



নগর উন্নয়ন অধিদপ্তর

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার

জিওলজিকাল স্ট্যাডি এন্ড সিসমিক হাজার্ড এসেসমেন্ট

আন্ডার প্রিপারেশন অব ডেভেলপমেন্ট প্ল্যান ফর মিরসরাই উপজেলা

চিটাগং ডিসট্রিক্ট: রিস্ক সেন্সেটিভ ল্যান্ডইউজ প্ল্যান (এমইউডিপি)

প্যাকেজ নং ২ (দুই)

চূড়ান্ত প্রতিবেদন

আগস্ট, ২০১৮

প্রদানকারী



এনভাইরনমেন্ট এন্ড জিওস্প্যাসিয়াল সল্যুশনস (ইজিএস)

সুট-০৬, ১২তম তলা, ২১৮, সাহেরা ট্রপিকাল সেন্টার, এলিফ্যান্ট রোড, ঢাকা-১২০৫।

সূচিপত্র

সার সংক্ষেপ.....	১
১. অনুবন্ধ.....	৩
১.১ ভূমিকা.....	৩
১.২ অবস্থান ও যোগাযোগ ব্যবস্থা.....	৪
১.৩ লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য.....	৫
২. কর্মপদ্ধতি.....	৬
৩ সার্ফেস ও সাব সার্ফেস জিওলজি.....	৭
৩.১ সার্ফেস জিওলজি.....	৭
৩.২ সাবসার্ফেস ত্রিমাত্রিক মডেল.....	৯
৪ সিসমিক ঝুঁকি নিরূপণ.....	১২
৪.১ সিসমিক হাজার্ড অ্যাসেসমেন্ট.....	১২
৪.২ ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল ম্যাপিং.....	১৭
৪.৩ বিল্ডিং হাইট রিকমেন্ডেশন ম্যাপ.....	২১
৫ ল্যান্ডস্লাইড.....	২২
৬ লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইনডেক্স.....	২৪
৭ ল্যান্ড সুইটেবিলিটি.....	৩১
৮ পর্যালোচনা ও উপসংহার.....	৩৫

চিত্রের তালিকা

চিত্রের তালিকা.....	১
টেবিলের তালিকা.....	১
চিত্র-১: প্রকল্প এলাকার অবস্থান.....	৪
চিত্র-২: সার্ফেস জিওলজি.....	৭
চিত্র-৩ ত্রিমাত্রিক মডেল- ক. সাবসার্ফেসের লিথলজিক বর্ণনা; খ. উত্তর দিক থেকে ত্রিমাত্রিক মডেলের দৃশ্য; গ. দক্ষিণ দিক থেকে ত্রিমাত্রিক মডেলের দৃশ্য.....	১০
চিত্র-৪ ফাউন্ডেশন লেয়ারের বর্ণনা.....	১১
চিত্র-৫ পিজিএ ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা.....	১৩
চিত্র-৬ পিএসএ ০.২ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা.....	১৪
চিত্র-৭ পিএসএ ০.৩ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা.....	১৫
চিত্র-৮ পিএসএ ১.০ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা.....	১৬
চিত্র-৯ শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটি ম্যাপ.....	১৮
চিত্র-১০ সয়েল টাইপ ক্লাসিফিকেশন ম্যাপ.....	২০
চিত্র-১১ বিল্ডিং হাইট রিকমেন্ডেশন ম্যাপ.....	২১
চিত্র-১২ ল্যান্ডস্লাইড সাসেপটেবিলিটি ম্যাপ.....	২২
চিত্র-১৩ মিরসরাই উপজেলার চারটি সার্ফেস জিওলজি ইউনিটে এলপিআই মানের কুমুলেটিভ ফ্রিকুয়েন্সি.....	২৭
চিত্র-১৪ মিরসরাই উপজেলার লিকুইফ্যাকশন হাজার্ড ম্যাপ.....	২৮
চিত্র ১৫ ল্যান্ড সুইটেবিলিটি ম্যাপ.....	৩৩

টেবিলের তালিকা

টেবিল-১ পর্যবেক্ষণের তালিকা.....	৬
টেবিল-২ শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটি থেকে সয়েল টাইপ নির্ধারণ.....	১৯
টেবিল-৩ ল্যান্ডস্লাইড সাসেপটেবিলিটি পরিসংখ্যান.....	২৩
টেবিল-৪ ল্যান্ড সুইটেবিলিটির জন্য ব্যবহৃত রেটিং এবং ওয়েট মান.....	৩২
টেবিল-৫ অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য ল্যান্ড ক্লাসিফিকেশন.....	৩৪

সার সংক্ষেপ

নগর উন্নয়ন কর্তৃপক্ষ মিরসরাই উপজেলায় যুগোপযোগী উন্নয়ন প্রকল্পের আওতায় আনার জন্য সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেছে। এর পরিসরেই “অব ডেভেলপমেন্ট প্ল্যান ফর মিরসরাই উপজেলা চিটাগং ডিসট্রিক্ট: রিস্ক সেন্সিটিভ ল্যান্ডইউজ প্ল্যান (এমইউডিপি)” নামক প্রকল্পটি হাতে নিয়েছে। জিওলজিকাল স্ট্যাডি এন্ড সিসমিক হাজার্ড এসেসমেন্ট উন্নয়ন প্রকল্প বা প্ল্যানিং এর জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ অংশ। এই উন্নয়ন প্রকল্পে সাবসার্ফেস জিওলজিকাল ও জিওটেকনিকাল গবেষণাকে টেকসই ও মজবুত শহরায়নের হাতিয়ার হিসেবে গণ্য করা হয়েছে।

এই প্রকল্পের সময়কাল নির্ধারণ করা হয় ১৯ ডিসেম্বর, ২০১৭ থেকে ১৮ সেপ্টেম্বর ২০১৮। এই সময়কালে প্রকল্প এলাকার জিওলজিকাল, জিওফিজিক্যাল ও জিওটেকনিকাল পরীক্ষার কাজ সম্পন্ন হয়েছে। জিওটেকনিকাল সার্ভের মাধ্যমে পঁচিশি(৮৫)টি এসপিটি বোরিং (৩০মি. পর্যন্ত) থেকে প্রতি ১.৫ মি. উল্লম্ব দূরত্বে প্রকল্প এলাকার সয়েল স্যাম্পল সংগ্রহ করা হয়েছে এবং ল্যাব পরীক্ষা সম্পন্ন হয়েছে। জিওফিজিক্যাল সার্ভেতে অত্যাধুনিক যন্ত্রপাতির মাধ্যমে পনের(১৫)টি ডাউনহোল সিসমিক টেস্ট(পিএস লগিং), বিশ(২০)টি মাল্টি-চ্যানেল এনালাইসিস অব সারফেস ওয়েভ (এমএএসডব্লিউ) এবং ত্রিশ(৩০)টি মাইক্রোট্রেমর (সিগ্নাল অ্যারে)।

জিওটেকনিকাল টেস্টের মাধ্যমে ত্রিমাত্রিক মডেল তৈরি করা হয়েছে এবং ত্রিমাত্রিক মডেল এ বিভিন্ন লেয়ার এর বর্ণনা, এর বৈশিষ্ট্য, গঠন এবং লিথলজির প্রতিফলন তুলে ধরা হয়েছে। এন(N-Value) এর মানের (মাটির প্রতিরোধক্ষমতা) উপর ভিত্তি করে করা লেয়ারগুলোর মধ্যে লেয়ার ৩ ও লেয়ার ৫ কে ফাউন্ডেশন লেয়ার হিসেবে বিবেচনা করা হচ্ছে এবং এই লেয়ারগুলোর সিসমিক গতিবেগ ১৮০মি./সে. এর বেশি। ডাউনহোল সিসমিক টেস্ট (পিএস লগিং) এবং মাল্টি-চ্যানেল এনালাইসিস অব সারফেস ওয়েভ (এমএএসডব্লিউ) এর ফলাফল থেকে দেখা যায় প্রায় পুরো প্রকল্প এলাকাতে ৬.৩মি. থেকে ১২.৫মি. এর মধ্যেই এই ১৮০মি./সে. এর বেশি এস-ওয়েভ গতিবেগ পাওয়া যায় যা ফাউন্ডেশন লেয়ার হওয়ার উপযোগী। এই ফাউন্ডেশন লেয়ার পুরো মিরসরাই উপজেলাতেই ৬ থেকে ১৫ মি. গভীরতায় পরিবর্তনশীল।

আগামী ৫০ বছরে যথাক্রমে ২% এবং ১০% অতিক্রমের সম্ভাব্যতা অনুসারে ০.২, ০.৩ এবং ১ সেকেন্ডে পিক গ্রাউন্ড এক্সিলারেশন (পিজিএ) এবং স্পেক্ট্রাল এক্সিলারেশন (এসএ) এর স্থানিক বিন্যাসের মাধ্যমে সিসমিক হাজার্ড ম্যাপ তৈরি করা হয়েছে। এই পিজিএ এবং এসএ এর মান সাইট সহ এবং সাইটসহ উভয়রূপে বিবেচনায় আনা হয়েছে। তথাপি গ্রাউন্ড মোশন পূর্বেকার গবেষণার থেকে বেশি পাওয়া গিয়েছে। কারণ হিসেবে বলা যায় এই গবেষণায় উপযুক্ত গ্রাউন্ড মোশন প্রেডিকশন ইকুয়েশন এর ব্যবহার এবং সাইটএর প্রভাবের জন্য এভিএস৩০ এর উপাত্ত ব্যবহার।

উল্লেখ্য যে বিভিন্ন সোর্স প্যারামিটার ও অ্যাটেনুয়েশন মডেলের অনিশ্চয়তা কমানোর জন্য গবেষণায় আরও উন্নয়নের পথ খোলা রয়েছে। এই গবেষণাটি পুরো বাংলাদেশের সিসমিক হাজার্ড অ্যাসেসমেন্টের জন্য এবং সিসমিক ঝুঁকি কমানোর লক্ষ্যে দেশের বিভিন্ন কোড পর্যালোচনা করতে সাহায্য করবে।

মিরসরাই প্রকল্প এলাকায় পূর্বের ল্যান্ডস্লাইড ঘটনার পিছনে দায়ী ফ্যাক্টরগুলোকে গুরুত্ব দিয়ে ভূমিধ্বস ঝুঁকি বা ল্যান্ডস্লাইড সাসিপিটবিলাটি বের করা হয়েছে। তবে এই এলাকাটি তেমন ভূমিধ্বস ঝুঁকি প্রবণ নয় এবং সার্বিকভাবে (প্রায় ৮৫%) নিম্ন থেকে মধ্যম ভূমিধ্বস ঝুঁকির আওতাভুক্ত।

নাসিম ফেরদৌস

টিম লিডার এবং কো-অরডিনেটর

ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজি ও জিওটেকনিকাল ইউনিট

ই-মেইলঃ ferdous.nasim1@gmail.com

এনভাইরনমেন্ট এন্ড জিওস্প্যাসিয়াল সল্যুশনস (ইজিএস)

১. অনুবন্ধ

১.১ ভূমিকা

চট্টগ্রাম জেলার মিরসরাই পর্যটনের অপার সম্ভাবনাময় একটি উপজেলা। সঠিক এবং সুবিন্যস্তভাবে শহরায়নের পাশাপাশি যদি এখানের পর্যটনকে গড়ে তোলা যায়, এটি হতে পারে দেশবিদেশের মানুষজনের চিত্তবিনোদনের প্রাণকেন্দ্র। এর জন্য প্রয়োজন ভূমির সঠিক ব্যবহার, যার মূলে রয়েছে সঠিক পরিকল্পনা বা উপযুক্ত ল্যান্ডইউজ প্ল্যানিং।

ল্যান্ডইউজ প্ল্যানিং বর্তমানে আরবান ডেভেলপমেন্টের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ। কিন্তু সঠিকভাবে ল্যান্ডইউজ প্ল্যানিংএর মাধ্যমে আরবান ডেভেলপমেন্ট এখনো বাংলাদেশে সেভাবে গড়ে ওঠেনি। ল্যান্ডইউজ প্ল্যানিং এর পূর্বে ভবিষ্যৎ আরবান ডেভেলপমেন্ট সাইটগুলোর সার্ফেস ও সাবসার্ফেস জিওলজিকাল অবস্থা জানা এবং জিওলজিকাল হাজার্ড ও ঝুঁকি সম্পর্কে জানা অতীব জরুরি। এরজন্যই আরবান ডেভেলপমেন্টে পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে জিওলজিকাল এবং জিওটেকনিকাল সাইট ক্যারেক্টারাইজেশন এবং সম্ভাব্য ঝুঁকি নিরূপণ করা প্রয়োজন।

বাংলাদেশের আরবান ডেভেলপমেন্ট অতিক্রম গতিতে আগাচ্ছে। রিস্ক সেন্সিটিভ আরবান প্ল্যানিং আমাদের মত ঝুঁকিপূর্ণ অবস্থানে থাকা দেশের জন্য অতি আবশ্যিক। বিশেষত শহরের নিকটবর্তী অঞ্চল অথবা নতুন শহরায়নের জন্য নির্বাচিত স্থানগুলতে এর প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। বাংলাদেশ সরকার তাই মিরসরাই উপজেলাকে শহরায়নের লক্ষ্যে একটি ডেভেলপমেন্ট প্ল্যান তৈরি করেছে, যার অংশ স্বরূপ এখানের পর্যটন এলাকা সমূহের উন্নয়ন এবং একটি অর্থনৈতিক অঞ্চল গড়ে উঠছে। কিন্তু বাংলাদেশের অন্যান্য শহরের থেকে মিরসরাই বেশি ঝুঁকিতে রয়েছে, কারণ এটি একটি অত্যন্ত সক্রিয় সিসমো-টেক্টনিক জোনের ভেতর অবস্থিত। তাই আরবান কন্টেক্সটে ভূমিকম্প, ল্যান্ডস্লাইড, লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইত্যাদিকে বিবেচনায় আনা হয়েছে। ভূমিকম্পের ক্ষতি মোকাবেলায় নগর উন্নয়ন কর্তৃপক্ষকে ১৬ টি ইউনিয়ন, যথা- ইছাখালি, ওয়াহেদপুর, ওসমানপুর, করেরহাট, কাটাছরা, খৈয়াছরা, জোরওয়ারগঞ্জ, দুর্গাপুর, ধুম, মগাদিয়া, মায়ানী, মিঠানালা, মিরসরাই, শাহেরখালী, হাইতকান্দি এবং হিঙ্গুলী এর বসতিপূর্ণ এলাকায় পূর্বপ্রস্তুতি হিসেবে বিভিন্ন পদক্ষেপ গ্রহণ করতে হবে।

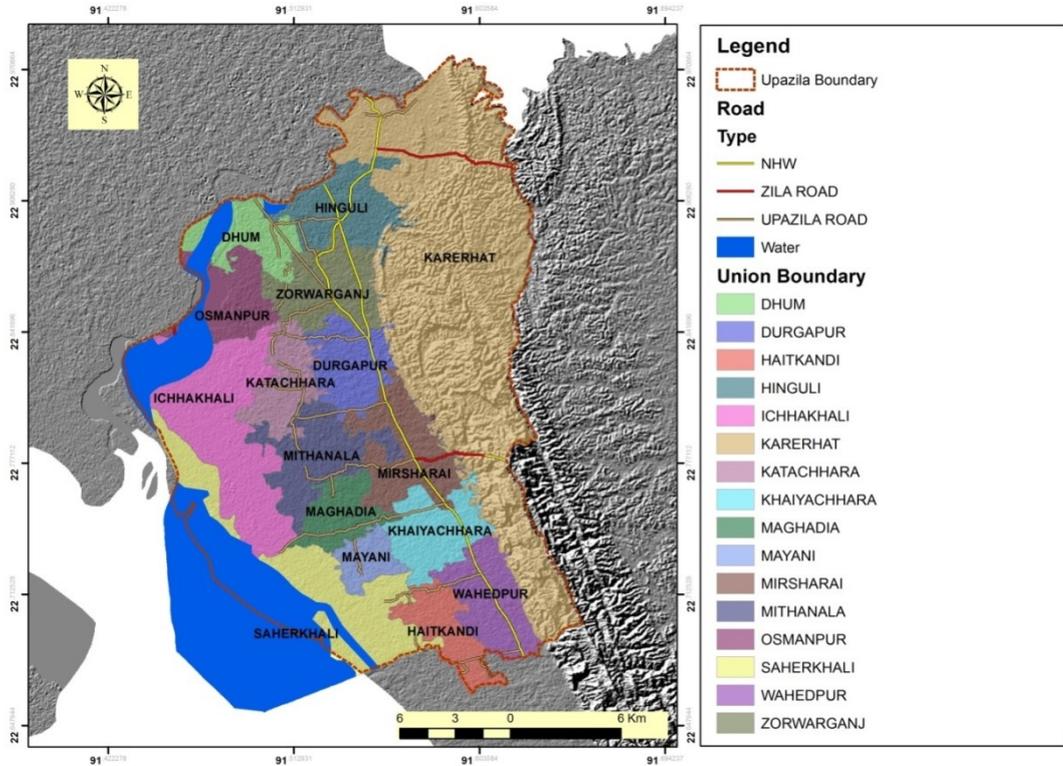
পাহাড়ি ঢালের স্থিতি নির্ণয় উন্নয়ন পরিকল্পনার আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ, বিশেষত যখন পাহাড়ি এলাকা প্রকল্প এলাকাধীন বা নিকটবর্তী। এই প্রকল্প এলাকাটির পূর্বে উত্তর দক্ষিণ দিক বরাবর একটি পাহাড়ি অঞ্চল রয়েছে বিধায় ঢালের স্থিতি নির্ণয় করা এবং ভূমিধ্বসের সম্ভাব্যতা নির্ণয় জরুরি। এক্ষেত্রে জিওলজিকাল, জিওটেকনিকাল এবং ডেম উপাত্ত ব্যবহার করা হয়েছে।

সর্বোপরি সম্ভাব্য সিসমিক হাজার্ড ও ঝুঁকি নিরূপণকে যুক্ত করে জিওলজিকাল ও জিওটেকনিকাল সাইট ক্যারেক্টারাইজেশন বর্তমানে বসতিপূর্ণ শহুরে ও গ্রাম এলাকার রিস্ক সেন্সিটিভ ল্যান্ডইউজ প্ল্যানিং এর জন্য

অপরিহার্য। তাই এনভাইরনমেন্ট এন্ড জিওস্প্যাসিয়াল সল্যুশনস (ইজিএস) কে এই প্রকল্পের জিওলজিকাল ও জিওটেকনিকাল গবেষণার কাজ ন্যাস্ত করা হয়েছে।

১.২ অবস্থান ও যোগাযোগ ব্যবস্থা

মিরসরাই উপজেলাটি চট্টগ্রাম জেলার অন্তর্ভুক্ত, যার আয়তন প্রায় ৪৮২.৮৮ বর্গমিটার (বিবিএস) / ৫০৯.৮০ বর্গমিটার। উপজেলাটি ২২°৩৯' থেকে ২২°৫৯' উত্তরঅক্ষাংশ এবং ৯১°৩৯' থেকে ৯১°২৭' পূর্বদ্রাঘিমাংশে অবস্থিত। এর উত্তরে ভারতের ত্রিপুরা রাজ্য, ছাগলনাইয়া ও ফেনী উপজেলা; দক্ষিণে সীতাকুণ্ড উপজেলা ও বঙ্গোপসাগর; পূর্বে ফটিকছড়ি উপজেলা এবং পশ্চিমে সোনাগাজী ও কোম্পানীগঞ্জ (নোয়াখালী) উপজেলা অবস্থিত। মিরসরাই গঠিত হয় ১৯০১ সালে এবং উপজেলার মর্যাদা পায় ১৯৮৩ সালে। মিরসরাই উপজেলায় ২টি পৌরসভা, ১৬টি ইউনিয়ন, এবং ১০৩টি মৌজা রয়েছে (প্রকল্প এলাকার অবস্থান চিত্র-১)।



চিত্র-১: প্রকল্প এলাকার অবস্থান

১.৩ লক্ষ্য ও উদ্দেশ্য

এই গবেষণার প্রধান উদ্দেশ্য হল মিরসরাই উপজেলা উন্নয়ন পরিকল্পনার অধীনে উপজেলাটির ১৬টি ইউনিয়নের যথা- ইছাখালি, ওয়াহেদপুর, ওসমানপুর, করেরহাট, কাটাছরা, খৈয়াছরা, জোরওয়ারগঞ্জ, দুর্গাপুর, ধুম, মগাদিয়া, মায়ানী, মিঠানালা, মিরসরাই, শাহেরখালী, হাইতকান্দি এবং হিঙ্গুলী এলাকায় সিসমিক হাজার্ড বিশ্লেষণ ও নিরূপণ করা।

প্রধান লক্ষ্য পূরণের জন্য নিম্নোক্ত কাজ গুলো সম্পন্ন করা হয়েছেঃ-

১. জিওলজিকাল ও জিওমরফোলজিক ম্যাপ প্রস্তুতকরণ
২. সাবসারফেসের ত্রিমাত্রিক লিথলজিকাল মডেল প্রস্তুতকরণ
৩. জিওটেকনিকাল ও জিওফিজিকাল উপাত্ত থেকে সয়েল ক্লাসিফিকেশন ম্যাপ প্রস্তুতকরণ
৪. এভিএস৩০ (AVS30) থেকে ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল ম্যাপ প্রস্তুতকরণ
৫. ফাউন্ডেশন লেয়ার চিহ্নিতকরণ এবং সাবসয়েলের ইঞ্জিনিয়ারিং প্রপার্টি প্রস্তুতকরণ
৬. পিজিএ, বর্তমান পারিপার্শ্বিক অবস্থায় আগামী ৫০ বছর সময়ে ১০% সম্ভাবনার জন্য ০.২ সেকেন্ড ও ১.০ সেকেন্ড সময়কালের এসএ(টি) ম্যাপ প্রস্তুতকরণ
৭. ভবনের উচ্চতার ক্ষেত্রে ঝুঁকির সংবেদনশীলতা নির্ণয়
৮. ভূমিধ্বসের ঝুঁকিপ্রবণ এলাকা চিহ্নিতকরণ
৯. লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইনডেক্স (এল পি আই) প্রস্তুতকরণ
১০. বিভিন্ন ধরনের বিপদগুলি হ্রাসের পরিকল্পনা ও নীতিমালা প্রণয়ন এবং বিভিন্ন ধরনের বিপদগুলি হ্রাসের পরিকল্পনা, জলবায়ু পরিবর্তনের প্রতিকূল প্রভাবগুলি কমানো এবং অঞ্চলের সম্ভাব্য অভিযোজন কৌশলগুলির সুপারিশ প্রণয়ন

২. কর্মপদ্ধতি

এই প্রকল্পের মূল কর্মপদ্ধতি মাঠ পর্যায় বিশ্লেষণ ও ল্যাবরেটরি বিশ্লেষণ উভয়যোগে গঠিত। প্রকল্পের মূল কাজ হিসেবে ভূমির জিওমরফোলজিকাল, জিওটেকনিকাল ও জিওফিজিকাল উপাত্ত সংগ্রহ, বিশ্লেষণ ও নিরীক্ষণ করা হয়। জিওমরফোলজিকাল উপাত্ত সংগ্রহ করা হয় ভূ-উপগ্রহ থেকে প্রাপ্ত ছবি থেকে। মাঠ পর্যায় বোরিং, স্ট্যান্ডার্ড পেনেট্রেশন টেস্ট (এসপিটি) এবং ল্যাবরেটরিতে ফিজিক্যাল প্রপার্টি টেস্ট(যেমন- পার্টিকেল সাইজ এনালাইসিস, আটারবার্গ লিমিট, ডিরেক্ট শিয়ার টেস্ট আনকনফাইন্ড কম্প্রেশনাল স্ট্রেন্থ টেস্ট ও আনডিস্টার্বড মাটির ট্রাইএক্সিয়াল টেস্ট) করা হয়। জিওফিজিকাল উপাত্ত সংগ্রহের লক্ষ্যে ডাউন-হোল সিসমিক টেস্ট (পিএস লগিং), মাল্টি-চ্যানেল এনালাইসিস অব সারফেস ওয়েভ (এমএএসডব্লিউ) এবং সিগ্নাল মাইক্রোট্রেমর সার্ভে করা হয়।

ভূতাত্ত্বিক ঝুঁকি এবং ক্ষতি মূল্যায়নের উদ্দেশ্যে সাধারণত জিওফিজিক্যাল টেস্ট পরিচালিত হয়। স্বল্প গভীর ভূমির ওয়েভ ফর্ম ডেটা থেকে প্রাপ্ত সিসমিক ওয়েভ প্রপাগেশন বেগ বিশ্লেষণ করে ভূমিকম্প ঝুঁকি বের করা হয়। অন্যদিকে মাটির অবকাঠামো বা ভবনের ফাউন্ডেশন এর ডিজাইনের ক্ষেত্রে জিওটেকনিকাল টেস্টের বিকল্প নেই। কারণ সাধারণত স্বল্প গভীর সয়েল ও রকের ফিজিক্যাল প্রপার্টি বের করার জন্যই জিওটেকনিকাল টেস্টগুলো করা হয়।

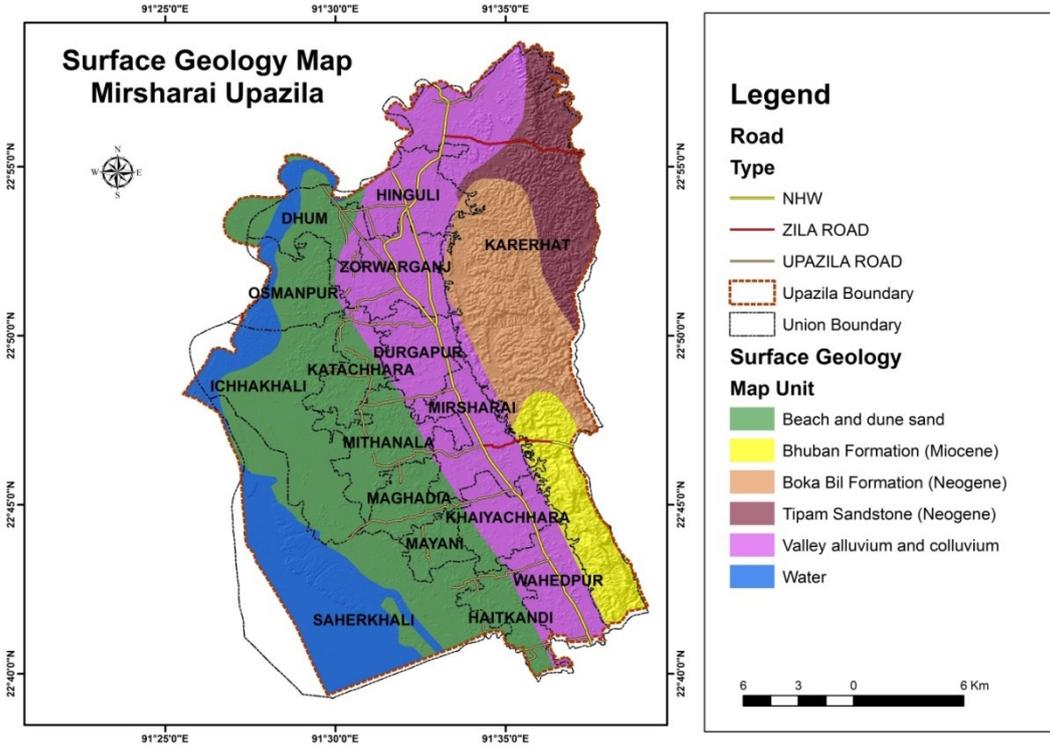
টেবিল-১ পর্যবেক্ষণের তালিকা

ইউনিয়ন	পর্যবেক্ষণের নাম			
	বোরহোল ও এসপিটি (৩০মি.)	পিএস লগিং (৩০মি.)	এমএএস ডবলইউ	সিগ্নাল মাইক্রোট্রেমর
ইছাখালি, ওয়াহেদপুর, ওসমানপুর, করেরহাট, ধুম, কাটাছরা, খৈয়াছরা, জোরওয়ারগঞ্জ, দুর্গাপুর, মগাদিয়া, মায়ানী, মিঠানালা, মিরসরাই, শাহেরখালী, হাইতকান্দি এবং হিঙ্গুলী	৮৫	১৫	২০	৩০

৩ সার্ফেস ও সাব সার্ফেস জিওলজি

৩.১ সার্ফেস জিওলজি

জিওলজি সাধারণত রক ও সেডিমেন্টের ধরণ ও প্রকৃতি বর্ণনা করে। এধরণের প্রকল্পের জন্য উপকরণগুলোর প্রকৃতি ও বৈশিষ্ট্য; এর সৃষ্টি এবং পরিবর্তনের চলমান প্রক্রিয়া সম্পর্কে ভালো জ্ঞান থাকা অপরিহার্য। জিওমরফোলজিকাল জ্ঞান এই প্রক্রিয়া বুঝতে অনেক সাহায্য করে। অবস্থানগতভাবে বাংলাদেশ একটি সক্রিয় সিসমিক জোনের অন্তর্গত, যেখানে সেডিমেন্টগুলো যেমন নদীপ্রবাহের মাধ্যমে প্রভাবিত হয়, তেমনি সিসমিক একটিভটির মাধ্যমেও প্রভাবিত হয়। বাংলাদেশের জিওলজিতে নদীগুলোর প্রভাব সব থেকে বেশি। ক্রমবহমান নদীগুলো এর জীবনকালে প্রচুর দিকপরিবর্তন করে থাকে, এবং এই পরিবর্তনগুলো এত দ্রুতের সাথে হয় যে ভবিষ্য ধারণা করা দুষ্কর। যার জন্য বাংলাদেশের টোপোলজিকাল ফিচার সারফেস জিওলজিকে অনেক বিচিত্র করে তুলেছে।



চিত্র-২: সার্ফেস জিওলজি

প্রকল্প এলাকায় নিম্নোক্ত ফরমেশনগুলো পাওয়া যায়ঃ

- **ভুবন ফরমেশনঃ** মায়োসিন যুগের এই ফরমেশনটি বোকাবিল ফরমেশনের ঠিক নিচে এবং অনেক ক্ষেত্রে এদের মধ্যকার সীমানা নির্ধারণ করা যায় না। মূলত ম্যাসিভ, বাদামী বেলেপাথর ও শেল ও সিল্টস্টোন নিয়ে গঠিত।
- **বোকাবিল ফরমেশনঃ** এই ফরমেশনটি মূলত সিলিট শেল, শেল, সিল্টস্টোন এবং বেলেপাথরের সমন্বয়ে গঠিত। এটির উর্ধ্ব সীমানায় টিপাম বেলেপাথর ফরমেশন্টির সাথে আনকনফারম্যাবল অবস্থায় রয়েছে কিন্তু নিম্ন সীমানায় ভুবন ফরমেশনের সাথে কনফারম্যাবল অবস্থায় রয়েছে।
- **টিপাম বেলেপাথর ফরমেশনঃ** মূলত বড়-দানার বেলেপাথর নিয়ে এই ফরমেশনটি গঠিত। এই বেলেপাথর সাধারণত হালকা ধূসর থেকে হালকা বাদামী রঙের, ক্রস বেডেড বা ম্যাসিভ প্রকৃতির।
- **উপত্যকার অ্যালুভিয়াম ও পাহাড়ি কলুভিয়ামঃ** এই ধরনের ফরমেশন খুবই সাম্প্রতিক (হলোসিন যুগ) পাহাড়ি উপত্যকায় নদীবাহিত হয়ে সাধারণত অ্যালুভিয়াম জমা হয়, অন্যদিকে কলুভিয়াম জমা হয় পাহাড়ের চূড়া ও স্লোপে।
- **বীচ ও ডুন স্যান্ডঃ** নদীবাহিত বালুকণা সমুদ্রে আসার পর টাইড ও ওয়েভ এর প্রভাবে তীরে জমা হয়। এই বালুকা প্রতিনিয়ত আবার টাইড ও ওয়েভ এর প্রভাবে সর্টিং হয় এবং নির্দিষ্ট আকারের বালু তীর এ অবশিষ্ট থাকে। অন্যদিকে বায়ুবাহিত হয়ে এই বালুকা এবং অন্যান্য বায়ুবাহিত বালুকা তীরবর্তী এলাকাসমূহে ডুন তৈরি করে, যা ১মি. থেকে ১০মি. পর্যন্ত উঁচু হতে পারে।

৩.২ সাবসার্ফেস ত্রিমাত্রিক মডেল

২৫০মি. X ২৫০মি. গ্রিড প্যাটার্ন অনুযায়ী এসপিটি টেস্ট এর স্থান নির্ধারণ এবং সেসব স্থানে বোরহোলের মাধ্যমে স্বল্প গভীর মাটির জিওলজিকাল বৈশিষ্ট্য দেখা হয়েছে। এই ত্রিমাত্রিক মডেল এ বিভিন্ন লেয়ার এর বর্ণনা, এর বৈশিষ্ট্য, গঠন এবং লিথলজির প্রতিফলন তুলে ধরা হয়েছে।

লিথলজিকাল ক্রসসেকশন থেকে দেখা যায় এই এলাকার জিওলজি খুবই জটিল। এখানে পূর্বে উচ্চ টেরাস এবং পশ্চিমে ঢালু সমতল যা বঙ্গোপসাগরে গিয়ে শেষ হয়। বোর লগ থেকে আমরা ৮ ধরনের লিথফেসিস দেখতে পাই, যা লেয়ার-১ থেকে লেয়ার-৮ পর্যন্ত নামকরণ করা হয়েছে এবং প্রত্যেক লেয়ারের নিজস্ব বৈশিষ্ট্যটামূলক লিথলজিকাল প্রকৃতি, এসপিটি কাউন্ট, টেক্সচার ইত্যাদি রয়েছে (চিত্রঃ-৩ এর “ক” বর্ণিত)। চিত্র-৩ “খ” ও “গ” তে প্রকল্প এলাকার ত্রিমাত্রিক মডেলের যথাক্রমে উত্তরদক্ষিণ এলাকা এবং দক্ষিণপশ্চিম এলাকা দেখানো হয়েছে।

জিওলজিক তথ্য ও উপাত্ত নিরীক্ষণ করে ফাউন্ডেশন লেয়ার নির্বাচন করা হয়, এবং ২৫০মি. X ২৫০মি. গ্রিডের মাধ্যমে উপস্থাপন করা হয় (চিত্র-৪). এন(N-Value) এর মানের (মাটির প্রতিরোধক্ষমতা) উপর ভিত্তি করে লেয়ার ৩ ও লেয়ার ৫ কে ফাউন্ডেশন লেয়ার হিসেবে বিবেচনা করা হচ্ছে। এর মধ্যে লেয়ার ৩ মিরসরাই উপজেলার প্রায় সব এলাকা জুড়েই পাওয়া যায়। করেরহাট ইউনিয়ন এবং পার্শ্ববর্তী এলাকার উত্তরাংশে শুধুমাত্র লেয়ার ৫ কে বিবেচনা করা হয়েছে। করেরহাট ইউনিয়নের উত্তরাংশ, জোরারগঞ্জের কেন্দ্রীয় অংশ, দুর্গাপুরের দক্ষিণ-পূর্ব অংশ এবং ওয়াহেদপুর, মিরসরাই খইয়াছড়ার পূর্ব অংশ এবং মিঠানালা ইউনিয়নের দক্ষিণ-পশ্চিমাঞ্চলের অংশটি অগভীর ফাউন্ডেশনের উপযুক্ত। মিরসরাই উপজেলার মোট এলাকার বেশিরভাগ অঞ্চলে ফাউন্ডেশন গভীরতা ৩ মি. থেকে ১০মি. এর মধ্যে এবং খুব কম এলাকাতেই ফাউন্ডেশন লেয়ারের গভীরতা ১০মি. এর বেশি।

ক.

Lithological Description

Layer-1: Brownish Gray Soft to Stiff Clayey SILT/Silty CLAY with Very Fine Sand

Layer-2: Gray Loose to Medium Dense Very Fine to Fine SAND with Silt

Layer-3: Gray Medium Dense Medium to Fine SAND

Layer-4: Brown to Gray Medium to Very Stiff Clayey SILT with Very Fine Sand

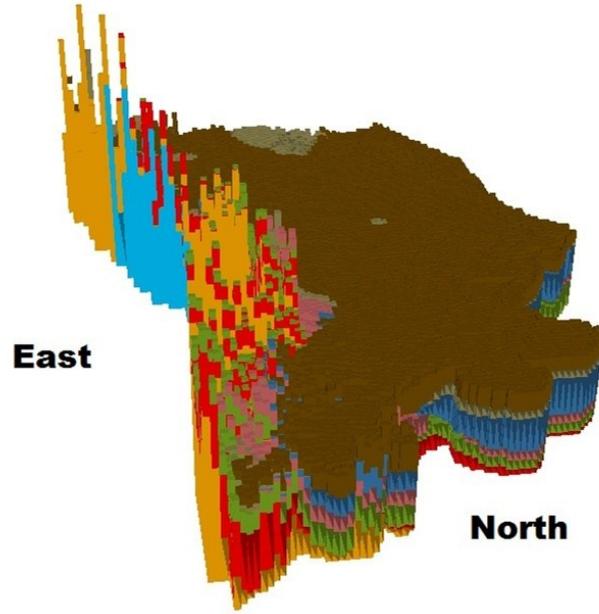
Layer-5: Brown to Gray Medium Dense to Very Dense Medium to Fine SAND

Layer-6: Brown to Gray Very Stiff Clayey SILT

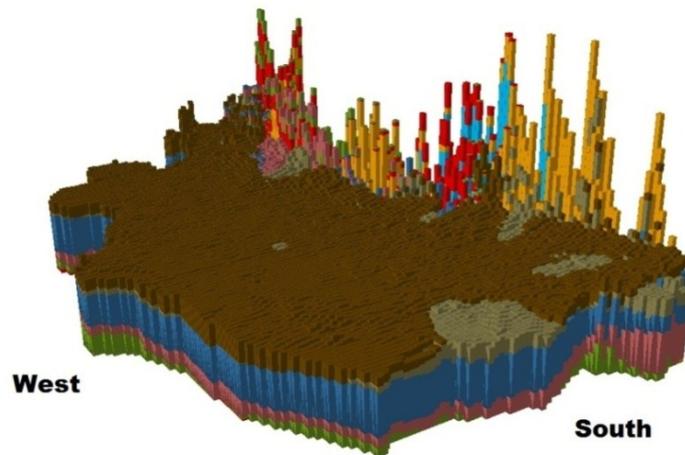
Layer-7: Reddish Brown to Gray Dense to Very Dense Medium to Fine SAND

Layer-8: Brownish Gray Very Hard CLAY/SHALE

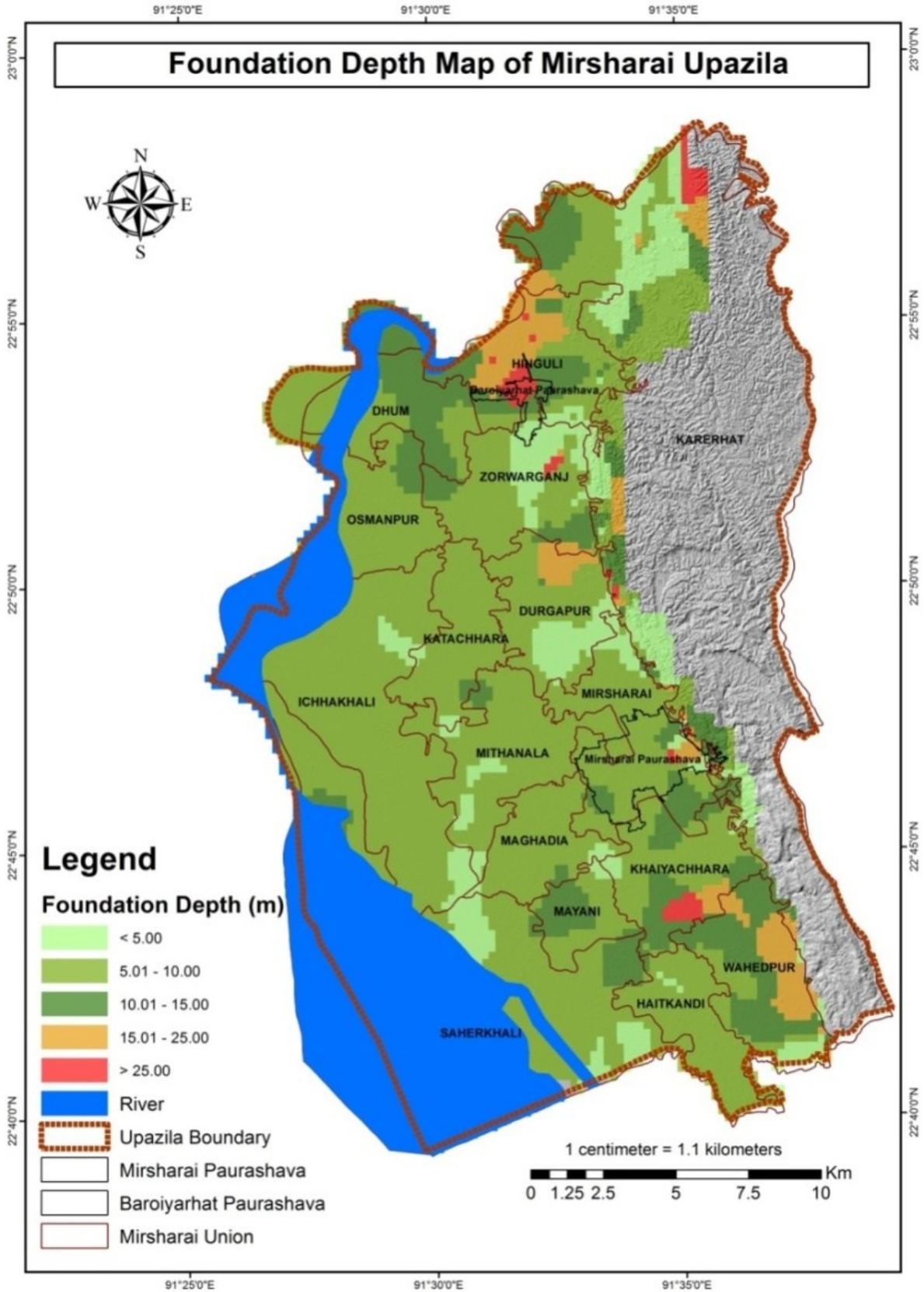
খ.



গ.



চিত্র-৩ ত্রিমাত্রিক মডেল- ক.সাবসার্ফেসের লিথলজিক বর্ণনা; খ. উত্তর দিক থেকে ত্রিমাত্রিক মডেলের দৃশ্য; গ. দক্ষিণ দিক থেকে ত্রিমাত্রিক মডেলের দৃশ্য



চিত্র-৪ ফাউন্ডেশন লেয়ারের বর্ণনা

৪ সিসমিক ঝুঁকি নিরূপণ

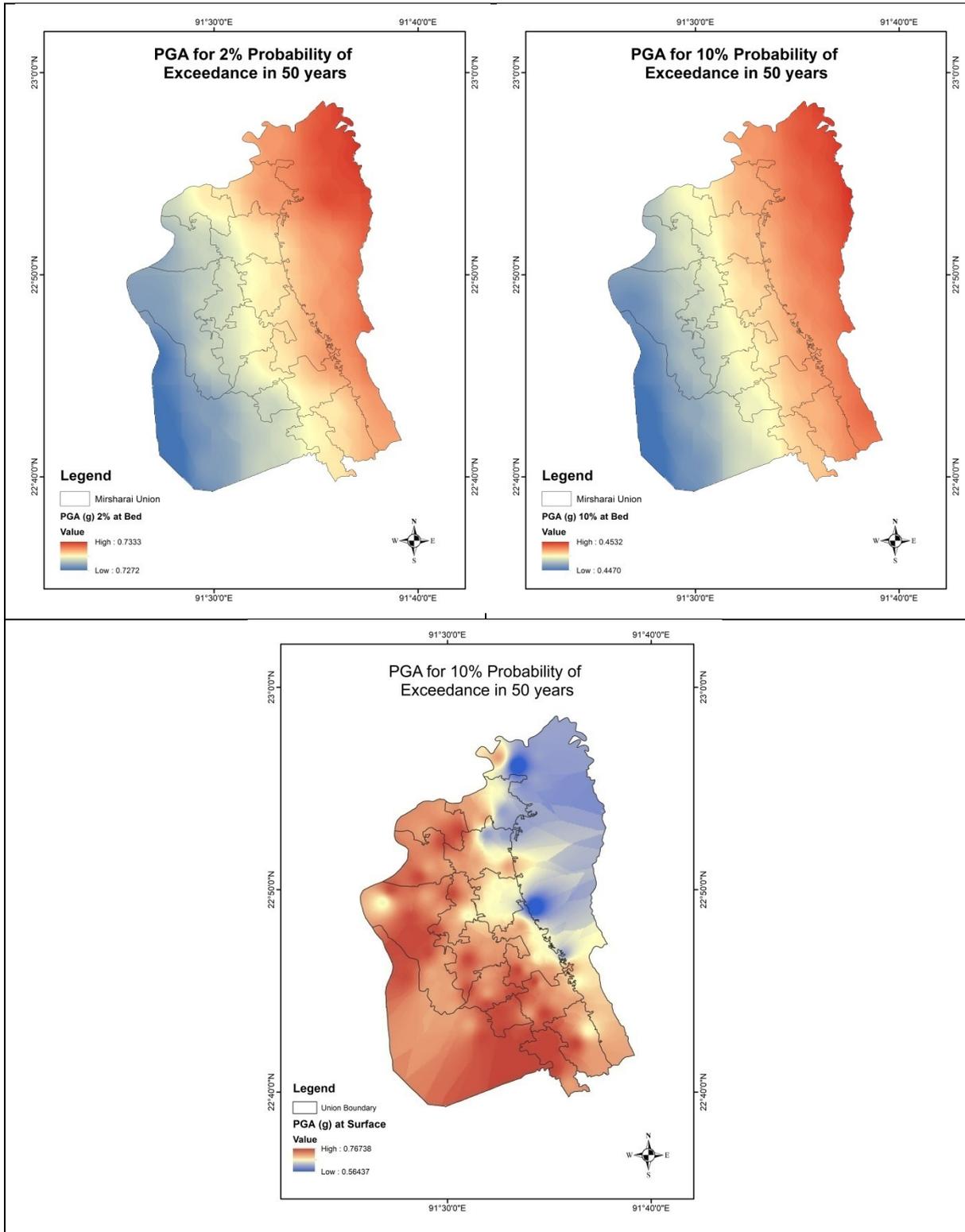
৪.১ সিসমিক হাজার্ড অ্যাসেসমেন্ট

৪. সিসমিক হাজার্ড বলতে সাধারণ অর্থে ভূমিকম্পের সাথে সম্পর্কিত সম্ভাব্য ক্ষতিকর ঘটনা যেমনঃ ভূমিকম্প , লিকুইফ্যাকশন, ভূমিধ্বস,সুনামি ইত্যাদিকে বোঝায়। সুনির্দিষ্টভাবে বললে সিসমিক হাজার্ড হোল কোন একটি স্থান বা অঞ্চলে নির্দিষ্ট সময়ের মধ্যে নির্দিষ্ট মাত্রার ক্ষতিকারক ঘটনা ঘটার প্রাবল্লতা বা সম্ভাবনা। কাঠামোগত নির্ভরযোগ্যতার প্রেক্ষাপটে উন্নত ডিজাইন করার জন্যই সিসমিক হাজার্ডের সম্ভাবনা নিরূপণ করা হচ্ছে। (Cornell, 1968; Cornell, 1969)

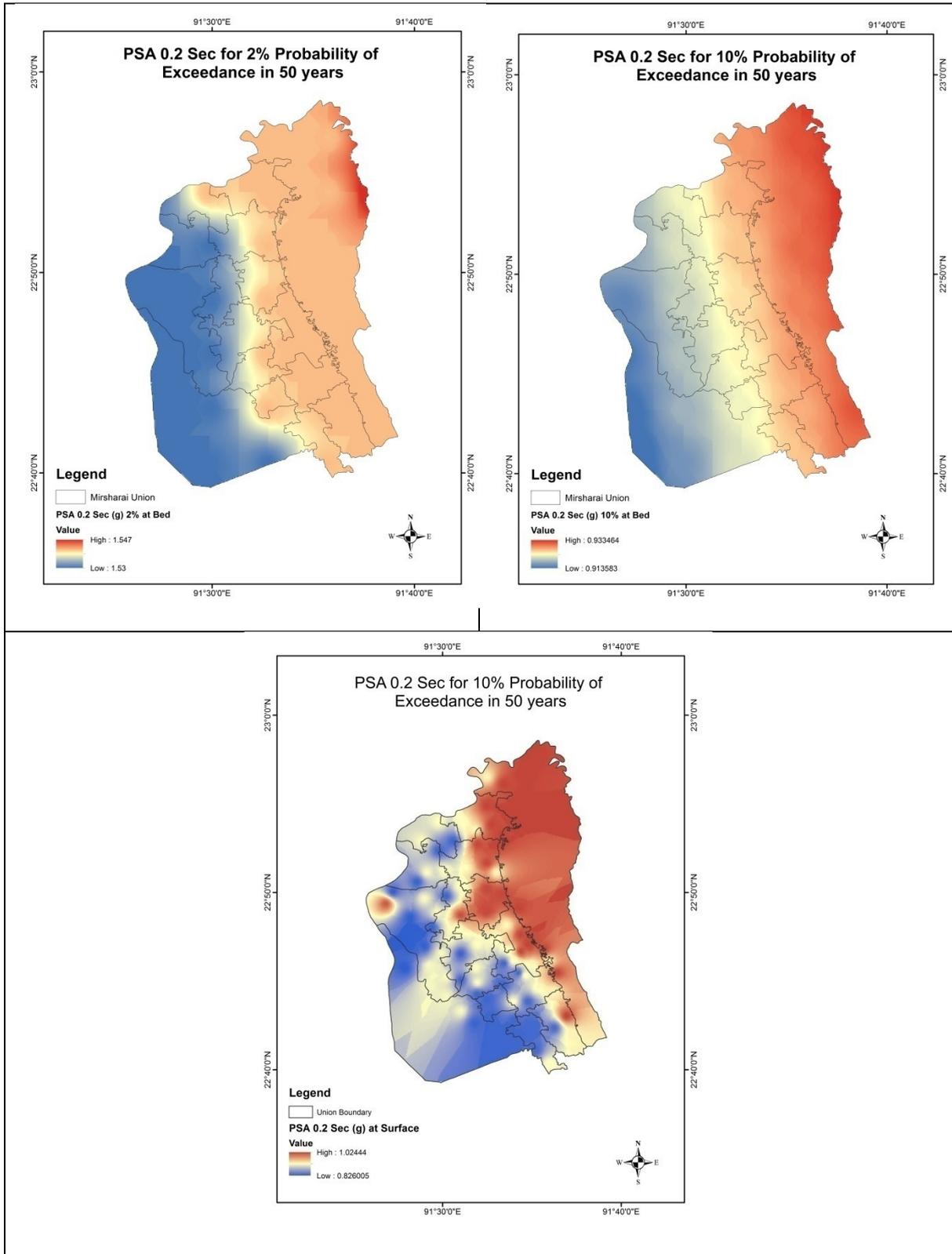
নিম্নে ৪৭৫ ও ২৪৭৫ বছর প্রত্যাবর্তনকালে আগামী ৫০ বছরে যথাক্রমে ১০% এবং ২% অতিক্রমের সম্ভাব্যতা অনুসারে ০.২, ০.৩ এবং ১ সেকেন্ডে পিজিএ এবং পিএসএ এরস্থানিক বিন্যাসের মাধ্যমে সিসমিক হাজার্ড ম্যাপ দেয়া হয়েছে।। প্রত্যাবর্তনকাল বিবেচনা করা হয় কারণ এটি পিজিএ এর মান প্রকাশের সর্বাধিক ব্যবহৃত মাধ্যম এবং বিল্ডিং কোড অনুযায়ী ৪৭৫ ও ২৪৭৫ বছর প্রত্যাবর্তনকালে আগামী ৫০ বছরে যথাক্রমে ১০% এবং ২% অতিক্রমের সম্ভাব্যতা অনুসারে ০.২, ০.৩ এবং ১ সেকেন্ডে স্পেক্ট্রাল এক্সেলারেশনের সাথে তুলনা করতে সুবিধা হয়।

বাংলাদেশের জন্য ১০% অতিক্রমের সম্ভাব্যতায় সম্ভাব্য পিজিএ এর রেঞ্জ ০.০৯৭ জি থেকে সর্বোচ্চ .৭২জি। প্রত্যাবর্তনকাল বেড়ে ২৪৭৫ বছর হলে পিজিএ এর মান ও বেড়ে যায় এবং তখন ০.১৮জি থেকে সর্বোচ্চ ১.২৭জি এ উন্নীত হয়। দুই ক্ষেত্রেই স্থানিক বিন্যাস একই ধরণের। দক্ষিণপূর্ব ও উত্তরপূর্ব অঞ্চল (প্রধানত চট্টগ্রাম ও সিলেট) সর্বাধিক পিজিএ মান দেখা যায় যা ০.৫জি থেকে বেশি, যেখানে ঢাকা সহ দেশের মধ্যবর্তী অঞ্চলে ০.২জি থেকে ০.৪জি এর মধ্যে পরিবর্তনশীল। পূর্বাঞ্চলে এই বেশি হাজার্ডের আওতাভুক্ত হওয়ার প্রধান কারণ রাশ্রী সাবডাকশন জোন এবং চিটাগাং ত্রিপুরা ফোল্ড বেল্ট এর প্রভাব।

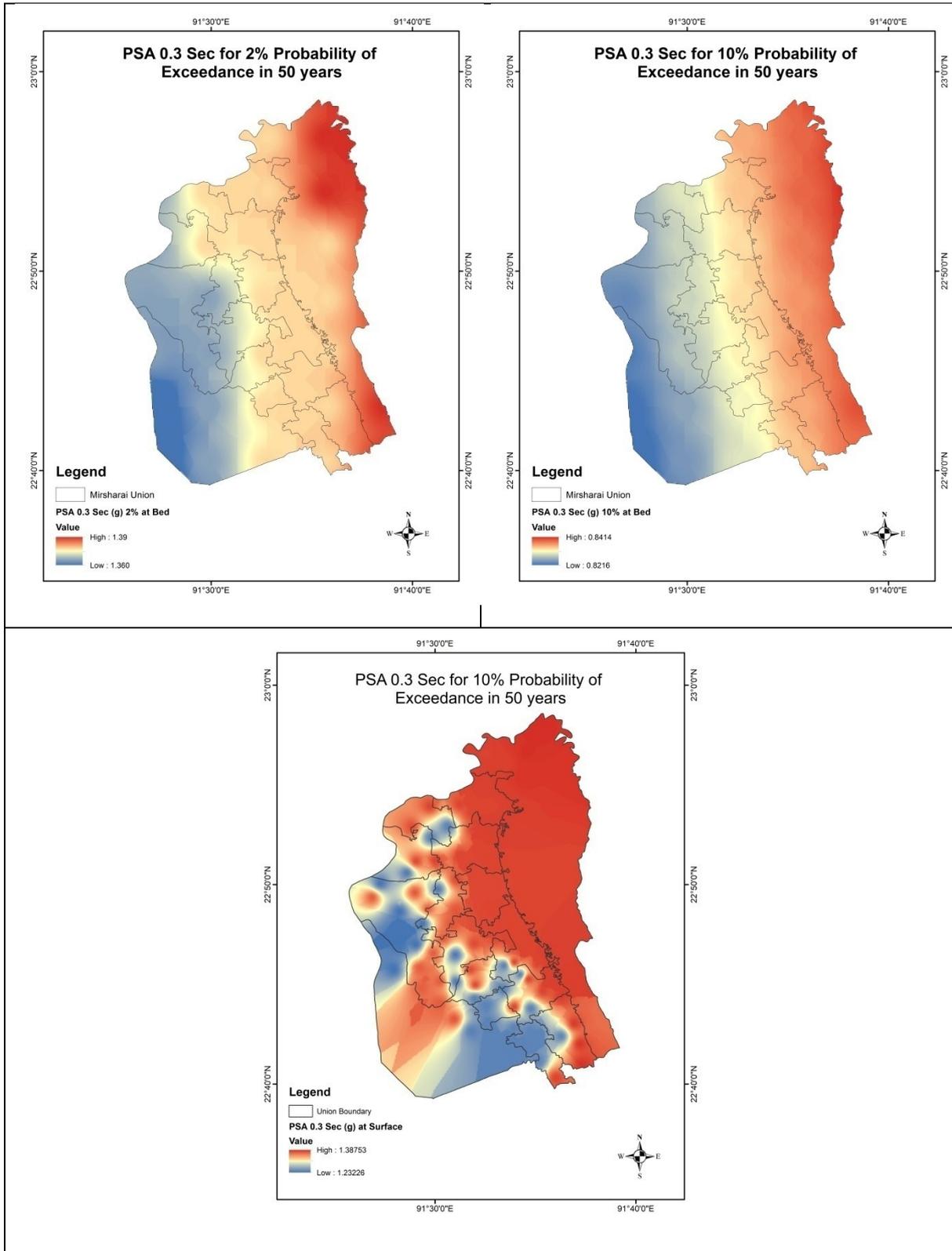
প্রকল্প এলাকা থেকে প্রাপ্ত ফলাফলে দেখা যায় সাইটে ১০% অতিক্রমের সম্ভাব্যতায় পিজিএ এর মান ০.৫৬৪৩৭ থেকে ০.৭৬৭৩৮জি এর মধ্যে পরিবর্তনশীল। অপরদিকে এসএ ০.২সেকেন্ডের জন্য ০.৮২৬০০৫ থেকে ১.০২৪৪৪জি; ০.৩ সেকেন্ডের জন্য ১.২৩২২৬ থেকে ১.৩৮৭৫৩জি এবং ১.০ সেকেন্ড এর জন্য ০.৬০৭৯৭৫ থেকে ০.৯৪৪৫৭৯জি এর মধ্যে পরিবর্তনশীল।



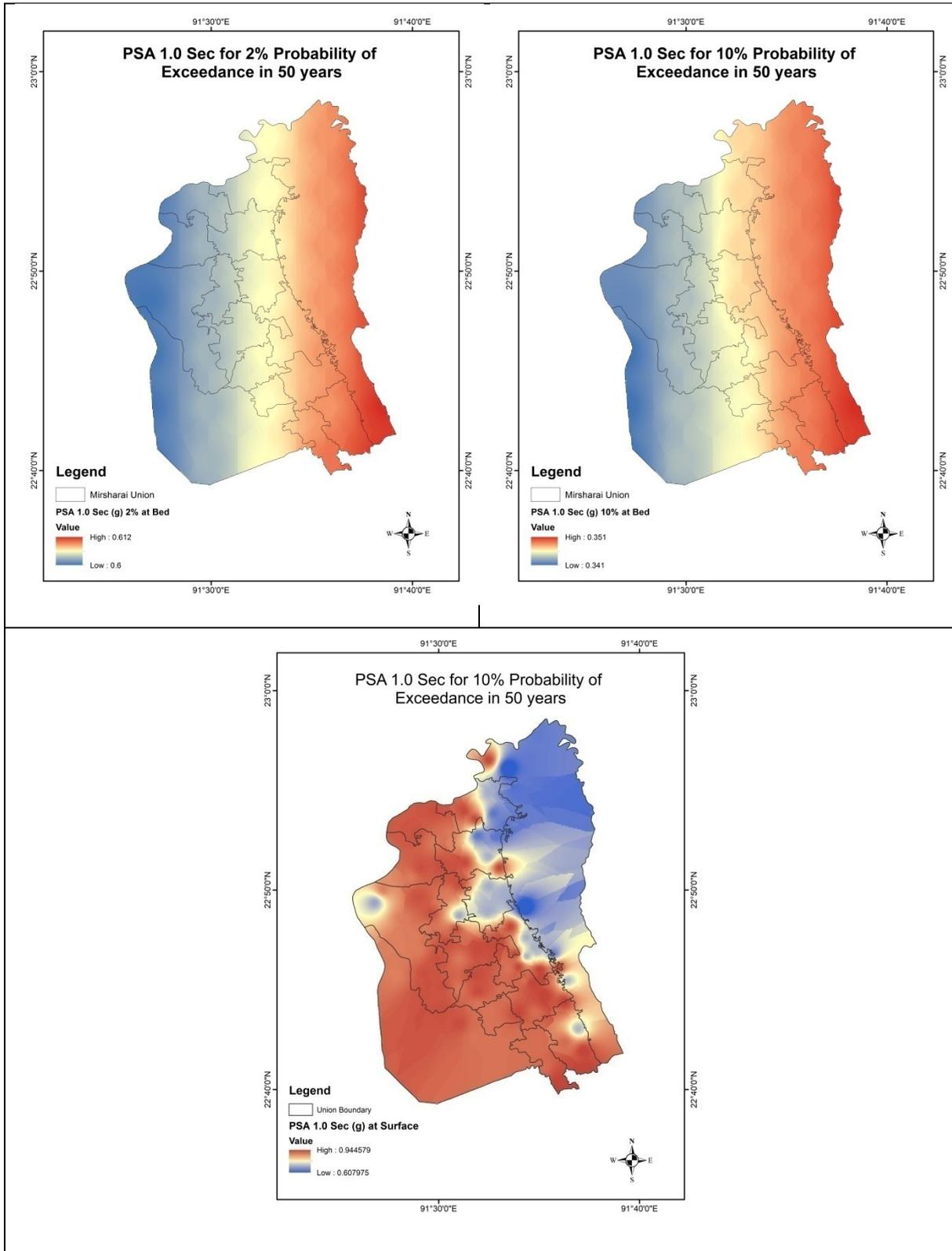
চিত্র-৫ পিজিএ ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা



চিত্র-৬ পিএসএ ০.২ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা



চিত্র-৭ পিএসএ ০.৩ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা



চিত্র-৮ পিএসএ ১.০ সেকেন্ড ম্যাপ- ৫০ বছরে ক. ২%; খ. ১০% (সাইট ব্যাতিত); গ. ১০% (সাইট সহ) অতিক্রমের সম্ভাবনা

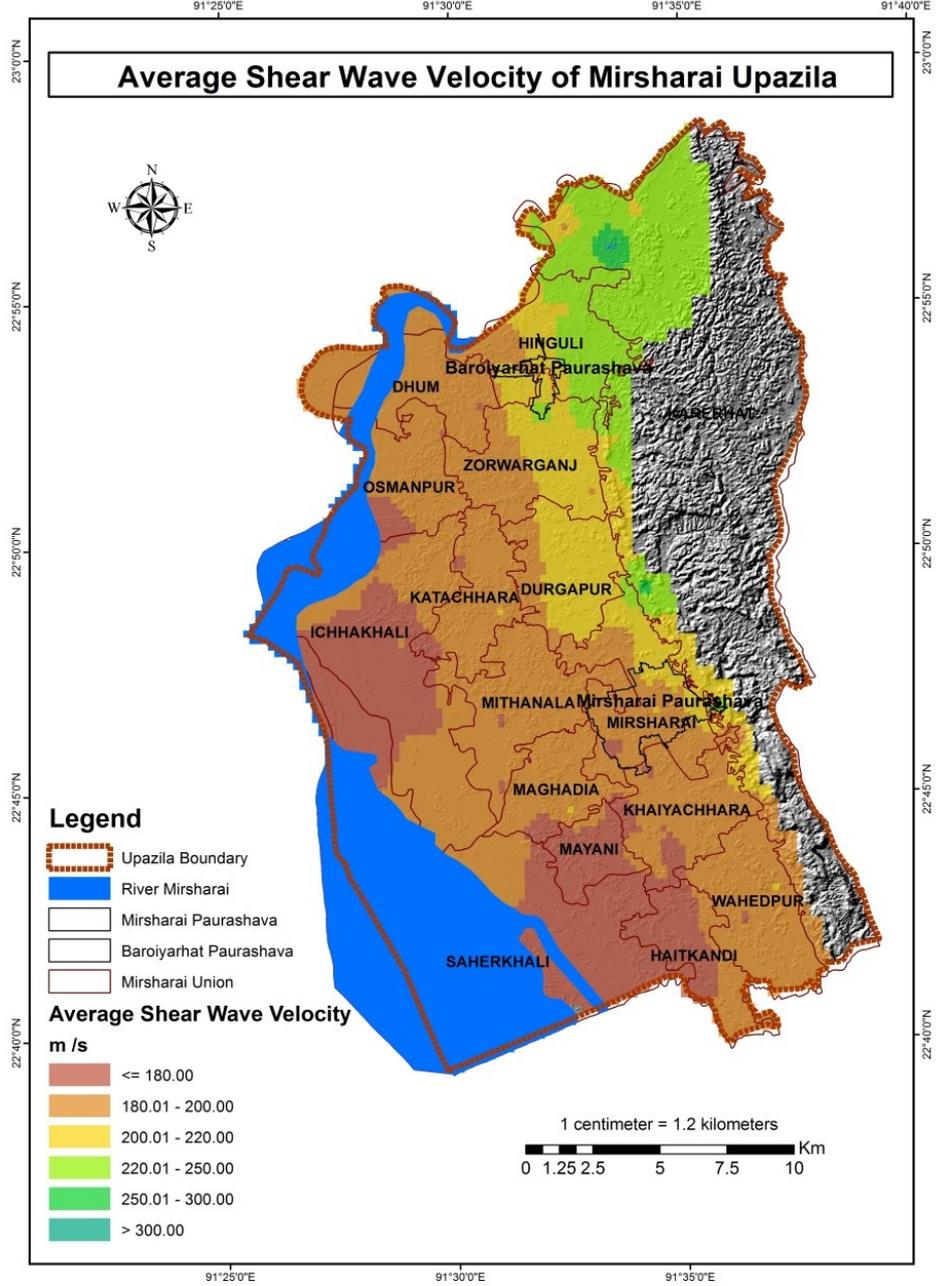
৪.২ ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল ম্যাপিং

সাধারণত কাজের ধরণ ও প্রয়োজনীয়তা অনুযায়ী বিভিন্ন ধরণের “ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল ম্যাপিং” করা হয়ে থাকে। যেমন পরিকল্পিত ভবনের জন্য উপযুক্ত ফাউন্ডেশন লেয়ার জানার প্রয়োজন হলে জিওটেকনিকাল সেটংগ বের করে জিওলজিকাল ম্যাপ করা হয়, আবার যদি ভূগর্ভস্থ পানির উৎস জানার প্রয়োজন হয় তখন সয়েলের পারমিয়াবিলিটির উপর ভিত্তি করে জিওলজিকাল ম্যাপ তৈরি করা হয়।

এই প্রকল্পে আমাদের মূল উদ্দেশ্যটি ভূমিকম্প সম্পর্কীয়, তাই সিসমিক হাজার্ড বের করার জন্য আমাদের প্রয়োজন সয়েলের ইঞ্জিনিয়ারিং বৈশিষ্ট্য জানা। সিসমিক হাজার্ড বের করার জন্য ভূপৃষ্ঠে সিসমিক ওয়েভের গতি জানা মৌলিক কাজ। সাধারণত এটি বের করার হয় এস-ওয়েভ ভেলোসিটি থেকে। তাই এই প্রকল্পে এস-ওয়েভ ভেলোসিটিকে ভিত্তি করেই “ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল ম্যাপ” করা হয়েছে।

উল্লেখ্য সিসমিক গ্রাউন্ড ওয়েভ এনালাইসিসে বিশেষত এম্পিরিকাল মেথডে সয়েলের অ্যামপ্লিফিকেশন বের করতে এবং গ্রাউন্ড মডেল তৈরি করতে ৩০ গভীরতা পর্যন্ত মাটির গড় এস-ওয়েভ বেগ (এভিএস৩০) নির্ণয় করা হয়। একারণে “এভিএস৩০ এর উপর ভিত্তি করে সয়েল টাইপ নির্ণয়” কে ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল সয়েল ম্যাপিং বলা হয়েছে।

ইঞ্জিনিয়ারিং জিওলজিকাল সয়েল ম্যাপিং বা এভিএস৩০ নির্ণয়ের জন্য পিএস লগিং, মাল্টি-চ্যানেল এনালাইসিস অব সারফেস ওয়েভ (এমএএসডব্লিউ) এবং এসপিটি টেস্ট করা হয়। প্রথমে ইনভেসিভ মেথড (পিএস লগিং) এবং নন ইনভেসিভ মেথড (এমএএসডব্লিউ) এ সয়েলের শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটি নির্ণয় করা হয়। এরপর রিগ্রেশন মেথড এ এম্পিরিকাল ইকুয়েশন বের করে সয়েলের এসপিটি কে শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটিতে পরিবর্তন করা হয়।



চিত্র-৯ শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটি ম্যাপ

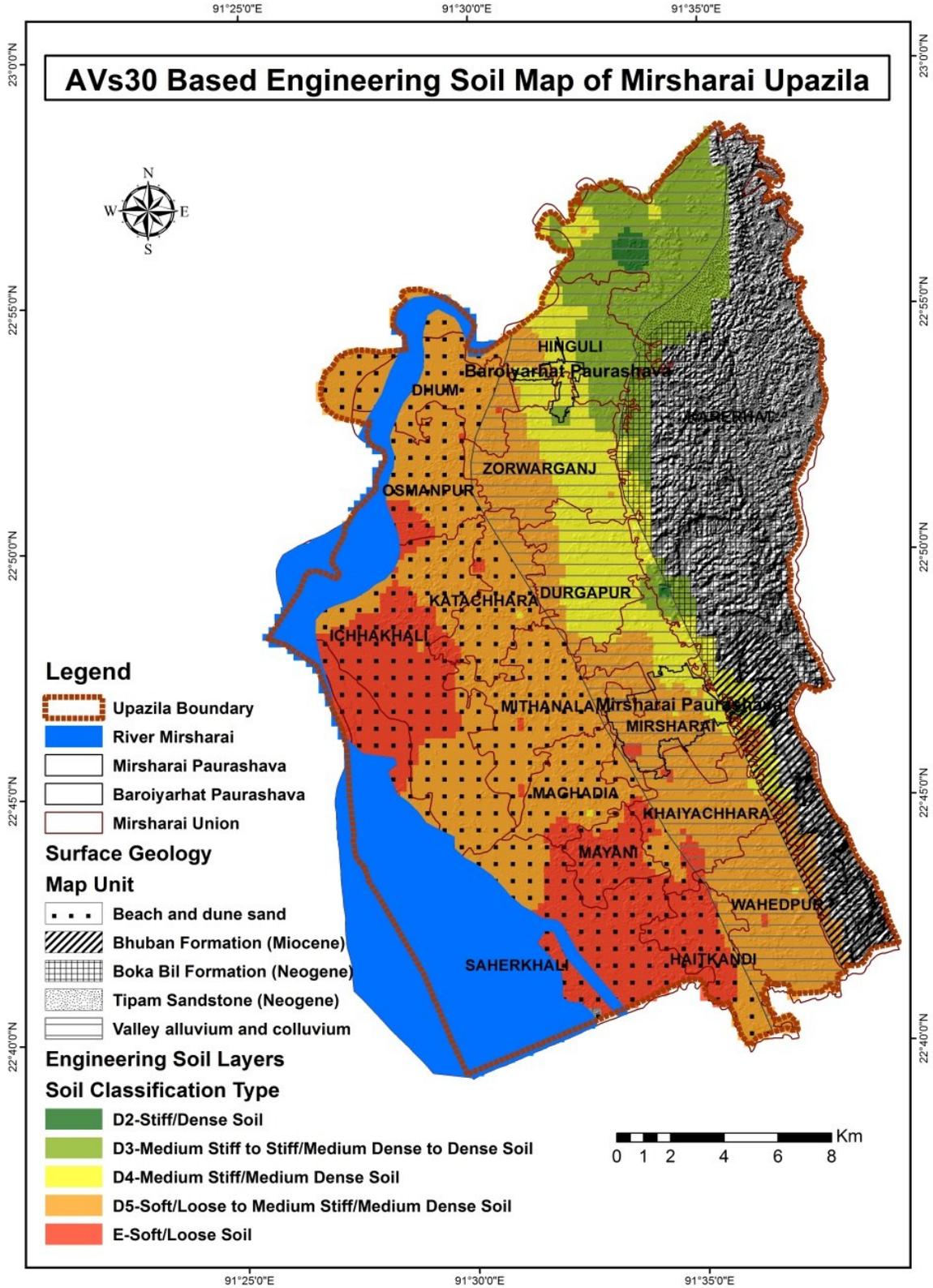
এলাকার গড় শিয়ার ওয়েভ বেগ (এভিএস৩০) ১৬০.১৩ থেকে ৩০৮.৭৮ মিটার/সেকেন্ড পর্যন্ত। চিত্র থেকে পরিস্কারভাবে বোঝা যায় যে মায়ানি, হাইকান্দী, সাহেরখালী, ইছখালী, ওসমানপুর ইউনিয়নের বাদামী রঙের এলাকাগুলির শিয়ার ওয়েভ বেগ ১৮০মি./সে চেয়েও কম। হিংগুলি, ধুম, জোরারগঞ্জ, ওসমানপুর, ওয়াহেদপুর, হাইতিকান্দি, সাহেরখালী, মগদিয়া, খাইয়াছড়া, মীরসরাই, মীরসরাই পৌরসভা, মিঠানালা, ইছখালী, কাটাছড়া ও দুর্গাপুর ইউনিয়নের কমলা রঙের অঞ্চলগুলির শিয়ার ওয়েভ বেগ ১৮০ থেকে ২০০মি./সে. হিংগুলি, বারইয়ারহাট পৌরসভা, দুর্গাপুর, জোরারগঞ্জ, মিরসরাই এবং করেরহাট ইউনিয়নের হলুদ রঙের অঞ্চলগুলির শিয়ার ওয়েভ

বেগ ২০০ থেকে ২২০মি./সে.; করেরহাট ও হিংগুলী ইউনিয়নের হালকা সবুজ রঙের এলাকাগুলির শিয়ার ওয়েভ বেগ ২২০ থেকে ২৫০মি./সে.। বাকি এলাকার শিয়ার ওয়েভ বেগ ২৫০ মি./সে. চেয়ে বেশি আছে। মৃত্তিকার এভিএস৩০ মাটির শ্রেণীবিভাগের জন্য একটি খুব গুরুত্বপূর্ণ টুল।

টেবিল-২ শিয়ার ওয়েভ ভেলোসিটি থেকে সয়েল টাইপ নির্ধারণ

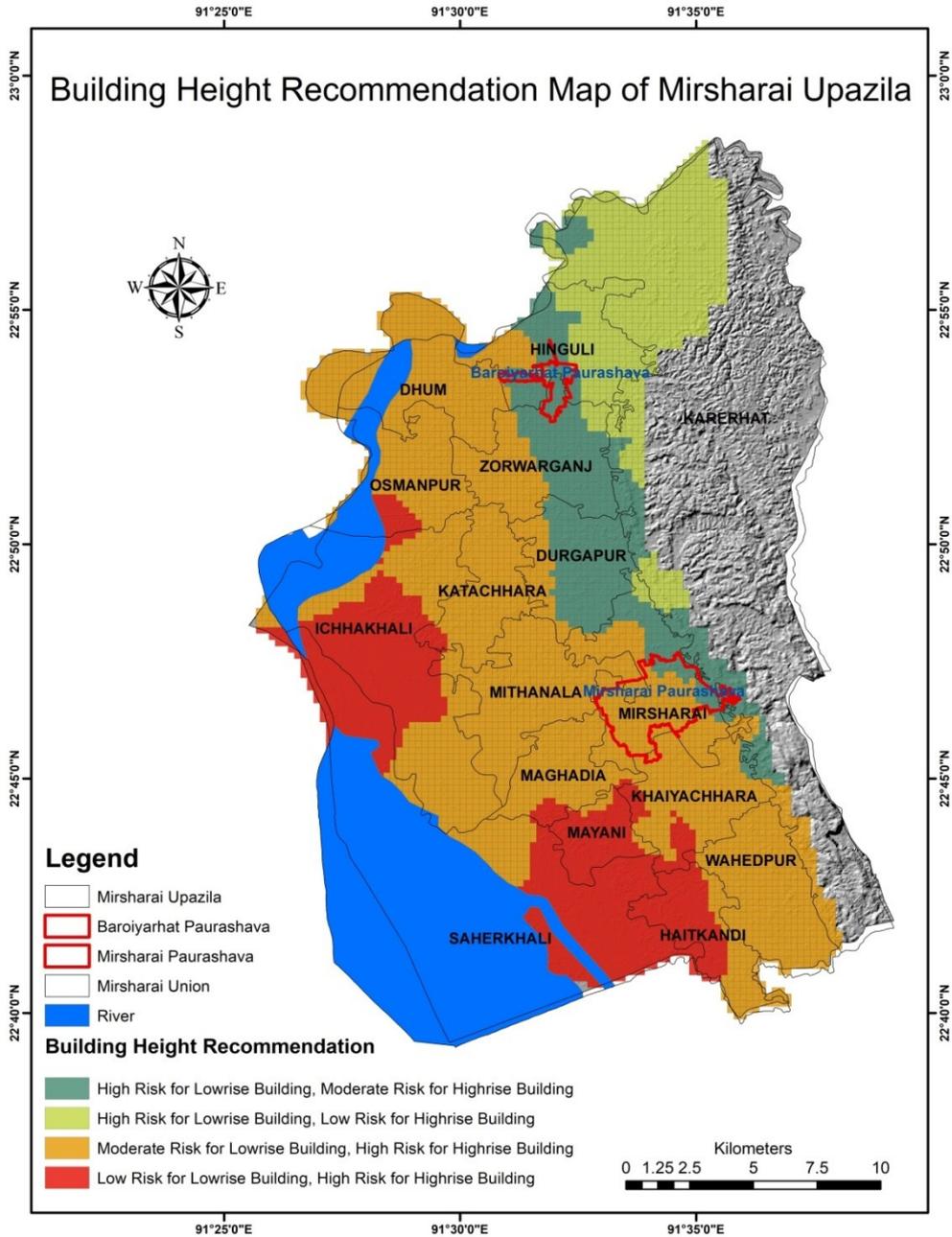
গ্রাউন্ড ক্লাস	এভিএস৩০ (মি./সে.)	সয়েল টাইপ
C	৩৬০-৭৬০ m/sec	Very Dense/ Hard Soil and Soft rock
D1	৩০০-৩৬০	Stiff / Dense to very dense/Hard Soil
D2	২৫০-৩০০	Stiff / Dense Soil
D3	২২০-২৫০	Medium Stiff to Stiff / Medium Dense to Dense Soil
D4	২০০-২২০	Medium Stiff / Medium Dense Soil
D5	১৮০-২০০	Soft/Loose to Medium Stiff /Medium Dense Soil
E	<১৮০	Soft / Loose Soil

প্রকল্প এলাকার মাটির সার্ফেস বেগ ১৬০ থেকে ৩০০ মি./সে. এর মধ্যে সীমাবদ্ধ। টেবিল—অনুযায়ী প্রকল্প এলাকার মাটি প্রধানত এই ৫ টি শ্রেণীতে পতিত হয় যথাঃ-D2, D3, D4, D5 এবং E। চিত্র থেকে দেখা যায় যে, করেরহাট ইউনিয়নের গাঢ় সবুজ রঙ গুলি D2 শ্রেণির অন্তর্গত, যার অর্থ এখানের মাটি অনেক শক্ত (Stiff / Dense Soil) হিংগুলি, বারইয়ারহাট পৌরসভা, জোরারগঞ্জ ও করেরহাট ইউনিয়নের হালকা সবুজ এলাকাগুলি D3 এর অন্তর্গত, যার অর্থ মাটির ধরন মাঝারি শক্ত থেকে শক্ত (Medium Stiff to Stiff / Medium Dense to Dense Soil)। হিংগুলি, বারইয়ারহাট পৌরসভা, জোরারগঞ্জ, দুর্গাপুর, মিরসরাই পৌরসভা ও মিরসরাই ইউনিয়নের হলুদ রঙের অঞ্চলে জমির ধরন D4 অর্থাৎ মাটি মাঝারিশক্ত (Medium Stiff / Medium Dense Soil)। কমলা রঙের এলাকার মাটি D5 ধরনের অর্থাৎ এখানের মাটি নরম থেকে মাঝারিশক্ত (Soft/Loose to Medium Stiff /Medium Dense Soil) এবং বাকি অংশটি E ধরনের যা নরম / আলগা মাটি(Soft / Loose Soil)।



চিত্র-১০ সয়েল টাইপ ক্লাসিফিকেশন ম্যাপ

৪.৩ বিল্ডিং হাইট রিকমেন্ডেশন ম্যাপ

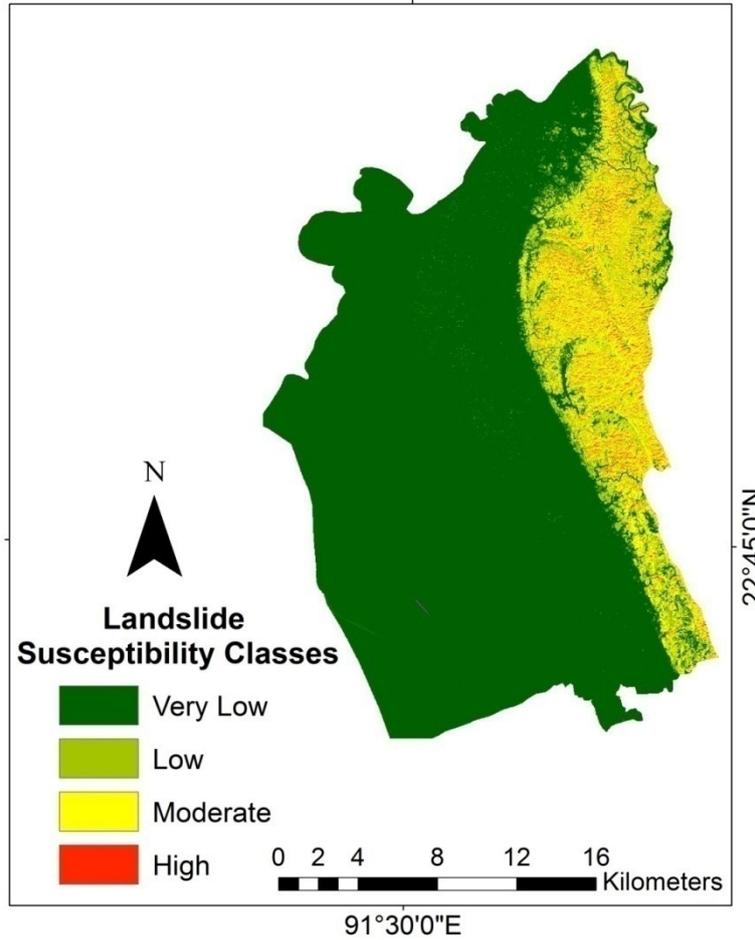


চিত্র-১১ বিল্ডিং হাইট রিকমেন্ডেশন ম্যাপ

মানচিত্র থেকে দেখা যায় যে করেরহাট, হিংগুলি, জোড়ারগঞ্জ ও মিরসরাই ইউনিয়নের হালকা সবুজ রঙের অঞ্চল নিচু ভবনের জন্য উচ্চ ঝুঁকি এবং উঁচু ভবনের জন্য কম ঝুঁকিপূর্ণ। হিংগুলি, জোড়ারগঞ্জ, দুর্গাপুর, মিরসরাই পৌরসভা এবং মিরসরাই ইউনিয়নের গাঢ় সবুজ এলাকাগুলি নিচু ভবনের জন্য উচ্চ ঝুঁকি কিন্তু উঁচু ভবনগুলির জন্য মধ্যম ঝুঁকিপূর্ণ। ওসমানপুর, ইছখালী, কাটাছড়া, সাহেরখালী, মায়ানি, হাইতকান্দি ও খইয়াছড়া ইউনিয়নের লাল রঙের নিচু ভবনের জন্য কম ঝুঁকি কিন্তু উঁচু ভবনের জন্য উচ্চ ঝুঁকি রয়েছে। কমলা রঙের এলাকাগুলোতে নিচু ভবনের জন্য মধ্যম ঝুঁকি কিন্তু উঁচু ভবনের জন্য উচ্চ ঝুঁকি রয়েছে।

৫ ল্যান্ডস্লাইড

ল্যান্ডস্লাইড বা ভূমিধ্বস একটি জিওলজিকাল হাজার্ড যেখানে ভূখণ্ড উঁচুভূমি থেকে রক ফল, স্লোপ ফেইলুর বা ডেব্রিস ফ্লো হিসেবে ঢাল বরাবর নেমে আসে (Cruden, 1991; Cruden & Varnes, 1996; Crozier, 1999; Abbott, 2004) যখন শিয়ার স্ট্রেস, শিয়ার স্ট্রেংথকে অতিক্রম করে (Duncan, 1996)। ঢালের ইন্সটাবিলিটির পিছনে অনেক ট্রিগারিং ফ্যাক্টর এখানে কাজ করে, কখনো কোন ফ্যাক্টর শিয়ার স্ট্রেস বাড়ায় আবার কোন ফ্যাক্টর শিয়ার স্ট্রেংথ কমায় (Duncan, 1996; Goudie, 2004)। জিওলজিকাল ও জিওমরফিক দিক বিবেচনায় টোপোগ্রাফি, লিথলজি, সয়েল টাইপ, টেক্টনিক এন্টিভিটি, ইরোশনাল এন্টিভিটি ইত্যাদির সাথে দীর্ঘ বৃষ্টি, বৃক্ষ নিধন, ভূমি ব্যবহারে পরিবর্তন, মানুষের ব্যবহারের জন্য ঢাল অতি খাড়াকরন (Kienholz et al., 1983) ইত্যাদি ভূমিধ্বসের স্বীকৃত ও পরিচিত কারণ। (C.J. Van Westen, 2000)।



চিত্র-১২ ল্যান্ডস্লাইড সাসেপ্টিবিলিটি ম্যাপ

ল্যান্ডস্লাইড সাসেপ্টিবিলিটি ম্যাপটি তৈরি করা হয়েছে ওয়েট অব এভিডেন্স মেথড এ। এখানে ল্যান্ডস্লাইডের ক্ষেত্রে ৯ টি ফ্যাক্টর যথাঃ- বর্তমান ভূমি ব্যবহার, ভূমি ব্যবহারের পরিবর্তন, মূল ড্রেইনেজ থেকে দূরত্ব(নদী/নালা), এনডিভিআই এর পরিবর্তন, ভূমির ঢাল, ভূমির আসপেক্ট, উচ্চতা, সারফেস জিওলজি এবং

বৃষ্টিপাত এর প্রভাব ও প্রভাবমাত্রা বিবেচনা করা হয়েছে। ভবিষ্যৎ ল্যান্ডস্কাইডপ্রবণ এলাকাকে উচ্চ, মধ্যম, অল্প ও অতি অল্প এই চারটি সাসিপিটবল এলাকায় ভাগ করা হয়েছে এবং ম্যাপ ভিন্ন রঙের মাধ্যমে দেখানো হয়েছে।

প্রকৃত চিত্র তুলে ধরতে প্রতিটি ফ্যাক্টরকে কয়েকটি ক্লাসে ভাগ করা হয়েছে যাতে বোঝা যায় কোন ক্লাসটি ল্যান্ডস্কাইডের ক্ষেত্রে সর্বাধিক প্রভাব ফেলে। এসব ক্লাসকে ওয়েট অব এভিডেন্স মেথডে ওয়েট ভ্যালু প্রদান করা হয় যেখানে ল্যান্ডস্কাইডের ক্ষেত্রে উচ্চ ওয়েট ভ্যালু কোন ফ্যাক্টরের উচ্চ প্রভাবমাত্রা নির্দেশ করে।

সার্বিকভাবে আমাদের প্রকল্প এলাকাটি নিম্ন থেকে মধ্যম ভূমিধ্বস ঝুঁকির আওতাভুক্ত। বেশিরভাগ এলাকাই (প্রায় ৮৫%) অতি অল্প থেকে অল্প ঝুঁকির মধ্যে পরে। বাকি এলাকা মধ্যম ঝুঁকির আওতাভুক্ত (টেবিল-৩)

টেবিল-৩ ল্যান্ডস্কাইড সাসেপটেবিলিটি পরিসংখ্যান

সাসিপিটবল ক্লাস	পিক্সেল কাউন্ট	ক্ষেত্রফল (বর্গমিটার)	মোট ক্ষেত্রফল (বর্গমিটার)	শতকরা (%)
অতি অল্প	৩৭৯৪৯৭৯	৩৭৯৪৯৭৯০০	৪৯২৮৭১৪৩১.৫	৭৭
অল্প	৪০১০৪৮	৪০১০৪৮০০		৮
মধ্যম	৬২৩০২৯	৬২৩০২৯০০		১৩
উচ্চ	৯৯৩৬৯	৯৯৩৬৯০০		২

৬ লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইনডেক্স

লিকুইফ্যাকশন স্থিত শক্ত মাটিকে ভূমিকম্পের সময় নরম তরল রূপে পরিবর্তন করে তৈরিকৃত স্ট্রাকচারের অসহায়ক অবস্থা সৃষ্টি করে ফেলে(Palacios et al.,2012)। এটি মূলত সাবসারফেস জিওলজি ও হাইড্রোজিওলজিকাল কন্ডিশনের উপর নির্ভরশীল (Youd, 1973)। সাধারণত ভূপৃষ্ঠ থেকে ১৫ মি গভীর পর্যন্ত লিকুইফিয়েবল লেয়ার ধরা হয় যেখানে বিশেষত মাটি কম কোহেশন সম্পন্ন, গ্র্যানুলার এবং একই সাথে পানি দ্বারা পরিপূর্ণ। আরেকটি বিষয় লিকুইফ্যাকশনের জন্য পূর্বশর্ত হিসেবে কাজ করে তা হলো ভূমিকম্পের মাত্রা; ভূমিকম্পের মাত্রা যথেষ্ট শক্তিশালী না হলে লিকুইফ্যাকশন ঘটে না। সাধারণত মধ্যম থেকে উচ্চ মাত্রার ভূমিকম্প হলে লিকুইফ্যাকশন হয় এবং গ্রাউন্ড ফেইলিউর ও ডিফরমেশন দেখা যায় (Palacios et al., 2012)। ভূমিকম্পজনিত মাটির লিকুইফ্যাকশন এর প্রবণতা ও ভঙ্গুরতা স্ট্যাণ্ডার্ড পেনিট্রেশন টেস্ট (SPT) টেস্টের দ্বারা seed and idriss (1971) এর মেথডে বের করা সম্ভব (Maugeri and Monaco, 2006; Papathanassiou et al., 2006; Heidari, 2011)। প্রাথমিক এই সহজ মেথডটি বিভিন্ন গবেষণার মাধ্যমে উন্নত, পরিবর্তিত, নিখুঁত এবং সর্বজন গৃহীত হয়েছে (Youd et al., 2001; Juang et al., 2003; Cetin et al., 2004; Lee et al., 2004; Sonmez and Gokceoglu, 2005; Sawicki and Mierczyński, 2006; Groot et al., 2006; Sawicki and Swidzinski, 2007; Cox et al., 2007; Papathanassiou et al., 2006; Papathanassiou, 2008; Holzer, 2008;Jha and Suzuki, 2009; Heidari and Andrus, 2010; Noutash et al., 2012; Tan et al., 2013; Kang et al., 2014; Boulanger and Idriss, 2014; Sadek et al., 2014; Palacios et al., 2014; Rahman et al., 2015; Sawicki and Sławińska, 2015).

এই গবেষণার জন্য বিভিন্ন স্থানে মোট ৮৫টি এসপিটি বোরহোল, ৩০ মিটার গভীরতায় সম্পন্ন করা হয়। এলপিআই নির্ণয়ের জন্য এই বোরহোল থেকে প্রাপ্ত তথ্য ও উপাত্ত ব্যবহার করা হয়। সারফেস জিওলজির উপর ভিত্তি করে ভ্যালী অ্যালুভিয়াম এবং কলুভিয়াম ইউনিটে ৩৯ টি, বীচ ডুন ও স্যান্ড ইউনিটে ৪২ টি, ভূবন ফরমেশনে ৩টি এবং বোকাবিল ফরমেশনে ১টি বোরহোল করা হয়। বিরূপ ও প্রতিকূল ভূপ্রাকৃতিক অবস্থার কারণে টিপাম স্যান্ড ফরমেশনে কোন বোরহোল করা হয়নি।

ইউনিফাইড সয়েল ক্লাসিফিকেশন সিস্টেম (USCS) ভিত্তিক সয়েল শ্রেণীবিভাগে মিরসরাই উপজেলার জিওলজি ইউনিটগুলি তাদের ভূতাত্ত্বিক বয়সের নিম্নে দেয়া হোল-

জিওলজিক ইউনিট	USCS সয়েল টাইপ	ভূতাত্ত্বিক বয়স
বীচ ডুন ও স্যান্ড ডিপোসিট	SM, ML	সাম্প্রতিক
ভ্যালী অ্যালুভিয়াম এবং কলুভিয়াম ডিপোসিট	SM, ML, CL, CH	সাম্প্রতিক
টিপাম স্যান্ডস্টোন ফরমেশন	-	নিওজেন
বোকাবিল ফরমেশন	SM	নিওজেন
ভূবন ফরমেশন	MH, CL, CH, SM	নিওজেন

বাংলাদেশের সাইস্মিসিটি ম্যাপ থেকে দেখা যায় এই এলাকায় রিখটার স্কেলে ৬-৭ মাত্রার ভূমিকম্পের প্রবণতা রয়েছে। আমরা লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকি নির্ণয়ে ৭ মাত্রার ভূমিকম্পকে বিবেচনা করা হয়েছে। এছাড়াও ৩০০ বছরের ভূমিকম্প ডাটা থেকে প্রাপ্ত পিজিএ ভ্যালুতে দেখা যায় এখানে মান ০.৫৬ থেকে ০.৭৬ এর মধ্যে বিদ্যমান।

চার দশকেরও বেশি সময় ধরে পৃথিবীর বিভিন্ন জিওটেকনিকাল আর্থকুয়েক প্রকৌশলীরা ইনসিটু পরীক্ষা এবং ডিটারমিনেস্টিক পদ্ধতি বা Seed and Idriss (1971) এর সিমপ্লিফাইড প্রসেডিউর ব্যবহার করে নির্দিষ্ট সিসমিক আলোড়নে সৃষ্ট সিসমিক স্ট্রেসের কারণে লিকুইফ্যাকশনের সম্ভাবনা নির্ধারণ করে আসছেন। Seed and Idriss (1982), Seed et al. (1985) এই পদ্ধতিকে আরো পরিবর্তন এবং উন্নত করেছেন, যা Seed et al. (2001), Youd et al. (2001), Idriss and Boulanger (2004) প্রমুখ আরও বিশ্লেষণ, পুনর্বিবেচনা করে উন্নত করেন। তবে, এই গবেষণায়, Youd et al. (2001) এর আপডেট করা সরলীকৃত পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়েছে।

বর্তমান লিকুইফ্যাকশন সাসেপ্টিবিলিটি গবেষণায় লিকুইফ্যাকশনএর ফ্যাক্টর অফ সেফটি, সাইক্লিক স্ট্রেস রেশিও (সিএসআর), সাইক্লিক রেসিস্ট্যান্স রেশিও (সিআরআর) এবং ম্যাগনেটুড স্কেলিং ফ্যাক্টর (এমএসএফ) দ্বারা নির্ধারণ করা হয়, যা মূলত Seed and Idriss (1971) সিআরআর টু সিএসআর অনুপাত হিসাবে প্রপোজ করেন।

ফ্যাক্টর অফ সেফটি নির্ণয়ে নিম্নোক্ত সমীকরণ ব্যবহার করা হয়-

$$F_L = (CRR_{7.5}/CSR)MSF$$

$F_L > 1$ নির্দেশ করে লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকিবিহীন লেয়ার এবং $F_L < 1$ লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকিপূর্ণ লেয়ার

সাইক্লিক স্ট্রেস রেশিও (সিএসআর), পিক গ্রাউন্ড এক্সেলারেশন (amax) এর সমানুপাতিক এবং সিসমিক ইভেন্টের কারণে সৃষ্ট সাইক্লিক স্ট্রেস নির্দেশ করে। অন্যদিকে সাইক্লিক রেসিস্ট্যান্স রেশিও (সিআরআর) হচ্ছে মাটির অবস্থা পরিবর্তন করে লিকুইফাইড করার জন্য প্রয়োজনীয় স্ট্রেস যা ৭.৫ মাত্রার সিসমিসিটির (CRR7.5) জন্য স্ট্যান্ডার্ড পেনেট্রেশন রেসিস্ট্যান্স (N1)60cs of clean Sand equivalent ব্যবহার করে ক্যালিব্রেট করা। এখানে, একটি ম্যাগনেটুট স্কেলিং ফ্যাক্টর ব্যবহার করে CRR7.5 থেকে যে কোন ম্যাগনেটুটের ভূমিকম্পের CRR বের করা হয়, যার বিস্তারিত পদ্ধতি Youd et al. (2001) এ বর্ণিত আছে।

লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকি নিড়নয়ে সেফটি ফ্যাক্টর সম্পূর্ণ কার্যকর নয় কারণ এটি শুধু এটাই বের করে যে লেয়ারটি ঝুঁকিপূর্ণ কি না। তবে Iwasaki et al. (1978, 1982) লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইনডেক্স (এলপিআই) প্রবর্তন করেন যেখানে লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকিপূর্ণ লেয়ার এর ঝুঁকির পরিমাণ ও মাত্রা নির্ণয় করা সম্ভব এবং জি আই এস এর মাধ্যমে হাজার্ড নির্ণয়ে এটি একটি টুল হিসেবে কাজ করে (Holzer et al., 2003; Sonmez and Gokceoglu, 2005)। Iwasaki et al. (1978, 1982) এলপিআই নির্ণয়ে লেয়ারের গভীরতা ও পুরুত্ব কে ফ্যাক্টর অফ সেফটি এর সাথে যুক্ত করেন। তাদের মতে নিম্নোক্ত বিষয়ের সাথে এলপিআই এর মান সমানুপাতিক-

- i. লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকিপূর্ণ লেয়ারের পুরুত্ব
- ii. লিকুইফ্যাকশন ঝুঁকিপূর্ণ লেয়ারের গভীরতা
- iii. ১.০ থেকে ফ্যাক্টর অফ সেফটি ভ্যালুর পার্থক্য (যেখানে, $FL < 1$)

এলপিআই ভ্যালু নির্ণয়ে নিম্নোক্ত সমীকরণ ব্যবহার করা হয়েছে-

$$LI = \int_0^{20} F(z)W(z)d(z)$$

$$F(z) = 1 - F_L \quad \text{for } F_L < 1.0$$

$$F(z) = 0 \quad \text{for } F_L \geq 1.0$$

$$W(z) = 10 - 0.5z \quad \text{for } z < 20 \text{ m}$$

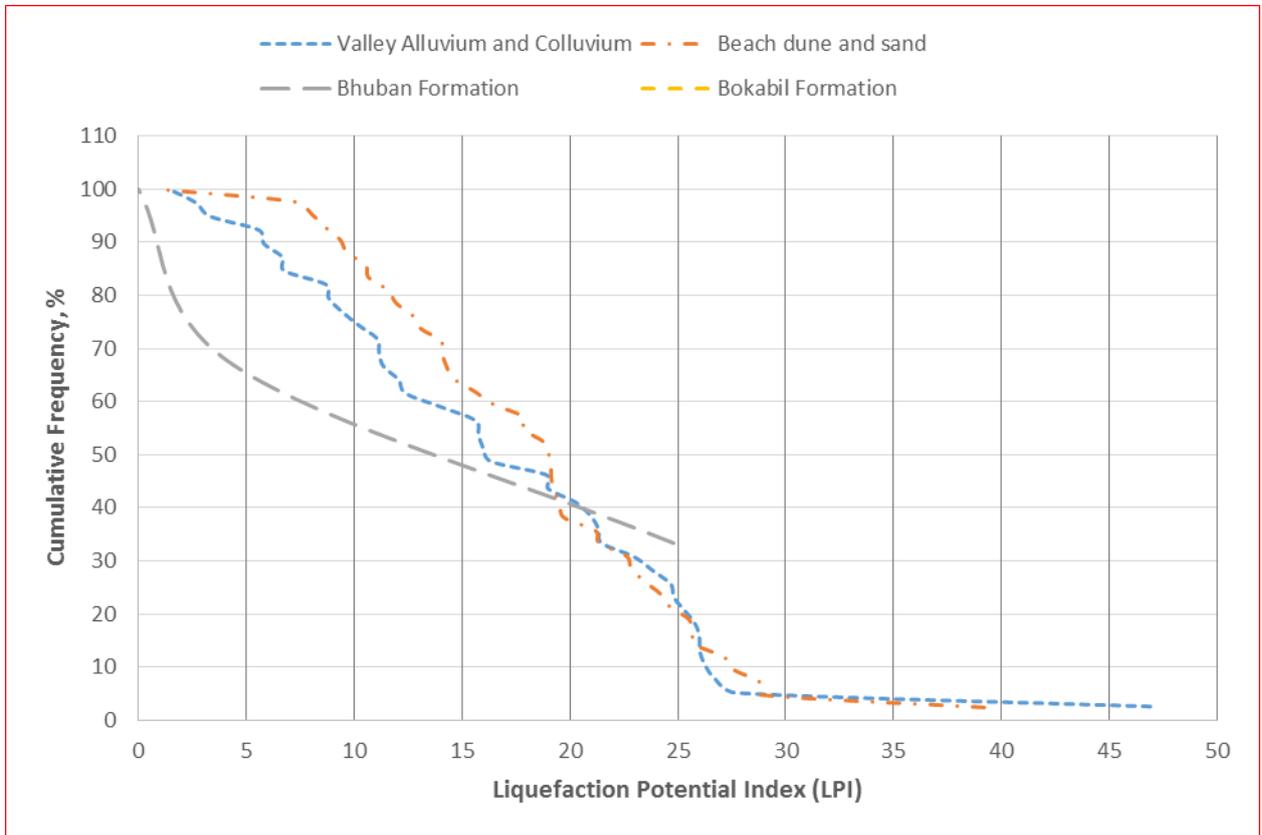
$$W(z) = 0 \quad \text{for } z > 20 \text{ m}$$

এখানে, z সার্ফেস থেকে লেয়ারের গভীরতা (মি)

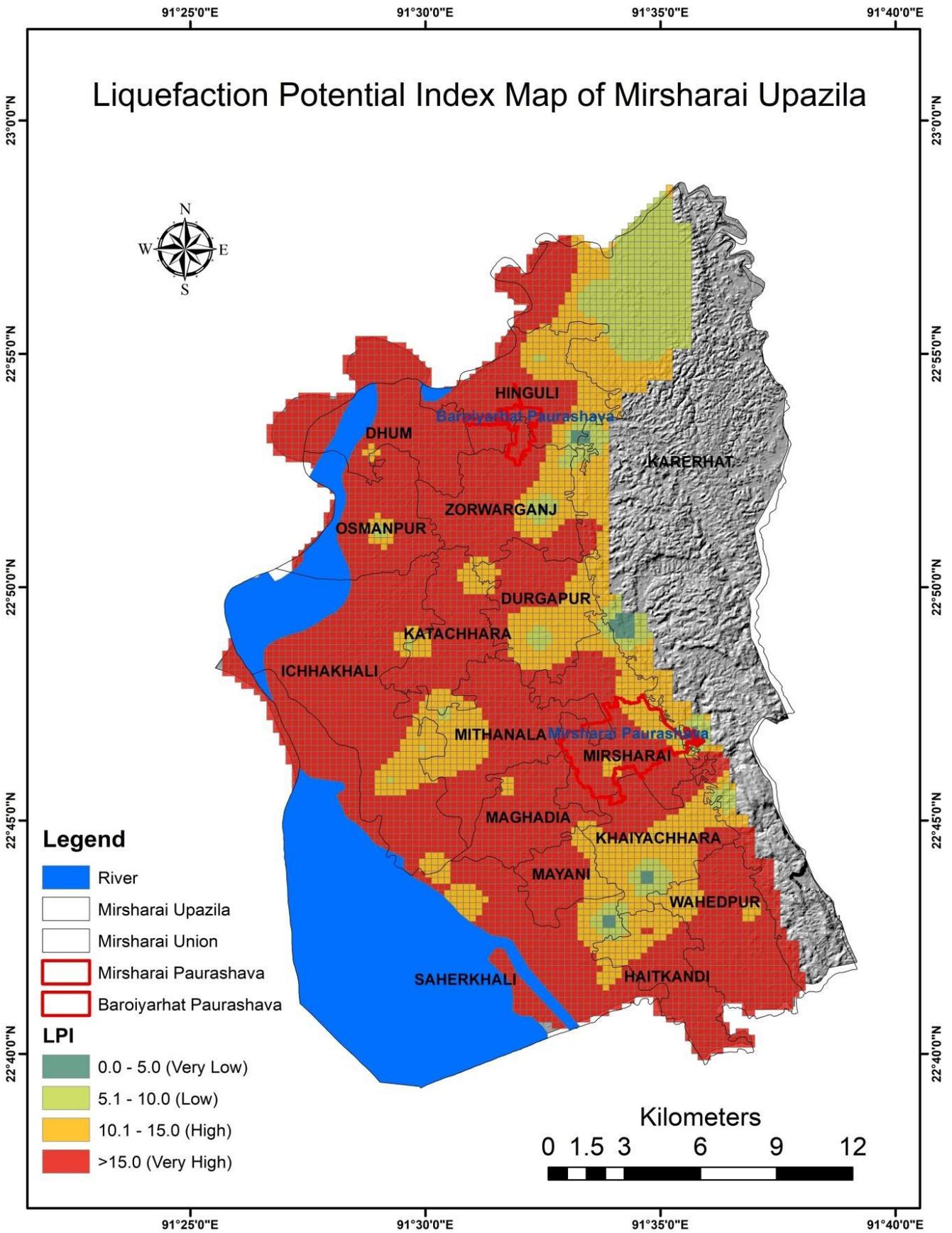
কেস হিস্ট্রি ডাটা থেকে Iwasaki et al (1982) and Toprak and Holzer (2003) এলপিআই ভ্যালুর সাথে লিকুইফ্যাকশনের তীব্রতা তুলনা করে দেখেছেন। Iwasaki et al. (1982) এর মতে লিকুইফ্যাকশন খুবই তীব্র হবে যদি এলপিআই > ১.৫ হয় এবং এলপিআই < ০.৫ হলে প্রায় অসম্ভব। এরপর Toprak and Holzer (2003)

দেখলেন এলপিআই ≥ 5 এ লিকুইফ্যাকশনের দরুন বালু বয়েল হয় এবং এলপিআই ≥ 12 তে ল্যাটেরাল স্প্রেডিং হয়। এছাড়াও Luna and Frost (1998), Microzonation for Earthquake Risk Mitigation (MERM, 2003), Sonmez (2003), Sonmez and Gokceoglu (2005) এর ক্লাসিফিকেশন রয়েছে তবে এই গবেষণায় হ্যাযার্ড ম্যাপিং এর জন্য Iwasaki et al. (1982) এর ক্লাসিফিকেশনকে অনুসরণ করা হয়েছে।

লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল ইন্ডেক্সের কুমুলেটিভ ফ্রিকুয়েন্সি ডিস্ট্রিবিউশন এর উপর ভিত্তি করে লিকুইফ্যাকশন হাজার্ড ম্যাপ প্রস্তুত করা হয়েছে। এখানে প্রত্যেকটি সার্ফেস জিওলজি ইউনিট এর জন্য লিকুইফ্যাকশনের প্রবণতা পারসেন্টেজ আকারে দেখানো হয়েছে। সার্ফেস জিওলজিক ইউনিট যেমন- ভ্যালী এ্যালুভিয়াম ও কলুভিয়াম, বীচ ও ডুন স্যান্ড, ভুবন ফরমেশন এবং বোকাবিল ফরমেশনের যথাক্রমে ৯৪%, ৯৮%, ৬৬% ও ০% এলাকায় বিভিন্ন মাত্রার লিকুইফ্যাকশন দেখা দিতে পারে।



চিত্র-১৩ মিরসরাই উপজেলার চারটি সার্ফেস জিওলজি ইউনিটে এলপিআই মানের কুমুলেটিভ ফ্রিকুয়েন্সি



চিত্র-১৪ মিরসরাই উপজেলার লিকুইফ্যাকশন হাজার্ড ম্যাপ

গবেষণাটিতে মাটির লিকুইফ্যাকশন হওয়ার সম্ভাব্যতাকে পরিমাণগত পদ্ধতিতে বের করার চেষ্টা করা হয়েছে। ভূপৃষ্ঠে স্থানীয় পরিবর্তনশীলতা প্রকাশের জন্য সমস্ত এসপিটি বোরহোলের এলপিআই মান স্থাপন এবং মানচিত্রে সমান এলপিআই মান কনট্যুরিং এর মাধ্যমে দেখানো হয়েছে। প্রাপ্ত মানচিত্রে দেখা যায় শহরের অনেক জায়গায় লিকুইফ্যাকশন হাজার্ড জন্য খুব ঝুঁকিপূর্ণ। তবে, এই লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়াল মানচিত্রটি, সাইটের হাজার্ডের ডিগ্রী অনুমান করার জন্য প্রয়োজন হবে (Holzer et al., 2006)।

সার্ফেস জিওলজি ইউনিটের ভ্যালী অ্যালুভিয়াম. এবং কলুভিয়াম দ্বারা আবৃত এলাকার সাবসার্ফেস মাটির প্রথম ২০ মিটারে প্রধানত দুই ধরনের মাটি পাওয়া যায় i) সিল্টি মাটি এবং ii) বেলে মাটি। মিরসরাই উপজেলায় এই ইউনিটের মধ্যে মোট ৩৯ এসপিটি বোরহোল করা হয়। সিল্টি মাটি বেশির ভাগ জায়গায় ধূসর থেকে বাদামী সফট থেকে ভেরী স্টিফ ক্লেই সিল্ট পাওয়া গিয়েছে। এছাড়াও কিছু বোরহোলে স্যান্ডি সিল্ট পাওয়া গিয়েছে। অন্য দিকে, সিল্টি মাটির ইউনিট এর নিচে পাওয়া বেলে মাটি ইউনিট, বেশিরভাগই ধূসর থেকে বাদামী লুজ থেকে মিডিয়াম ডেস, ফাইন থেকে মিডিয়াম গ্রেইন্ড বালু দ্বারা গঠিত। এই ইউনিটের মধ্যে এলপিআই মান ১.৪২ থেকে ৪৬.৮৯ এর মধ্যে পরিবর্তনশীল। কম থেকে উচ্চ লিকুইফ্যাকশন সম্ভাবনা নির্দেশ করে। সম্ভাবনা আছে যে ভ্যালী অ্যালুভিয়াম. এবং কলুভিয়াম দ্বারা আবৃত এলাকার ৯৪% অংশে সিসমিক স্ট্রেসের কারণে লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তন দেখা যেতে পারে।

বীচ ও ডুন স্যান্ড সার্ফেস জিওলজি ইউনিটের বেশিরভাগ অঞ্চলের সাবসার্ফেস স্যান্ডি সিল্ট ও সিল্টি স্যান্ড দ্বারা গঠিত। এই ইউনিটে করা ৪২ টি বোরহোলে দেখা যায় সিল্টগুলি বেশিরভাগ ক্ষেত্রে ধূসর থেকে বাদামী ভেরী সফট থেকে মিডিয়াম স্টিফ স্যান্ডি বা ক্লেই সিল্ট; যেখানে, স্যান্ডগুলো বেশিরভাগ ধূসর লুজ থেকে ভেরী ডেস ফাইন থেকে মিডিয়াম গ্রেইন্ড স্যান্ড। অধিকাংশ ক্ষেত্রে স্যান্ড লেয়ার, সিল্ট ডমিনেটেড লেয়ারের নিচেই পাওয়া যায়। এই ইউনিটের মধ্যে এলপিআই মান ০.৮৮ থেকে ৩৯.২০ এর মধ্যে পরিবর্তনশীল, যা কম থেকে অতিউচ্চ ঝুঁকি সম্ভাব্যতা ইঙ্গিত করে। এই ইউনিটের ৯৮% অংশে সিসমিক স্ট্রেসের কারণে লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তন দেখা যেতে পারে।

সার্ফেস জিওলজি ইউনিট ভূবন ফরমেশনে ৩টি বোরহোল করা হয় এবং ফরমেশনটি ধূসর থেকে বাদামী ভেরী স্টিফ ক্লেই সিল্ট, ধূসর বাদামী হার্ড শেল বা সিল্টি ক্লে ও ধূসর থেকে বাদামী ভেরী ডেস ফাইন থেকে মিডিয়াম গ্রেইন্ড স্যান্ড দ্বারা গঠিত। এই ইউনিট দ্বারা আচ্ছাদিত এলাকায় এলপিআই মান ০ থেকে ২৪.৮০ এর মধ্যে পরিবর্তিত হয় যা নির্দেশ করে খুব কম থেকে অতিউচ্চ ঝুঁকি সম্ভাবনা। তাছাড়া, এই ইউনিটের ৬৬% এলাকা লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তন দেখাতে পারে।

বোকাবিল ফরমেশন দ্বারা আবৃত এলাকাটি লালভ বাদামী থেকে ধূসর ডেস থেকে ভেরী ডেস মিডিয়াম থেকে ফাইন গ্রেইন্ড স্যান্ড দ্বারা গঠিত। এই ইউনিটে ১টি বোরহোল করা হয় এবং মধ্যে এলপিআই মান ০। সুতরাং, এখানে লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তন প্রকাশের কোন সম্ভাবনা নেই।

ভূগর্ভস্থ পানিরস্তর এলপিআই ক্যালিব্রেশনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। বিশেষ করে এই গবেষণায়, শীতকালীন সময়ে এসপিটি বোরিং গুলো পরিচালনা করা হয়েছিল। যার দরুন স্বভাবতই বছরের অন্য কোন ঋতু তুলনায় সামান্য পানিরস্তর কিছুটা নিচে পাওয়া গেছে। যার প্রভাবে এলপিআই মানের পাশাপাশি লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তনের ঝুঁকির মানে হ্রাস দেখা দিয়েছে। ভূগর্ভস্থ পানিরস্তর বা টেবিল গভীরতা (GWT) এই অঞ্চলে ২.০০ থেকে ৪.৫০ মি এর মধ্যে পরিবর্তিত হয়, তবে বেশিরভাগ বোরিংগুলিতে এই মান পাওয়া ৪.০০মি এর মধ্যে পাওয়া যায়।

মিরসরাইয়ে লিকুইফ্যাকশন রেকর্ড বা নথিপত্রের অভাবে, এলপিআই এর মান নির্দিষ্ট লিকুইফ্যাকশন এভিডেন্স বিবেচনা ছাড়া নির্ণয় করা হয়েছে। তারপরও ধারণা করা যায় যে ভ্যালী অ্যালুমিনিয়াম, এবং কলুভিয়াম দ্বারা আবৃত এলাকার এবং বীচ ও ডুন স্যান্ড আবৃত এলাকার যথাক্রমে ৯৪% এবং ৯৮% সিসমিক স্ট্রেসের কারণে লিকুইফ্যাকশন জনিত সার্ফেস পরিবর্তন প্রকাশ করতে পারে। প্রাণ্ড ডাটা Holzer et al (2006) দ্বারা রিপোর্ট থেকে অনেক বেশী দেখালেও এটি এই গবেষণার জন্য উচ্চতর PGA মান (০.৫৬ জি এবং ০.৫৭ জি) মানের সাথে সরাসরি সম্পর্কযুক্ত। এছাড়াও অতিপুরু নরম মাটির লেয়ারের পাশাপাশি এলাকা জুড়ে খুব অগভীর গভীরতায় ভূগর্ভস্থ পানিরস্তর বা টেবিল রয়েছে যা এই অঞ্চলে অতিউচ্চ ঝুঁকির বিষয়টির ব্যাখ্যাতে গুরুত্বপূর্ণ। আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ ফ্যাক্টর যোগ করা যেতে পারে যে, খুব কম সামঞ্জস্যপূর্ণ মাটি উপস্থিতি। তদুপরি, সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ফ্যাক্টর হচ্ছে, কম লিকুইড ও প্লাস্টিক লিমিট সম্পন্ন সিল্ট ও ক্লে লেয়ার এর প্রাচুর্যতা; যা এই লেয়ারগুলোর দুর্বল পানি নিষ্কাশন ক্ষমতা নির্দেশ করে এবং স্বভাবতই এই এলাকায় উচ্চ এলপিআই মানের ক্ষেত্রে অবদান রেখেছে।

৭ ল্যান্ড সুইটেবিলিটি

ফাউন্ডেশন লেয়ারের গভীরতা, শিয়ার ওয়েভ বেগ (এভিএস৩০), বিল্ডিং হাইট রিকমেন্ডেশন এবং লিকুইফ্যাকশন পটেনশিয়ালের উপর ভিত্তি করে ওয়েটেড সাম টেকনিকে মিরসরাই এলাকার ল্যান্ড সুইটেবিলিটি ম্যাপ প্রস্তুত করা হয়। ওয়েটেড সাম টেকনিকে, প্রথমে ফ্যাক্টরগুলোর রাস্টার ফাইলগুলিকে একটি সাধারণ সাংখ্যিক সিস্টেমে রূপান্তর করা হয় যাতে মান নির্ণয়ের জন্য অভিন্ন সিস্টেম থাকে। এর জন্য প্রথমে মান ও তাদের প্রভাবের উপর ভিত্তি করে ১ থেকে ৫ বা ১ থেকে ১০ ইত্যাদি স্কেলে সকল রাস্টার ফাইলকে রেটিং করা হয়; যেখানে ১ নিম্ন এবং ৫ বা ১০ সর্বোচ্চ মান নির্দেশ করে।

15	15	15	50	50	50	100	100
15	15	15	51	51	51	101	101
15	15	15	52	52	52	102	102
15	15	15	53	53	53	103	103
15	15	15	54	54	54	104	104
105	105	104	104	55	55	105	105
101	101	105	105	106	106	106	106
101	101	105	105	106	106	106	106

Criteria-1

Giving
Rating
→→→

1	1	1	3	3	3	5	5
1	1	1	3	3	3	5	5
1	1	1	3	3	3	5	5
1	1	1	3	3	3	5	5
1	1	1	3	3	3	5	5
5	5	5	5	3	3	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5

C	C	A	A	A	A	A	A
C	C	C	A	A	A	A	A
B	C	C	C	A	A	A	A
B	B	C	C	C	A	A	A
B	B	B	C	C	C	A	A
B	B	B	B	B	C	C	A
B	B	B	B	B	B	C	C
B	B	B	B	B	B	B	C

Criteria-2

Giving
Rating
→→→

5	5	1	1	1	1	1	1
5	5	5	1	1	1	1	1
3	5	5	5	1	1	1	1
3	3	5	5	5	1	1	1
3	3	3	5	5	5	1	1
3	3	3	3	3	5	5	1
3	3	3	3	3	3	5	5
3	3	3	3	3	3	3	5

সকল ফ্যাক্টরকে রোটং দেওয়ার পরে, তাদের একাট ওয়েট মান দেওয়া হয়, যা নির্দেশ করে কোন একটি সিদ্ধান্ত গ্রহণে (ল্যান্ড সুইটেবিলিটি) ফ্যাক্টরগুলোর প্রভাব বা ভূমিকা। তারপর রেটিং রাস্টারকে ওয়েট দ্বারা গুণ করা হয় এবং তারপরে ফলাফল বা সিদ্ধান্ত রাস্টারের জন্য তাদেরকে যোগ করা হয়। এর পর প্রাপ্ত রাস্টারকে তার মানের রেঞ্জ অনুযায়ী বিভিন্ন ক্লাস এ ভাগ করা হয়।

Giving Weight Values →→→ 2	2	2	2	6	6	6	10	10
	2	2	2	6	6	6	10	10
	2	2	2	6	6	6	10	10
	2	2	2	6	6	6	10	10
	2	2	2	6	6	6	10	10
	10	10	10	10	6	6	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	10	10	10

Criteria-1

Giving Weight Values →→→ 3	15	15	3	3	3	3	3	3
	15	15	15	3	3	3	3	3
	9	15	15	15	3	3	3	3
	9	9	15	15	15	3	3	3
	9	9	9	15	15	15	3	3
	9	9	9	9	9	15	15	3
	9	9	9	9	9	9	15	15
	9	9	9	9	9	9	9	15
	9	9	9	9	9	9	9	15

Criteria-2

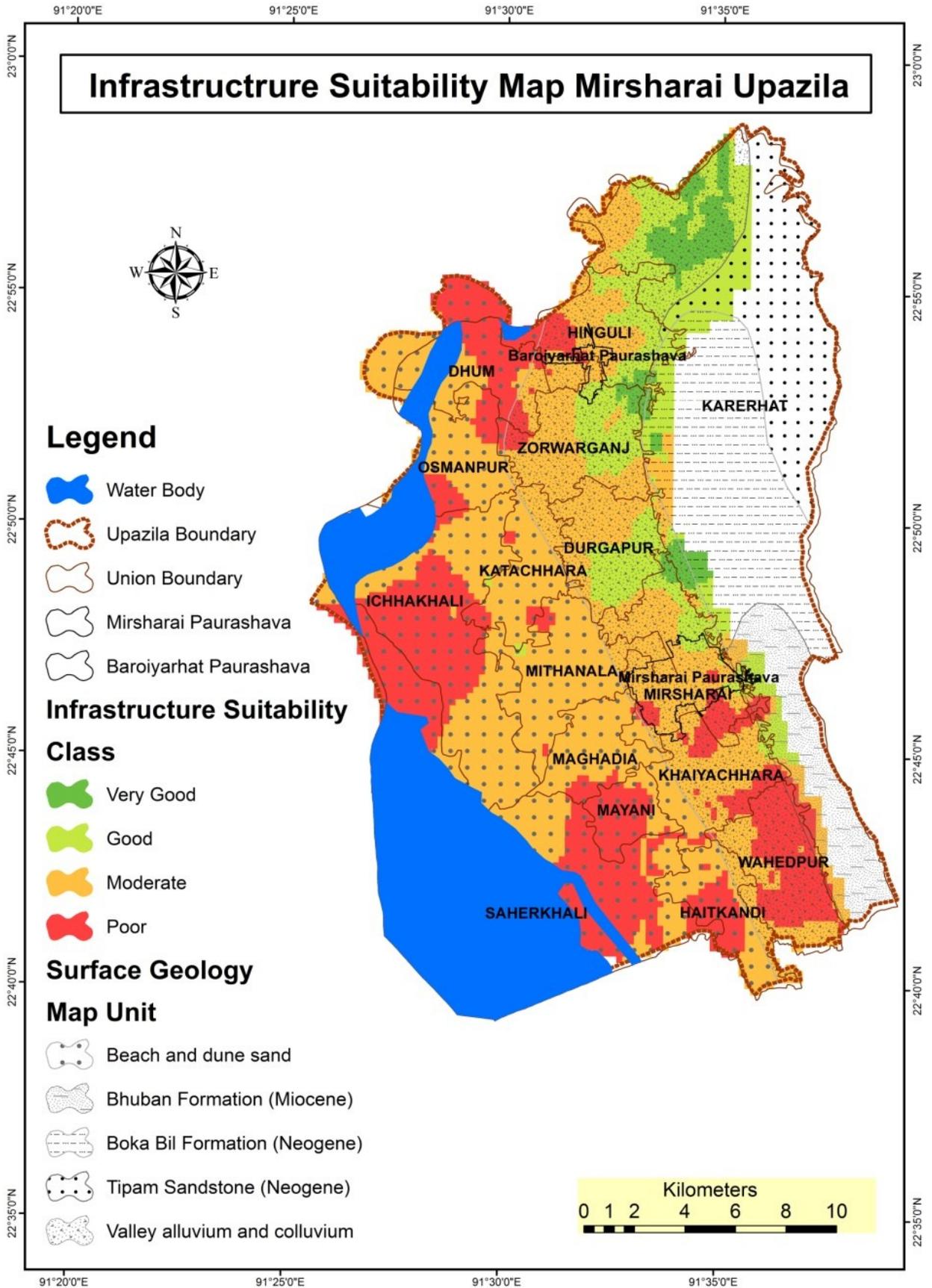
Sum
→→→

17	17	5	9	9	9	13	13
17	17	17	9	9	9	13	13
11	17	17	21	9	9	13	13
11	11	17	21	21	9	13	13
11	11	11	21	21	21	13	13
19	19	19	19	15	21	25	13
19	19	19	19	19	19	25	25
19	19	19	19	19	19	19	25

আমাদের গবেষণায় সকল ফ্যাক্টরকে সমান গুরুত্ব দেয়া হয়েছে তাই তাদের ওয়েট মান অভিন্ন ১ ধরা হয়েছে।

টেবিল-৪ ল্যান্ড সুইটিবিলিটির জন্য ব্যবহৃত রেটিং এবং ওয়েট মান

	মান	রেটিং	ওয়েট
ফাউন্ডেশন লেয়ারের গভীরতা	০-৫	৫০০	১
	৫-১০	৪০০	
	১০-১৫	৩০০	
	১৫-২০	২০০	
	>২০	১০০	
শিয়ার ওয়েড বেগ (এভিএস৩০)	<১৬০	১০০	১
	১৬০-১৮০	২০০	
	১৮০-২০০	৩০০	
	২০০-২২০	৪০০	
	>২২০	৫০০	
বিভিডিং হাইট রিকমেন্ডেশন	স্বল্পতলের জন্য উচ্চ ও বহুতলের জন্য নিম্ন বুঁকি	৫০০	১
	স্বল্পতলের জন্য উচ্চ ও বহুতলের জন্য মধ্যম বুঁকি	৪০০	
	স্বল্পতলের জন্য নিম্ন ও বহুতলের জন্য উচ্চ বুঁকি	২০০	
	স্বল্পতলের জন্য মধ্যম ও বহুতলের জন্য উচ্চ বুঁকি	১০০	
লিফটফ্যাকশন পটেনশিয়াল	০-৫	৫০০	১
	৫-১০	৪০০	
	১০-১৫	২০০	
	>১৫	১০০	



চিত্র ১৫ ল্যান্ড সুইটেবিলিটি ম্যাপ

টেবিল-৫ অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য ল্যান্ড ক্লাসিফিকেশন

Sl No.	Infrastructure Suitability	Infrastructure foundation suitability	Suggested land use suitability
1	Very Good	4-6 story light infrastructure is suitable with a foundation depth of up to <5 m. Large and tall infrastructure requires pile foundation placed on Soil layer no 3 or 5.	Commercial area Residential area Industrial zone
2	Good	4-6 story light infrastructure is suitable with a foundation depth of around 5m, for Large and tall infrastructure requires pile foundation placed on layer no 3 or 5	Commercial area Residential area Industrial zone
3	Moderate	4-6 story light infrastructure requires on-site subsoil investigation and proper foundation design. Deep pile foundation is needed for large infrastructure	Industrial zone Residential area Commercial area Agricultural Zone Park and Recreation
4	Poor	Detail subsoil investigation and proper foundation design is required for all types of infrastructure, due to low suitability with hazard potential.	Agricultural zone Wetland Rural settlement Park and Recreation
5	Very Poor	Detail subsoil investigation for deep pile foundation is essential, due to very low soil resistance and high hazard potential. Shallow foundation is not preferred.	Agricultural zone Wetland Rural settlement Park and Recreation

ম্যাপ থেকে দেখা যায় যে প্রকল্প এলাকার করেরহাট ইউনিয়ন উত্তর-পশ্চিম অংশ; জোরারগঞ্জ, হিংগুলি, মিরসরাই ও খইয়াছড়া ইউনিয়নের পূর্ব অংশ; এবং বারোয়ারহাট পৌরসভার দক্ষিণের অর্ধেক ও দুর্গাপুর ইউনিয়ন অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য ভাল, যা বাণিজ্যিক, আবাসিক বা শিল্প এলাকার জন্য উপযুক্ত। হালকা অগভীর অবকাঠামোর ফাউন্ডেশন ৫মি. এর মধ্যেই দেয়া সম্ভব। বৃহদাকার স্থাপনার জন্য ৩নং এবং ৫নং লেয়ারে পাইল ফাউন্ডেশন বেশি উপযোগী।

আরও দেখা যায় যে, কিছুটা বিচ্ছিন্ন অংশ ছাড়া কাটাছরা, মিঠানালা, মিরসরাই পৌরসভা ও মগধিয়া ইউনিয়নের কমলা রঙের এলাকা, বারোইয়ারহাট পৌরসভার উত্তরাংশ ও দুর্গাপুর ইউনিয়ন; মিরসরাই, হিংগুলি, জোরারগঞ্জ ও ধুম ইউনিয়নের পশ্চিম অংশ এবং ওসমানপুর, ইছাখালী, সাহেরখালী, করেরহাট, মায়ানি, হাইতকান্দি, ওয়াহেদপুর ও খইয়াছড়া ইউনিয়নের কমলা রঙের এলাকাগুলি অবকাঠামোগত উন্নয়নের জন্য মধ্যম উপযোগী এবং হালকা অবকাঠামোর জন্য সুপারিশ করা যায়। বাণিজ্যিক, আবাসিক, বা শিল্প কারখানার জন্য বৃহৎ অবকাঠামোর জন্য নির্মাণের বিস্তারিত সয়েল টেস্ট, সঠিক ফাউন্ডেশন ডিজাইন এবং গভীর পাইল ফাউন্ডেশন প্রয়োজন হবে। হিংগুলি, ধুম, ওসমানপুর, ইছাখালী, সাহেরখালী, খইয়াছড়া, মায়ানি, জোরারগঞ্জ, হাইতকান্দি, ওয়াহেদপুর ও মঘাদিয়া ইউনিয়নের লাল রঙের এলাকার মাটির অবস্থা অবকাঠামোগত উন্নয়নের জন্য কম উপযোগী। এই এলাকা কৃষিক্ষেত্র, রুরাল সেটেলমেন্ট, পার্ক এবং বিনোদন অঞ্চল হিসাবে বেশি উপযুক্ত।

৮ পর্যালোচনা ও উপসংহার

ভূমিকম্প একটি এলাকার ফল্ট ও টেক্টনিক অবস্থার সাথে সম্পর্কযুক্ত। বাংলাদেশ সহ এর পার্শ্ববর্তী অঞ্চল ভূমিকম্প হওয়ার আশংকায়ুক্ত। কারণ উত্তরে হিমালয়া আর্ক, শিলং প্ল্যাটু ও ডাউকি ফল্ট, পূর্বে বার্মিজ আর্ক এবং এ্যাক্রিশনারি ওয়েজ, উত্তরপূর্বে নাগা-ডিসাং-হাফলং থ্রাস্ট জোন বিদ্যমান যার কারণে আমাদের জিও-টেক্টনিক সেটিং সিসমিকভাবে খুব একটিভ। ভূমিকম্পের উৎপত্তিস্থল বাংলাদেশের বাইরে হলেও এদের কারণে বাংলাদেশ ভূমিকম্প ঝুঁকির মধ্যে রয়েছে।

সিসমিকভাবে বাংলাদেশকে ৩টি ভাগে ভাগ করা হয়ে থাকে, যথাঃ- কম ঝুঁকি জোন (জোন-১), মধ্যম ঝুঁকি জোন (জোন-২) এবং উচ্চ ঝুঁকি জোন (জোন-৩)। চট্টগ্রাম জেলার মিরসরাই উপজেলাটি জোন-২ তে অবস্থিত। এছাড়াও এলাকাটি আরাকান মেগাথ্রাস্ট এবং স্যাগিং ফল্টের মাঝামাঝি অবস্থান করছে। তাই বলা যায় মিরসরাই ভূমিকম্পের দিক থেকে মধ্যম ঝুঁকিতে রয়েছে। ভূমিকম্প ঝুঁকি হ্রাসে সংশ্লিষ্ট কর্তৃপক্ষের মাধ্যমে কিছু পদক্ষেপ ইতোমধ্যে গ্রহণ করা হয়েছে। এসকল পদক্ষেপের মধ্যে “জিওলজিকাল স্ট্যাডি এন্ড সিসমিক হাজার্ড অ্যাসেসমেন্ট আন্ডার প্রিপারেশন অব ডেভেলপমেন্ট প্ল্যান ফর মিরসরাই উপজেলা, চিটাগং ডিসট্রিক্টঃ রিস্ক সেসেটিভ ল্যান্ডইউজ প্ল্যান (এম ইউ ডি পি)” প্রকল্পটি নগর উন্নয়ন অধিদপ্তর কর্তৃক গৃহীত হয়েছে।

এই গবেষণাটিতে সিসমিক হাজার্ড বের করার জন্য পিএসএইচএ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়েছে। সিসমিক জোন বের করার জন্য নতুন পস্থা, লোকাল সাইটের প্রভাব বিবেচনা, বিভিন্ন প্যারামিটারের সহজাত নিশ্চয়তা এবং পারস্পরিক সম্পর্ক নিরীক্ষণ এই গবেষণাটিতে নতুন মাত্রা যোগ করেছে।

গবেষণার ফলাফল থেকে প্রাপ্ত পিজিএ ও এসএ কে হাজার্ড ম্যাপ এবং কার্ভের মাধ্যমে দেখানো হয়েছে। পিক গ্রাউন্ড এক্সেলারেশন হিসাব করা হয়েছে ৫০ বছরে ২% ও ১০% অতিক্রমের সম্ভাবনাকে বিবেচনা করে। এই গবেষণায় পিক গ্রাউন্ড এক্সেলারেশন (পিজিএ) এবং পিক স্পেস্ট্রাল এক্সিলারেশন (পিএসএ) কে সাইটের প্রভাব সহ এবং সাইটের প্রভাব ছাড়া, উভয়ভাবে হিসাব করা হয়েছে। তথাপি গ্রাউন্ড মোশন পূর্বকার গবেষণার থেকে বেশি পাওয়া গিয়েছে। কারণ হিসেবে বলা যায় এই গবেষণায় উপযুক্ত গ্রাউন্ড মোশন প্রেডিকশন ইকুয়েশন এর ব্যবহার এবং সাইটএর প্রভাবের জন্য এভিএস৩০ এর উপাত্ত ব্যবহার।

এটা বলা যায় যে বিভিন্ন সোর্স প্যারামিটার ও অ্যাটেনুয়েশন মডেলের অনিশ্চয়তা কমানোর জন্য গবেষণায় আরও উন্নয়নের পথ খোলা রয়েছে। এই গবেষণাটি পুরো বাংলাদেশের সিসমিক হাজার্ড অ্যাসেসমেন্টের জন্য এবং সিসমিক ঝুঁকি কমানোর লক্ষ্য দেশের বিভিন্ন কোড পর্যালোচনা করতে সাহায্য করবে।

তথাপি, মিরসরাই প্রকল্প এলাকাটি তেমন ভূমিধ্বস প্রবণ নয়। সার্বিকভাবে আমাদের প্রকল্প এলাকাটি নিম্ন থেকে মধ্যম ভূমিধ্বস ঝুঁকির আওতাভুক্ত। বেশিরভাগ এলাকাই (প্রায় ৮৫%) অতি অল্প থেকে অল্প ঝুঁকির মধ্যে পরে। বাকি এলাকা মধ্যম ঝুঁকির আওতাভুক্ত।

ল্যান্ড সুইটেবিলিটি ম্যাপের ভিত্তিতে বেশিরভাগ এলাকা অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য মধ্যম উপযুক্ত, বিশেষত মিরসরাই উপজেলার কেন্দ্রীয় অংশে। মিরসরাই উপজেলার পাহাড়ী অঞ্চলের কাছাকাছি এলাকা অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য বেশি ভাল এবং নদী, সমুদ্র ও দক্ষিণ-পূর্ব পাশ বরাবর অবকাঠামো উন্নয়নের জন্য কম উপযুক্ত এলাকা।