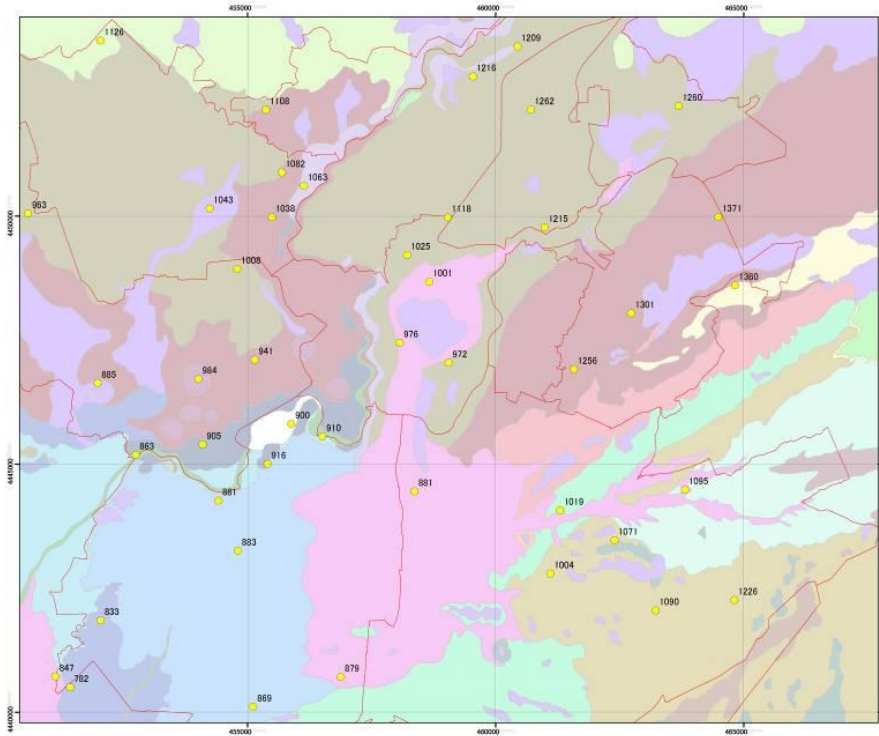
Նկար 4.1-1 Երևան քաղաքում սխեմատիկ երկրաբանական լայնական հատույթ

4.1.2 Սպարների S ալիքի արագության կառուցվածքի վերլուծություն

S ալիքի արագության (V_s) կառուցվածքն ուսումնասիրվել է մակերևութային ալիքի հետազոտության, PS կարտագրի և միկրոսեյսմերի հետազոտության հիման վրա: Շերտերի վերին եզրի բարձրությունը/խորությունը, որտեղ S ալիքի արագությունը ցույց է տրված ստորև, որոշվել է երկրաֆիզիկական հետազոտության յուրաքանչյուր կետում: S ալիքի արագության դասակարգումը որոշվում է երկրաֆիզիկական հետազոտության արդյունքներից: Այս ուսումնասիրության մեջ ընտրվել է $V_s \sim 760$ մ/վ շերտը որպես սեյսմահինժեներական արմատական ապար:

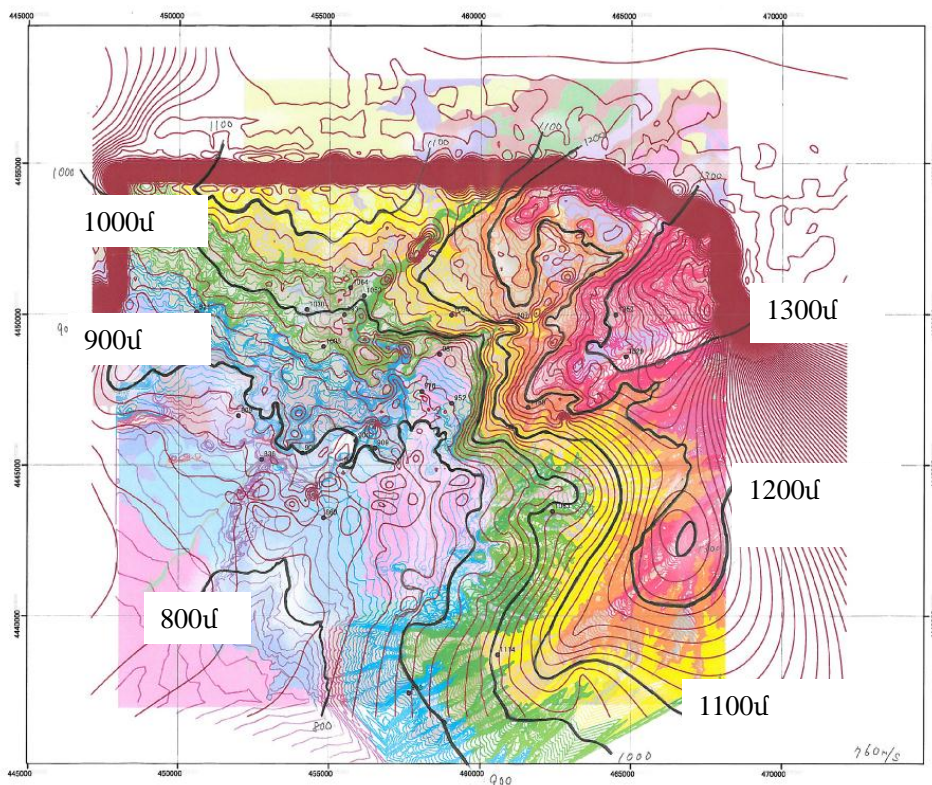
- 1) $V_s \sim 760$ մ/վ (հինժեներական սեյսմիկ արմատական ապար)
- 2) $V_s \sim 500$ մ/վ
- 3) $V_s \sim 360$ մ/վ

Որպես օրինակ նկար 4.1-2-ում ցույց է տրված մակերևութային ալիքի հետազոտությունից հայտնաբերված $V_s \sim 500$ մ/վ շերտի բարձրությունը:

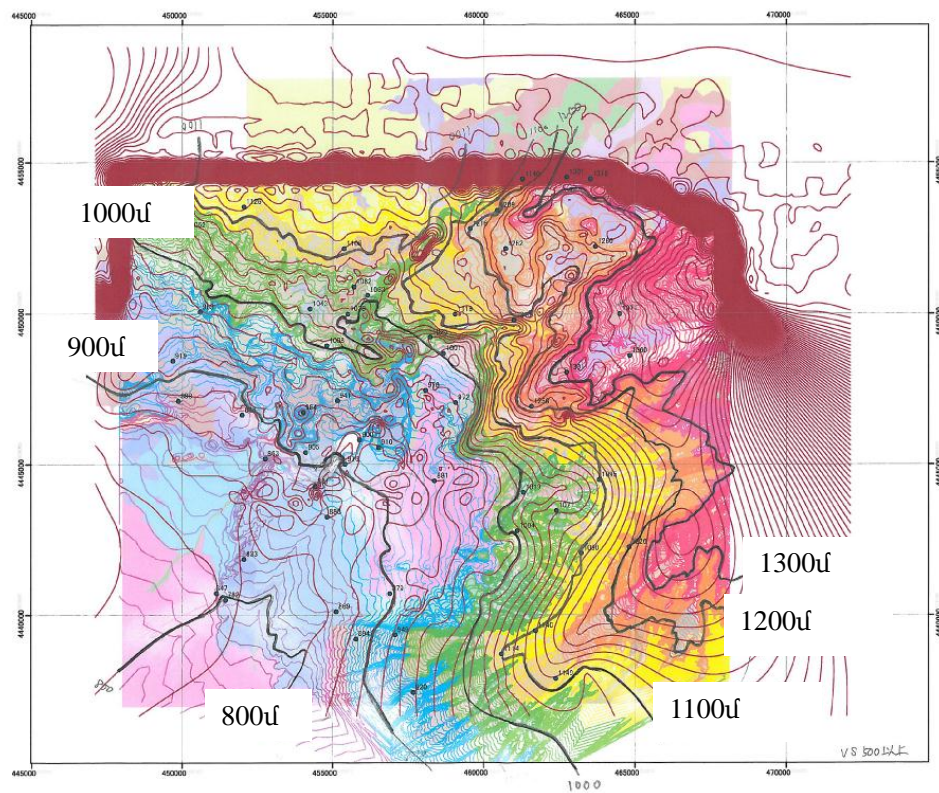


Նկար 4.1-2 Մակերևութային ալիքի հետազոտությունից հայտնաբերված $V_s \sim 500$ մ/վ շերտի վերին եզրի բարձրությունը

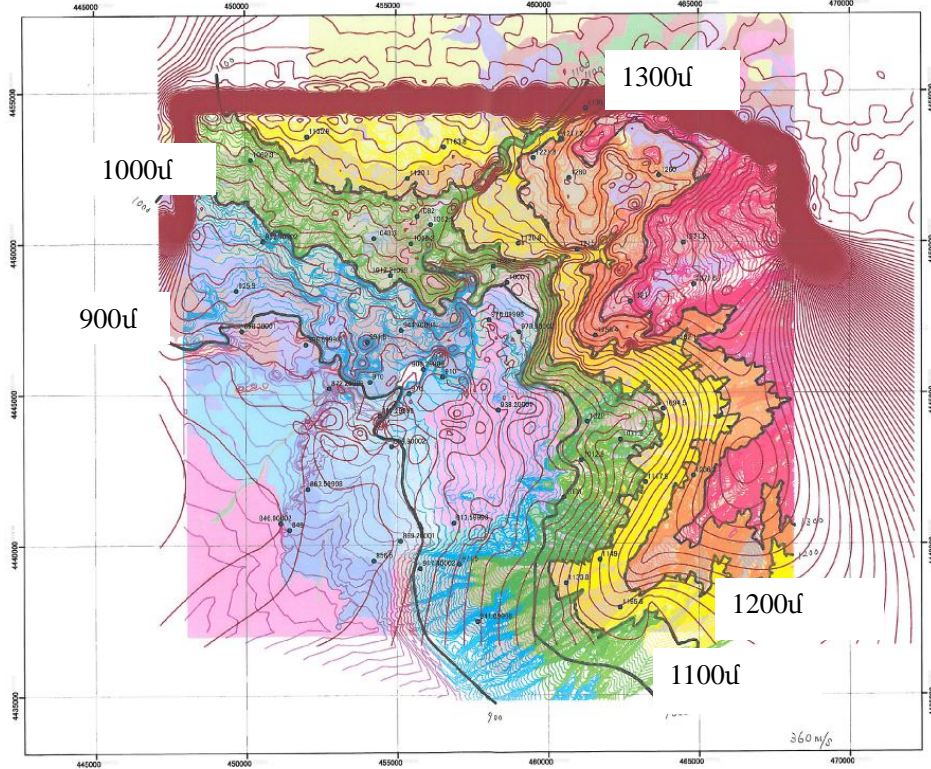
Երևան քաղաքի տարածքի գրունտի մոդելը պատրաստելու համար արագության վերոնշյալ երեք շերտերի տեսքը պետք է հաշվարկվի՝ ելնելով երկրաֆիզիկական հետազոտության արդյունքում ստացված կետային տվյալներից: Այդ իսկ պատճառով, երեք շերտերի եզրագծերը քաշվել են՝ հաշվի առնելով տեղագրությունը, երկրաբանական պայմանները և նոր մերկացած ապարների ձևերը, որոնք վերլուծվել են հորատանցքերի կտրվածքների առկա նկարագրությունների հիման վրա: Արագության երեք շերտերի բարձրությունները ցույց են տրված նկար 4.1-3 - 4.1-5՝ եզրագծերով: Ստեղծվել է այն ապարների արագության կառուցվածքի մոդելը, որտեղ $V_s > 360$ մ/վ:



Նկար 4.1-3 Vs~760մ/վ շերտի վերին եզրի բարձրությունը



Նկար 4.1-4 Vs~500մ/վ շերտի վերին եզրի բարձրությունը



Նկար 4.1-5 Vs~360մ/վ շերտի վերին եզրի բարձրությունը

4.1.3 Մակերեսային գրունտների S ալիքի արագության կառուցվածքի վերլուծությունը

Մակերեսային գրունտի շերտերը՝ գետնի մակերևույթից մինչև Vs=360մ/վ շերտը, ուսումնասիրվել են՝ հիմնվելով առկա հորատումների գրառումների, նոր կատարված հորատումների գրառումների, PS գրանցման արդյունքների և մակերևութային ալիքի հետազոտության վրա: Վերլուծության արդյունքներն ամփոփ ներկայացված են ստորև.

- 1) Գրունտի մակերևույթից մինչև Vs=360մ/վ շերտն ընկած S ալիքի արագության շերտը բաղկացած է երկու շերտերից:
- 2) Այս երկու շերտերի S ալիքի արագությունը կարող է հաշվարկվել մակերևութային երկրաբանության միջոցով: Մակերևութային երկրաբանությունը հետևյալն է՝

Տեսակ 1: Չորրորդական հրաբխային ապարներ, որոնք ներառում են ձուլված տուֆ

Տեսակ 2: Չորրորդական դարավանդի նստվածքներ

Տեսակ 3: Երրորդական նստվածքային ապարներ

Երկու մակերեսային շերտերի S ալիքի արագությունները և երկու շերտերի հաստության հարաբերակցությունը որոշվում են՝ օգտագործելով մակերևութային ալիքի հետազոտության և PS գրանցման արդյունքները: Նախ և առաջ հեռացվում է անհամապատասխան տեղեկատվությունը: Հեռացվում են այն տվյալները, որոնց դեպքում երկրորդ շերտն առաջին շերտից ավելի դանդաղ է, ինչպես նաև՝ հեռացվում են

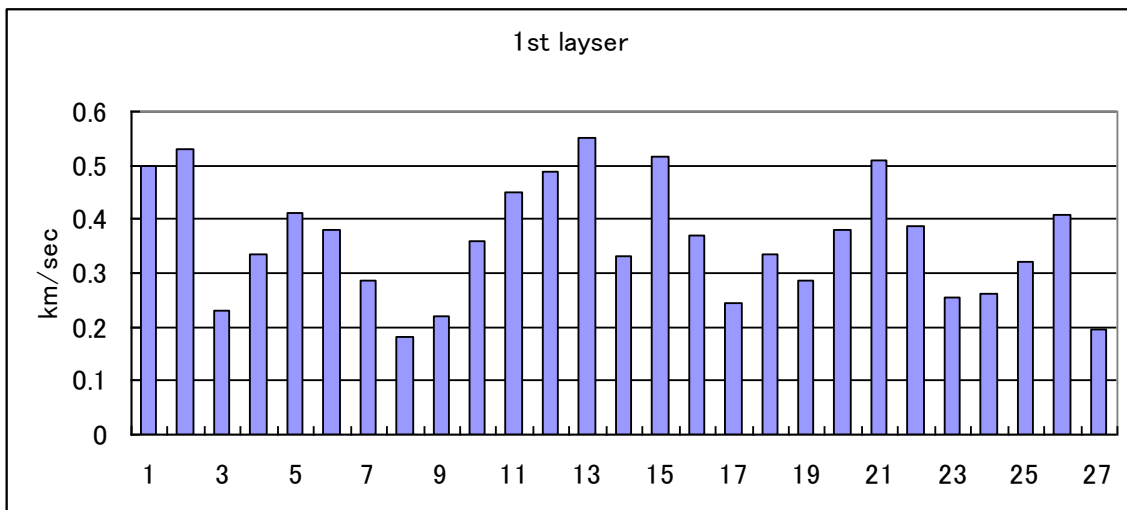
չափազանց ցածր արագությունները ($V_s < 100$ մ/վ): Այնուհետև, յուրաքանչյուր երկրաբանական տեսակի համար հաշվարկվում են առաջին և երկրորդ շերտերի միջին արագությունները: Արդյունքները ներկայացված են ստորև.

(1) Տեսակ 1

Այս տեսակը տարածված է Երևան քաղաքի հյուսիսային բլրային տարածքում: Մակերևութային երկրաբանությունը ցույց է տրված աղյուսակ 4.1-1-ում: Առաջին և երկրորդ շերտերի V_s արագությունները հավասար են կամ > 360 մ/վ: Երկրորդ շերտում մի տվյալ ցույց է տալիս $V_s = 1,020$ մ/վ, որը կարող է $V_s = 500$ մ/վ շերտի պակասության արդյունք լինել: Նկար 4.1-6-ում բերված են առաջին շերտի V_s արագության տվյալները: Այս նկարից երևում է, որ մակերեսային շերտի միջին V_s արագությունը որոշված է 360 մ/վ:

Աղյուսակ 4.1-1 Տեսակ 1-ի մակերևութային երկրաբանությունը

Միավոր	Տարիք
abQ3	Վերին Չորրորդական հատույթ (վերին մաս)
abQ2-3	Միջինից Վերին Չորրորդական հատույթներ (վերին մաս)
tQ2	Միջին Չորրորդական հատույթ (վերին մաս)
bN22	Վերին Պլիոցեն
babN22Q1	Վերին Պլիոցեն-Ստորին Չորրորդական հատույթ



Նկար 4.1-6 Տեսակ 1-ի առաջին շերտի V_s -ը

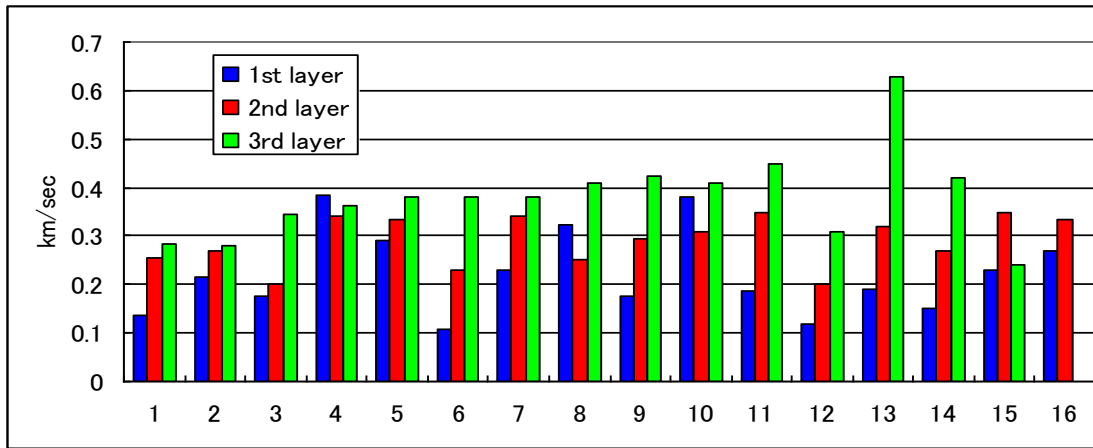
(2) Տեսակ 2

Այս տեսակը տարածված է Երևան քաղաքի արևմտյան շրջանում: Մակերևութային երկրաբանությունը ցույց է տրված աղյուսակ 4.1-2: Առաջին շերտի համար $V_s < 360$ մ/վ: Երկրորդ շերտը երբեմն ցուցաբերում է ավելի մեծ արժեքներ քան $V_s = 360$ մ/վ: Սա մեկնաբանվում է նրանով, որ երկրաֆիզիկական հետազոտության միջոցով հնարավոր չի եղել առանձնացնել մի քանի արագությունների շերտեր, քանի որ դրանք բարակ են և հանվել են վերլուծությունից: Նկար 4.1-7-ում բերված են առաջին, երկրորդ և երրորդ շերտերի V_s արագությունները: Երրորդ շերտի միջին V_s

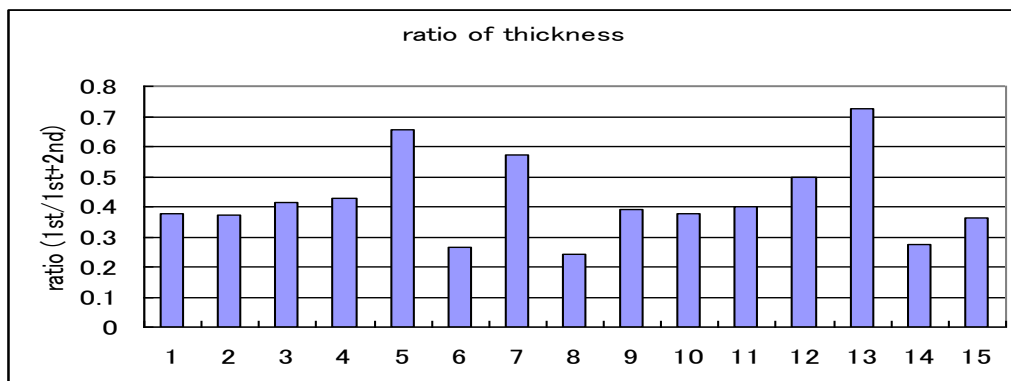
արագությունը 380մ/վ է, և ենթադրվում է, որ այն ապար է, որի մոդելավորումը բերված է 4.1.2 բաժնում: Առաջին և երկրորդ շերտերի միջին Vs արագությունները, համապատասխանաբար, 220մ/վ և 290մ/վ են: Առաջին և երկրորդ շերտերի հաստությունների միջին հարաբերակցությունը 0.42 : 0.58 է (տես նկար 4.1-8-ը):

Աղյուսակ 4.1-2 Տեսակ 2-ի մակերևութային երկրաբանությունը

Միավոր	Տարիք
apQ42	Ժամանակակից հատույթ (վերին մաս)
apQ41	Ժամանակակից հատույթ (ստորին մաս)
apQ2-3chr	Միջինից Վերին Չորրորդական հատույթներ (ստորին մաս)
apQ3ar	Վերին Չորրորդական հատույթ (ստորին մաս)
laQ1-2	Ստորինից Միջին Չորրորդական հատույթներ
Q1nb2	Ստորին Չորրորդական հատույթ (վերին մաս)
Q1nb1	Ստորին Չորրորդական հատույթ (ստորին մաս)



Նկար 4.1-7 Տեսակ 2-ի առաջին, երկրորդ և երրորդ շերտերի Vs արագությունները



Նկար 4.1-8 Առաջին շերտի և առաջին + երկրորդ շերտերի հաստությունների հարաբերակցությունը (Տեսակ 2),

No16-ը չի օգտագործվել, քանի որ երրորդ շերտ չի հայտնաբերվել

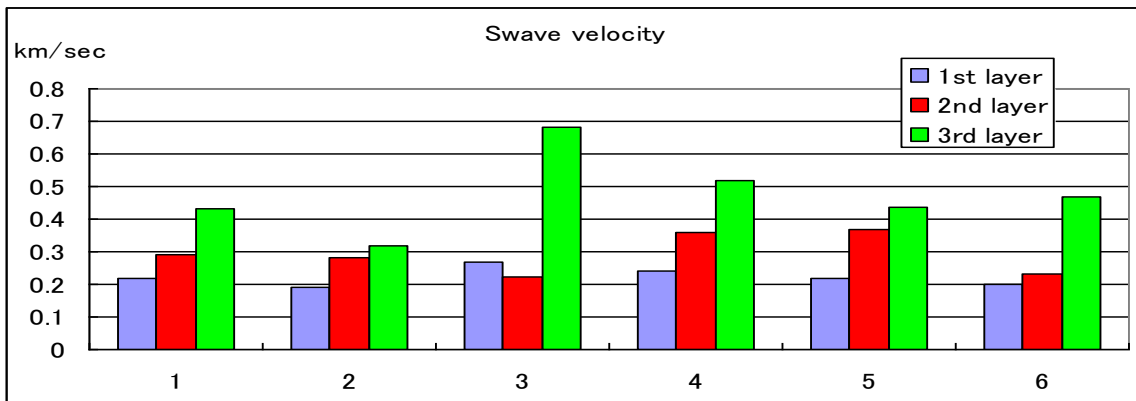
(3) Տեսակ 3

Այս տեսակը տարածված է Երևան քաղաքի հարավ և հարավ-արևելյան մասում:

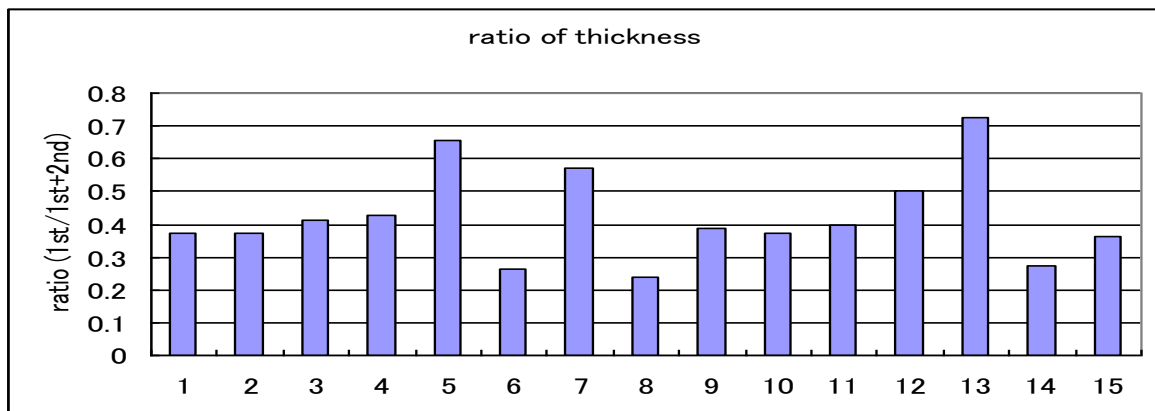
Մակերևութային երկրաբանությունը ցույց է տրված աղյուսակ 4.1-3-ում: Առաջին և երկրորդ շերտերի Vs արագությունները ավելի փոքր են քան 360մ/վ: Երկրորդ շերտը երբեմն ավելի մեծ է քան Vs=360մ/վ: Սա մեկնաբանվում է նրանով, որ երկրաբանական հետազոտության միջոցով հնարավոր չի եղել առանձնացնել մի քանի արագությունների շերտեր, քանի որ դրանք բարակ են և հանվել են վերլուծությունից: Նկար 4.1-9-ում բերված են առաջին, երկրորդ և երրորդ շերտերի Vs արագությունները: Երրորդ շերտի միջին Vs արագությունը 380մ/վ, և ենթադրվում է, որ այն ապար է, որի մոդելավորումը բերված է 4.1.2 բաժնում: Առաջին և երկրորդ շերտերի միջին Vs արագությունները, համապատասխանաբար, 220մ/վ և 290մ/վ են: Առաջին և երկրորդ շերտերի հաստությունների միջին հարաբերակցությունը 0.44 : 0.56 է (տես նկար 4.1-10-ը):

Աղյուսակ 4.1-3 Տեսակ 3-ի մակերևութային երկրաբանությունը

Միավոր	Տարիք
N13hr	Վարին Միոցեն, Սարմատյան (վերին մաս)
N13er	Վերին Միոցեն, Սարմատյան (ստորին մաս)
N12dj (b)	Միջին Միոցեն
N1hc1	Վերին Օլիգոցեն – Ստորին Միոցեն
Pg3sh3	Ստորինից Միջին Օլիգոցեն
Pg3sh2	Ստորինից Միջին Օլիգոցեն
Pg3sh1	Ստորինից Միջին Օլիգոցեն



Նկար 4.1-9 Տեսակ 3-ի առաջին, երկրորդ և երրորդ շերտերի Vs արագությունները



Նկար 4.1-10 Առաջին շերտի և առաջին + երկրորդ շերտերի հաստությունների հարաբերակցությունը (Տեսակ 3)

(4) Ամփոփում

Աղյուսակ 4.1-4-ը վերլուծության ամփոփումն է:

Աղյուսակ 4.1-4 Երևանում S ալիքի արագության կառուցվածքի ամփոփում

Տեսակ	Տեսակ 1	Տեսակ 2	Տեսակ 3	Խորը / Մակերեսային
Տարիքը, հասկություններն ու պայմանները	Չորրորդական հրաբխային ապարներ, որոնք ներառում են ձուլված տուֆ	Չորրորդական դարավանդային նստվածքներ	Երրորդական նստվածքային ապարներ, որոնք ներառում են նախա-Երրորդական ժամանակաշրջանի ապարներ	
Տարածք	Հյուսիսային բլրային տարածք	Արևմտյան տարածք	Հարավային և հարավ-արևելյան տարածք	
Տարիքը	Չորրորդական	Չորրորդական	Մինչև Երրորդական	
1-ին շերտ	360 մ/վ	220 մ/վ	220 մ/վ	Մակերեսային շերտ
2-րդ շերտ		290 մ/վ	290 մ/վ	
3-րդ շերտ	360 մ/վ			Խորը շերտ
4-րդ շերտ	500 մ/վ			
5-րդ շերտ	760 մ/վ			
1-ին և 2-րդ շերտերի միջև հաստության հարաբերակցությունը. Տեսակ 2 = 0.42 : 0.58, Տեսակ 3 = 0.44 : 0.56				

4.1.4 Վտանգի գնահատման համար գրունտի մոդելավորում՝ հիմնվելով երկրաբանական կառուցվածքի վրա

Վտանգի գնահատման համար գրունտային պայմանների մոդել ստեղծվել է յուրաքանչյուր 250մ x 250մ քառակուսի բջիջի համար, հիմնվելով նկար 4.1-3 - 4.1-5-ի և աղյուսակ 4.1-4-ի վրա: Յուրաքանչյուր 250մ բջջի գրունտի տեսակը ցույց է տրված նկար 4.1-11-ում:

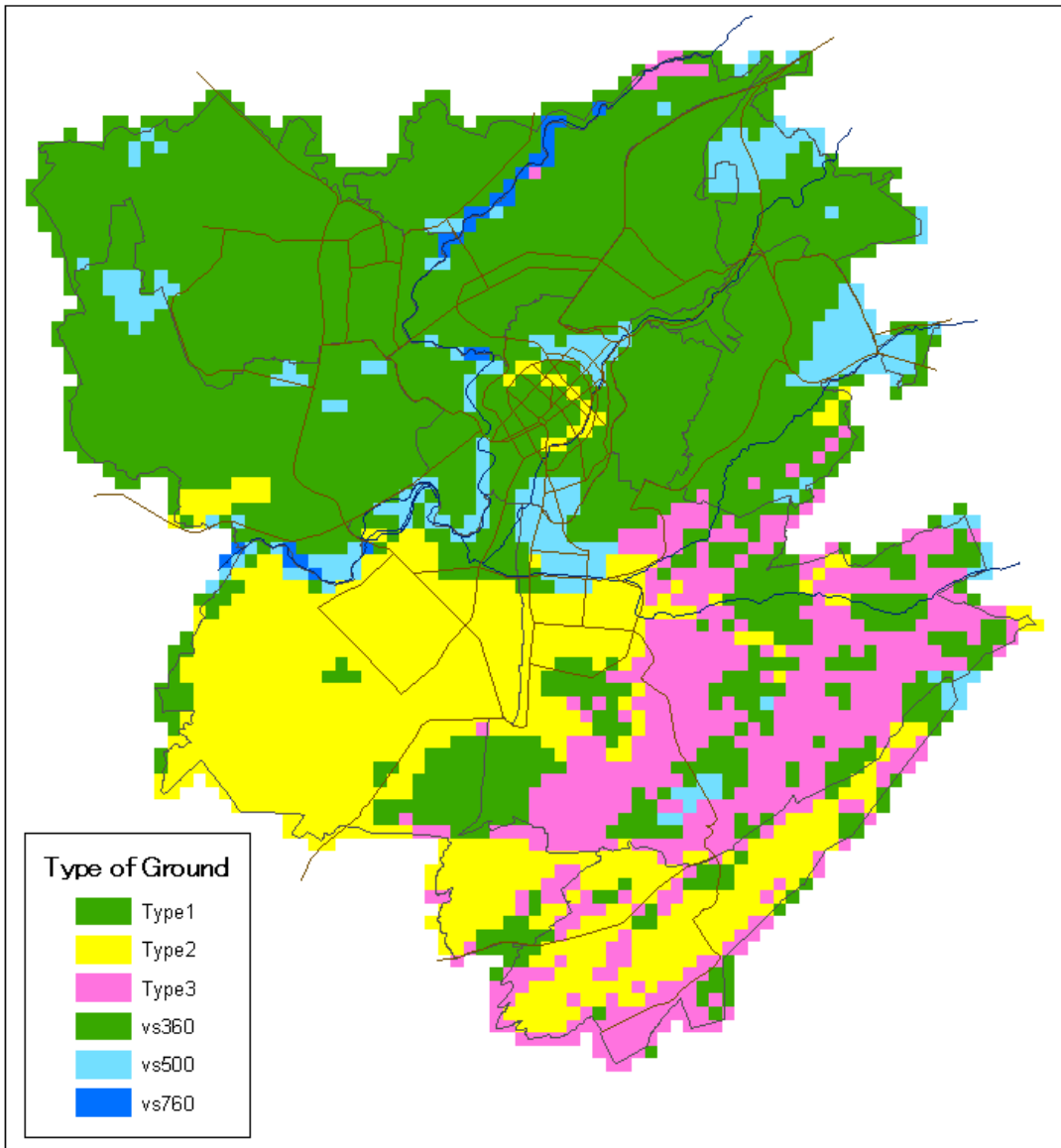
Ստեղծված թվային մոդելը հաստատվել է երկրաբանական լայնական հատույթների համեմատության միջոցով՝ հիմնվելով առկա հորատումների տվյալների բազայի վրա: 4.1-12 - 4.1-14 նկարները S ալիքի արագության հատույթի և նույն տեղում երկրաբանական լայնական հատույթների օրինակ են: Երկրաբանական լայնական հատույթները պատրաստվել են առկա տվյալների բազայից ընտրված 555 հորատումների տվյալների հիման վրա: Հորատանցքերի տվյալներն ընտրվել են ըստ հետևյալ չափանիշների՝

- 1) Հորատանցքը պետք է լինի հետազոտվող տարածքում:
- 2) Ընդհանուր խորությունը պետք է լինի ավելի քան 15մ, քանի որ 15մ անհրաժեշտ է երկրաբանական կառուցվածքն ուսումնասիրելու համար:
- 3) Ընդհանուր խորությունը պետք է լինի 100մ-ից քիչ, քանի որ շատ մեծ խորությունից վերցված տվյալների մեջ երբեմն լինում են սխալներ:
- 4) Երբ նույն բջջում կան մի քանի տվյալներ, ընտրվում է մեկ տիպիկ տվյալ:

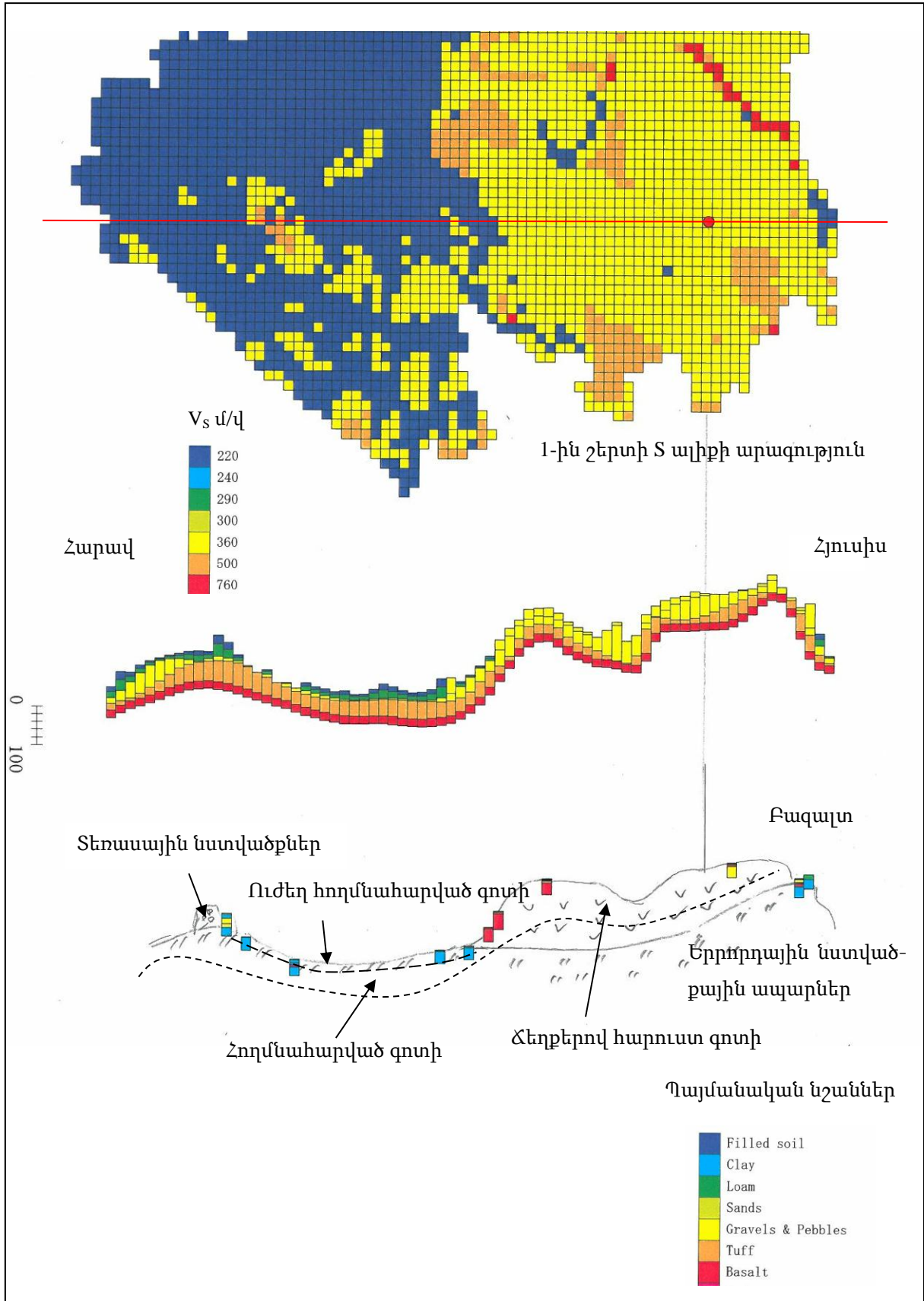
Երկրաբանական հատույթները բերված են նկար 4.1-12 - 4.1-14-ի ստորին մասում:

Լայնական հատույթները գծելիս հաշվի է առնվել հետևյալ տեղեկատվությունը:

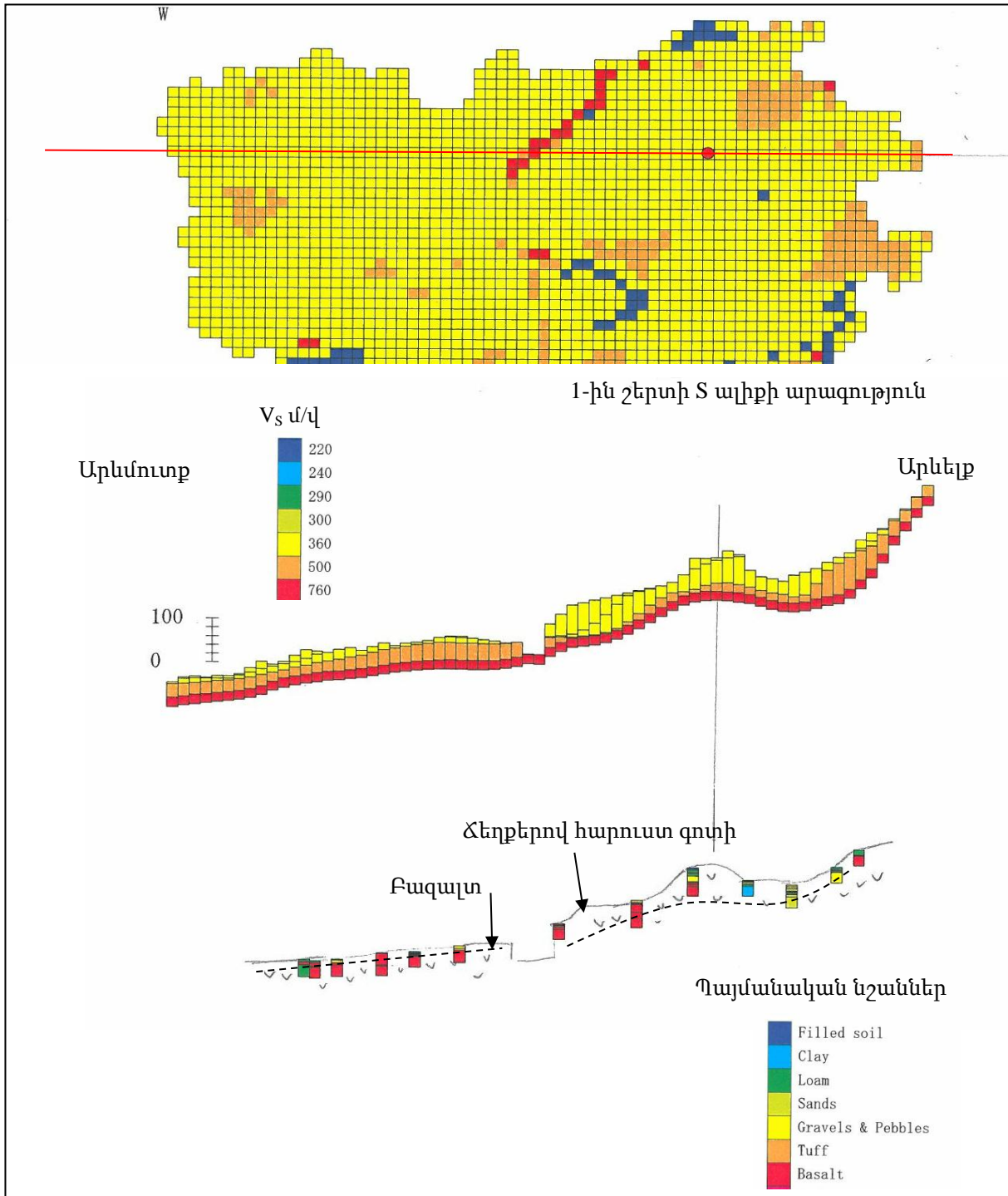
- Հորատման գրառումներում որոշ մանրախճեր կամ գլաքարեր կարող են լինել ճեղքված բազալտ: Եթե հորատման ժամանակ բազալտը ճեղքվում է, ապա այն նման է մանրախճի կամ գլաքարի:
- Երբեմն հորատման գրառումներում կարելի է գտնել Երրորդական նստվածքային ապարների միջև գտնվող կավային շերտեր: Իրականում շերտը կարող է ներկայացված լինել նստվածքային ապարներով, քանի որ այն ունենում է կավին նման տեսք, երբ ջարդվում է հորատման ժամանակ:



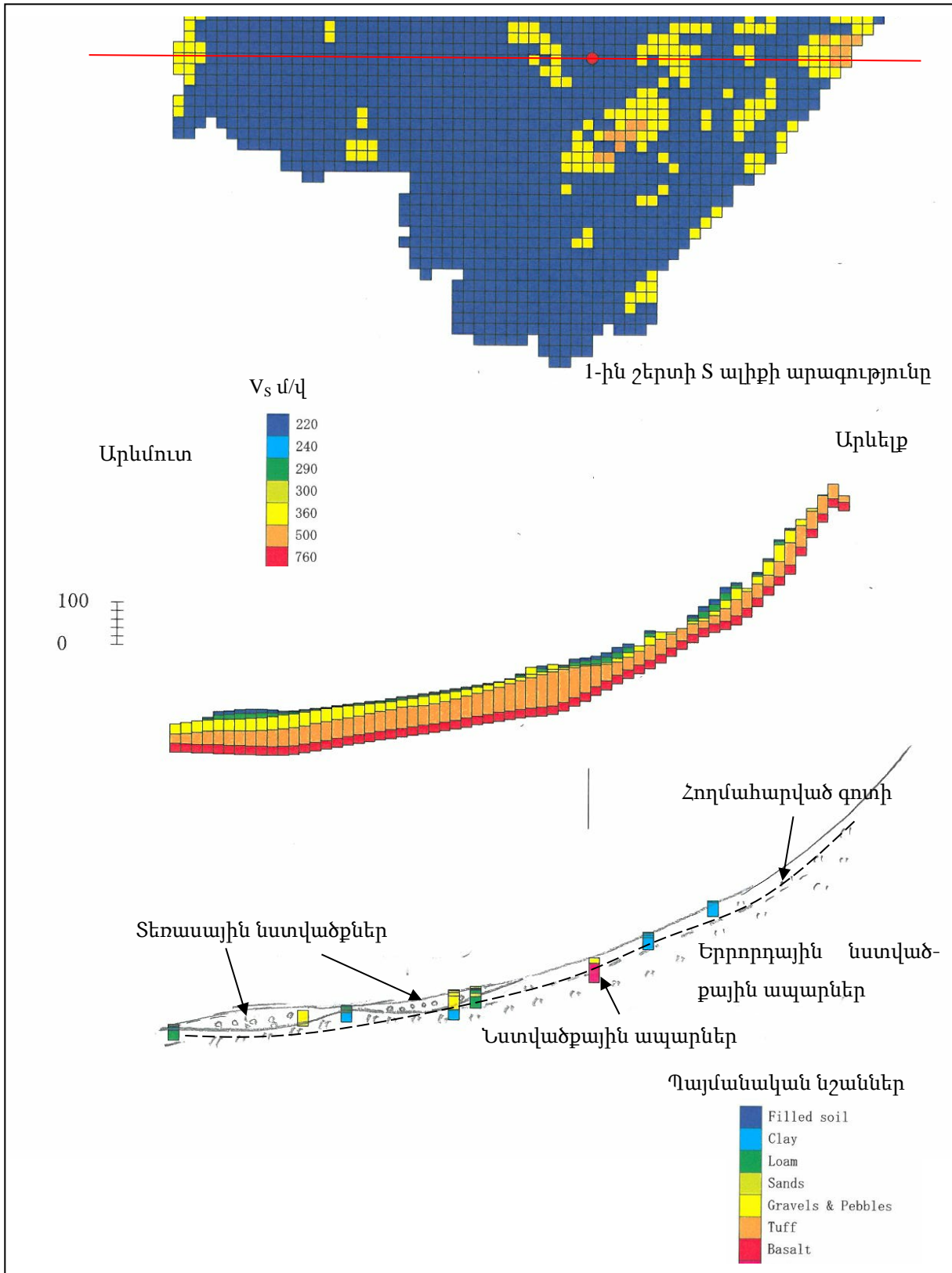
Նկար 4.1-11 Գրունտի տեսակը: Vs360, Vs500, Vs760 նշանակում է համապատասխան շերտի մերկացում



Նկար 4.1-12 S ալիքի արագության հատույթի համեմատությունը երկրաբանական հատույթի հետ - Հյուսիս-Հարավ ուղղություն -



Նկար 4.1-13 S ալիքի արագության հատույթի համեմատությունը երկրաբանական հատույթի հետ
 - Արևելք - Արևմուտք ուղղությունը Երևանի հյուսիսում-

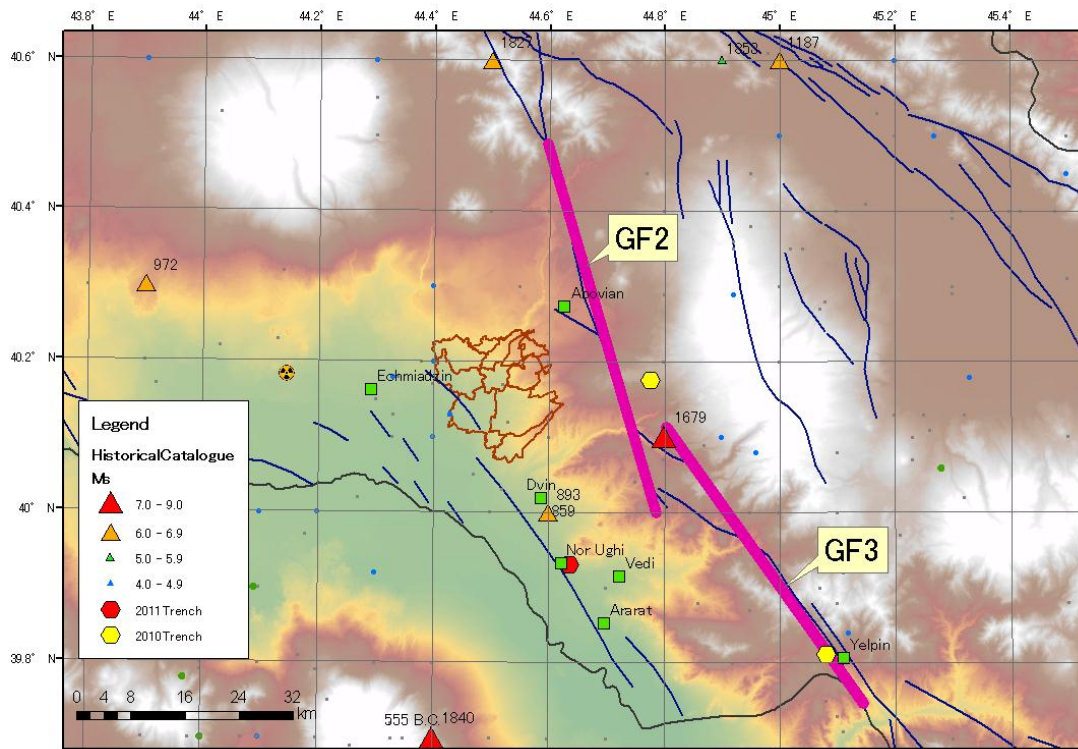


Նկար 4.1-14 Տ ալիքի արագության հատույթի համեմատությունը երկրաբանական հատույթի հետ - Արևելք - Արևմուտք ուղղությունը Երևանի հարավում-

4.2 Սցենարային երկրաշարժեր

Երևան քաղաքի համար որպես սցենարային երկրաշարժեր մշակվել են հետևյալ երկու սցենարները.

- Գառնիի խզվածքի սեզմենտ 2 (ԳԽ2՝ նկար 4.2-1-ում)
- Գառնիի խզվածքի սեզմենտ 3 (ԳԽ3՝ նկար 4.2-1-ում)



Նկար 4.2-1 Սցենարային երկրաշարժերի խզվածքների մոդելներ

Գառնիի խզվածքը համարվում է 200կմ երկարությամբ ակտիվ խզվածք, որը կազմված է հինգ սեզմենտներից: Դրանցից ԳԽ2 և ԳԽ3 սեզմենտները գտնվում են Երևանին մոտ: Ելնելով պատմական գրառումներից՝ ենթադրվում է, որ այս սեզմենտներն առաջացրել են երկրաշարժեր վերջին մի քանի հարյուր տարիների ընթացքում: Այս սեզմենտների շարժի հետևանքով երկրաշարժի առաջացման հավանականությունը մոտ ապագայում փոքր է՝ հաշվի առնելով, որ Ներմայրցամաքային ակտիվ խզվածքի շարժի հետևանքով առաջացած երկրաշարժերի կրկնվելու ստանդարտ ինտերվալը 1000 տարուց ավել է: Այնուամենայնիվ, չի կարելի ամբողջովին հերքել մոտ ապագայում այս սեզմենտների երկրաշարժ առաջացնելու հավանականությունը՝ հաշվի առնելով 1679թ. Գառնիի երկրաշարժն առաջացրած աղբյուրի սեզմենտի հետ կապված անորոշությունը: Երևան քաղաքը կրել է ծանր վնասներ 1679թ. երկրաշարժի ժամանակ, և եթե նմանատիպ երկրաշարժ կրկին տեղի ունենա, ապա ենթադրվում է, որ կստեղծվի նույն իրավիճակը: Այդ իսկ պատճառով, Գառնիի խզվածքի ԳԽ2 և ԳԽ3 սեզմենտներն ընտրվել են որպես սցենարային

երկրաշարժեր:

Սցենարային երկրաշարժերի խզվածքային պարամետրերը խմբավորված են աղյուսակ 4.2-1-ում: Խզվածքների պարամետրերի ընտրության ճշգրիտ հիմնավորումները ներկայացվում են աղյուսակից հետո:

Աղյուսակ 4.2-1 Սցենարային երկրաշարժերի խզվածքային պարամետրերը

	Գառնիի խզվածք (ԳԽ2)	Գառնիի խզվածք (ԳԽ3)
Մոմենտ-Մագնիտուդ (Mw)	7.0	7.0
Խզվածքի տեսակը	Վարնետք խզվածք աջակողմյա կոմպոնենտով	Վարնետք խզվածք աջակողմյա կոմպոնենտով
Երկարությունը (կմ)	57	50
Անկումը (աստիճան)	90	90
Խորությունը (Վերինից Ստորին) (կմ)	3 - 12	3 - 12
Լայնությունը (կմ)	9	9

4.2.1 Խզվածքի տեսակը

Ելնելով սույն ծրագրի շրջանակներում իրականացված խրամատի հետազոտությունից՝ Գառնիի խզվածքի ԳԽ2 և ԳԽ3 սեգմենտների խզվածքային տեսակը համարվում է վարնետք խզվածք աջակողմյա կոմպոնենտով:

4.2.2 Խզվածքի երկարությունը

Նկար 4.2-1 նկարում պատկերված գծերը կամ ուղղանկյուն տարածքը սցենարային երկրաշարժերի ենթադրվող պատռվածքի գոտիներն են: Գառնիի խզվածքի վերաբերյալ Գեոֆիզիկ հաշվետվություններում սեգմենտ 2-ը ձգվում է դեպի հյուսիս սույն հետազոտության առարկա հանդիսացող ԳԽ2-ի հյուսիսային եզրի վրայով: Այնուամենայնիվ, սեգմենտ 2-ում հյուսիսային եզրին 1827թ.-ին տեղի է ունեցել 7 մագնիտուդով երկրաշարժ, և ենթադրվում է, որ այս երկրաշարժի պատճառով տարածքն արդեն պատռվել է՝ անջատելով էներգիա: Այդ իսկ պատճառով, ԳԽ2-ի հյուսիսային եզրը դրվում է Գառնիի խզվածքի տարամիտման կետում՝ 1827թ. երկրաշարժի էպիկենտրոնից հարավ: ԳԽ3-ի դիրքը որոշվել է ըստ հետևյալ առկա տեղեկատվության:

4.2.3 Խզվածքի անկումը

Գառնիի խզվածքի ԳԽ2 և ԳԽ3 սեգմենտների անկումը համարվում է զառիվայր, որովհետև դրանց մեխանիզմը վարնետք խզվածք է: Ընդհանուր առմամբ Գառնիի

հյուսիսում և Ելփինում փորված խրամատներում հայտնաբերված խզվածքն ունի անկման մեծ անկյուն: Գառնիի խզվածքի սցենարային մոդելի համար սահմանվում է 90 աստիճանի անկման անկյունը, որովհետև տեղամասից տեղամաս անկումը դրսևորում է արևելյան կամ արևմտյան ուղղություն:

4.2.4 Խզվածքի խորությունը

Սեյսմոգենիկ գոտին կարող է չձգվել մինչև խորը գրունտ, քանի որ Հայաստանում կան շատ հրաբուխներ, և այն երկրաջերմային տարածք է: Սցենարային երկրաշարժերի հիպոկենտրոնային շրջանում սեյսմիկ ակտիվությունը բարձր չէ, իսկ երկրաշարժի խորության վերաբերյալ հավաքագրված տվյալները բավարար չեն: Ամեն դեպքում, փոքր երկրաշարժերի խորությունը չի հասնում 10-15կմ: Ելնելով այս տեղեկատվությունից՝ խզվածքի ստորին սահմանի խորությունը սահմանվում է 12կմ: Գառնի խզվածքի վերին սահմանի խորությունը սահմանվում է 3կմ, քանի որ գրունտի մակերևույթը ծածկված է Չորրորդական հրաբխային ապարներով, իսկ մակերեսին մոտ գտնվող գրունտը չի մասնակցի սեյսմիկ տեղաշարժի առաջացմանը:

4.2.5 Երկրաշարժի մագնիտուդը

Երկրաշարժերի մագնիտուդը կարելի է հաշվարկել պատմական երկրաշարժերի մագնիտուդից, որոնք տեղի են ունեցել նույն խզվածքի վրա, կամ խզվածքի երկարությունից: Ինչ վերաբերվում է Գառնիի խզվածքի մոտ տեղի ունեցած պատմական երկրաշարժերին, 1679թ. Գառնիի երկրաշարժի և 1827թ. երկրաշարժի մագնիտուդը մոտ 7.0 է, իսկ 1988թ. Սպիտակի երկրաշարժի Ms մագնիտուդը՝ 6.9: Գառնիի խզվածքի մոտ գերակշռում են 7 մագնիտուդով երկրաշարժերը:

Ուելսը և Կոպերսմիթը (1994թ.) առաջարկեցին էմպիրիկ հարաբերություն խզվածքի վրա տեղի ունեցած երկրաշարժի մագնիտուդի և ենթամակերևութային պատռվածքի երկարության (ԵՊԵ), պատռվածքի մակերեսի (ՊՍ) կամ միջին տեղաշարժի (ՄՏ) միջև՝ հիմնվելով վիճակագրական վերլուծության և օգտագործելով անցած երկրաշարժերի տվյալները: Սցենարային երկրաշարժերի հաշվարկված մագնիտուդը, օգտագործելով էմպիրիկ հարաբերությունը սցենարային երկրաշարժի մոդելի երկարությունից կամ մակերեսից և խրամատում դիտված տեղաշարժից, կազմում է 6.9 - 7.0 ԳԽ2-ի համար և 6.8 - 7.0 ԳԽ3-ի համար: Այս արժեքները համապատասխանում են պատմական երկրաշարժերից ենթադրվող մագնիտուդներին:

Հղումներ.

Wells, D. L. and K. J. Coppersmith (1994) New Empirical Relationships among Magnitude,

Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bull. Seismol. Soc. Am., 84, 974-1002.

Գոեոիսկի հաշվետվություն.

Հաշվետվություն Գառնիի խզվածքի վերաբերյալ, 2012

4.3 Մեյսմիկ շարժում, հեղուկացման պոտենցիալ և լանջի կայունություն

4.3.1 Արմատական ապարի շարժի վերլուծություն

Երկրաշարժի վերլուծությունը բաղկացած է երկու քայլից, մասնավորապես՝ առաջին հերթին արմատական ապարի շարժի հաշվարկումից, և երկրորդ՝ ենթամակերևութային ուժեղացման հաշվարկից: Ընդունվել է այս մեթոդաբանությունը, քանի որ երկրաշարժի ուժեղացման վրա մեծ ազդեցություն ունեն գրունտի մակերևութին մոտ գրունտի պայմանները: Մյուս կողմից, արմատական ապարի շարժը համեմատաբար կայուն է: Ուստի, առանձին հաշվարկը լավ գաղափար է: Մեյսմիկ շարժումը սեյսմահինժեներական արմատական ապարում հաշվարկվել է մարման էմպիրիկ հավասարումների միջոցով: Ինժեներական սեյսմիկ արմատական ապարի համար ընդունվել է $V_s=760$ մ/վ կամ մեծ արագությամբ շերտը՝ ելնելով երկրաֆիզիկական հետազոտության արդյունքներից:

(1) Մարման էմպիրիկ հավասարման ընտրությունը

Մարման հավասարումները էմպիրիկ հարաբերություններ են երկրաշարժի մագնիտուդի, խզվածքից հեռավորության և այլնի միջև՝ արագացման և սպեկտրի հետ միասին, որոնք ստացվել են նախկին ուժեղ երկրաշարժերի գրառումների վիճակագրական վերլուծության հիման վրա: Մարման էմպիրիկ հավասարումներն արտացոլում են օգտագործված տվյալների բազայի առանձնահատկությունները: Այդ իսկ պատճառով, ավելի նախընտրելի է օգտագործել այն բանաձևը, որը մշակվել է հիմնվելով հետազոտման տարածքում կամ դրա շուրջ դիտված գրառումների վրա: Բայց և այնպես, չեն առաջարկվում հավասարումներ Երևանում կամ Հայաստանում դիտված գրառումների հիման վրա: Այս ուսումնասիրության մեջ համապատասխան հավասարումներն ընտրվել են Կովկասի համար մշակված և նոր հավասարումներից, որոնք արտացոլում են ժամանակակից իրական տեխնոլոգիան:

Հետևյալ 6 հարաբերությունները համարվում են մարման սուբյեկտիվ հավասարումներ.

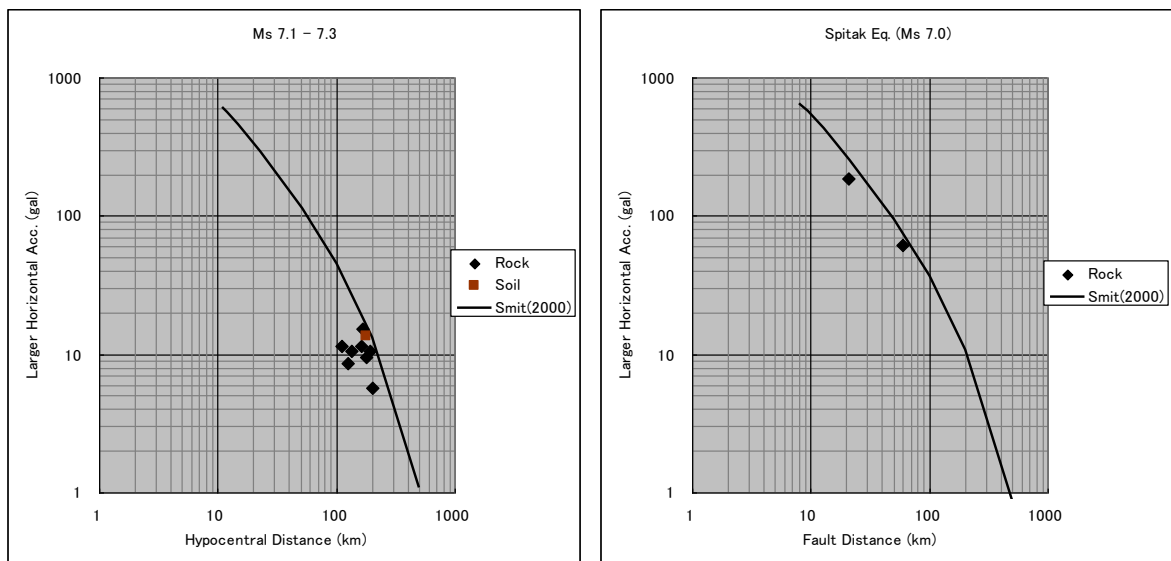
- 1) Սմիթ և ուրիշներ (2000թ.)
- 2) AB10: Ակկեր և Բոմմեր (2010թ.)
- 3) AS08: Աբրահամսոն և Միլվա (2008թ.)
- 4) BA08: Բուր և Աթկինսոն (2008թ.)
- 5) CB08: Քեմփբել և Բոգորնիա (2008թ.)
- 6) CY08: Չիոու և Յանգու (2008թ.)

1-ին բանաձևի թիրախային տարածքներն են Կովկասը և Եվրոպան, իսկ 2-ինը՝ Միջերկրական և Միջին Արևելքի տարածաշրջանները: 3 – 6 բանաձևերը ստեղծվել են NGA (Գրունտի շարժման մարման մոդելների հաջորդ սերունդը) ծրագրի շրջանակներում: Սրանք ուսումնասիրվել են Կալիֆոռնիայի համար, բայց օգտագործված տվյալների բազան վերցված է աշխարհի ուժեղ երկրաշարժերի գրառումներից: Դրանք այս ոլորտի արդի արդյունքներ են, և հենց դրա համար դրանք ներառված են սուբյեկտիվ հավասարումների մեջ:

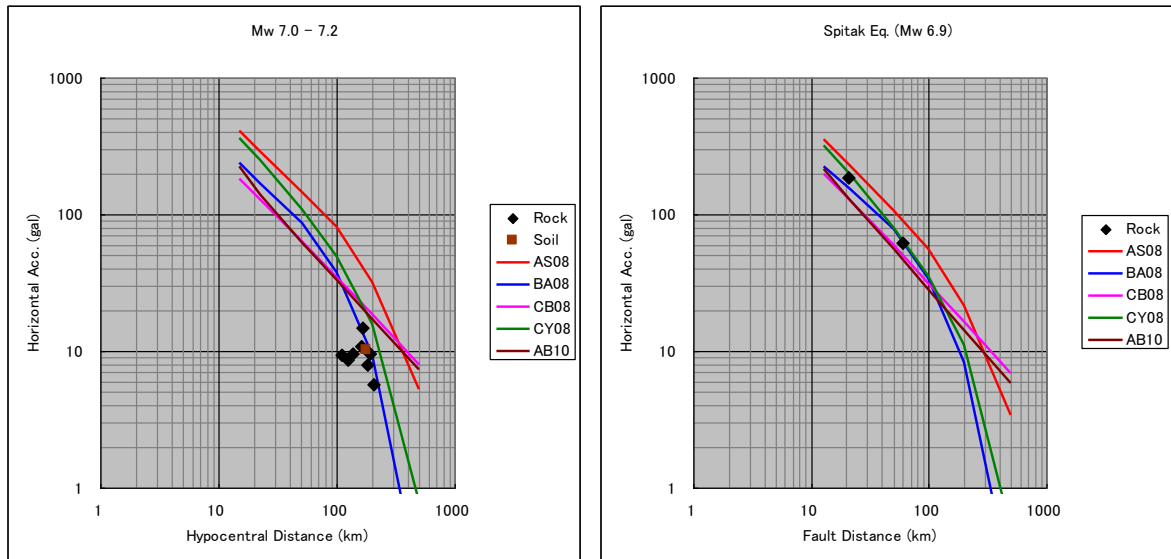
Մարման համապատասխան հավասարումներն ընտրված են վերոնշյալ 6 հավասարումներից՝ համեմատելով բանաձևի միջոցով հաշվարկված արժեքը Հայաստանում և Վրաստանում դիտված ուժեղ երկրաշարժերի գրառումների հետ: Վերջապես ընտրվել են դիտված գրառումներին համապատասխանող հավասարումներ: Վերլուծության համար օգտագործված երկրաշարժերը հետևյալ 3 երկրաշարժերն են, որոնց մագնիտուդները համեմատելի են սցենարային երկրաշարժերի մագնիտուդների հետ:

- 1988.12.7 Սպիտակի երկրաշարժ ($M_w=6.9$), Հայաստանում
- 1991.4.29 Դժավա-Ռաչա երկրաշարժ ($M_w=7.1$), Վրաստանում
- 1992.10.23 Բարիսախտ երկրաշարժ ($M_w=7.2$), Վրաստան

Համեմատությունները ցույց են տրված նկար 4.3-1-ում: 1-ին բանաձևի արդյունքները ներկայացված են առանձին, որովհետև 1-ին բանաձևի ԳՄԱ-ի սահմանումը տարբեր է մյուսներից: 2-րդ (AB10), 4-րդ (BA08) և 6-րդ (CY08) բանաձևերն ընտրված են նկար 4.3-1-ի հիման վրա: 1-ին բանաձևով հաշվարկված ԳՄԱ-ն (Մմիթ և ուրիշներ (2000թ.)) համապատասխանում է դիտված գրառումներին, բայց չէր կարող ընդունվել, քանի որ այն չի կարող դիտարկել խզվածքը որպես մակերևույթ, ինչպես նաև՝ այն գերազանահատում է խզվածքից փոքր հեռավորության դեպքում:



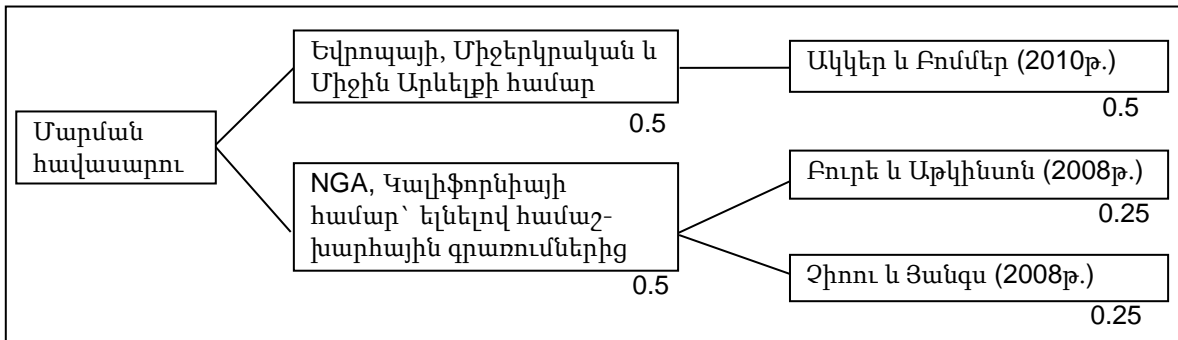
Նկար 4.3-1(1) Դիտված գրառումների համեմատությունը մարման բանաձև (1)-ով



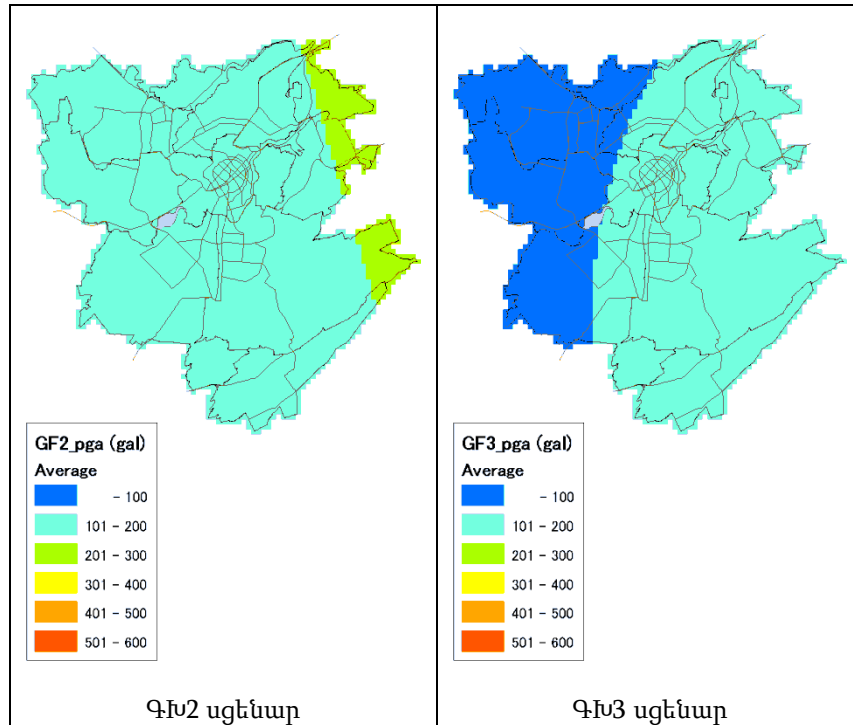
Նկար 4.3-1(2) Դիտված գրառումների համեմատությունը մարման բանաձև (2)-ով

(2) Արմատական ապարի շարժ

Ընտրված մարման հավասարումներով հաշվարկված արագացումը միջինացված է՝ ելնելով տրամաբանական ծառում նշված կշիռներից, որը ցույց են տրված նկար 4.3-2-ում: Դրանց միջոցով հաշվարկվել է արագացումը սեյսմահիմնեներական արմատական ապարում: Հաշվարկված արդյունքները ցույց են տրված նկար 4.3-3-ում:



Նկար 4.3-2 Մարման հավասարման տրամաբանական ծառ



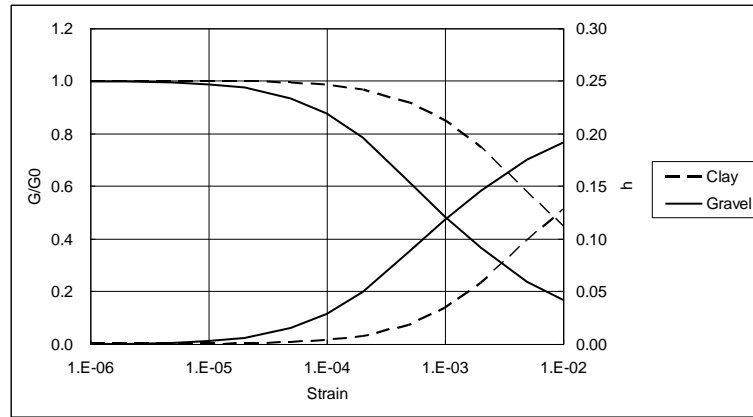
Նկար 4.3-3 Արագացման բաշխվածությունն ինժեներական սեյսմիկ արմատական ապարում

4.3.2 Մակերևութային գրունտի շարժման վերլուծություն

(1) Մեթոդաբանություն ենթամակերևութային գրունտի ուժեղացումը գնահատելու համար ենթամակերևութային ուժեղացման առանձնահատկությունը գնահատվել է 1D հավասարագոր զծային արձագանքման վերլուծության միջոցով՝ յուրաքանչյուր բջջում օգտագործելով SHAKE91: Վերլուծության համար օգտագործված գրունտային մոդելները ցույց են տրված 4.1 բաժնում: Հաշվարկման պայմանները ներկայացված են ստորև:

1) Ոչզծային հատկանիշներ

Ոչ զծայնությունը հիմնականում վերաբերվում է գրունտի այն շերտին, որի Vs արագությունը փոքր է 300մ/վ-ից: Երևանում գրունտները հիմնականում կոշտ են, իսկ հարավային որոշ մասերում բաշխված են Vs<300մ/վ գրունտները: Երևանի հարավ-արևելյան սողանքային գոտում (Տեսակ 3-ը բաժին 4.1-ում) գրունտի մակերևույթին մոտ տարածված են կավային գրունտները: Երևանի հարավ-արևմտյան մասում (Տեսակ 2) գրունտի մակերևույթին մոտ տարածված է մանրախճային շերտը: Գրունտի ոչզծայնությունն ուսումնասիրվում է լաբորատոր փորձերի միջոցով, բայց Հայաստանում ոչզծայնության վերաբերյալ փորձ կատարելու համար սարքավորումներ և սովյալներ չկան: Այս ուսումնասիրության մեջ կիրառվել են ճապոնիայում սովորաբար օգտագործվող ոչզծայնության բնորոշ կորեր (նկար 4.3-4):



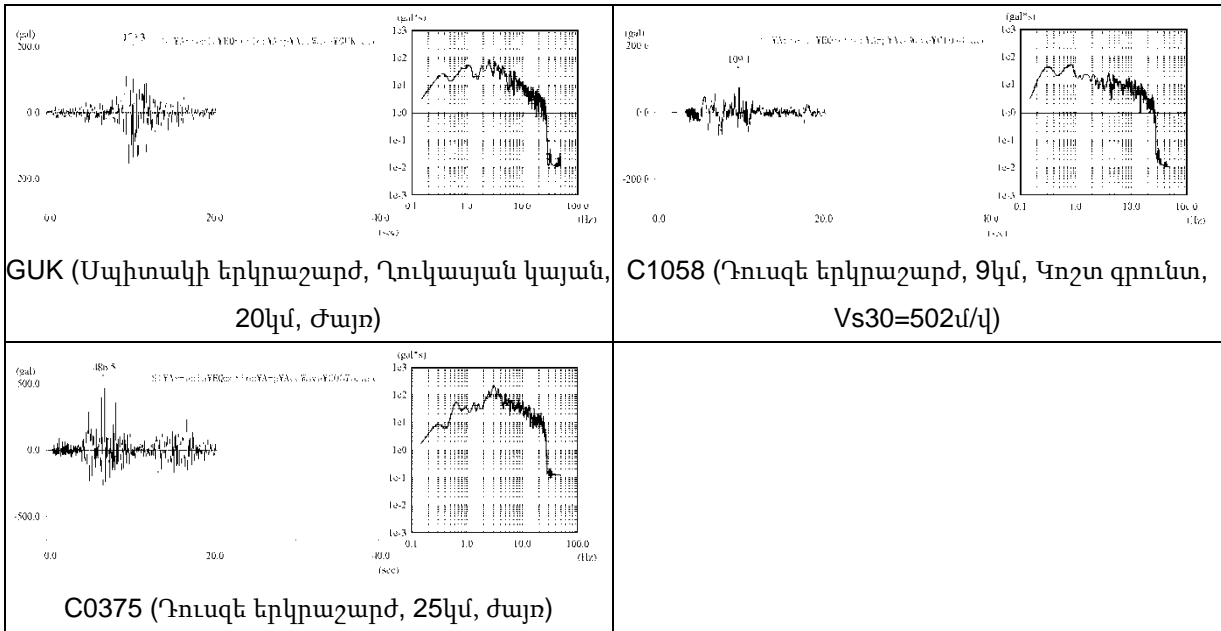
Նկար 4.3-4 Ոչզծայնությանը բնորոշ կորեր (Աղետների կառավարման կենտրոնական խորհուրդ (2003))

2) Մուտքային ալիքներ

Արձագանքման վերլուծության արդյունքների վրա ազդեցություն կունենա այն, թե ինչպիսի սեյսմիկ ալիք է օգտագործվել որպես արմատական ապար մուտք գործող ալիք: Նախընտրելի է օգտագործել սցենարային երկրաշարժերի հետազոտության տարածքում դիտված երկրաշարժի աղբյուրի ալիքի ձևը: Կարելի է նաև օգտագործել սցենարային երկրաշարժի մագնիտուդի հետ համեմատելի մագնիտուդով երկրաշարժի ալիքի ձևը, որը տեղի է ունեցել սցենարային երկրաշարժերի աղբյուրի տարածքից դուրս, բայց դիտվել է հետազոտության տարածքում: Այնուամենայնիվ, չկան ալիքի ձևեր, որոնք կարող են բավարարել Երևանում վերոնշյալ պայմաններին: Այդ իսկ պատճառով մուտքային ալիքներն ընտրվել են առկա գրառումներից՝ ըստ ստորև նշված չափանիշների: Ամեն դեպքում, ալիքները պետք է դիտված լինեն 760մ/վ կամ ավելի մեծ արագությամբ կոշտ գրունտի վրա, քանի որ գրունտի մոդուլի հիմքի Vs արագությունը 760մ/վ է:

- ա) Հայաստանում տեղի ունեցած մագնիտուդ 7 դասի երկրաշարժի ալիքի ձևը, որը դիտվել է սցենարային երկրաշարժի մոդելի համար համեմատելի հեռավորության վրա
- բ) 7 մագնիտուդով երկրաշարժի ալիքի ձևը նույն խզվածքի տեսակով, որը դիտվել է սցենարային երկրաշարժի մոդելի համար համեմատելի հեռավորության վրա

Ղուկասյանում դիտված 1988թ. Մպիտակի երկրաշարժի ալիքը ($M_w=6.9$), որի ամենակարճ հեռավորությունը մակերևութային խզվածքից ըստ Բոմմերի և Ամբրեսիեսի (1989) 20կմ է, կարող է բավարարել ա) չափանիշին: Բ) չափանիշին բավարարելու համար խզվածքին մոտ գտնվող երկու գրառումներն ընտրվել են 1999թ. Թուրքիայում տեղի ունեցած Դուսզեի երկրաշարժից ($M_w=7.2$): Ալիքի ձևերը ցույց են տրված նկար 4.3-5-ում:

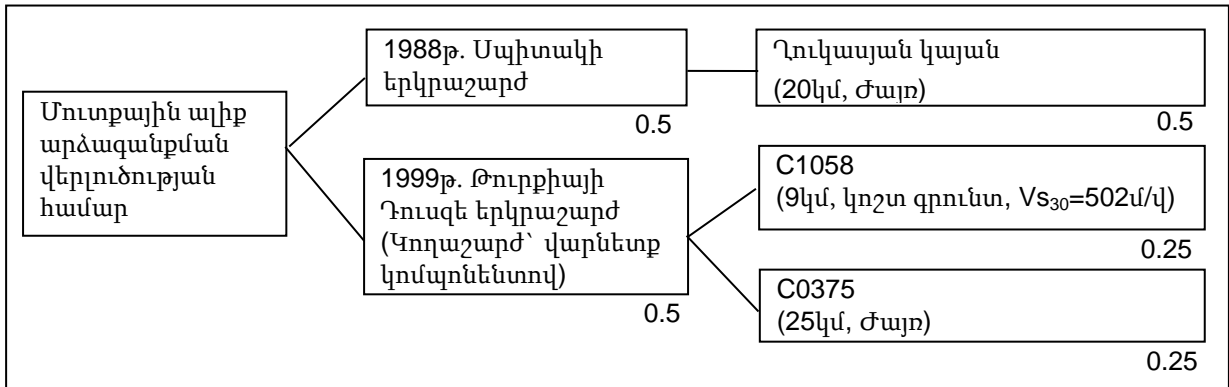


Նկար 4.3-5 Մուտքային ալիքի ձևեր արձագանքման վերլուծության համար (ԳԽ սցենար)

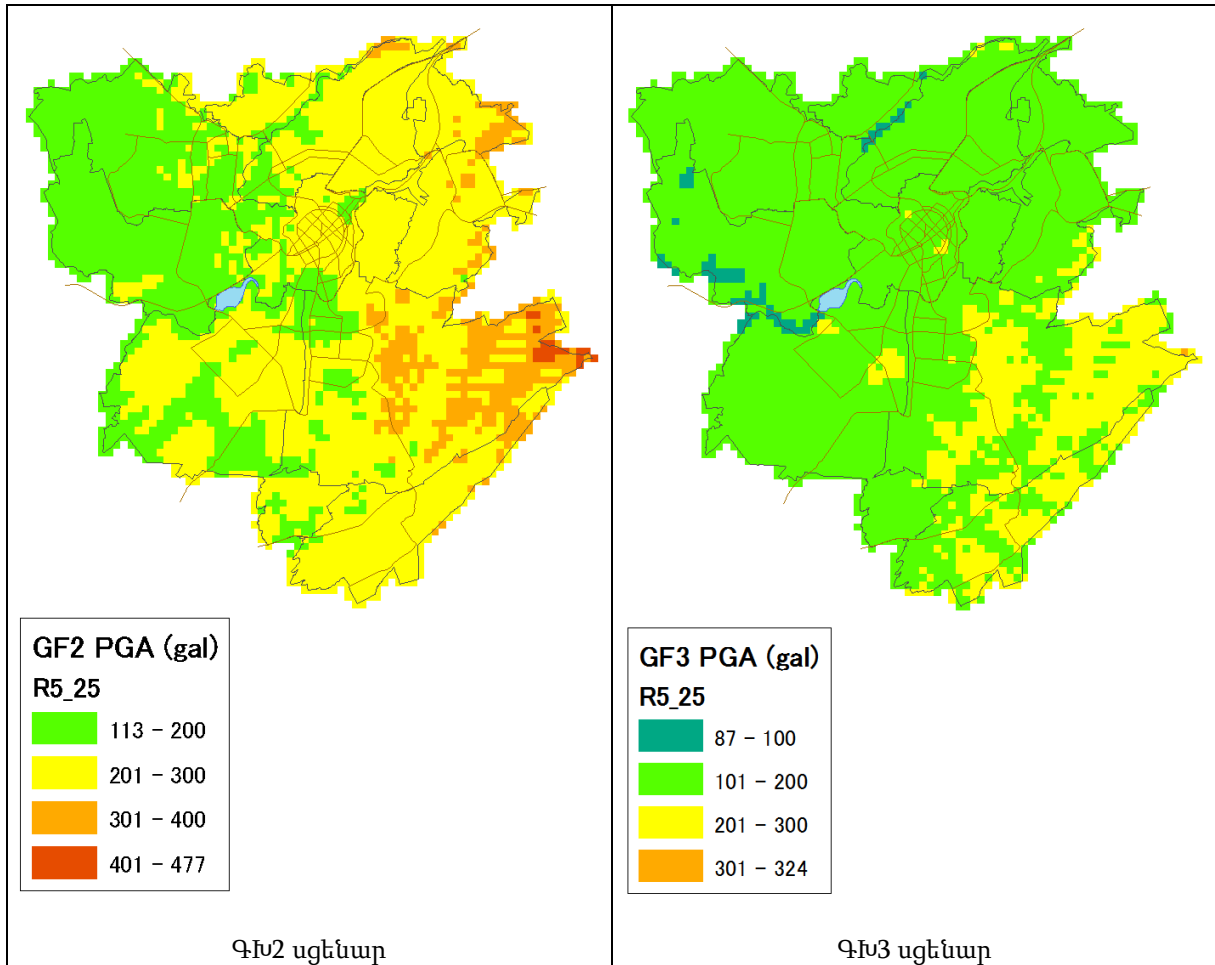
(2) Մակերևույթի գրունտի շարժ

Արձագանքման վերլուծությունն իրականացվել է օգտագործելով 3 ալիք:

Մակերևույթին հաշվարկված արագացումները միջինացվել են՝ ելնելով տրամաբանական ծառում նշված կշիռներից, որոնք ցույց են տրված նկար 4.3-6-ում: Հաշվարկված արդյունքները ցույց են տրված նկար 4.3-7-ում:



Նկար 4.3-6 Մուտքային ալիքի ձևի տրամաբանական ծառ (ԳԽ սցենար)



Նկար 4.3-7 Արագացման բաշխվածությունը գրունտի մակերեսին

4.3.3 Հեղուկացման պոտենցիալի վերլուծությունը

Հաշվի առնելով առկա տվյալները՝ ընտրվել են F_L մեթոդը (Ճապոնիայի ճանապարհների ասոցիացիա, 2002) և P_L մեթոդը (Իվասակի և ուրիներ (1982թ.)) հեղուկացման պոտենցիալը գնահատելու համար: Այս մեթոդներն ակտիվ օգտագործվում են Ճապոնիայում և հարմար են սեյսմիկ վտանգի գնահատման համար, որովհետև դրանց միջոցով կարելի է գնահատել լայն տարածք՝ հիմնվելով միասնական չափանիշի վրա:

(1) Մեթոդաբանություն

Հեղուկացման պոտենցիալը գնահատելու համար F_L մեթոդի ընթացակարգերը և չափանիշները բերված են ստորև: Հեղուկացման պոտենցիալը տրվում է հաշվարկման յուրաքանչյուր խորության համար՝ որպես դիմադրողականություն հեղուկացման նկատմամբ:

- 1) Գնահատել նստվածքում գրունտների դիմադրությունը հեղուկացման նկատմամբ (R):
- 2) Գնահատել շեղման լարվածությունը, որը կարող է առաջանալ գրունտի նստվածքում երկրաշարժի ժամանակ (L):
- 3) Գնահատել նստվածքի հեղուկացման պոտենցիալը ($F_L=R/L$)՝ 1)-ի և 2)-ի հիման վրա:
- 4) Եզրակացնել, որ հեղուկացման պոտենցիալը մեծ է, եթե $F_L \leq 1.0$ և փոքր, եթե $F_L > 1.0$.

Այս հետազոտությունում c_w պարամետրը որոշելու համար երկրաշարժի տեսակը ենթադրվում է որպես “Տեսակ 2” սցենարային երկրաշարժերի սեյսմատեկտոնական համատեքստի համաձայն:

$$F_L = R/L$$

F_L : հեղուկացման նկատմամբ կայունության գործակից

$F_L \leq 1.0$: Ենթադրվում է հեղուկացված

$F_L > 1.0$: Ենթադրվում է ոչ հեղուկացված

R: ցիկլային շեղման դիմադրություն վերևում տեղադրված հաստվածքի արդյունավետ ճնշման տակ

$$R = c_w \times R_L$$

c_w : կորելացիոն գործակից երկրաշարժի տեսակի համար

1-ին տեսակի երկրաշարժ (սալի սահմանում, մեծ մասշտաբի)

$$c_w = 1.0$$

2-րդ տեսակի երկրաշարժ (ներմայրցամաքային տեսակի)

$$c_w = 1.0 \quad (R_L \leq 0.1)$$

$$= 3.3 R_L + 0.67 \quad (0.1 < R_L \leq 0.4)$$

$$= 2.0 \quad (0.4 < R_L)$$

R_L : լարորատոր փորձի միջոցով ստացված ցիկլային դիմադրության գործակից

$$R_L = 0.0882 (N_a/1.7)^{0.5} \quad (N_a < 14)$$

$$= 0.0882 (N_a/1.7)^{0.5} + 1.6 \times 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 \leq N_a)$$

Ավազային գրունտ

$$N_a = c_1 N + c_2$$

$$c_1 = 1 \quad (0\% \leq F_c < 10\%),$$

$$= (F_c + 40) / 50 \quad (10\% \leq F_c < 60\%)$$

$$= F_c / 20 - 1 \quad (60\% \leq F_c)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% \leq F_c < 10\%)$$

$$= (F_c - 10) / 18 \quad (10\% \leq F_c)$$

F_c : մանրահատիկների պարունակությունը (%)

Խճաքարային գրունտ

$$N_a = \{ 1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2.0) \} N_1$$

N: SPT հարվածներ

N_a : N արժեք հատիկի չափի համար

N_1 : $170N / (\sigma_v' + 70)$

D_{50} : Հատիկի տրամագիծը 50%-ն անցնելուց (մմ)

L: շեղման լարվածությունը վերևում տեղադրված հաստվածքի արդյունավետ ճնշման նկատմամբ

$$L = \alpha / g \times \sigma_v / \sigma_v' \times r_d$$

r_d : լարվածության նվազեցման գործակից

$$r_d = 1.0 - 0.015x$$

x : խորությունը գրունտի մակերևույթից (մ)

α : գրունտի մաքսիմալ արագացումը (գալ)

g: ազատ անկման արագացումը (= 980 գալ)

σ_v : ընդհանուր գերծանրաբեռնվածության ճնշումը (կՆ/մ²)

σ_v' : արդյունավետ գերծանրաբեռնվածության ճնշումը (կՆ/մ²)

F_L մեթոդի միջոցով կարելի է եզրակացություն կատարել յուրաքանչյուր խորության վրա հեղուկացման պոտենցիալի վերաբերյալ, բայց վտանգի գնահատման համար անհրաժեշտ է իմանալ ազդեցությունը գրունտի մակերևույթին գտնվող կառուցվածքի վրա: Իվասակիի և ուրիշների (1988) կողմից առաջարկվող P_L մեթոդն ընտրվել է այս նպատակի համար: P_L -ը հաշվարկվում է F_L -ից հետևյալ հավասարման միջոցով:

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz$$

$15 < P_L$	Շատ մեծ պոտենցիալ
$5 < P_L \leq 15$	Համեմատաբար մեծ պոտենցիալ
$0 < P_L \leq 5$	Համեմատաբար ցածր պոտենցիալ
$P_L = 0$	Շատ ցածր պոտենցիալ

$$F = 1.0 - F_L \quad (F_L < 1.0)$$

$$= 0.0 \quad (F_L \geq 1.0)$$

$$w(z) = 10.0 - 0.5z$$

P_L : հեղուկացման պոտենցիալի ցուցիչ

F_L : հեղուկացման նկատմամբ կայունության գործակից

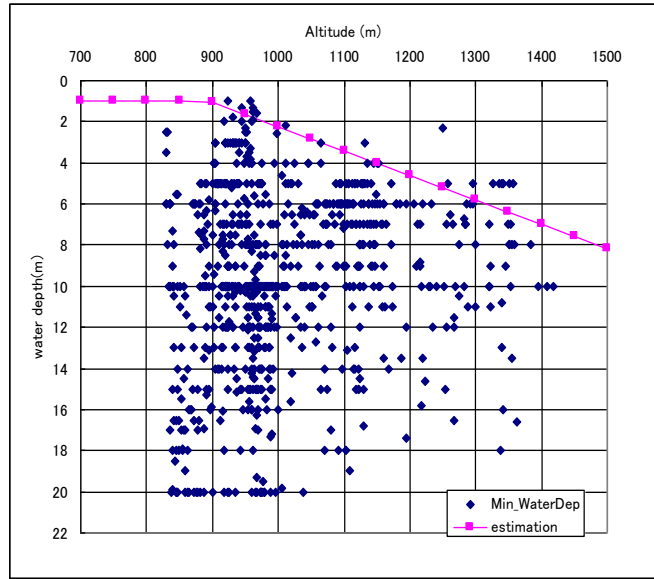
$w(z)$: կշռի ֆունկցիա խորության համար

z : խորությունը գրունտի մակերևույթից (մ)

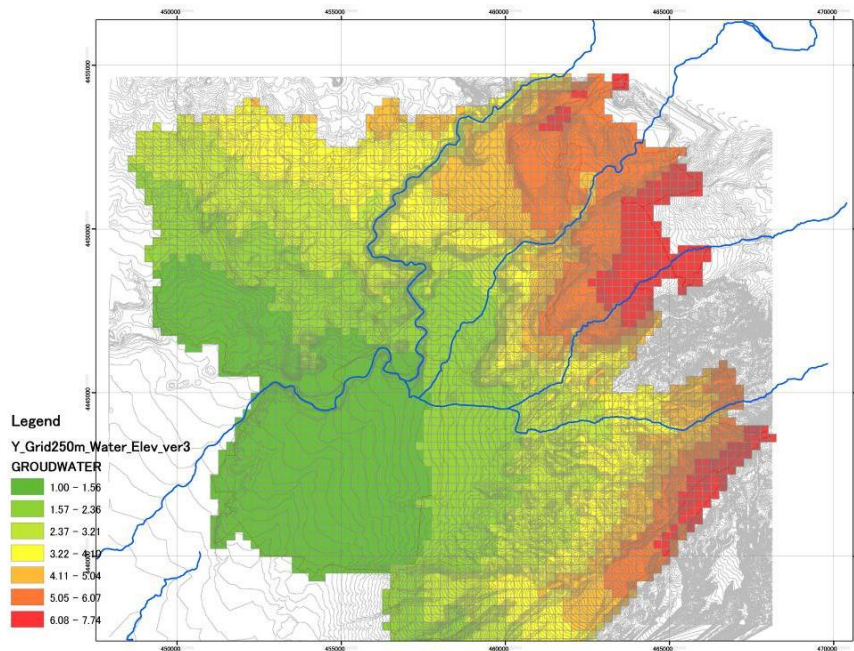
(2) Պարամետրերի սահմանումները

1) Գրունտային ջրի մակարդակը

Երևանում գրունտային ջրի մակարդակը հաշվարկվել է առկա հորատանցքերի տվյալների բազայի մեջ ներառված ջրի խորության մասին տեղեկատվությունից: Եթե մեկ հորատանցքի մեջ ներառված է ջրի խորության մասին մի քանի տվյալներ, ապա ամենափոքր խորության տվյալներն են ընտրվում: Քանի որ գրունտային ջրի խորությունն ընդհանուր առմամբ ուժեղ հարաբերության մեջ է տեղագրության հետ, ուստի գրունտային ջրի խորության և բարձրության միջև հարաբերությունը ուսումնասիրվել է և ներկայացված է նկար 4.3-8-ում: Այս նկարում գրունտային ջրի ամենաբարձր մակարդակն անձրևային սեզոնին նշված է կարմիր գծով՝ հեղուկացման վերլուծության համար: Քանի որ դիտված տվյալները ներառում են դիտման սխալներից բխող շեղումներ, սեզոնի տարբերություն, արդյունաբերական նպատակներով պոմպային համակարգի իրավիճակի փոփոխություն և այլն, ապա օգտագործվում են ամենամակերեսային տվյալները՝ ամենալուրջ իրավիճակը գնահատելու համար: Նկար 4.3-9-ում ցույց է տրված գրունտային ջրի խորության բաշխվածությունը հեղուկացման վերլուծության համար:



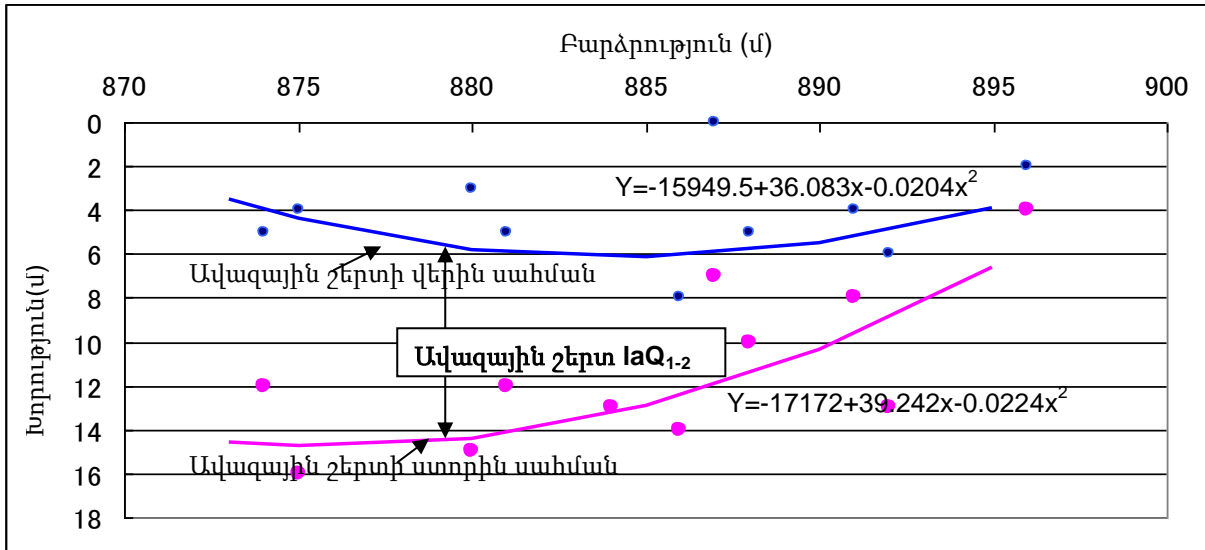
Նկար 4.3-8 Գրունտային ջրի խորության և բարձրության միջև հարաբերությունը



Նկար 4.3-9 Գրունտային ջրի հաշվարկված խորությունը

2) Ավազային շերտի հաստությունը

Ավազային շերտը, որը պետք է հետազոտվի Երևան քաղաքում, միայն ներառվում է Արարատյան դաշտավայրի նստվածքներում (IaQ_{1-2}): Ավազային շերտի բաշխվածությունը հաշվարկվում է ավազային շերտի վերին և ստորին խորության և բարձրության միջև հարաբերություննից՝ ինչպես ցույց է տրված նկար 4.3-10-ում:



Նկար 4.3-10 Ավազային շերտերի բարձրության և վերին/ստորին սահմանների միջև հարաբերությունը (IaQ₁₋₂, Արարատյան դաշտավայր)

3) N արժեք

Մտանդարտ թափանցելիության թեստ է իրականացվել սույն ծրագրի շրջանակներում՝ նոր հորատման ժամանակ: Այնուամենայնիվ, համեմատելով գրունտի պայմանները՝ ավազային շերտերի N արժեքները ցույց են տալիս չափազանց բարձր արժեք՝ տվյալների մեծամասնությունը 50-ից մեծ է: Մա կարող է լինել մանրախիճերը կամ գլաքարերը ներառելու արդյունք: Այդ իսկ պատճառով, N արժեքը հաշվարկվել է S ալիքի արագությունից՝ ըստ Իմայի (1982թ.), որովհետև S ալիքի արագությունը և N արժեքը ուժեղ հարաբերության մեջ են: $V_s=220$ մ/վ շերտի համար հաշվարկված N արժեքը 14 է, իսկ $V_s=290$ մ/վ շերտի համար՝ 33:

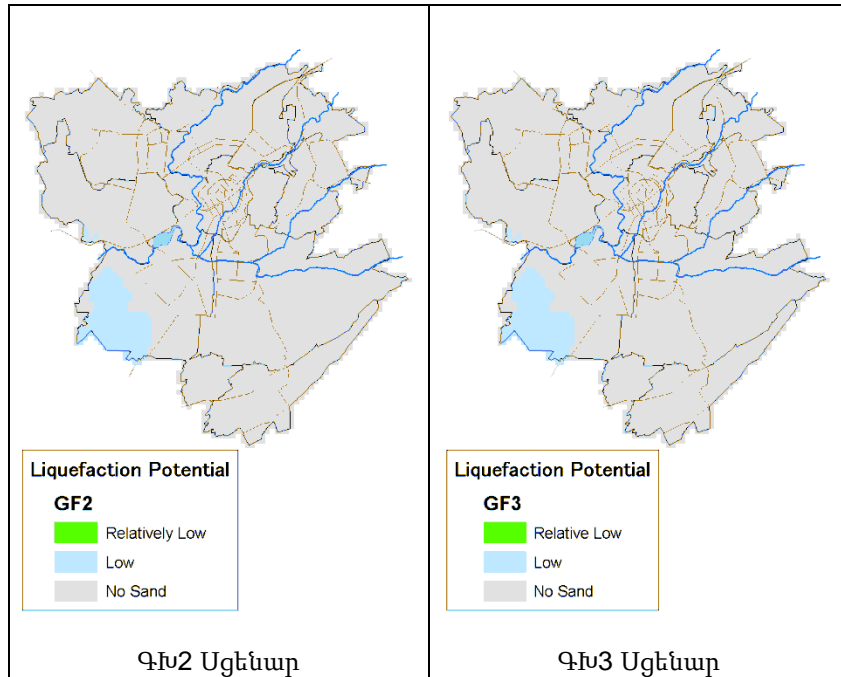
4) Այլ պարամետրեր

Քանի որ մասնիկի չափսի, խտության և ֆիզիկական տվյալները, որոնք անհրաժեշտ են հեղուկացման վերլուծության համար, ներառված չեն առկա հորատման տվյալների բազայում, ուստի իրականացվել են լաբորատոր թեստեր՝ օգտագործելով 10 նոր հորատումներից վերցված հողի նմուշները: Ավազ հայտնաբերվել է BH-10-ի 8մ-12մ և 15մ-16մ միջև: Դրանց միջին հատկությունները հետևյալն են.

ա) D50 (մասնիկի միջին տրամագիծը)	0.072մմ
բ) Fc (մանրահատիկների բաղադրությունը)	53.0%
գ) Ավազի խտությունը	1.8գ/սմ ³
Մանրախիճ/գլաքար	2.0գ/սմ ³

(3) Հեղուկացման պոտենցիալ

Նկար 4.3-11 ցույց է տալիս յուրաքանչյուր սցենարային երկրաշարժի համար հեղուկացման պոտենցիալը: Ըստ այս քարտեզների, բարեբախտաբար, կան ավազային գրունտի շերտերով շատ քիչ տարածքներ, և Երևանում հեղուկացման պոտենցիալը ցածր է:



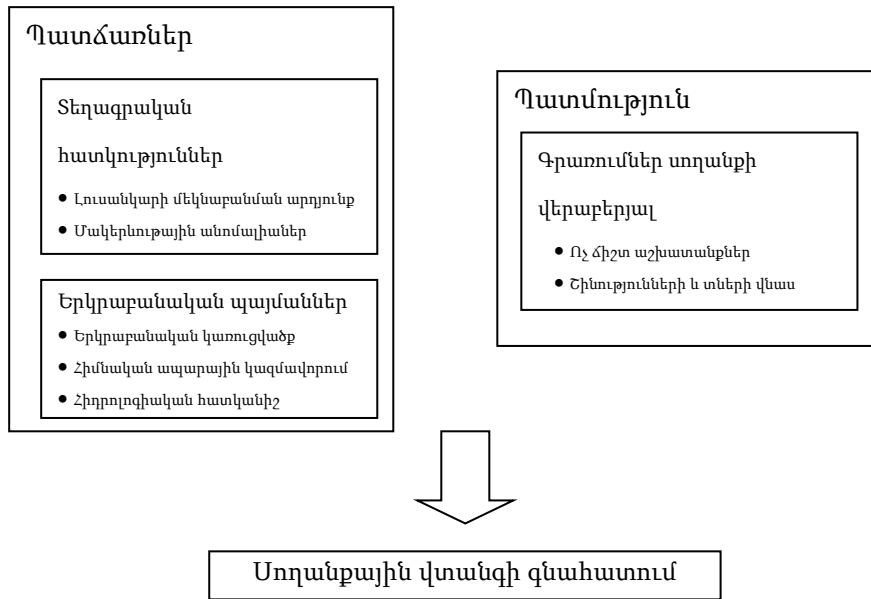
Նկար 4.3-11 Հեղուկացման պոտենցիալ

4.3.4 Լանջի կայունությունը

(1) Սողանքների վտանգը

Սողանքների վտանգը գնահատվում է գեոմորֆոլոգիական և երկրաբանական դիտման, հողի ձևախախտման, հիդրոլոգիական հատկությունների և վնասի վիճակի գործոններով: Գնահատման մեթոդը հիմնված է Ճապոնիայում ըստ յուրաքանչյուր կատեգորիայի համար նախատեսված քանակական միավորների և Երևան քաղաքի տարածքում սողանքների ինդուկտիվ տարրի վրա:

Սողանքային ռիսկը գնահատվել է սողանքի վտանգի և ռիսկային օբյեկտների (օրինակ՝ տների և շենքերի, ենթակառուցվածքների և դրանց դիրքերի) վրա ազդեցության միջոցով: Դիրքը և հեռավորությունը մատնանշում են սողանքի ներգործության արդյունավետությունը ռիսկային օբյեկտների վրա: Որքան մոտ է հեռավորությունը սողանքից և ռիսկային օբյեկտներից, այնքան ավելի լուրջ է ազդեցությունը ռիսկային օբյեկտների վրա:



Նկար 4.3-12 Սողանքի վտանգի գնահատման ընթացքի սխեման

Աղյուսակ 4.3-1 Սողանքի վտանգի գնահատման կատեգորիաները և դրանց պատճառները

Կատեգորիա / պատճառ		4	2	1	0	
Ա: Պատճառներ	Տեղագրական հատկանիշներ	Նկարի մեկնաբանման արդյունք	Հստակ գոյություն ունեն	Գոյություն ունեն, բայց մասամբ և ոչ հստակ	Գոյություն ունեն, բայց ոչ հստակ	
		Մակերևութային անոմալիաներ	Մեծ և նոր ճեղքեր, սանդղավանդեր և նստվածք	Փոքր և հին ճեղքեր, սանդղավանդեր և նստվածք	Թույլ ձևախախտում	Ոչ մի անոմալիա
	Երկրաբանական պայմաններ	Երկրաբանական կառուցվածք		Խզվածք, ճաք / թեք լանջ	Ոչ թեք լանջ և այլն	
		Հիմնական ապարային կազմավորում	Հացավան և Շորաղբյուր շերտախումբ	Հրազդան և Ջրվեժ նստվածքային ապարներ	Այլ Երրորդական ապարներ և նստվածքներ	Այլ Չորրորդական ապարներ և նստվածքներ
		Հիդրոլոգիական հատկանիշ	Շատ աղբյուրներ / արտահոսք	Քիչ աղբյուրներ / քիչ արտահոսք	Մակերևութային ջուր	Ջուր չի դիտվել
	Բ: Պատմություն	Սողանքի գրառումներ	Ոչ ճիշտ աշխատանքներ	Ակնհայտ	Թույլ	Գոյություն չունի
Շինությունների և տների պատճառված վնաս			Ակնհայտ	Թույլ		Ոչ մի մատնանշում/ոչ մի շինություն

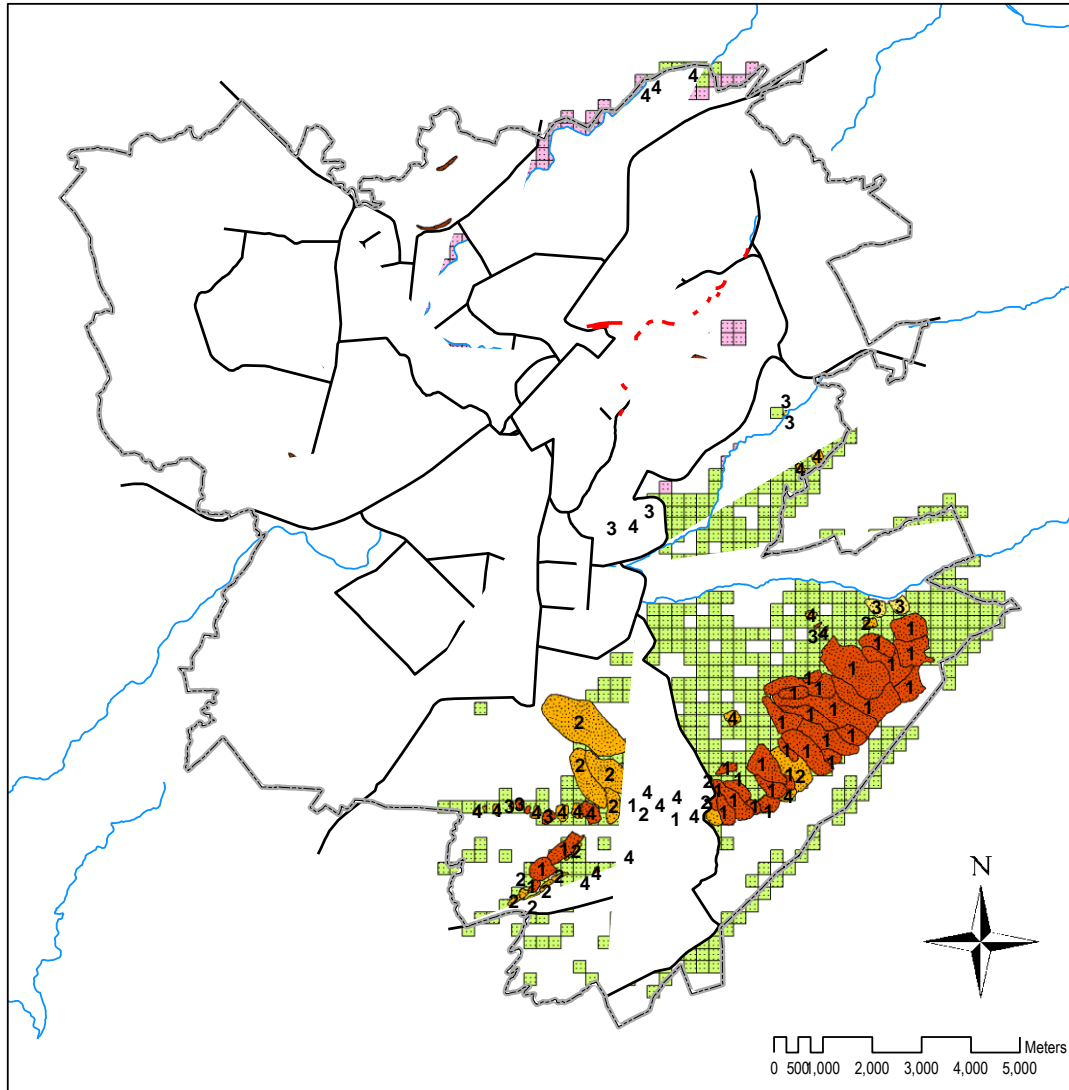
Աղյուսակ 4.3-2 Սողանքի ռիսկը տների և ենթակառուցվածքների համար

		Ազդեցությունը տների և ենթակառուցվածքների վրա			
		A	B	C	D
Սողանքի վտանգը	A	1	2	3	4
	B	2	3	4	4
	C	3	4	4	4

1: Չափազանց բարձր ռիսկ, 2: Բարձր ռիսկ, 3: Միջին ռիսկ, 4: Համեմատաբար ցածր ռիսկ

Նկար 4.3-13-ը ցույց է տալիս առկա սողանքային վտանգն ու ռիսկը, սողանքային պոտենցիալ վտանգավոր տարածքները և լանջերի վտանգը Երևան քաղաքի տարածքում: Բարձր վտանգավորության սողանքների մեծ մասը պատկանում են Շորաղբյուր-Նուբարաշեն (Սովետաշեն) սողանքների խմբին: Էրեբունի համայնքի արևելյան լանջին գտնվող սողանքները (Նուբարաշեն դարավանդի հյուսիս-արևմտյան լանջը) և Նոր Խարբերդում գտնվող լանջերը բարձր վտանգավորության սողանքներ են: Քանի որ այդ սողանքների մեծ մասը մոտ են կամ գտնվում են հենց գյուղում կամ ենթակառուցվածքների գոտիներում (ճանապարհներ, գազատարներ, ջրատարներ, էլեկտրականության գծեր և այլն), ապա այս սողանքները նույնպես ունեն մեծ ռիսկ:

Սողանքի պոտենցիալը կարելի է գնահատել երկրաբանության և լանջի անկյան միջև հարաբերությունից: Սողանքների մեծ մասը գտնվում է Հացավան շերտախմբի (կոնգլոմերատներ, ավազաքարեր, կարմիր կավեր, ալևրոլիտներ), Շորաղբյուր շերտախմբի (ալևրոլիտներ, տուֆային ավազաքարեր, ավազաքարեր և կոնգլոմերատներ), Հրազդան շերտախմբի (կրակավ, կրային ավազաքար՝ օոլիտային կրաքարի խեցաքար և այրվող թերթաքարի ներքին շերտերով) և Ջրվեժ նստվախքային շերտերի (գիպս և աղ պարունակող կավ, ավազաքար և բազալտ) տարածքներում: Սողանքները տեղի են ունեցել 5-30 աստիճան թեքությամբ լանջերի վրա:



Legend

Landslide Hazard

Rank

- A High Hazard
- B Middle Hazard
- C Low Hazard

Risk Zones of Slope Hazards

- Slope Failure and Rock Fall for Buildings and Houses
- Slope Failure and Rock Fall for Main Roads

Potential Hazard Areas of Slope Hazards

Type

- Landslide
- Slope Failure and Rock Fall

- River
- Lake
- Major Road
- City border

Numbers on the landslides indicate the landslide risk for buildings, houses and infrastructures.

- 1: Extremely High Risk
- 2: High Risk
- 3: Middle Risk
- 4: Relatively Low Risk

Նկար 4.3-13 Սողանքի վտանգի և ռիսկի քարտեզը

(2) Ժայռաթափում, լանջի փլուզում, լցված հողի և քարե պատերի փլուզում

Երկրաշարժի դեպքում տեղի են ունենում ժայռաթափում, լանջի փլուզում, լցված հողի և քարե պատերի փլուզում, ինչպես նաև՝ սողանքներ:

Ճեղքավոր բազալտի և բազալտային անդեզիտի լավաների ժայռաթափումները, որոնք ձևավորել են մեծ կտորով բրեկչիանման և սյունանման կառուցվածքներ, հիմնականում տեղի են ունենում գետերի ափերին (Հրազդան, Գետառ և Ջրվեժ գետերը), որտեղ ստեղծվել են տարբեր բարձրության գառիվայր և ուղղաձիգ կախված պատեր:


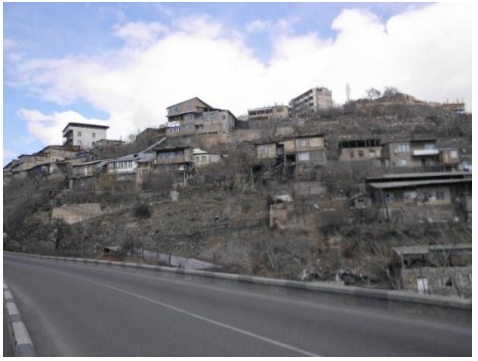


Հրաբխային ապարների այս լանջերը փոխում են իրենց արտաքին տեսքը, խախտվում է դրանց կայուն վիճակը, և բեկորներն ընկնում են հովիտների մեջ՝ ձևավորելով մեծ կտորների հսկայական կուտակում, որոնք անվանվում են բեկորային ապար լանջերի հիմքային մասում: Քանի որ այդ գառիվայր լանջերում տեղի են ունեցել քարվեժներ և փլուզումներ, ապա ժայռային քարվեժների և լանջի փլուզումների պոտենցիալը հրաբխային ապարների լանջին համարվում է մեծ, եթե լանջի թեքության անկյունը 15 աստիճանից ավելի է:

Երևան քաղաքի տարածքում ճանապարհների կողքերի լանջերը, որոնք ձգվում են Կասկադի Սարանջի մայրուղու, Ալեքսանդր Մյասնիկյան պողոտայի, Նորք - Մարի-Թաղ ճանապարհի և այլ վայրերի երկայնքով, շատ վտանգավոր են ժայռերի թափման տեսանկյունից: Այդ հատվածները բաղկացած են բազալտից և բազալտային անդեզիտից, որոնք ունեն շատ ճեղքեր և գտնվում են անկայուն վիճակում:

Պողպատե կարկասի որոշ տներ կառուցված են մոտ 20 աստիճան թեք լանջի վրա: Այդ տներն ու հիմքերը հակված են փլուզման գրունտի ձևախախտումից և ցնցումից:

Նկար 4.3-13-ում ցույց են տրված “Լանջի փլուզումը և ժայռաթափումը շենքերի և տների համար”, “Լանջի փլուզումը և ժայռաթափումը հիմնական ճանապարհների համար”:

Քարե պատերը նույնպես վտանգավոր են երկրաշարժի ժամանակ: Շատ քարե պատեր ունեն 2 և ավելի մետր բարձրություն, որոնք հենվում են պողպատե ձողերով սյուների վրա: Բայց սյուների միջև հեռավորությունը 2 կամ 3 մետր է, որը բավարար չէ երկրաշարժի ժամանակ պատերը պահելու համար: Քարե պատերն այդքան շատ չեն առևտրային կամ բիզնես տարածքներում: Դրանք հիմնականում շատ են արվարձանային և գյուղական տարածքներում:

	
<p>Ճանապարհի կողքի լանջը Կասկադի Սարանջի մայրուղու երկայնքով</p>	<p>Տներ Կենտրոն համայնքի արևելքում գտնվող Այգեստանի մոտ՝ լանջի վրա</p>
	
<p>Տներ Էրուբունի համայնքի հյուսիսում գտնվող Սարի-Թաղի մոտ՝ լանջի վրա</p>	<p>Քարե պատ</p>

Նկար 4.3-14 Ճանապարհի կողքի լանջը, տները լանջի վրա և քարե պատը

Հղումներ.

Abrahamson N. and W. Silva, 2008, Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 67-97.

Akker, S. and J. Bommer, 2010, Empirical Equations for the Prediction of PGA , PG V, and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region, and the Middle East, Seismological Research Letters, Vol. 81, No.2, pp. 195-206.

Bommer, J. J. and N. N. Ambraseys, 1989, the Spitak (Armenia, USSR) Earthquake of 7 December 1988: A Summary Engineering Seismology Report, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 18, pp. 921-925.

Boore D. M. and G. M. Atkinson, 2008, Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 99-138.

Campbell K. W. and Y. Bozorgnia, 2008, NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5% Damped Linear Elastic Response

- Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 139-171.
- Central Disaster Management Council, 2003, 16 th Meeting of Working Group for Tonankai and Nankai Earthquake, Reference Material No. 2-3 (in Japanese).
- Chiou B. S.-J. and R. R. Youngs, 2008, An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol. 24, Issue 1, pp. 173-215.
- Imai T. and Tonouchi K., 1982, Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus, ESPOT II.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S. and Sato, H., 1982, Microzonation for Soil Liquefaction Potential Using Simplified Methods, Proc., 3rd Int. Conf. on Microzonation, Seattle, Vol.3, pp1319-1330.
- Japan Road Association, 2002. Specifications for Highway Bridges, Part V Earthquake Resistant Design.
- Smit, P., V. Arzoumanian, Z. Javakhishvili, S. Arefiev, D. Mayer-Rosa, S. Balassanian and T. Chelidze, 2000, The Digital Accelerograph Network in the Caucasus, in Balassanian, S. (ed.), earthquake Hazard and Seismic Risk reduction - Advances in Natural and Technological Hazards research. Kluwer Academic Publishers.

4.4 Երևանի խզվածքով պայմանավորված սեյսմիկ շարժում

Երևանի խզվածքը գտնվում է Երևան քաղաքի հարավ-արևմտյան մասում: Երևանի խզվածքի սեյսմիկ ակտիվությունը լավ հայտնի չէ, բայց եթե այն պատռվի, Երևան քաղաքը կարող է լուրջ տուժել: Երևանի խզվածքի բնույթի մասին քննարկումները սկսվել են դեռևս 1950-ական թվականներից (օրինակ՝ Ասլանյան, 1954, 1958; Գաբրիելյան, 1959, 1981), բայց դրա սեյսմիկ ակտիվության, երկարության, խորության, անկման, սեզմենտների վերաբերյալ պարզաբանումները քիչ են նույնիսկ հիմա: Քանի որ Երևանի խզվածքի մեծ մասը կարող է կույր խզվածք լինել, ապա դժվար է խրամատային հետազոտության միջոցով ուսումնասիրել այն հատկապես Երևան քաղաքի մոտակայքում:

Քանի որ Երևանի խզվածքի բնույթը՝ որպես երկրաշարժի աղբյուրի մոդելի գիտականորեն լավ ընկալված չէ, Երևանի խզվածքը այս ծրագրում չի ընդունվել որպես սցենարային երկրաշարժի աղբյուր: Դա կարող է լինել այն երկրաշարժերից մեկը, որին կարելի է հղում կատարել: Այդ իսկ պատճառով արժե իմանալ հետազոտված արդյունքները, հատկապես՝ Երևանի խզվածքի ակտիվությամբ պայմանավորված՝ հաշվարկային սեյսմիկ տեղաշարժը՝ Երևան քաղաքի ռիկսի կառավարման համար:

Այս բաժնում հաշվարկվել է Երևանի խզվածքի առաջացրած սեյսմիկ շարժը: Քանի որ Երևանի խզվածքի երկարությունը պարզ չէ և հաշվի առնելով խզվածքի միայն փոքր մասի

շարժը, ընդունվել են 4 մագնիտուդներ և պատրաստվել են խզվածքի համապատասխան մոդելներ, որոնք ցույց են տրված աղյուսակ 4.4-1-ում և նկար 4.4-1-ում: Պարամետրերը որոշելու համար կատարվել են հետևյալ կոնկրետ դատողությունները:

(1) Խզվածքի տեսակը

Ելնելով խրամատի հետազոտությունից՝ Երևանի խզվածքի տեսակը համարվում է վերնետք խզվածք:

(2) Խզվածքի երկարությունը

Երևանի խզվածքի հարավ-արևելյան եզրի վերաբերյալ կան տարբեր կարծիքներ: Ըստ այդ կարծիքներից մեկի՝ խզվածքի երկարությունը ենթադրվում է 30կմ՝ էլնելով գրավիմետրական անոմալիայի տվյալներից և նստվածքային ավազանի ձևից (տես Գեոռիսկի հաշվետվությունը Երևանի խզվածքի վերաբերյալ): Այս ուսումնասիրության մեջ ենթադրվում է, որ Երևանի խզվածքը ձգվում է դեպի Նոր Ուղի գյուղի հարավ-արևելք՝ առավելագույնը 40կմ երկարությամբ, քանի որ Նոր Ուղի տեղանքի մոտ պիլոտային խրամատի հետազոտության միջոցով հայտնաբերվել է ակտիվ խզվածք:

(3) Խզվածքի անկումը

Ինչ վերաբերվում է Երևանի խզվածքին, Նոր Ուղիի պիլոտային խրամատում հայտնաբերվել է 26 աստիճան հյուսիսային անկմամբ վերնետք խզվածք, սակայն խորը գրունտում խզվածքի անկման անկյունը անհայտ է: Թովմասյանը (2008թ.) ուսումնասիրել է 1973-2002թթ. ընթացքում Երևանից 30կմ հեռավորության վրա տեղի ունեցած 15 փոքրից միջին երկրաշարժերի մեխանիզմը և գտել, որ 11 իրադարձություններ ունեցել են վերնետք մեխանիզմ: Ըստ Թովմասյանի (2008թ.)՝ հյուսիսային անկմամբ և արևելքից արևմուտք կամ հյուսիս-արևմուտքից հարավ-արևելք ուղղված երկրաշարժերի անկման անկյունը 55 – 72 աստիճան է: Ըստ Թովմասյանի (2008թ.)՝ Երևանի խզվածքի մոդելի անկման անկյունը 55 աստիճան է, որովհետև Երևանի խզվածքը կարող է չլինել մեծ գրադիենտի անկումով վերնետք խզվածք՝ էլնելով պիլոտային խրամատի արդյունքներից:

(4) Խզվածքի խորությունը

Երևանի խզվածքի վերին սահմանի խորությունը 5կմ է, որը խոսում է այն մասին, որ Երևանի մոտ Երևանի խզվածքը կույր խզվածք է:

(5) Մագնիտուդը և դիրքը

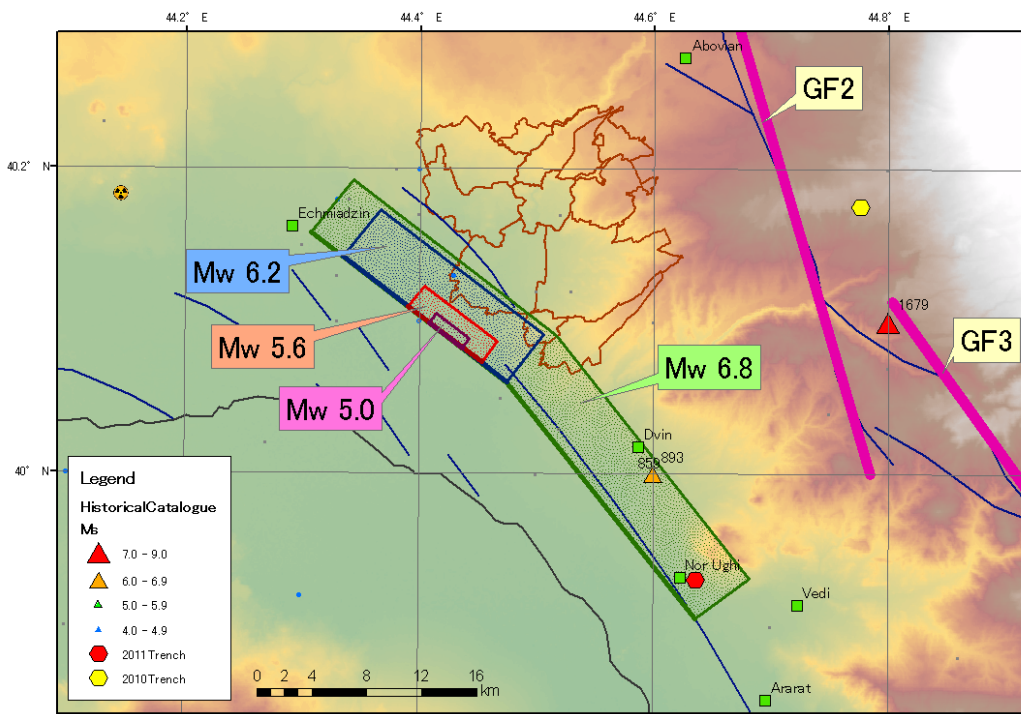
Ենթադրվում է, որ Երևանի խզվածքի երկարությունը առավելագույնը 30-40կմ է: Ելնելով Ուելսի և Կոպպերսմիթի (1994) առաջարկած էմպիրիկ հարաբերությունից՝ երկրաշարժի առավելագույն մոմենտ-մագնիտուդը, որը կարող է առաջանալ Երևանի խզվածքի ակտիվության հետևանքով, կարող է լինել $M_w=6.8$: Այնուամենայնիվ, հնարավոր է, որ Երևանի խզվածքի միայն մի փոքր մասը շարժվի, որի հետևանքով կարող է առաջանալ

ավելի փոքր մագնիտուդով երկրաշարժ: Ամենամեծ երկրաշարժը, որը տեղի է ունեցել Երևան քաղաքի հարավարևմտյան մասին մոտ վերջին տարիներին, եղել է Փարաքարին մոտ 4.6 մագնիտուդով 1937.1.7 երկրաշարժը: Երևան քաղաքին հասցված վնասը թեթև է եղել: Ելնելով սրանից՝ սահմանվել են 6.8 (առավելագույն), 6.2, 5.6 և 5.0 մագնիտուդները՝ երկրաշարժի տարբերությունը մագնիտուդի տարբերության միջոցով ներկայացնելու նպատակով: Այս համեմատաբար փոքր երկրաշարժերի համար խզվածքների երկարությունները գնահատվել են Ուելսի և Կոպպերսմիթի (1994) առաջարկված էմպիրիկ հարաբերությամբ: Խզվածքի դիրքը սահմանվել է որպես Փարաքարի մոտակայքում առավելագույն մագնիտուդով երկրաշարժի խզվածքի մոդելի մասը:

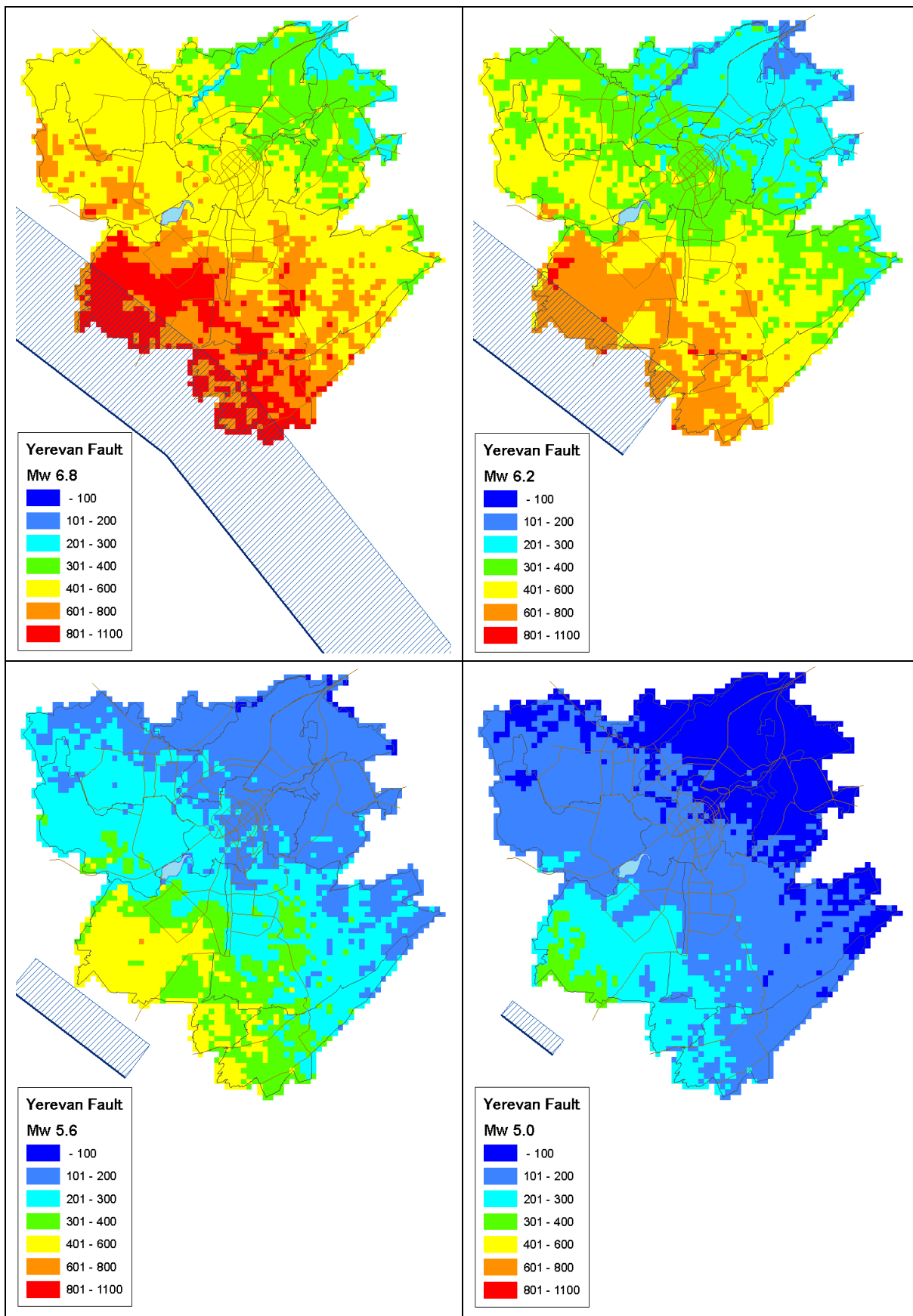
Արմատական ապարի շարժի վերլուծության մեթոդը նույնն է, ինչ 4.3 բաժնում նշված սցենարային երկրաշարժերինը: Ուժեղացման վերլուծության մեթոդը նույնն է, բայց մուտքային ալիքը միայն Ղուկասյանի ալիքն է, որը գրանցվել է Սպիտակի երկրաշարժի ժամանակ: Մակերևութային գրունտի հաշվարկված արագացումը ցույց է տրված նկար 4.4-2-ում:

Աղյուսակ 4.4-1 Երևանի խզվածքի պարամետրերը

	Երևանի խզվածք			
	6.8	6.2	5.6	5.0
Մոմենտ-Մագնիտուդը (Mw)	6.8	6.2	5.6	5.0
Խզվածքի տեսակը	Վերնետք խզվածք			
Երկարությունը (կմ)	40	15	6.7	3.0
Անկումը (աստիճան)	55 (դեպի հյուսիս-արևելք)			
Խորությունը (վերին - ստորին) (կմ)	5 - 12	5 - 11	5 - 8	5 - 6
Լայնությունը (կմ)	8.6	7.5	3.3	1.5



Նկար 4.4-1 Երևանի խզվածքի աղբյուրի մոդելները



Նկար 4.4-2 Գետնի մակերևույթին արագացման բաշխվածությունն Երևանի խզվածքի ակտիվության դեպքում

Հղումներ.

- Асланян, А. Т., 1954, Глубокий разлом вблизи от города Ереван. Сборник статей 6-ой конференции науки и технологии профессоров и лекторов Закавказского университета высоких технологии (на русском)
- Асланян, А. Т., 1958. Региональная геология Армении, Айпетрат, Ереван (на русском)
- Габриелян, А. А., 1959, Основные вопросы геотектоники в Армении. Издательство Академии Наук Армянской ССР, Ереван (на русском)
- Габриелян, А. А., Саргсян О. А. и Симонян Г. П., 1981, Сейсмоструктура Армянской ССР. Издательство Ереванского государственного университета, Ереван (на русском)
- Թովմասյան, Ա. Շ., 2008, Երևանի երկրաշարժերի ֆոկալ մեխանիզմները: Երկրաբանության և աշխարհագրության ժամանակակից հիմնական հարցերը, 297-305:
- Wells, D. L. and K. J. Coppersmith (1994) New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bull. Seismol. Soc. Am., 84, 974-1002.

Գեոդիսիկ հաշվետվություն.

Հաշվետվություն Երևանի խզվածքի վերաբերյալ, 43էջ