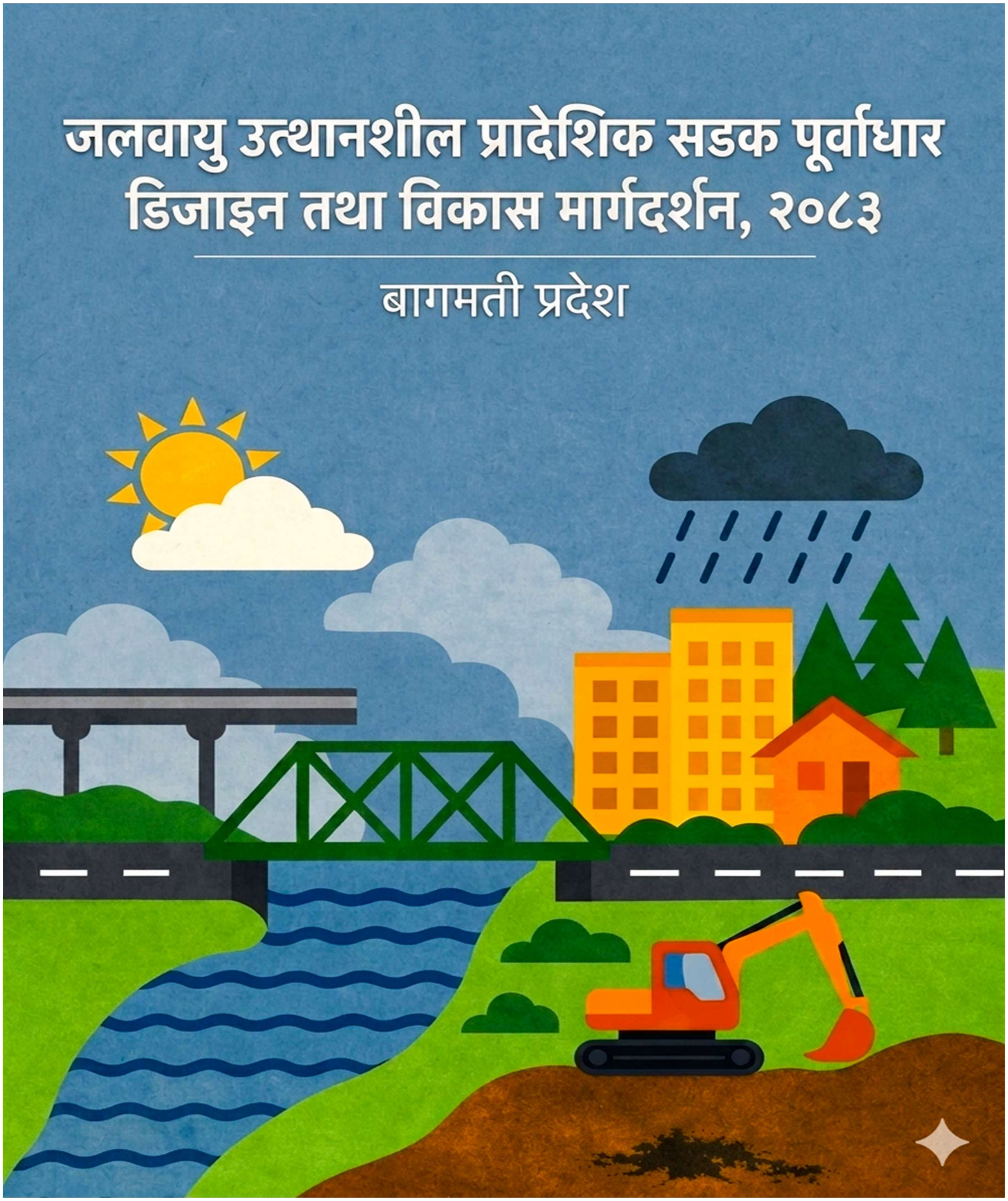

जलवायु उत्थानशील प्रादेशिक सडक पूर्वाधार
डिजाइन तथा विकास मार्गदर्शन, २०८३
बागमती प्रदेश

जेठ, २०८३

लेखकहरु:

प्रमुख लेखकः

डा. माधव बहादुर कार्की, टोली नेता तथा जलवायु परिवर्तन तथा एनआरएम विज्ञ

सहयोगी लेखकहरूः

श्री प्रज्वल राई, राजमार्ग तथा यातायात विज्ञ

डा. डिल्ली प्रसाद पौडेल, जीविकोपार्जन विज्ञ

समीक्षकहरूः

डा. दिनेशचन्द्र देवकोटा, माननीय मन्त्री, भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID); बागमती प्रदेश सरकार

श्री ईश्वरचन्द्र मरहट्टा, सचिव, भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID); बागमती प्रदेश सरकार

डा. गणेशराज जोशी, सचिव (सेवानिवृत्त), नेपाल सरकार, काठमाडौं

प्रा. डा. केदार रिजाल, प्राध्यापक, केन्द्रीय वातावरण विज्ञान विभाग (CDES), त्रिभुवन विश्वविद्यालय

काठमाडौं, नेपाल

जेठ, २०८३

प्रकाशक : भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय

बागमती प्रदेश

हेटौडा ।

विषय सुची

दिशानिर्देशको विस्तृत विवरण ३

भाग कः सन्दर्भ, पृष्ठभूमि र औचित्य ३

१. परिचय र पृष्ठभूमि ३

१.१ राष्ट्रिय जलवायु सन्दर्भ र पृष्ठभूमि ३

१.२ नीतिगत तथा कानुनी ढाँचा ४

२. जलवायु परिवर्तनको परिदृश्य, संकटासन्नता र उत्थानशीलता निर्माणका आवश्यकताहरू ५

२.१ नेपाल र बागमती प्रदेशको जलवायु सन्दर्भ ५

२.२ बढ्दो संकटासन्नता र जोखिम-सूचित उत्थानशील सडक विकासको आवश्यकता ८

२.३ जलवायु परिवर्तनका प्रभावहरूको बढ्दो आर्थिक लागत ८

२.४ जलवायु परिवर्तनको बढ्दो संकटासन्नताका प्रभावहरू ९

२.५ मार्गदर्शन विकासको औचित्य तथा युक्तिसंगतता ९

३. उद्देश्य, कार्यक्षेत्र र लक्ष्यहरू १०

३.१ उद्देश्य र कार्यक्षेत्र १०

३.२ उद्देश्य ११

४. सिद्धान्त, दृष्टिकोण र कार्यविधि ११

४.१ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारका सिद्धान्तहरू ११

४.२ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारका लागि दृष्टिकोण र पद्धतिहरु १३

भाग ख. विस्तृत निर्देशिका १७

५. निर्देशिकाको संरचना, मापदण्ड र प्रक्रिया १७

५.१ निर्देशिकाको सन्दर्भ र लागू हुने क्षेत्र १७

५.२ निर्देशिकाको आवेदन प्रक्रिया १७

५.३ निर्देशिका कार्यान्वयन प्रक्रिया १७

६ जलवायु सहनशील सडक पूर्वाधार डिजाइन तथा विकास निर्देशिका १८

६.१ जलवायु अनुकूलनशील सडक पूर्वाधार डिजाइन तथा विकास १८

६.२ जलवायु उत्थानशील सडक निर्माणका लागि निर्देशिका १९

६.३ रिटेनिङ (**Retaining**) र सडक सुरक्षा संरचना सम्बन्धी निर्देशिकाः २०

७ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारमा प्रकृतिमा आधारित समाधान (**NbS**) को प्रयोग २१

७.१ पूर्वाधार क्षेत्रमा प्रकृति-आधारित समाधान (**NbS**) को विशिष्ट अनुप्रयोग २२

७.२ उत्थानशीलता निर्माणका मुख्य उपायहरूः अनुकूलन तथा विपद् जोखिम न्यूनीकरण (**DRR**) २३

७.३ प्रकृतिमा आधारित समाधान (**NbS**) कार्यान्वयनका संयन्त्रहरू २४

७.४ प्रकृतिमा आधारित समाधान (**NbS**) को पालना र प्रतिवेदन २४

७.५ बहु-आयामिक लाभहरू (**Cross-Cutting Benefits/Co-benefits**) सुनिश्चित गर्ने २४

७.६ हानि र नोक्सानी (**Loss & Damages**) सम्बन्धी तथ्याङ्क (**Database**) तयार गर्ने २५

८. जलवायु उत्थानशील सडकको मर्मतसम्भार २५

८.१ जलवायु उत्थानशील मर्मतसम्भारका प्रकारहरू २५
८.२ जलवायु उत्थानशील मर्मतसम्भारका लागि कार्यान्वयन मार्गनिर्देशन २७
९. क्षमता अभिवृद्धिका लागि संस्थागत व्यवस्था २७
१०. अनुगमन, मूल्याङ्कन, र प्रतिवेदन २७
११. निर्देशिका कार्यान्वयनका लागि वित्तीय व्यवस्थाहरू २८
१२. गुनासो सुनुवाइ र पालना (**Grievance Redress and Compliance**) २८
१३. जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार - सूचक म्याट्रिक्स (**Indicator Matrix**) २९
१४. जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खला (**Result Chain**) ३१
सन्दर्भ सामग्रीः ३३

तालिकाहरूको सूची

तालिका १: जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार सूचक म्याट्रिक्स (Indicator Matrix) २९

चित्रहरूको सूची

चित्र १: बागमती प्रदेशको भू-उचाइ, प्रशासनिक सिमाना र प्रमुख भू-उपयोग नक्सा ५

चित्र २: मरिण गाउँपालिका (सिन्धुली) को बाढी जोखिम क्षेत्र नक्सा ७

चित्र ३: नेपालका जिल्लाहरूको समग्र जलवायु परिवर्तन संकटासन्नता नक्सा (Overall Climate Change Vulnerability Map), यसले बागमती प्रदेशका १० वटा जिल्लाहरू मध्यमदेखि अति उच्च संकटासन्नतामा रहेको देखाउँछ । ९

चित्र ४: जोखिम देखि उत्थानशीलता खाका (स्टकहोम रेजिलेन्स सेन्टर, २०२६).......................................१२

चित्र ५: बर्म्स सहितको विशिष्ट कटिङ स्लोप... १८

चित्र ६: बर्म्स सहितको विशिष्ट फिल स्लोप १८

चित्र ७ : जलवायु उत्थानशीलता निर्माणमा प्रकृतिमा आधारित समाधानका फाइदाहरू २२

चित्र ८: जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खला... ३१

EXECUTIVE SUMMARY

कार्यकारी सारांश

ग्लोबल क्लाइमेट रिस्क इन्डेक्स (Global Climate Risk Index), २०२५ ले नेपाललाई विश्वका सबैभन्दा जलवायु जोखिममा रहेका देशहरूको सूचीमा ६९औं स्थानमा राखेको छ । बारम्बार आइपर्ने विपद्का साथै बढ्दो तापक्रम र अनियमित वर्षाले जनजीविका, पूर्वाधार, पारिस्थितिक प्रणाली, मानिस र भूगोललाई गम्भीर रूपमा असर गरिरहेको छ। यसका साथै, कमजोर भू-बनोटमा भइरहेको तीव्र र अव्यवस्थित सहरीकरणले विकासका अभ्यासहरूलाई थप जोखिमपूर्ण बनाएको छ, जसले जलवायु परिवर्तनका कारण निम्तिने मानवीय क्रियाकलापजन्य विपद्को जोखिमलाई अझ बढाएको छ । काठमाडौं उपत्यका समेत अवस्थित रहेको बागमती प्रदेश, बढ्दो जलवायुजन्य जोखिम र संकटका कारण सबैभन्दा असुरक्षित प्रदेशहरूमध्ये एक हो । नेपालका प्रमुख जलवायु अनुकूलन र न्यूनीकरणका नीति तथा कार्यक्रमहरू जस्तैः राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP), राष्ट्रिय निर्धारित योगदान (NDC), उत्सर्जन न्यूनीकरणका लागि दीर्घकालीन रणनीति (LTS), दिगो विकास लक्ष्य (SDG) रणनीति तथा कार्ययोजना र १६औं राष्ट्रिय योजनाले जलवायुजन्य विपद्को बढ्दो जोखिमलाई राम्ररी आत्मसात् गर्दै अनुकूलन र उत्थानशीलता निर्माणका लागि विभिन्न विकल्पहरू प्रस्ताव गरेका छन् । सोही अनुसार, जलवायु संकटासंनता र विपद्लाई सम्बोधन गर्न सरकारले विभिन्न जलवायु नीति र कार्ययोजनाहरू कार्यान्वयनमा ल्याएको छ, जसमा विशेष गरी राष्ट्रिय अनुकूलन कार्यक्रम (NAPA, २०११), जलवायु परिवर्तन नीति (२०१०, २०१९), स्थानीय अनुकूलन कार्ययोजना (LAPA) खाका २०११ का साथै राष्ट्रिय विपद् जोखिम व्यवस्थापन रणनीति तथा कार्ययोजना (२०११), र जलवायु उत्थानशील योजना (CRP) उपकरण (tool) (२०११) रहेका छन् । यो CRP tool राष्ट्रिय योजना आयोग र वन तथा वातावरण मन्त्रालयको नेतृत्वमा सञ्चालित एक रणनीतिक सरकारी पहल हो, जसले जलवायु परिवर्तन अनुकूलन (CCA) र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) लाई राष्ट्रिय, प्रादेशिक र स्थानीय विकास योजनाहरूमा सिधै समाहित गर्ने लक्ष्य राखेको छ। यसको उद्देश्य अल्पकालीन र प्रतिक्रियात्मक उपायहरूबाट अघि बढेर दीर्घकालीन र पूर्व-सक्रिय उत्थानशीलता तर्फ लाग्नु हो जसमा २०३०/२०४५ सम्ममा शून्य उत्सर्जन र उत्थानशील समाज प्राप्त गर्न १५औं र १६औं आवधिक योजना, राष्ट्रिय जलवायु परिवर्तन नीति २०१९ र तेस्रो राष्ट्रिय निर्धारित योगदान (NDCs) सँग मेल खान्छ । राष्ट्रिय नीतिहरूसँग सामञ्जस्य कायम गर्दै, नेपालको वातावरण संरक्षण ऐन (२०७६) को दफा ११ र ३० ले प्रादेशिक सरकारलाई पूरक वातावरणीय प्रभाव मूल्याङ्कन (supplementary EIA) माग गर्ने र सडक तथा अन्य पूर्वाधार विकासका गतिविधिहरूले प्राकृतिक एवं सांस्कृतिक सम्पदा र स्रोतहरूलाई हानि नपुर्‍याउने सुनिश्चित गर्न विशेष व्यवस्था गर्ने अधिकार प्रदान गरेको छ। यसका साथै, वातावरण संरक्षण नियमावली, स्थानीय सरकार सञ्चालन ऐन र राष्ट्रिय जलवायु परिवर्तन नीति संघीय रूपमा जारी गरिएका मुख्य कानुन र नीतिहरू हुन् जसले जलवायु परिवर्तनका सन्दर्भमा प्रादेशिक र स्थानीय सरकारका स्पष्ट भूमिकाहरू निर्धारण गरेका छन् ।

बागमती प्रदेश नेपालका सबैभन्दा जोखिमपूर्ण प्रदेशहरूमध्ये एक हो । यहाँको कमजोर र संवेदनशील पहाडी भू-बनोट, उच्च जनसंख्या वृद्धि, ह्रास हुँदै गएको पारिस्थितिक प्रणाली, मनसुनमा आधारित अस्थिर जलप्रणाली, अव्यवस्थित एवं घना सहरी वस्तीहरू, र उत्थानशील पूर्वाधार योजना, डिजाइन तथा विकासको अभावका कारण यस प्रदेशले तीव्र र सुस्त गतिमा देखिने (slow onset) हुने दुवै प्रकारका जलवायुजन्य जोखिम र संकटहरूको सामना गरिरहेको छ । हालैका वर्षहरूमा मेलम्ची बाढी विपद् (२०२१), रोशी खोला बाढी विपद् (२०२४) र भोटेकोशीमा बारम्बार जाने पहिरो जस्ता जलवायुजन्य आघातहरुले ठूलो आर्थिक क्षति र पूर्वाधारमा नोक्सानी पुर्‍याएका छन् । यस प्रदेशमा विगत ४० वर्षमा बाढी र पहिरो सबैभन्दा बढी दोहोरिने विपद्का रूपमा देखिएका छन् । आगामी ४० वर्ष (अर्थात् सन् २०४५) सम्ममा यहाँको तापक्रम १.३ देखि १.८ डिग्री सेल्सियसले बढ्ने प्रक्षेपण गरिएको छ । त्यसैगरी, वार्षिक वर्षामा ८ देखि १२ प्रतिशतले वृद्धि हुने अपेक्षा गरिएको छ । साथै, वर्षाको बदलिँदो स्वरूपका कारण सुनकोशी, तामाकोशी, नारायणी, बागमती र मरिन नदी क्षत्रहरूमा मौसमी बाढी र खडेरीले अझ विनाशकारी पहिरो र डढेलो निम्त्याउने सम्भावना छ । फलस्वरूप, जलवायु र विपद्का जोखिमहरू थप बढ्ने र यसले मानिस र वातावरणलाई असर गर्ने देखिन्छ, जसले विशेष गरी सडक र खानेपानी जस्ता पूर्वाधार विकासका उपलब्धिहरूलाई उच्च जोखिममा पार्नेछ । साथै, बढ्दो तापक्रम र प्रदूषणले मानिसहरूमा श्वासप्रश्वास र मुटुसम्बन्धी रोगहरु बढाई उनीहरूको उत्पादकत्व र सक्रिय आयुसमेत घटाउँदै लगेको छ ।

यस मार्गदर्शनको मुख्य उद्देश्य सरल र व्यावहारिक जलवायु उत्थानशील पूर्वाधार योजना तथा विकासका निर्देशनहरू र उपकरणहरू निर्माण गर्नु हो। यस कार्यको कार्यक्षेत्रमा योजनाकार र इन्जिनियरहरूलाई चरम मौसमी अवस्था र जलवायु परिवर्तनजन्य जोखिमहरू सहन सक्ने गरी सडक र अन्य पूर्वाधारहरूको डिजाइन र निर्माण गर्न मार्गदर्शन प्रदान गर्ने कुरा समावेश छ। यसबाट सडक, सिँचाइ नहर र खानेपानीका सुविधाहरू सबै मौसममा कार्यात्मक, सुरक्षित र दिगो रहनेछन् र तिनले अन्य पूर्वाधार, बस्ती, प्राकृतिक तथा सांस्कृतिक सम्पदालाई क्षति पुर्‍याउने छैनन् भन्ने अपेक्षित परिणाम राखिएको छ।

यो निर्देशिका राष्ट्रिय दिगो विकासका लक्ष्य/सिद्धान्तहरू, प्रकृति वा पारिस्थितिक प्रणालीमा आधारित पद्धति र समाधानहरू, र जलवायु उत्थानशील योजना (CRP) उपकरण र हाइब्रिड बायो-इन्जिनियरिङ विधिहरू लगायतका उत्थानशीलता निर्माणका मापदण्डहरूसँग मेल खान्छ। हाइब्रिड बायो-इन्जिनियरिङले परम्परागत बायो-इन्जिनियरिङ उपकरणहरूलाई प्रकृतिमा आधारित समाधान (Nature-based Solutions -NbS) मा स्तरोन्नति गर्दछ। यसको लक्ष्य प्रदेशमा जलवायु उत्थानशील भौतिक पूर्वाधारहरू - खास गरि सडक पूर्वाधार- को योजना, डिजाइन र निर्माण गर्नु हो।

उत्थानशील भौतिक पूर्वाधार प्रणाली विकासका लागि प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) एक आधारभूत आवश्यकता हो, जसमा निम्न कुराहरू समावेश छन:क) पारिस्थितिक प्रणालीमा आधारित अनुकूलन (EbA), ख) पारिस्थितिक प्रणालीमा आधारित विपद् जोखिम न्यूनीकरण (EcoDRR) र ग) पूर्वाधार र समाजको रक्षा गर्ने पारिस्थितिक प्रणाली (EPIC)। यी सबैले अल्पकालीन र दीर्घकालीन जोखिम तथा संकटहरूलाई सम्बोधन गर्दछन् र पारिस्थितिक प्रणालीमा आधारित उपायहरूद्वारा सुदृढीकरण गरी इन्जिनियरिङ संरचनाहरूको दिगोपन र उत्थानशीलता सुनिश्चित गर्दछन्, जसले पूर्वाधारलाई दीर्घकालीन रूपमा लागत-प्रभावी बनाउँछ। यी पद्धतिहरूले मानव-सिर्जित र प्राकृतिक दुवै विपद्का लागि भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालयको वर्तमान र भविष्यको जोखिम व्यवस्थापन रणनीतिलाई पनि पूरा गर्दछन्। साथै, यस निर्देशिकालाई सामान्य परिमार्जन र स्थानीय परिस्थिति अनुसार अनुकूलन गरी सबै प्रादेशिक पूर्वाधार आयोजनाहरू (सडक, पुल, सिँचाइ, आवास, विद्यालय, अस्पताल, ऊर्जा, खानेपानी, स्वास्थ्य र र सरसफाइसम्बन्धी पूर्वाधार) मा लागू गर्न सकिन्छ। यो निर्देशिका सडक पूर्वाधारमा केन्द्रित छ।

यस मार्गदर्शन, २०८३ ले प्रणालीगत सोच (systems thinking), पूर्व-सक्रिय दृष्टिकोण (Pro-active lens), जोखिम-देखि-उत्थानशीलता खाका (risk-to-resilience framework), र सहभागितामूलक एवं एकीकृत योजना तथा डिजाइन विधिहरू जस्ता मुख्य अवधारणा र पद्धतिहरूलाई अङ्गीकार गरेको छ। निर्देशिकाले ऐतिहासिक र प्रक्षेपित तथ्याङ्कहरूलाई ध्यानपूर्वक विचार गर्दै भू-स्थानिक (geospatial) र सामाजिक म्यापिङ (social mapping) मार्फत तथ्याङ्क सङ्कलन गर्न सिफारिस गर्दछ। साथै, प्रदेशमा उत्थानशील सडक पूर्वाधारको योजना बनाउन र जोखिम-उत्थानशील समाज तथा सडक विकासलाई मूर्त रूप दिन परामर्श कार्यशाला, केन्द्रित समूह छलफल (FGD) र विज्ञ टोलीहरूमार्फत सरोकारवालाहरूलाई संलग्न गराउन जोड दिन्छ।

उत्थानशील पूर्वाधारलाई पूर्णता दिन यस निर्देशिकाले 'नो-रिग्रेट' (no-regret) र/ अथवा 'लो-रिग्रेट' (low-regret) जीविकोपार्जनका हस्तक्षेपहरूलाई समर्थन गर्दछ। यस अन्तर्गत जलवायु-मैत्री कृषिलाई प्रवर्द्धन गर्ने र 'रोड्स बोर्ड नेपाल' (RBN) द्वारा उपलब्ध गरिने पारिस्थितिक प्रणाली सेवाको भुक्तानी (PES) तथा जीविकोपार्जनका विकल्पहरूको विविधीकरण मार्फत एकल जलवायु-संवेदनशील विकल्पमा समुदायको निर्भरता घटाउने लक्ष्य राखिएको छ।

यसका साथै, मार्गदर्शनले सडक पूर्वाधार आयोजनाहरूमा आवश्यक बजेट समावेश गर्न सिफारिस गर्दछ, जसले सडक किनारका बासिन्दाहरूलाई विशेष गरी साना तथा लघु उद्यम (SME) व्यवसाय विकास र बजार पहुँच प्रविधिहरूमा प्राविधिक तालिम प्रदान गर्नेछ। यसले सडकप्रति समुदायको अपनत्व अझ बढ्ने सुनिश्चित गर्नेछ।

यो मार्गदर्शनले पूर्वाधारलाई स्थानीय सामाजिक र/वा परम्परागत संस्थाहरू (जस्तैः वन उपभोक्ता समूह, सहकारी, र साना तथा लघु उद्यमहरू) सँग जोड्ने सिद्धान्तलाई अवलम्बन गर्दछ। यस अन्तर्गत स्पष्ट सञ्चालन तथा मर्मतसम्भारको भूमिका तोक्ने, आदिवासी जनजाति र स्थानीय समुदायहरूसँग न्यायोचित लाभ बाँडफाँट गर्ने, र स्थानीय सांस्कृतिक एवं आदिवासी अभ्यासहरूलाई प्रतिबिम्बित गर्न पूर्वाधारको प्रयोग गर्ने लक्ष्य राखिएको छ।

****

दिशानिर्देशको विस्तृत विवरण

भाग क: सन्दर्भ, पृष्ठभूमि र औचित्य

१. परिचय र पृष्ठभूमि

१.१ राष्ट्रिय जलवायु सन्दर्भ र पृष्ठभूमि

नेपाल विश्वकै जलवायु-जोखिमपूर्ण देशहरूको सूचीमा अग्रपंक्तिमा रहदै आएको छ, जसलाई ग्लोबल क्लाइमेट रिस्क इन्डेक्स २०२५ (Global Climate Risk Index 2025) ले ६९औं स्थानमा राखेको छ । बढ्दो तापक्रम, अनिश्चित वर्षा, र बारम्बार आइपर्ने विपद्हरूले जनजीविका, पूर्वाधार र पारिस्थितिक प्रणाली (Ecosystems) लाई नयाँ स्वरूपमा बदल्दै लगेका छन । काठमाडौं उपत्यका समेत रहेको बागमती प्रदेशले तीव्र सहरीकरण, कमजोर पहाडी भूबनोट र अनियमित मनसुन चक्रका कारण थप जटिल र बहुआयामिक जोखिमहरूको सामना गरिरहेको छ (MoFE, 2019; ICIMOD, 2019)।

नेपालले जोखिम तथा संकटासंनता मूल्याङ्कन र जलवायु सन्दर्भका आधारमा दीर्घकालीन जलवायु अनुकूलन र विपद् जोखिम न्यूनीकरणका कार्यहरू कार्यान्वयन गर्ने आफ्नो क्षमता अभिवृद्धि गर्दैछ। नेपाल सरकारको राष्ट्रिय निर्धारित योगदान (NDC), उत्सर्जन न्यूनीकरणका लागि दीर्घकालीन रणनीति (LTS), र राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP) जस्ता दस्तावेजहरूले विशिष्ट जलवायु कार्यका लक्ष्यहरू निर्धारण गरेका छन, जसलाई १६औं राष्ट्रिय योजनाका साथै प्रादेशिक र क्षेत्रगत योजनाहरूमा समेत समावेश गरिएको छ। नेपालले निर्धारित लक्ष्यहरू अनुसार जलवायु परिवर्तनका क्षेत्रमा भएका प्रगतिको प्रतिवेदन तयार गर्न र जलवायु कार्यको अनुगमन तथा प्रतिवेदन गर्ने संस्थागत क्षमता बढाउन आफ्नो अनुगमन, प्रतिवेदन र प्रमाणीकरण (MRV) प्रणाली विकास गरेको छ।

जलवायु परिवर्तनलाई विकासको कार्यसूचीमा (Agenda) समायोजन गर्नका लागि एक योजनागत संरचना (Planning Architecture) स्थापना गर्नु आवश्यक छ, जसमा सक्षम नीतिगत खाकाका साथै सहयोगी संस्थागत र वित्तीय व्यवस्थाहरू समावेश हुन्छन । नेपालले राष्ट्रिय विकास कार्यसूचीमा जलवायु परिवर्तनलाई समायोजन गर्ने सन्दर्भमा उल्लेखनीय प्रगति गरेको छ, जसमा राष्ट्रिय अनुकूलन कार्यक्रम (NAPA, 2010), जलवायु परिवर्तन नीति (2019), स्थानीय अनुकूलन कार्ययोजना (LAPA संरचना, (2011), का साथै राष्ट्रिय विपद् जोखिम व्यवस्थापन रणनीति तथा कार्ययोजना (2011) को तर्जुमा समावेश छन। यसका अतिरिक्त, नेपाल सरकारका क्षेत्रगत योजनाहरूले पनि जलवायुका प्राथमिकताहरूलाई रेखांकित गरेका छन ।

नेपालमा जलवायु परिवर्तन बजेट संकेत (Climate Change budget code) (NPC, 2012) ले विकास योजनामा जलवायु परिवर्तनको समाहितालाई सम्भव बनाएको छ। आर्थिक वर्ष २०८२/८३ मा, कुल १.९६ खर्ब रुपैयाँको बजेटमध्ये झण्डै आधा हिस्सा विभिन्न मन्त्रालयहरूमा क्लाइमेट ट्यागिङ (Climate Tagged) गरी जलवायुजन्य कार्यका लागि विनियोजन गरिएको थियो। मुलुक संघीयतामा गएपछि, नेपालले पेरिस सम्झौतामा सहमति भएबमोजिम राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP) र दीर्घकालीन रणनीति (LTS) कार्यान्वयन गर्न नयाँ कानुनी र संस्थागत संयन्त्रहरू तथा नीति तथा रणनीतिहरूको विकास गरेको छ ।

वातावरण संरक्षण ऐन, २०७६, नेपाल जलवायु परिवर्तन नीति २०७६, जलवायु उत्थानशील योजना तथा बजेट तर्जुमा दिग्दर्शन २०१९, विपद् जोखिम न्यूनीकरण तथा व्यवस्थापन ऐन २०१७ र नियमावली २०१९, लैङ्गिक समानता, सामाजिक समावेशीकरण (GESI) तथा जलवायु परिवर्तन रणनीति र कार्ययोजना २०१९, वन विनाश र वन क्षयीकरण न्यूनीकरण गर्दै कार्बन मौज्दातको संरक्षण (REDD+) सम्बन्धी राष्ट्रिय रणनीति, २०१८, विभिन्न क्षेत्रगत नीतिहरू (वन, ऊर्जा, उद्योग, यातायात, कृषि), राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP,2021) र दीर्घकालीन रणनीति (LTS) मुख्य नीतिगत तथा कानुनी ढाँचाहरू हुन जुन सरकारका तीनै तहमा लागू हुन्छन (MoFE, 2021) ।

नेपालमा जलवायु उत्थानशीलता निर्माण प्रक्रियाको सुरुवात गर्न राष्ट्रिय योजना आयोगले जलवायु उत्थानशील योजना (Climate Resilient Planning - CRP) (NPC, 2011) विकास गरी कार्यान्वयनमा ल्याएको छ । यो CRP टुल राष्ट्रिय योजना आयोग र वन तथा वातावरण मन्त्रालयको नेतृत्वमा सञ्चालित एक रणनीतिक सरकारी पहल हो, जसको उद्देश्य जलवायु परिवर्तन अनुकूलन (CCA) र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) लाई राष्ट्रिय, प्रादेशिक तथा स्थानीय विकास योजनाहरूमा प्रत्यक्ष रूपमा एकीकृत (integrate) गर्नु हो। यसको लक्ष्य १५औँ र १६औँ आवधिक योजनाहरूसँग तादात्म्य मिलाउँदै प्रतिक्रियात्मक र अल्पकालीन उपायहरूबाट माथि उठेर सक्रिय एवं दीर्घकालीन उत्थानशीलता तर्फ अघि बढ्नु हो । यो एउटा यस्तो विस्तृत ढाँचा (comprehensive framework) हो जसले विकास योजना र कार्यक्रमहरूमा जलवायु सम्बन्धी सरोकारहरूलाई जोड्ने गर्दछ। यसले मन्त्रालय, विभाग र विकास संस्थाहरूलाई क्षेत्रगत जलवायु समस्याहरूको विश्लेषण गर्न र उदीयमान तथा पूर्वानुमानित जलवायु खतराहरू न्यूनीकरणका उपायहरू अपनाउन सहयोग पुर्‍याउने लक्ष्य राखेको छ । यस दिशानिर्देश र हाते किताबले (hand book) विकास योजना र कार्यक्रमहरूलाई जलवायु उत्थानशीलताका लागि परीक्षण (Screening) गर्न, कार्यान्वयन तहमा जलवायु सम्बन्धी ज्ञान र असल अभ्यासहरू अभिवृद्धि गर्न र अन्तर-क्षेत्रगत सहयोगका क्षेत्रहरू पहिचान गर्न सिफारिस गर्दछ । यसले नेपाल सरकारलाई आफ्नो निर्धारित राष्ट्रिय योगदान (NDC) हासिल गर्न र दीर्घकालीन रूपमा जलवायु परिवर्तनका प्रभावहरू अनुकूलन गर्न मद्दत गर्ने अपेक्षा गरिएको छ ।

१.२ नीतिगत तथा कानुनी ढाँचा

नेपालको वातावरण संरक्षण ऐन २०७६ को दफा ११ र ३० ले नेपाल सरकारलाई प्रादेशिक सरकारसँगको समन्वयमा पूरक वातावरणीय प्रभाव मूल्याङ्कन (Supplementary EIA) गर्न आवश्यक ठहर्‍याउने र अन्य विशेष व्यवस्थाहरू गर्ने अधिकार प्रदान गरेको छ । यसको मुख्य उद्देश्य सडक तथा अन्य पूर्वाधार विकासका क्रियाकलापहरूले प्राकृतिक एवं सांस्कृतिक सम्पदा र स्रोतहरूमा कुनै पनि क्षति नपुर्‍याउने सुनिश्चित गर्नु हो ।

दफा ३० (१) मा उल्लेख छः नेपाल सरकारले प्रदेश सरकार र सम्बन्धित स्थानीय तहसँग परामर्श गरी वातावरण संरक्षणका दृष्टिले अति महत्वपूर्ण मानिने प्राकृतिक सम्पदा वा सौन्दर्यपरक स्थल वा ऐतिहासिक वा सांस्कृतिक महत्वका स्थललाई नेपाल राजपत्रमा सूचना प्रकाशन गरी वातावरण संरक्षण क्षेत्र कायम गर्न सक्नेछ।

त्यसैगरी, दफा ३० (२) मा थप उल्लेख छः कुनै सडक, भवन, नदी व्यवस्थापन, सहरी योजना वा अन्य कुनै भौतिक पूर्वाधार निर्माण गर्दा सरोकारवाला निकायसँगको समन्वयमा नेपाल सरकारले कुनै क्षेत्र विशेषको वातावरण संरक्षण गने उद्देश्यले त्यस्तो क्षेत्रलाई खुला वा हरियाली क्षेत्र तोक्न सक्नेछ। (MoFE, 2019)

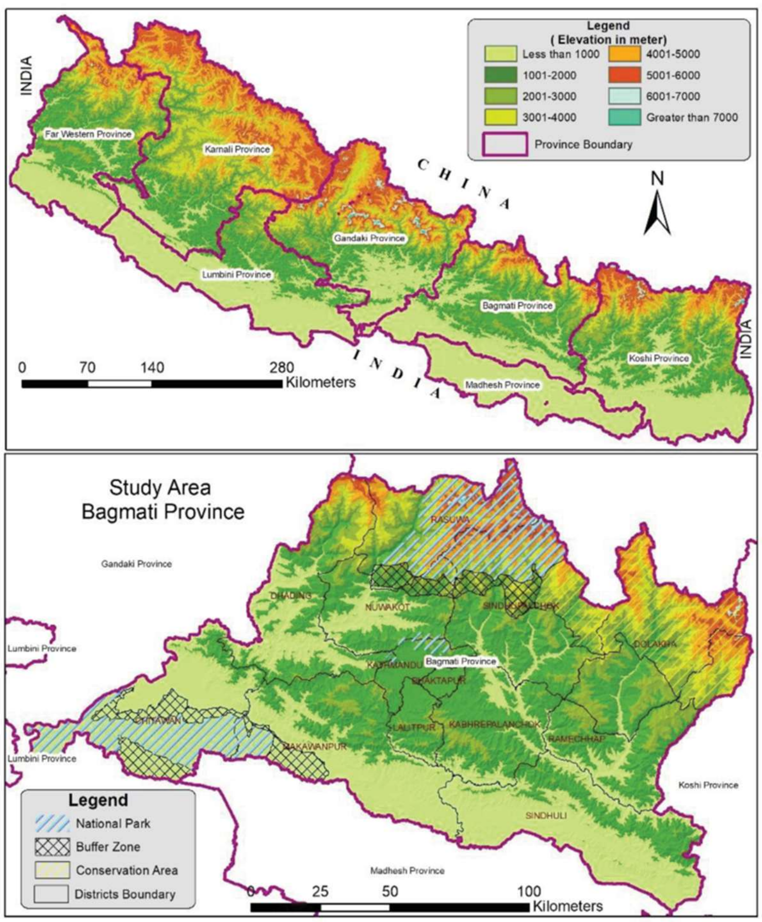
प्रादेशिक सरकारी निकाय वा संस्थाहरूको नीति तर्जुमा, अनुगमन तथा मूल्याङ्कन लगायत विभिन्न तहमा स्पष्ट भूमिका र जिम्मेवारीहरू रहेका छन, जसले प्रत्यक्ष वा अप्रत्यक्ष रूपमा जलवायु परिवर्तन अनुकूलन (CCA) र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) सम्बन्धी गतिविधिहरुको वा क्रियाकलापहरुको कार्यान्वयनमा सहयोग पुर्याउछन । यस सन्दर्भमा, प्रत्येक प्रदेशलाई आफ्नो संरचनाभित्र संस्थागत व्यवस्थापन विकास गर्ने अधिकार रहेको छ । सातवटै प्रदेशहरूमा लगभग समान खालको मन्त्रालयगत विभाजन छ, जहाँ सामान्यतया जलवायु परिवर्तनसँग सम्बन्धित कार्यहरू वन, वातावरण तथा पर्यटन मन्त्रालयलाई सुम्पिएको हुन्छ । प्रदेश र स्थानीय तहको जलवायु कार्यलाई सहज बनाउन राष्ट्रिय स्तरका जलवायु परिवर्तन सम्बन्धी नीति र खाकाहरू (Frameworks) तयार गरिएका छन। वातावरण संरक्षण ऐन, वातावरण संरक्षण नियमावली, स्थानीय सरकार सञ्चालन ऐन, र राष्ट्रिय जलवायु परिवर्तन नीति जस्ता संघीय रूपमा जारी भएका कानुन र नीतिहरू मार्गनिर्देशक दस्तावेज हुन जसले जलवायु परिवर्तनका सम्बन्धमा प्रदेश र स्थानीय सरकारका लागि स्पष्ट भूमिका निर्धारण गरेका छन।

२. जलवायु परिवर्तनको परिदृश्य, संकटासन्नता र उत्थानशीलता निर्माणका आवश्यकताहरू

२.१ नेपाल र बागमती प्रदेशको जलवायु सन्दर्भ

नेपालको औसत राष्ट्रिय तापक्रम तीव्र गतिमा बढिरहेको छ, जसमा उच्च भेग र घना सहरी बस्तीहरूमा उल्लेखनीय रूपमा बढी तापक्रम वृद्धि देखिएको छ (WB, 2022 ADB, 2025; and DHM, 2025)। औसत वार्षिक तापक्रम निरन्तर बढ्दो छ, जसका साथै तातो हावाको लहर (Heat waves) र तातो रातहरूको पुनरावृत्ति पनि बढ्दै गएको छ । बागमती प्रदेश नेपालकै जलवायु परिवर्तन र प्राकृतिक विपद्को दृष्टिकोणले सबैभन्दा जोखिमपूर्ण प्रदेशहरूमध्ये एक हो र यसले चरम (Extreme) र सुस्त गतिमा देखिने (Slow-onset) दुवै प्रकारका जलवायुजन्य जोखिमहरुको सामना गरिरहेको छ ।

यस प्रदेशको जलवायु संकटासन्नता हुनुको मुख्य कारणहरूमा कमजोर पहाडी भू-बनोट र ह्रास हुँदै गएको पारिस्थितिक प्रणाली, मनसुनमा आधारित अत्यन्त अस्थिर जलचक्र, अव्यवस्थित (विशेष गरी सहरी) बस्तीहरू, र उत्थानशील पूर्वाधार योजना, डिजाइन तथा विकासको अभाव रहेका छन । पछिल्लो समयका जलवायुजन्य आघातहरुमा (shocks) सन २०२१ को मेलम्ची बाढी विपद्, २०२४ को रोशीखोला बाढी विपद् र भोटेकोशी क्षेत्रमा बारम्बार भइरहने पहिरोहरू समावेश छन । विगत ४० वर्षमा यस प्रदेशमा बाढी र पहिरो सबैभन्दा धेरै पटक दोहोरिने विपद्हरूका रूपमा देखिएका छन (चित्र १) ।



चित्र १ : बागमती प्रदेशको भू-उचाइ, प्रशासनिक सिमाना र प्रमुख भू-उपयोग नक्सा

सन १९८१-२०१० को अवधिलाई आधार मान्दा, मध्यम अवधि (२०१६-४५) मा तापक्रम 0.92 देखि 1.07 degree C सम्म र दीर्घकालीन अवधि (२०३६-६५) मा 1.3 degree देखि 1.8 degree C सम्मले बढ्ने प्रक्षेपण गरिएको छ । त्यसैगरी, वार्षिक वर्षा

मध्यम र दीर्घकालीन दुवै अवधिमा २-६ प्रतिशतदेखि ८-१२ प्रतिशतसम्म बढ्ने अपेक्षा गरिएको छ, जसमा उच्च क्षेत्रहरूमा बढी वर्षा हुने अनुमान छ। हिउँदका महिनाहरू सुक्खा हुने र मनसुनी वर्षा तीन गुणासम्म बढेर धेरै पानि पर्ने (Wetter) प्रक्षेपण गरिएको छ। विश्व बैंक र एडिबीका प्रतिवेदनहरू (DHM, 2024; MoFE, 2019; ADB, 2025), अनुसार, जलवायु परिवर्तनका कारण आउने नदीको बाढीबाट नेपालमा वार्षिक रूपमा प्रभावित हुने मानिसहरूको संख्या सन २०१० को १,५७,००० बाट बढेर सन २०३० सम्ममा झन्डै दोब्बर अर्थात ३,५०,००० पुग्न सक्छ।

बागमती प्रदेशको स्तरमा मौसमी चरम अवस्था (Seasonal Extremes) उच्च छन जहाँ हिउँदमा तापक्रम -20 degree C सम्म झर्न सक्छ भने गर्मीमा 36 degree C सम्म पुग्ने गर्दछ, जसले तीव्र उतारचढावलाई देखाउँछ। वर्षाको ढाँचा अनियमित छ र मनसुनमा बढ्दो अनिश्चितता देखिन्छ–छोटो समयमा हुने भीषण वर्षा र त्यसपछि देखिने लामो खडेरीको चक्र चलिरहेको छ (ICIMOD, 2024)। यो प्रदेश तीव्र रूपमा सहरीकरण भइरहेको छ, जसमा काठमाडौँ उपत्यकाले अव्यवस्थित सहरी वृद्धिका कारण बारम्बार आकस्मिक बाढी, अत्यधिक गर्मी (Heat stress), डुबान र पानीको अभाव जस्ता समस्याहरूको सामना गरिरहेको छ। कृषि क्षेत्रमा यसको प्रभाव उच्च छन। किसानहरू खेती लगाउने चक्रमा आएको अवरोध र पानीको उपलब्धतामा देखिएको अनिश्चिततासँग जुधिरहेका छन। यस प्रदेशमा जलवायु परिवर्तनका विशिष्ट प्रभावहरू निम्न कारकहरूबाट सिर्जना भएका छन :

<u>मुख्य जलवायुजन्य प्रकोपहरु</u> :

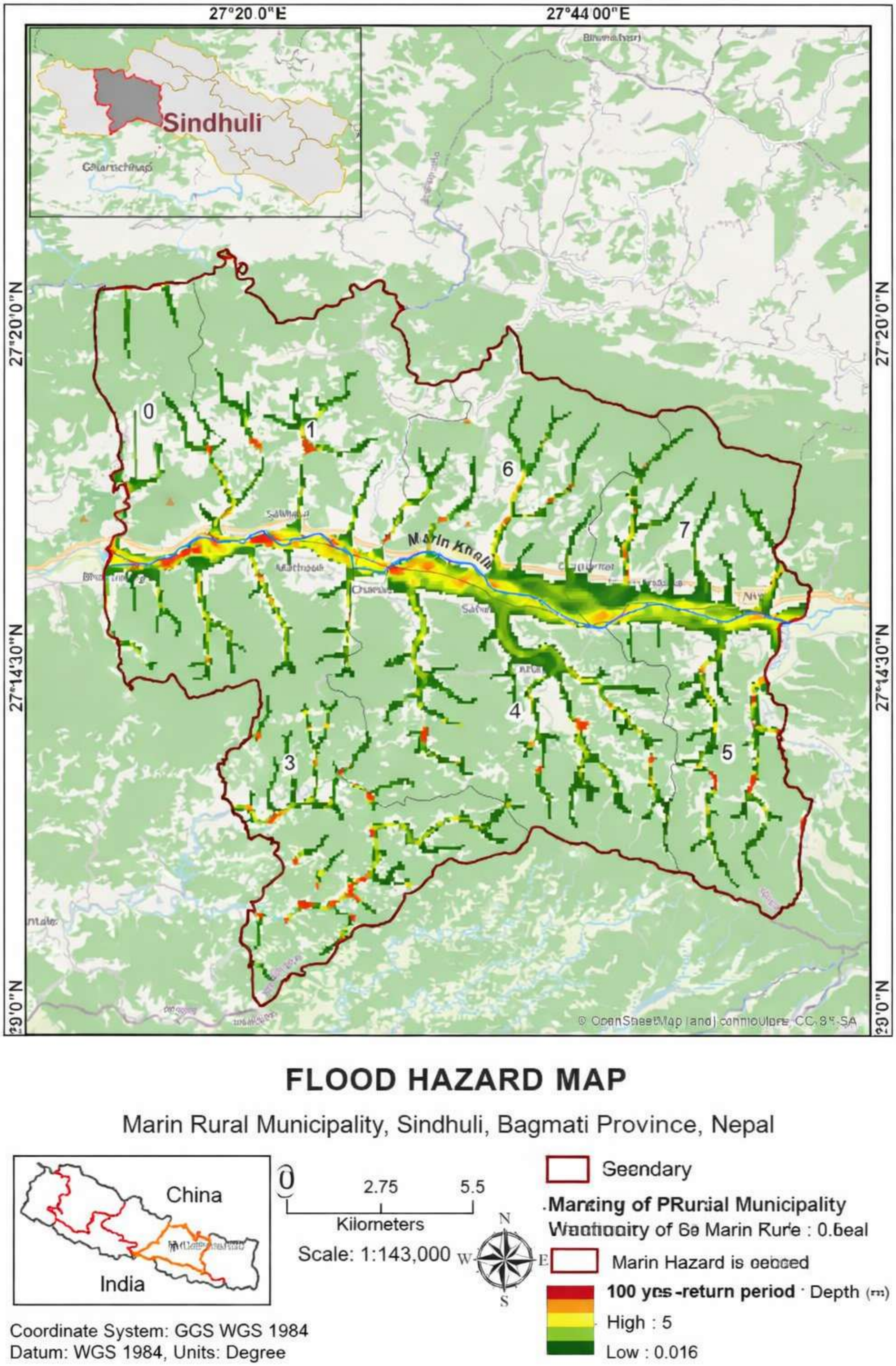
नदीको बाढी र आकस्मिक बाढी (Flash floods) का साथै नदीको बहावमा आउने उच्च उतारचढाव यहाँका मुख्य प्रकोप र जोखिमहरू हुन। वर्षाको ढाँचामा आएको परिवर्तनका कारण सुनकोशी, तामाकोशी, नारायणी, बागमती र मरिन नदी जलाधार क्षेत्रहरूमा देखिने मौसमी बाढी र खडेरीले पहिरो तथा डढेलो जस्ता समस्याहरू निम्त्याउने गरेका छन।

<u>बढ्दो पहिरो:</u> उत्तरी पहाडी जिल्लाहरू विशेष गरी रसुवा, नुवाकोट, धादिङ, दोलखा र सिन्धुपाल्चोकले मनसुनको समयमा हुने भीषण वर्षाका कारण बारम्बार पहिरोको सामना गरिरहेका छन, जसले पूर्वाधारमा क्षति पुर्‍याउनुका साथै समुदायहरूलाई विस्थापित गरिरहेको छ (Wijaya, I. P. K., Towashiraporn, P., Joshi, A., Jayasinghe, S., Dewi, A., & Md. (2023)।

<u>तापक्रम वृद्धि र खडेरी:</u> बढ्दो तापक्रम र लामो समयसम्मको खडेरीले सहरी उष्ण द्विप प्रभाव (Urban Heat Island - UHI) प्रभावका कारण सहरी आवास, कृषि, खानेपानी र जनस्वास्थ्यमा असर पारिरहेको छ, जसले मानिसहरूको सामना गर्ने र अनुकूलन गर्ने क्षमतालाई कम गराउँदै लगेको छ।

<u>वायु प्रदूषण:</u> काठमाडौँ उपत्यकाले पछिल्ला वर्षहरूमा वायुको गुणस्तर निरन्तर बिग्रँदै गएको अनुभव गरिरहेको छ, जसले जलवायुजन्य स्वास्थ्य जोखिमहरूलाई थप जटिल बनाउँदै वृद्धवृद्धा र बालबालिकालाई विशेष गरी जोखिममा पारेको छ।

<u>असमान सामना गर्ने क्षमता:</u> स्रोत-साधनमा राम्रो पहुँच भएका सहरी परिवारहरूको तुलनामा ग्रामीण र सीमान्तकृत समूहहरू असमान रूपमा बढी जोखिममा रहेका छन।



चित्र २: मरिण गाउँपालिका (सिन्धुली) को बाढी जोखिम क्षेत्र नक्सा

२.२ बढ्दो संकटासन्नता र जोखिम-सूचित उत्थानशील सडक विकासको आवश्यकता

पहाड तथा तराईका समथर भू-भागको तुलनामा हिमाली क्षेत्रहरू तीव्र गतिमा तातिरहेका छन्, जसले गर्दा हिउँ र प्रतिहिमु (Permafrost) पग्लने प्रक्रिया सुरु भई पहिरोको जोखिम बढाएको छ । क्रमिक रूपमा बढ्ने जोखिमहरूका (slow-onset risk) साथै खडेरी, डढेलो, तातो हावाको लहर (Heat waves), आकस्मिक बाढी र रोगव्याधिको प्रकोप बढ्दै गएका छन । जलवायु तथा विपद्का जोखिमहरू अझ बढ्ने अपेक्षा गरिएको छ, जसले मानिस र वातावरणलाई प्रभावित पार्नुका साथै पूर्वाधार विकासका उपलब्धिहरूलाई समेत खतरामा पारेको छ ।

सन २०२१ र २०२४ को भीषण मनसुनी बाढी र पहिरोले सयौँको मृत्यु गरायो, हजारौँ मानिसहरूलाई विस्थापित गर्यो र धेरै सडकहरूमा क्षति पुऱ्यायो । हालका वर्षहरूमा बाढीका घटनाहरू दोब्बर भएका छनः आँधीबेहरी, भूक्षय र पहिरोका घटनाहरू पनि बढ्दो क्रममा छन, जसको परिणामस्वरूप धनजन र जीविकोपार्जनको ठूलो क्षति भइरहेको छ । सन २०२१ र २०२४ को भीषण मनसुनी बाढी र पहिरोले बागमती प्रदेशमा मात्रै सयौँको ज्यान लिनुका साथै हजारौँलाई विस्थापित र भौतिक पूर्वाधार (सडक) मा व्यापक क्षति पुऱ्याएको छ (UNDRR, 2021, 2024; MOHA, NDRR Portal-Disaster Reports, 2024)।

२.३ जलवायु परिवर्तनका प्रभावहरूको बढ्दो आर्थिक लागत

CDKN/IDS-नेपालको अध्ययन (CDKN/IDS-N, 2014) ले पूर्वाधारमा हुने क्षतिका कारण सिर्जना हुने अप्रत्यक्ष लागतले विपद्को समग्र आर्थिक भारलाई २५ देखि १०० प्रतिशत वा सोभन्दा बढीले बढाउन सक्ने अनुमान गरेको थियो । उक्त अध्ययनले जलवायुजन्य विपद्बाट हुने कुल प्रभाव तत्काल देखिने प्रत्यक्ष क्षतिको तुलनामा तीन गुणा वा सोभन्दा बढी हुन सक्ने संकेत गरेको छ (CDKN, 2014)। यसले जलवायुजन्य प्रकोपहरूमा नेपालको सापेक्षिक जोखिमलाई अझ बढाउन मद्दत पुर्याउनेछ। बढ्दो तापक्रमले नेपालका उच्च हिमाली हिमनदीहरूको भविष्यलाई खतरामा पारेको छ, जुन यस क्षेत्रका लागि स्वच्छ पानीको महत्वपूर्ण स्रोत हुन । काठमाडौँमा पानीको अभाव यति गम्भीर छ कि धाराको पानीले मनसुनमा ३२ प्रतिशत र सुक्खायाममा १९ प्रतिशत मात्र घरायसी माग धान्ने गरेको छ । (UNICEF, 2023)

निर्मित वातावरण (Built Environment) र सहरी योजनामा जलवायुका पक्षहरूलाई ध्यान नदिँदा सहरहरू र मुख्य व्यापारिक मार्गहरू–जहाँ अर्थतन्त्रको ठूलो हिस्सा केन्द्रित छ–थप जोखिममा परेका छन । यस प्रदेशका पूर्वाधारहरू भारी वर्षा, बाढी र पहिरोप्रति संवेदनशील छन, जसको आवृत्ति र तीव्रता (frequency and intensity) बढ्दो क्रममा छ । नेपालमा ९० प्रतिशत यात्रु र सामानको ओसारपसार सडक यातायात सञ्जालबाट हुन्छ । आर्थिक वर्ष २०७६/७७ मा सडक पूर्वाधारमा २ अर्ब रुपैयाँ (१६.४ मिलियन अमेरिकी डलर) भन्दा बढीको क्षति भएको थियो, जसमा बागमती प्रदेशले क्षतिको ठूलो हिस्सा व्यहोर्नुपरेको थियो ।

बाढी, पहिरो, खडेरी र हिमताल विष्फोटन (GLOFs) जस्ता चरम घटनाहरू तीव्र भइरहेका छन (ADB/IDA/SDC, 2025)। आर्थिक नोक्सानी थपिँदै गएको छ। जलवायुजन्य विपद्का कारण नेपालले वार्षिक रूपमा करिब २२१ मिलियन डलर खर्चिनुपरेको छ, साथै ठूलो संख्यामा मानवीय क्षति पनि भइरहेको छ (ADB, 2025)। नेपालका ७७ मध्ये ५० भन्दा बढी जिल्लाहरू जलवायुजन्य प्रकोपको मध्यमदेखि उच्च जोखिममा छन । राष्ट्रिय नीति र कानुनी ढाँचाहरूले उत्थानशीलता, विपद् पूर्वतयारी, र विकास योजनामा जलवायु अनुकूलनको समायोजनमा जोड दिएका छन ।

नेपाल, विशेष गरी बागमती प्रदेश तीव्र रूपमा सहरीकरण भइरहेको छ, जहाँ लगभग आधा सहरी जनसंख्या अव्यवस्थित बस्तीहरूमा बसोबास गर्छन (CBS, 2021) । सन २०५० सम्मको प्रक्षेपणले जलवायु परिवर्तनको प्रभावबाट अत्यन्त उच्चु र उच्च जोखिममा रहेका नगरपालिकाहरूको संख्या दोब्बरभन्दा बढी हुने देखाएको छ । विशेष गरी, हिमताल विष्फोटन (GLOF) तथा अकस्मात आउने बाढी तथा पहिरोको बढ्दो जोखिमले सडक पूर्वाधारमा विनाशकारी खतरा निम्त्याएको छ । पर्वतीय मुलुक नेपालले आफ्नो अन्तर्निहित (inherent) विपद् संवेदनशीलतालाई पूर्ण रूपमा निर्मूल पार्न नसके पनि सडक पूर्वाधारका जोखिम व्यवस्थापनका लागि लगानी गर्नु अपरिहार्य छ । बहु-प्रकोपहरुबाट उत्पन्न हुने चुनौती र अवसरहरूको व्यवस्थापन गर्न प्रभावकारी संस्था र सुशासनको (Effective Governance) आवश्यक छ (ADB, 2021, ICIMOD, 2019) ।

२.४ जलवायु परिवर्तनको बढ्दो संकटासन्नताका प्रभावहरू

अनियमित वर्षा, खडेरी, आकस्मिक बाढी र क्षतिग्रस्त सडक तथा सिँचाइ पूर्वाधारका कारण कृषि, खाद्य सुरक्षा र जीविकोपार्जनमा सबैभन्दा बढी असर परेको छ, जसले आवागमन, खाद्य, पानी र स्वास्थ्य सुरक्षालाइ कमजोर बनाउँछ। कमजोर तथा अपर्याप्त ढल निकास प्रणाली चरम मौसमी अवस्था, र फितलो जल व्यवस्थापन प्रणालीका कारण आएको भीषण बाढी र पहिरोले प्रादेशिक सडक पूर्वाधारहरू क्षतिग्रस्त भएका छन। बागमती प्रदेशका सडकहरूले जलवायु परिवर्तनजन्य संकटासन्नता र जोखिमहरू, विशेष गरी बाढी, खडेरी, पहिरो र डढेलोको बढ्दो प्रभाव अनुभव गरिरहेको छ। जलवायुजन्य प्रकोप र जोखिमहरू द्रुत सडक विस्तार, सहरीकरण, अव्यवस्थित तथा कमजोर पूर्वाधार विकास, र असमान अनुकूलन तथा विपद् रोकथाम क्षमतासँग अन्तरसम्बन्धित छन, जसले ग्रामीण र सहरी दुवै जनसंख्याका लागि ठूलो जोखिम सिर्जना गरेको छ। प्रादेशिक र स्थानीय सुशासनमा जलवायु अनुकूलन र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) लाई एकीकृत गरी प्रादेशिक सडक प्रणालीको उत्थानशीलता सुदृढ गर्न र जीविकोपार्जनको सुरक्षा गर्न तत्काल नीतिगत कदम चाल्न आवश्यक छ।

चित्र ३: बागमती प्रदेशका १३ वटा जिल्लाहरू मध्यमदेखि अति उच्च संकटासन्नतामा रहेको देखाउँछ।

२.५ मार्गदर्शन विकासको औचित्य तथा युक्तिसंगतता

विज्ञहरूको धारणा अनुसार प्रादेशिक सडक पूर्वाधार योजनाहरूलाई राष्ट्रिय जलवायु रणनीतिहरूसँग तालमेल मिलाउनु पर्छ र बागमती प्रदेशको विशिष्ट सहरी-ग्रामीण संरचना अनुसारका कार्यक्रमहरू तर्जुमा गर्नु पर्छ। उनीहरूले विशेष गरी काठमाडौं उपत्यकामा बाढी र जल व्यवस्थापन प्रणालीको विस्तार, हरित ढल निकास (Green Drainage), र ताप-उत्थानशील (Heat-resilient) सहरी डिजाइनको विस्तार गरी जलवायु-उत्थानशील सडक पूर्वाधार निर्माण गर्न सिफारिस गरेका छन।

यसका साथै, बागमती प्रदेशका जलवायु कार्ययोजनाहरूलाई नेपालको राष्ट्रिय अनुकूलन खाका (NAP) र दिगो विकास लक्ष्य (SDG) को खाकासँग, विशेष गरी प्रादेशिक सडक पूर्वाधारको हकमा, सामञ्जस्य कायम गर्नु पनि उत्तिकै आवश्यक छ। यसका साथै, पूर्वाधार र समुदाय दुवैको सुरक्षा गर्दै दिगो विकासलाई प्रवर्द्धन गर्न पूर्वाधार सुशासन अपरिहार्य छ।

नेपाल सरकारका विद्यमान कानुनी आवश्यकताहरू पूरा गर्न बागमती प्रदेशका प्रादेशिक सडक तथा पुलहरूका लागि जलवायु उत्थानशील पूर्वाधार डिजाइन तथा विकास निर्देशिकाको आवश्यकता महसुस गरिएको छ । यो निर्देशिका आधिकारिक रूपमा स्वीकृत भएपछि, यसले योजनाकार र इन्जिनियरहरूलाई चरम मौसमी अवस्था र जलवायु परिवर्तनजन्य प्रकोपहरु–जस्तै भारी वर्षा, आकस्मिक बाढी, पहिरो, कमजोर भू-बनोटका कारण हुने भिरालो जमिनको विफलता (Slope failure), बढ्दो जल-मौसमजन्य चरम अवस्था, हिमनदी र प्रतिहिम (Permafrost) पग्लने प्रक्रिया, चरम मौसमी उतारचढाव र माटोको अस्थिरता–सहन सक्ने गरी सडक र अन्य पूर्वाधारहरूको राम्रोसँग डिजाइन र निर्माण गर्न मार्गदर्शन गर्नेछ । यसबाट सडकहरू दीर्घकालीन रूपमा सञ्चालनयोग्य, सुरक्षित र टिकाउ हुनेछन् भने मानव बस्ती, प्राकृतिक तथा सांस्कृतिक सम्पदाहरूमा क्षति पुग्ने छैन । शुद्ध इन्जिनियरिङ समाधानहरू महँगो हुने र प्रायः पारिस्थितिकीय प्रणालीका सिद्धान्तहरू एवं जलवायु उत्थानशीलताका मापदण्डहरूसँग मेल नखाने हुनाले, जलवायु उत्थानशीलता निर्माण गर्न बायो-इन्जिनियरिङ विधिहरू प्रयोग गरिन्छ, जसलाई हाल प्रकृतिमा आधारित समाधान (Nature-based Solutions - NbS) का रूपमा स्तरोन्नति गरिएको छ । विशेष गरी प्रादेशिक सडक, ढल निकास, खानेपानी र भवन पूर्वाधारहरूमा यसको प्रयोग गरिन्छ। आइयूसिएन (IUCN) का अनुसार, NbS ले मानिसको सुरक्षा गर्न, पूर्वाधारको उच्चतम उपयोग गर्न र स्थिर एवं जैविक विविधताले भरिपूर्ण भविष्य सुनिश्चित गर्न प्रकृति र स्वस्थ पारिस्थितिकीय प्रणालीको शक्तिको उपयोग गर्दछ ।

NbS अन्तर्गत निम्न कुराहरू पर्दछन : क) पारिस्थितिकीय प्रणालीमा आधारित अनुकूलन (EbA), ख) पारिस्थितिकीय प्रणालीमा आधारित विपद् जोखिम न्यूनीकरण (EcoDRR), र ग) पूर्वाधार र समुदाय संरक्षणका लागि पारिस्थितिक प्रणाली (EPIC)। यी सबैले अल्पकालीन र दीर्घकालीन जोखिम एवं क्षतिलाई सम्बोधन गर्दछन NbS ले पारिस्थितिकीय प्रणालीमा आधारित उपायहरू प्रयोग गरी इन्जिनियरिङ संरचनाहरूलाई लागत-प्रभावी बनाउँदै तिनको दिगोपन र उत्थानशीलता सुनिश्चित गर्दछ । यो जैविक र इन्जिनियरिङ दुवै विकल्पहरूको आवश्यकतामा आधारित र विशिष्ट संयोजन हो, जसलाई भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) को वर्तमान र भविष्यका आवश्यकता एवं सन्दर्भहरू पूरा गर्न यस निर्देशिकामा समावेश गरिएको छ ।

जलवायु परिवर्तन र मौसमको चरम अवस्थाले यातायात प्रणालीलाई बढ्दो रूपमा प्रभावित पारिरहेका छन, जसमा बढ्दो तापक्रम (जसले गर्दा वन डढेलो लाग्ने र लु चल्ने जस्ता जोखिम बढ्छन), अत्यधिक वर्षा, आकस्मिक बाढी, डुबान, खडेरी र पहिरो मुख्य कारण पर्दछन । बागमती प्रदेश एक पहाडी र हिमाली प्रदेश भएकोले यहाँका सडक सञ्जालहरू, जो प्रदेशको आर्थिक र सामाजिक क्रियाकलापका मेरुदण्ड हुन्, यी प्रभावहरूका कारण उच्च जोखिममा छन् । त्यसैले, प्रदेशम जलवायु-उत्थानशील प्रादेशिक सडक र अन्य भौतिक पूर्वाधार निर्माण भन्नाले त्यस्तो योजना, डिजाइन, सामग्रीको प्रयोग र व्यवस्थापन अभ्यासलाई बुझाउँछ, जसले सडकको जलवायुजन्य दबाब, प्रभाव र क्षति तथा अन्तर्निहित भू-भौतिक जोखिमहरूलाई बढी लागत-प्रभावी ढंगले सामना गर्ने, अनुकूलन गर्ने र पुनरुत्थान गर्ने क्षमतामा सुधार ल्याउँछ । सडक पूर्वाधार डिजाइन र निर्माणमा जलवायु उत्थानशीलताले निम्न पक्षहरू सुनिश्चित गर्नुपर्दछः

- दीर्घकालीन लागत बचत
- वर्षैभरिको पहुँच र उपयोगिता
- यात्रा र प्रयोगकर्ताहरूको लागि उच्च सुरक्षा
- विपद्-जन्य मर्मतसम्भारको आवश्यकता र खर्चमा कटौती

३. उद्देश्य, कार्यक्षेत्र र लक्ष्यहरू

३.१ उद्देश्य र कार्यक्षेत्र

यस निर्देशिकाको उद्देश्य बागमती प्रदेशको सडक पूर्वाधारको योजना तर्जुमा, डिजाइन र निर्माणमा जलवायु तथा विपद् उत्थानशीलताका पक्ष, कारक र आवश्यकताहरूलाई मूलप्रवाहीकरण (Mainstreaming) र एकीकरण सुनिश्चित गर्नु हो । यस कार्यको कार्यक्षेत्र (Scope) अन्तर्गत पूर्वाधारहरू, विशेष गरी प्रादेशिक सरकारद्वारा लगानी गरिएका,

कार्यान्वयन गरिएका र मर्मतसम्भार गरिने सडक र खानेपानी सुविधाहरूमा लागू हुने मान्यता, मापदण्ड र प्रक्रियाहरू तोक्नु रहेको छ। यो निर्देशिका सबै प्रादेशिक सडक र सम्बन्धित पूर्वाधार आयोजनाहरूमा लागू गर्न सकिनेछ।

३.२ उद्देश्य

यस निर्देशिकाको मुख्य उद्देश्य बागमती प्रदेशका इन्जिनियर, योजनाकार र निर्णयकर्ताहरूलाई सक्षम बनाउन एक सरल र व्यवहारिक प्रादेशिक जलवायु उत्थानशील पूर्वाधार योजना तथा विकास निर्देशिका तयार गर्नु हो, जसले उनीहरूलाई निम्न कार्यहरूमा सहयोग पुर्‍याउनेछः

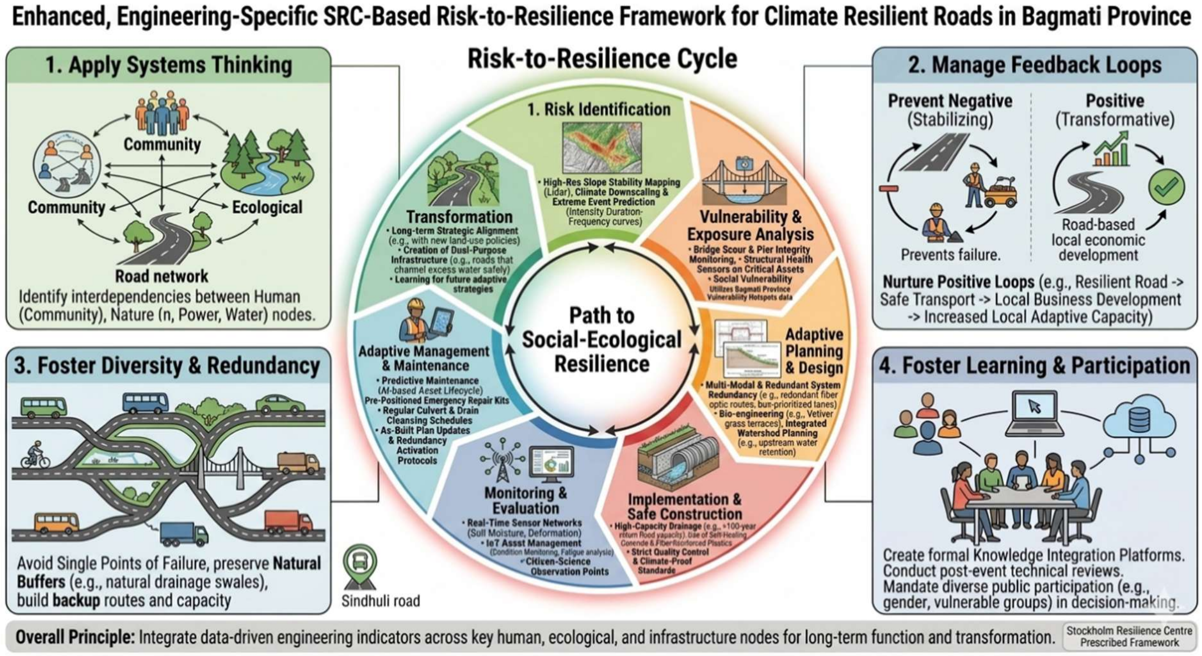
- प्रादेशिक सडक पूर्वाधारको योजना बनाउँदा र निर्माण गर्दा वर्तमान र भविष्यका जलवायु जोखिम तथा संवेदनशीलताहरू (sensivities) पहिचान गर्न।
- जलवायु-उत्थानशील डिजाइन मापदण्ड, उपयुक्त प्रविधि र सर्वोत्तम अभ्यासहरू तोक्दै योजना, डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भारमा उत्थानशीलतालाई एकीकृत गर्न।
- पहाडी भू-बनोटमा जलवायु-उत्थानशील भौतिक पूर्वाधारको योजना, डिजाइन, निर्माण, सञ्चालन र लगानीका लागि कार्यान्वयनयोग्य मापदण्ड र कार्यप्रवाह (Workflow) उपलब्ध गराउन।
- लगानी सम्बन्धी निर्णयहरूलाई उत्थानशील, दिगो र लागत-प्रभावी बनाउन मार्गदर्शन गर्न।
- संस्थागत क्षमता (प्राविधिक, मानवीय र प्रणालीगत) सुदृढ गरी सम्बन्धित निकाय तथा पेशेवरहरूलाई जलवायु-मैत्री पूर्वाधारको योजना, डिजाइन र व्यवस्थापन अझ प्रभावकारी रूपमा गर्न सक्षम बनाउन।
- पहाडी तथा हिमाली भू-बनोटमा जलवायु-उत्थानशील सडक पूर्वाधारको योजना, डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भारका लागि कार्यान्वयनयोग्य मापदण्डहरू स्थापना गर्न।
- नेपालको राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP), राष्ट्रिय विपद् जोखिम न्यूनीकरण तथा व्यवस्थापन रणनीतिक योजना (NDRRS) र बागमती प्रदेशको विकासका प्राथमिकताहरूसँग तालमेल मिलाउँदै पहिरो, बाढी, र अत्यधिक वर्षा विरुद्ध उत्थानशीलता सुनिश्चित गर्न।

४. सिद्धान्त, दृष्टिकोण र कार्यविधि

४.१ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारका सिद्धान्तहरू

यी सिद्धान्तहरू मुख्यतया सडकको डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भारका पक्षहरूमा केन्द्रित छन। यद्यपि, यसको मूल सिद्धान्त 'जोखिम-देखि-उत्थानशीलता खाका र रणनीति' (Risk-to-Resilience framework and strategy (RRFS) मा आधारित जोखिम-सूचित योजना (Risk-informed planning) हो (चित्र ४)। यो आर.आर.एफ.(RRF) ले नेपालको विपद् प्रतिकार्य र प्रणालीगत सुधारहरूलाई उजागर गर्न 'अनुकूलन' (adaptation) र 'रूपान्तरण' (transformation) का चरणहरू प्रयोग गर्दछ। यसले बागमतीको अर्थतन्त्र र समाज कसरी पारिस्थितिक उत्थानशीलतामा निर्भर छ भन्ने देखाउन अन्तरसम्बन्धित घेराहरू (nested circles) लाई जोड दिन्छ। जोखिमबाट

उत्थानशीलता तर्फको यो दृश्य प्रक्रिया (risk → resilience) लाई स्थानीय सन्दर्भ (जस्तैः बाढी, पहिरो, सामुदायिक सहकारीहरु) अनुसार अनुकूलन गर्न सकिन्छ ।



चित्र ४: जोखिम देखि उत्थानशीलता खाका (स्टकहोम रेजिलेन्स सेन्टर, २०२६)

यदि जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारहरूलाई जोखिम-सूचित र समावेशी योजनाको अवधारणा प्रयोग गरी आर.आर.एफ. जस्ता प्रणालीमा आधारित खाका अनुसार डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भार गरिएन भने, विशेष गरी कमजोर चुरे र मध्यपहाडी क्षेत्रहरूमा भारीदेखि भीषण वर्षाको समयमा सडक पूर्वाधारको अप्रत्याशित क्षति र नोक्सानी हुने सम्भावना सधैं रहन्छ । हाल प्रदेशका प्राथमिक र सहायक सडकहरू पहिरो र तापक्रमको चापका कारण कालोपत्रे र सडकको सतह (pavement layers)मा आउने खराबीले गर्दा नियमित रूपमा अवरुद्ध हुने गरेका छन, जसले मनसुनको समयमा यातायातको पहुँच घटाउँछ र मर्मतसम्भार लागत एवं पुनर्निर्माणमा ढिलाइ बढाउँछ ।

तसर्थ, पहिरो, भारी वर्षा, बाढी, भू-क्षय र चरम तापक्रमलाई (temperature extremes) सहन सक्ने जलवायु-उत्थानशील सडक निर्माण सुनिश्चित गर्नु महत्वपूर्ण छ । यसका लागि सबै मौसममा काम गर्ने ढल निकास (All-weather drainage), भिरालो जमिनको सुरक्षा (Slope protection), र न्यून-उत्सर्जन निर्माण सामग्रीहरु सहित प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) र स्मार्ट बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिहरूको प्रयोग गर्नुपर्दछ । जलवायु उत्थानशील सडकहरूले निम्न सिद्धान्तहरू पालना गर्नुपर्दछः

प्रकोप-उत्तरदायी र जोखिम-आधारित योजनाः (*Hazard-Responsive and risk-based Planning*):

सडक पूर्वाधारको डिजाइन स्थानीय जोखिम प्रोफाइल – भूकम्पीय क्षेत्र, बाढी सम्भावित मैदान, पहिरो प्रवण ढलान landslide-prone slopes – लाई आधार मानेर तयार गरिनु पर्दछ । यो कार्य स्थल छनोट र योजना निर्माणका क्रममा बहु- प्रकोप (multi-hazard) जोखिम मूल्याङ्कन तथा नक्साङ्कन प्रयोग गरी गर्न सकिन्छ । उच्च जोखिमयुक्त क्षेत्रहरू पहिचान गर्न प्रकोप नक्साङ्कन र संवेदनशीलता मूल्याङ्कन गर्न आवश्यक छ । अत्यावश्यक बाहेक उच्च जोखिम क्षेत्रमा निर्माण नगर्न विशेष ध्यान दिनुपर्छ, र यदि जोखिम मूल्याङ्कनले आवश्यक ठहर गरेमा थप न्यूनीकरण उपायहरू लागू गर्नुपर्छ ।

संरचनात्मक मजबुती र पुनरावृत्ति (*Structural Robustness and Redundancy*):

सडक, ढल निकास र पुल पूर्वाधारले भत्किएर पूर्ण रूपमा ठप्प नभईकन बाह्य झट्काहरूलाई आत्मसात गर्ने गरी डिजाइन गरिएको सुनिश्चित गर्नुपर्छ । संकटको समयमा कार्यसम्पादन कायम राख्न पुनरावृत्त प्रणालीहरू (जस्तैः बहुविकल्पीय निकास नाला मार्ग, वैकल्पिक विद्युत् आपूर्ति) प्रयोग गर्नुपर्छ । इन्जिनियरहरूले कार्यक्षमता-आधारित

डिजाइन (performance-based design) अपनाउनुपर्छ – जसमा संरचनाले न्यूनतम मापदण्ड मात्र पूरा गर्ने होइन, चरम परिस्थितिमा समेत कार्यसम्पादन गर्न सक्ने हुन्छ ।

जलवायु परिवर्तन अनुकूलन (Climate Change Adaptation):

इन्जिनियरहरूले अत्यधिक गर्मी वा चिसो, अत्यधिक वर्षा तथा खडेरीलाई ध्यानमा राखी जलवायु-सहनशील सामग्री (जस्तैः क्षय प्रतिरोधी स्टिल, पानी छिर्ने/सोस्ने पेभमेन्ट) प्रयोग गर्नुपर्छ । साथै वर्षा पानी व्यवस्थापन र ताप प्रभाव कम गर्न जैविक जल ढल निकास प्रणाली (bio swales), वर्षा बगैंचा (rain gardens) तथा वनस्पति मध्यवर्ती क्षेत्र जस्ता हरित पूर्वाधार समावेश गर्नुपर्छ ।

मोडुलारिटी र लचकता (Modularity and Flexibility): पूर्वाधारको डिजाइन गर्दा सजिलै मर्मत वा प्रतिस्थापन गर्न सकिने 'मोडुलर' अवयवहरूको (Modular components) प्रयोगमा ध्यान दिनुपर्छ, जसलाई प्रविधि र आवश्यकताको विकाससँगै स्तरोन्नति गर्न सकियोस् । यसका लागि लचिलो र बहु-उपयोगी पूर्वाधारहरू निर्माण गर्नुपर्छ– उदाहरणका लागि, विद्यालयहरू जसलाई विपद्को समयमा सुरक्षित आश्रयस्थलको रूपमा प्रयोग गर्न सकिन्छ ।

समुदाय-केन्द्रित र समावेशी डिजाइन (Community–Centric and Inclusive Design)_: डिजाइन प्रक्रियामा स्थानीय समुदायलाई संलग्न गराउँदा यसको सान्दर्भिकता र अपनत्व सुनिश्चित हुनुका साथै अपाङ्गता भएका व्यक्ति, वृद्धवृद्धा र बालबालिकाहरू सहित सबैका लागि पूर्वाधार पहुँचयोग्य बन्दछ । साथै, डिजाइनका विकल्पहरूमा स्थानीय संस्कृति र परम्परागत ज्ञानलाई प्रतिबिम्बित गर्दा सबै प्रयोगकर्ताहरूमा स्वामित्वको भावना अभिवृद्धि गर्न सकिन्छ ।

वातावरणीय समावेशीकरण (Environmental Integration): प्राकृतिक जल निकास, वनस्पति र वन्यजन्तुका कोरिडोरहरू (Wildlife corridors) संरक्षण गरी पारिस्थितिकीय अवरोधलाई न्यूनीकरण गर्ने र निर्मित तथा प्राकृतिक वातावरणबीच सामञ्जस्य कायम गर्न 'न्यून-प्रभाव विकास' (LID) प्रविधिहरूको प्रयोग गर्दा जलवायु उत्थानशीलता बढाउन सकिन्छ । साथै, ऊर्जा दक्षता र न्यून-कार्बन निर्माण अभ्यासहरूलाई प्रोत्साहन गर्दा उत्थानशीलता मजबुत हुन्छ ।

जीवनचक्र उत्थानशीलता (Lifecycle Resilience) : जलवायु उत्थानशील पूर्वाधार निर्माणले सुरुवातदेखि नै दीर्घकालीन स्थायित्व र मर्मतसम्भारको आवश्यकतालाई विचार गर्दछ । यसमा सजिलै निरीक्षण, मर्मत र रेट्रोफिटिङ (सुदृढीकरण) गर्न मिल्ने गरी डिजाइन गर्ने र समान भौगोलिक तथा जलवायु अवस्थामा प्रमाणित भइसकेका उत्थानशील सामग्री र प्रणालीहरूको प्रयोग गर्ने कुरा समावेश हुन्छ ।

ज्ञान र तथ्याङ्कमा आधारित स्मार्ट डिजाइन (Knowledge and Data–Driven and Smart Design)_: जलवायु उत्थानशीलतालाई पछिल्लो आधुनिक विज्ञान र उत्कृष्ट स्थानीय ज्ञानले निर्देशित गर्नुपर्दछ। यसमा पूर्व-सूचना प्रणाली, सेन्सर, र बाढी नियन्त्रणका लागि स्मार्ट प्रविधिहरू समावेश हुनुपर्छ। साथै, योजना निर्माण, सिमुलेशन (नमुना प्रदर्शन), र जोखिमको दृश्यीकरणका लागि GIS र BIM जस्ता उपकरणहरू प्रयोग गरी वास्तविक समयको तथ्याङ्कमा आधारित अनुगमन सम्भव हुनुपर्दछ। मर्मतसम्भार र विपद् प्रतिकार्यका लागि डिजिटल अभिलेखीकरणको व्यवस्था गर्दा समयको बचत हुनुका साथै संस्थागत स्मरण (institutional memory) पनि विकास हुन्छ।

४.२ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारका लागि दृष्टिकोण र पद्धतिहरु

४.२.१ दृष्टिकोण (Approach):

उत्थानशील पूर्वाधार डिजाइनका लागि निर्देशिका विकास गर्ने सामान्य दृष्टिकोण जलवायुजन्य प्रभाव र दबाबहरूलाई सहन सक्ने, अनुकूलन हुन सक्ने र पुनः पुरानै अवस्थामा फर्कन सक्ने (Recover) क्षमता भएको संरचना निर्माण गर्ने सिद्धान्तमा आधारित छ–विशेष गरी बागमती प्रदेश जस्तो क्षेत्रका लागि, जहाँ जलवायु परिवर्तन र मौसमको उतारचढावसँग सम्बन्धित जोखिमहरू जस्तै पहिरो, बाढी, डढेलो, र हिमनदी तथा प्रतिहिम -Permafrost) पग्लने क्रम र तीव्रता बढ्दै गएको छ ।

हामीले विशेष रूपमा UNDRR द्वारा निर्धारित जोखिमबाट उत्थानशीलता (Risk to Resilience (R2R) खाका प्रयोग गर्छौं, "जुन एक रणनीतिक दृष्टिकोण हो जसले केवल जोखिम व्यवस्थापनमा मात्र सीमित नरही अवरोधहरूलाई सहन

गर्ने, अनुकूलन गर्ने र सकारात्मक रूपमा रूपान्तरण गर्ने क्षमता (उत्थानशीलता) सक्रिय रूपमा निर्माण गर्दछ । यसले प्रणालीगत सोच (Systemic thinking) को प्रयोग गरी खतराहरूलाई (Risks) पुनरुत्थान हुने क्षमतासँग जोड्दछ, जसले दीर्घकालीन स्थिरता र लक्ष्य प्राप्ति सुनिश्चित गर्दछ । यसमा प्रायः जोखिम विश्लेषणलाई सक्रिय विकास रणनीतिहरूसँग एकीकृत गरिन्छ" (UNDRR, 2019) यसले जोखिमहरू (प्रकोप, असफलता, आदि) पहिचान गर्न व्यवस्थित खाकाहरू प्रयोग गर्दछ र त्यसपछि कुनै पनि निकायको (व्यक्ति, समुदाय, संस्था) प्रभावहरूलाई आत्मसात गर्ने र प्रभावकारी रूपमा पुनरुत्थान हुने क्षमता बढाउनका लागि प्रणाली, प्रक्रिया र क्षमताहरू सुदृढ गर्दै कार्यहरू विकास गर्दछ ।

मुख्य,मुख्य अवधारणाहरू र कार्यविधिहरू यी रहेका छन् :

क) प्रणालीगत सोच (Systems Thinking): यसमा, आपसमा जोडिएका तत्वहरू (मानिस, प्रक्रिया, प्रणाली, वातावरण) लाई एकीकृत रूपमा हेरिन्छ, ताकि जोखिमहरू कसरी एकपछि अर्को गरी फैलिन्छन् (Cascade) र कुन ठाउँमा हस्तक्षेप गर्दा सबैभन्दा बढी प्रभाव पर्छ भन्ने कुरा बुझ्न सकियो् ।

ख) सक्रिय दृष्टिकोण (Proactive Lens): संकट आइसकेपछि गरिने प्रतिक्रियात्मक व्यवस्थापनबाट हटेर, क्षति रोक्न र सकारात्मक परिवर्तन ल्याउनका लागि पहिल्यै सक्रिय रूपमा उत्थानशीलता निर्माण गर्नेतर्फ लाग्नु ।

ग) जोखिम-उत्थानशीलता समीकरण (Risk-Resilience Equation): जोखिमलाई खतरा (Hazard), जोखिम संभावित वस्तुमा पर्ने अवस्था (Exposure) र संवेदनशीलता (sensitivity) वा जैविक-भौतिक जोखिमपन (Biophysical Vulnerability) को आधारमा उत्थानशीलता बढाउने कार्यका रूपमा बुझिन्छ, तर प्रकोप परिणामलाई परिवर्तन गर्ने प्रमुख तत्वका रूपमा लचिलोपन –Risk Resilience) लाई पनि समावेश गरिन्छ । यसलाई प्रायः यसरी व्यक्त गरिन्छ:

जोखिम = खतरा × जोखिममा पर्ने अवस्था / उत्थानशीलता

$(Risk = Hazard \times Exposure \div Resilience)$

घ) एकीकृत खाका (Integrated Frameworks): जोखिम व्यवस्थापन (पहिचान, मूल्याङ्कन, न्यूनीकरण) र उत्थानशीलता निर्माण (अनुकूलन, पुनरुत्थान, रूपान्तरण) लाई एउटै सुदृढ रणनीतिमा संयोजन गर्नु, जसरी दिगो विकासका लागि संयुक्त राष्ट्र संघको दृष्टिकोणमा देख्न सकिन्छ ।

४.२.२ : पद्धति (Methodology)

तथ्याङ्क संकलन तथा विश्लेषण (Data Collection and Analysis): यसमा निम्न कुराहरू समावेश हुनेछन:

क) जलवायु जोखिम मूल्याङ्कन (Climate Risk Assessment) ऐतिहासिक र प्रक्षेपित जलवायु तथ्याङ्कहरू (तापक्रम, वर्षा, बाढी, पहिरो, खडेरी) संकलन गर्ने ।

ख) भू-स्थानिक नक्साङ्कन (Geospatial Mapping): प्रकोप-उन्मुख क्षेत्रहरू र महत्वपूर्ण पूर्वाधारहरू पहिचान गर्न सहभागितामूलक जीआईएस (GIS) को प्रयोग गर्ने ।

ग) सामाजिक-आर्थिक पाटो (Socio–Economic Profiling): समुदायको संकटासंनता, जीविकोपार्जनको निर्भरता र सेवाहरूको पहुँचको मूल्याङ्कन गर्ने ।

घ) इन्जिनियरिङ सर्भे (Engineering Surveys): सडक, खानेपानी प्रणाली र भवनहरूका लागि माटो, जलविज्ञान (Hydrological) र संरचनागत अवस्थाको परीक्षण गर्ने ।

a) नीतिगत समीक्षा (Policy Review): राष्ट्रिय भवन संहिता (Building Code), प्रादेशिक नियमावली र अन्तर्राष्ट्रिय उत्थानशीलता मापदण्डहरूसँग तादाम्यता मिलाउने ।

सरोकारवालाहरूको संलग्नता (Stakeholder Engagement)

यस अवयवमा निम्न कुराहरू समावेश हुनेछन:

परामर्श कार्यशाला (Consultative Workshops): प्रादेशिक मन्त्रालयहरू, नगरपालिकाहरू, इन्जिनियरहरू र सामुदायिक प्रतिनिधिहरूलाई सहभागी गराउने ।

लक्षित समूह छलफल (Focus Group Discussions): जलवायु प्रभाव र त्यसलाई सामना गर्ने स्थानीय रणनीतिहरूका बारेमा स्थानीय ज्ञान संकलन गर्ने ।

विज्ञ समूह (Expert Panels): प्राज्ञिक क्षेत्र, पेशेवर संघसंस्था र दातृ निकायहरूसँग प्राविधिक डिजाइनहरूको आधिकारिकता पुष्टि गर्ने ।

प्रतिक्रिया चक्र (Feedback Loops): सरोकारवालाहरूको सुझावका आधारमा डिजाइनहरूलाई पटक-पटक परिमार्जन र परिष्कृत गर्दै लैजाने सुनिश्चित गर्ने ।

डिजाइन तथा विकास प्रक्रिया (Design and Development Process)

यसमा निम्न कुराहरू समावेश हुनेछन:

जोखिम-सूचित योजना (Risk–Informed Planning)_: आयोजनको स्थल छनोट र डिजाइनमा प्रकोप नक्सा र संवेदनशीलता सम्बन्धी तथ्याङ्कहरूलाई एकीकृत गर्ने ।

उत्थानशील इन्जिनियरिङ मापदण्ड (Resilient Engineering Standards): जलवायु-अनुकूल सामग्री, ढल निकास प्रणाली, भिरालो जमिनको स्थिरता (Slope stabilization) र ऊर्जा-दक्ष डिजाइनहरू लागू गर्ने ।

परिदृश्य परीक्षण (Scenario Testing): विभिन्न जलवायु परिदृश्यहरू (जस्तैः अत्यधिक वर्षा, तातो हावाको लहर) अन्तर्गत पूर्वाधारको कार्यक्षमताको नमुना (Model infrastructure performance) परीक्षण गर्ने ।

लागत-लाभ विश्लेषण (Cost–Benefit Analysis): लगानीको औचित्य पुष्टि गर्न परम्परागत डिजाइन र उत्थानशील डिजाइनबीच तुलना गर्ने ।

पालना ढाँचा (Compliance Framework) : डिजाइनहरूले प्रादेशिक निर्देशिका, भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) का निर्देशनहरू र राष्ट्रिय संहिताहरू पालना गरेको सुनिश्चित गर्ने ।

कार्यान्वयन र अनुगमन (Implementation and Monitoring) :

यी विधिहरूलाई प्रदेशभरि विस्तार गर्नुअघि छनोट गरिएका नगरपालिकाहरूमा पूर्व-परीक्षण गरिनुपर्दछ, जसका लागि इन्जिनियर, योजनाकार र स्थानीय अधिकारीहरूलाई तालिम दिएर संस्थागत तथा प्राविधिक क्षमता अभिवृद्धि कार्यक्रम सुरु गर्नुपर्दछ । मापदण्डहरूको अधिकतम पालना सुनिश्चित गर्न, डिजिटल ड्यासबोर्डहरू सहितका सुदृढ अनुगमन उपकरणहरू प्रयोग गरिनुपर्छ जसले नियम पालना (Compliance), कार्यसम्पादन र मर्मतसम्भारको निगरानी गर्नेछन् । भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) ले उत्थानशीलताका नतिजाहरू (सेवाको निरन्तरता, सुरक्षा, लागत बचत) मापन गर्न 'मूल्याङ्कन सूचकहरू' (Evaluation Metrics) प्रयोग गर्नुपर्दछ । जिल्ला इन्जिनियरहरूलाई सिकिएका पाठहरू र विकसित हुँदै गएको जलवायु तथ्याङ्कका आधारमा आवधिक रूपमा निर्देशिकाहरू परिमार्जन गर्ने 'अनुकूलन व्यवस्थापन' (Adaptive management) मा प्रशिक्षित गरिनुपर्दछ ।

अभिलेखकीकरण र ज्ञान आदानप्रदान (Documentation and Knowledge Sharing):

यो निर्देशिकाले विस्तृत अनुसूचीहरू प्रदान गर्दछ जसमा प्राविधिक विशिष्टताहरू (Technical specifications), चेकलिस्टहरू र विशेष गरी सडक निर्माणमा केन्द्रित टेम्प्लेटहरू समावेश छन् । बागमती प्रदेशमा सफल भएका उत्थानशील पूर्वाधार आयोजनाहरूको अभिलेख राख्न प्रादेशिक निकाय र प्राज्ञिक संस्थाहरूद्वारा 'केस स्टडी' (Case Studies) गरिनुपर्दछ । भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) को वेबसाइटमा प्रादेशिक पोर्टल, कार्यशाला र प्राज्ञिक प्रकाशनहरू मार्फत केस स्टडीका निष्कर्षहरू साझा गर्न ज्ञान मञ्च (Knowledge Platforms) स्थापना

गरिनुपर्छ । सफल समाधानहरूलाई अन्य प्रदेश र क्षेत्रहरूमा विस्तार गर्न र पुनरावृत्ति (Replicate) गर्नका लागि 'स्केलिंग-अप' र 'स्केलिंग-आउट' बाटाहरू उपयोगी हुनेछन् ।

भाग ख. विस्तृत निर्देशिका

५. निर्देशिकाको संरचना, मापदण्ड र प्रक्रिया

५.१ निर्देशिकाको सन्दर्भ र लागू हुने क्षेत्र

नेपाल सरकारको संवैधानिक र कानुनी म्यान्डेट (जनादेश) बमोजिम, र बागमती प्रदेशलाई जलवायुजन्य प्रकोप र जोखिमहरू, भूकम्प, बाढी, पहिरो तथा डढेलोबाट जोगाउनुपर्ने टड्कारो आवश्यकतालाई स्वीकार गर्दै, बागमती प्रदेश सरकारको भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) ले "उत्थानशील भौतिक पूर्वाधार विकास निर्देशिका, २०२६" तयार गरेको छ । यो निर्देशिका, यसका अनुसूचीहरू, कार्यान्वयन परिपत्र (Circular), अनुपालन प्रतिवेदन ढाँचा (Compliance Report format), प्रादेशिक ड्यासबोर्ड खाका र डिजिटल कार्यप्रवाह (Digital Workflow) ले निम्न कार्यका लागि एउटा बृहत् प्याकेज प्रदान गर्दछः

क) पूर्वाधार आयोजनाहरूको योजना तर्जुमा, डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भारमा उत्थानशीलतालाई एकीकृत गर्न, ख) स्पष्ट संस्थागत जिम्मेवारीहरू र अनुगमन संयन्त्रहरू स्थापना गर्न, ग) उत्थानशीलताका उपायहरूका लागि वित्तीय विनियोजन र जवाफदेहिता सुनिश्चित गर्न, र घ) सार्वजनिक ड्यासबोर्ड र सामुदायिक संलग्नतामार्फत पारदर्शिता प्रवर्द्धन गर्न ।

यो निर्देशिकालाई स्थानीय सन्दर्भमा सान्दर्भिक, कार्यान्वयनमा व्यवहारिक, र दिगो विकास लक्ष्य (SDG), राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP) तथा विपद् जोखिम न्यूनीकरण तथा व्यवस्थापन ऐन (२०७४) लगायतका राष्ट्रिय एवं प्रादेशिक प्राथमिकताहरूसँग मेल खाने गरी डिजाइन गरिएको छ । यसले मुख्यतया पूर्वाधार योजनाकार, विकासकर्ता र अभ्यासकर्ताहरूलाई उत्थानशील डिजाइन तथा विकासका सिद्धान्तहरू प्रयोग गरी कसरी जलवायु-उत्थानशील पूर्वाधारको योजना, डिजाइन र निर्माण गर्ने भन्ने बारे मार्गदर्शन गर्दछ ।

माथि उल्लेखित सिद्धान्तहरू बागमती प्रदेशका विशिष्ट प्रकारका पूर्वाधारहरू–जस्तै सडक, पुल वा सार्वजनिक भवनहरूमा लागू गर्न सकिन्छ । यद्यपि, यस निर्देशिकाको मुख्य केन्द्रविन्दु सडक, पुल र सहरी भवनहरूको डिजाइन र विकासमा रहेको छ । बागमती प्रदेश, जहाँ जलवायु र मौसमका चरम घटनाहरू, भूकम्पीय गतिविधि, पहिरो, बाढी र तीव्र सहरीकरणले गम्भीर चुनौतीहरू खडा गरेका छन्, त्यहाँका सडक, पुल र सहरी भवनहरूका लागि उत्थानशील डिजाइनका सिद्धान्तहरू कसरी लागू गर्ने भन्ने विशिष्ट विवरण यसमा दिइएको छ । यस निर्देशिकाका प्रमुख अवयवहरू निम्न अनुसार रहेका छन्:

५.२ निर्देशिकाको आवेदन प्रक्रिया

- यो निर्देशिका सबै प्रादेशिक पूर्वाधार आयोजनाहरू (सडक, पुल, सिँचाइ, आवास, विद्यालय, अस्पताल, ऊर्जा, खानेपानी र सरसफाइ) मा लागू हुनेछ ।
- यसले नयाँ निर्माण र पुराना संरचनाहरूको सुदृढीकरण (Retrofitting) दुवै प्रकारका आयोजनाहरूलाई समेट्छ ।

५.३ निर्देशिका कार्यान्वयन प्रक्रिया

- योजना तर्जुमा (Planning): पूर्वाधारको सम्भाव्यता अध्ययन गर्दा बहु-प्रकोप नक्साङ्कन (Multi–hazard mapping), संवेदनशीलता प्रभाव मूल्याङ्कन, र उत्थानशीलताका मापदण्डहरूको विश्लेषण गर्ने ।
- डिजाइन (Design): बाढी-प्रतिरोधी/सुरक्षित संरचना, पहिरो न्यूनीकरणका उपायहरू र वातावरणमैत्री सामग्रीको प्रयोग गरी पुनर्स्थापना गर्ने ।
- निर्माण (Construction): राष्ट्रिय भवन संहिता (National Building Code) को पूर्ण पालना गर्ने तथा सामुदायिक अनुगमन र लेखापरीक्षण (Auditing) मापदण्डहरू कायम गर्ने ।

- सञ्चालन तथा मर्मतसम्भार (Operation & Maintenance): वार्षिक रूपमा प्राविधिक निरीक्षण सुनिश्चित गर्ने, संरचनाको सुदृढीकरण (Retrofitting) गर्ने र मर्मतसम्भारका लागि समर्पित कोषको व्यवस्था गर्ने ।

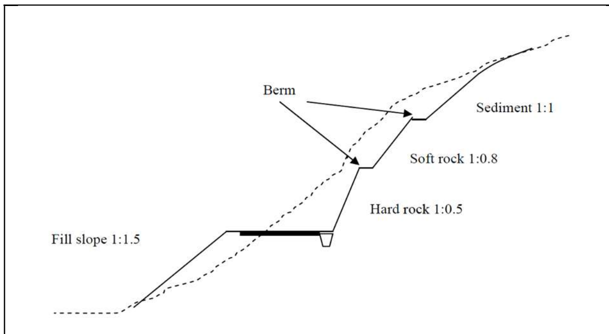
६ जलवायु सहनशील सडक पूर्वाधार डिजाइन तथा विकास निर्देशिका

६.१ जलवायु अनुकूलनशील सडक पूर्वाधार डिजाइन तथा विकास

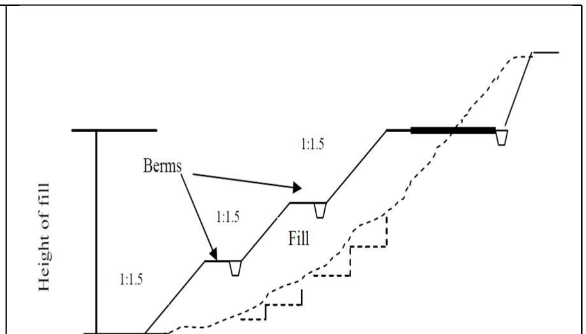
६.१.१ योजना तथा डिजाइन

- जलवायु परिवर्तनले सडक पूर्वाधारको भौतिक स्वरूप र यसको सेवाको स्तर तथा गुणस्तर दुवैलाई प्रभावित पारिरहेको छ । जलवायु परिवर्तन जोखिमलाई गुणात्मक रूपमा बढाउने तत्व (Risk multiplier) भएको हुनाले, निर्माण चरणमै उचित र प्रभावकारी जोखिम न्यूनीकरणका उपायहरू समावेश गर्नु आवश्यक छ । जलवायु-उत्थानशील सुविधाहरू सहितको सडक पूर्वाधारको डिजाइन, निर्माण र मर्मतसम्भार सम्बन्धी विद्यमान निर्देशिका (२०१९)' मा आधारित रहेर, सडक निर्माण चरणमा जलवायु उत्थानशीलता निर्माण गर्न निम्न बुँदाहरू सुझाव दिन सकिन्छ:
- जलवायु उत्थानशीलता अभिवृद्धि गर्न जलवैज्ञानिक जोखिम विश्लेषण (Hydrological risk analysis) र भू-प्राविधिक अध्ययन (Geotechnical studies) मा विशेष जोड दिनुपर्छ, ताकि जलवायु परिवर्तनका कारण हुने अत्यधिक वर्षाको तीव्रतालाई सम्बोधन गर्न सकियोस्; बागमती प्रदेशमा सडकको क्रस-ड्रेनेज आउटलेटहरूमा 'स्काउरिङ' (Scouring) वा कटान रोक्नका लागि लचिला संरचनाहरू (Cascading structures) समावेश गर्नुपर्छ ।
- सकेसम्म, जमिन खन्ने सबै कार्यहरू सुख्खा मौसममा गरिनुपर्छ ।
- निर्माणको क्रममा वातावरणीय जोखिमहरू रोक्न र न्यूनीकरण गर्न वातावरणीय व्यवस्थापन योजना (Environmental Management Plan) तयार गरी स्वीकृत गराउनुपर्छ ।
- बायो-इन्जिनियरिङ विधिहरूलाई र प्रकृतिमा आधारित समाधानहरू (NbS) मा विशेष जोड र प्रावधानहरू राख्नुपर्छ ।

जलवायु परिवर्तनको प्रभावलाई सम्बोधन गर्न, सडकको सतहबाट बग्ने पानीका कारण हुने बाढीको क्षति र भू-क्षय सकेसम्म रोक्नका लागि सडक विभागद्वारा प्रकाशित 'गाइड टु रोड स्लोप प्रोटेक्सन वर्क्स' (२००३) मा परिभाषित माटोको वर्गीकरण अनुसार 'कट/फिल स्लोप' (Cut /Fill slope) को मानक भिरालोपन (gradient) अनुसार साइड स्लोप समायोजन गर्नुपर्दछ ।



चित्र ५: बर्म्स सहितको विशिष्ट कटिङ स्लोप



चित्र ६: बर्म्स सहितको विशिष्ट फिल स्लोप

६.१.२ सडक मार्ग छनोट र ज्यामितीय डिजाइन (Route Selection & Geometric Design)

- सडक रेखाङ्कन (Alignment) र ज्यामितीय डिजाइनले प्राकृतिक भू-बनोट (Contours) लाई पछ्याउनुपर्छ ताकि माटो काट्ने र भर्ने (Cutting and filling) कार्यलाई न्यूनीकरण गर्न सकियोस् । सम्भव भएसम्म बेसी वा खोँच (Valley sides) भन्दा डाँडाको धार (Ridge alignments) लाई प्राथमिकता दिनुपर्छ र जलवायुजन्य जोखिम कम गर्न पहिरो-उन्मुख क्षेत्र र गेगर बहाव (Debris-flow) हुने च्यानलहरूलाई छल्नुपर्छ ।
- जलवायु-उत्थानशील पूर्वाधारका लागि सडक रेखाङ्कन र मार्ग छनोट गर्दा दीर्घकालीन सुरक्षा, स्थायित्व र सेवाको निरन्तरता सुनिश्चित गर्दै जलवायुजन्य प्रकोपहरूसँगको संसर्ग (Exposure) लाई कम गर्ने कुरालाई प्राथमिकता दिनुपर्छ ।
- मार्ग छनोट गर्दा भविष्यको जलवायु परिदृश्यलाई समेत ध्यानमा राख्नुपर्छ। यसका लागि पर्याप्त ढल निकासको व्यवस्था गर्ने, मर्मतसम्भारको आवश्यकता घटाउने, नजिकैका समुदाय र जीविकोपार्जनको रक्षा गर्ने तथा चरम मौसमी घटनाहरूको समयमा सुरक्षित पहुँच सुनिश्चित गर्ने कुरामा ध्यान दिनुपर्छ ।
- भविष्यको वर्षाको तीव्रता, बाढी र तापक्रमको उतारचढावलाई विचार गरेर जलवायु उत्थानशीलतालाई एकीकृत गरिनुपर्छ । भारी वर्षाको समयमा हुने क्षति कम गर्न ढल निकास, भिरालो सुरक्षा (Slope protection) र बाढी निकास (Flood conveyance) का लागि पर्याप्त ठाउँ उपलब्ध गराउनुपर्छ ।
- जलवायु-उत्थानशीलताको दृष्टिकोणबाट, सम्भव भएसम्म ७ प्रतिशतभन्दा बढीको ठाडो ग्रेडियन्ट (Steep gradient) लाई बेवास्ता गर्नुपर्छ र नेपाल सडक मापदण्ड २०७० अनुसार ग्रेड क्षतिपूर्ति लागू गर्नुपर्छ । चरम मौसमी अवस्थामा ड्रेनेज, सुरक्षा र सडकको कार्यक्षमता सुधार गर्न उच्च उचाइ र घुम्तीहरूमा Longitudinal ग्रेडियन्टलाई कम वा खुकुलो बनाउनुपर्छ ।

६.२ जलवायु उत्थानशील सडक निर्माणका लागि निर्देशिका

पहाडी र हिमाली भू-भागमा उत्थानशील सडक निर्माण गर्न ठाडो ग्रेडियन्ट, अस्थिर भिरालो जमिन, तीव्र वर्षा, भू-क्षय, पहिरो, भूकम्पीय गतिविधि र निर्माण कार्यका लागि कठिन पहुँच जस्ता चुनौतीहरूलाई सम्बोधन गर्न आवश्यक छ। (विस्तृत टुलकिट र निर्देशिकाका लागि अनुसूची १ हेर्नुहोस)

६.२.१ भिरालो स्थिरता र अर्थवर्क्स Slope Stability & Earthworks

- जलवायु-उत्थानशील दृष्टिकोणमा, कटिङ र फिलिङ सामग्री र स्लोपको उचाइ नेपाल सडक मापदण्ड २०७० अनुसार डिजाइन गरिनुपर्छ । भारी वर्षा र चरम मौसमी अवस्थामा भू-क्षय र माटोको बहाव रोक्न आवश्यक बेन्चिङ र तत्काल स्लोप सुरक्षाका उपायहरू अपनाउनुपर्छ ।
- जलवायु उत्थानशीलताका लागि, भिरालोको स्थिरता मापन गर्न भू-प्राविधिक सर्वेक्षण (Geotechnical surveys) गर्ने र माटोको प्रकार तथा स्लोपको उचाइका आधारमा उचित ड्रेनेज सहितको उपयुक्त रिटेनिङ संरचनाहरू (Retaining structures) निर्माण गर्नुपर्छ ।
- उत्थानशील सडकका लागि स्लोप स्थिरताका उपायहरूमा उचित स्लोपको ज्यामितीय बनावट, प्रभावकारी ड्रेनेज, वनस्पति (Vegetation), र सुरक्षात्मक वा रिटेनिङ संरचनाहरू समावेश हुनुपर्छ ताकि बढ्दो वर्षालाई सहन सकोस् र पहिरो तथा भू-क्षयको जोखिम कम होस् ।
- जलवायु-उत्थानशील अर्थवर्क्स (Earthworks) मा राम्रोसँग कम्प्याक्ट गरिएको, दिगो निर्माण सामग्री र पर्याप्त ड्रेनेज तथा भू-क्षय नियन्त्रणका उपायहरू प्रयोग गर्नुपर्छ । यसले अत्यधिक बहाव (Runoff) र चरम मौसमलाई झेल्न मद्दत पुऱ्याई सडकको दीर्घकालीन स्थिरता र कार्यक्षमता सुनिश्चित गर्दछ ।

६.२.२ ढल निकास तथा पानी व्यवस्थापन -Drainage and Water Management_

- प्रभावकारी ढल निकास सुनिश्चित गर्न न्यूनतम ०.५% को Longitudinal ग्रेडियन्ट कायम गर्नुपर्छ । पहिरो-उन्मुख क्षेत्रहरूमा सतहको पानी (Runoff) नियन्त्रण गर्न 'कट स्लोप' भन्दा माथि 'क्याच-वाटर' ड्रेनहरू निर्माण गर्नुपर्छ, किनकि कच्ची वा लाइनिङ नगरिएका नालाहरू पहाडी र हिमाली क्षेत्रमा सडक असफल हुनुका प्रमुख कारण हुन् ।

- पहिरो-उन्मुख क्षेत्रहरूमा जलवायु उत्थानशीलता बढाउन तेर्सो निकास (Horizontal drains), गेबियन ब्रेस्ट वाल (Gabion breast walls), र बायो-इन्जिनियरिङमा आधारित भिरालो स्थिरता तथा पानी व्यवस्थापनका संरचनाहरू जस्ता अत्यावश्यक उपायहरू समावेश गर्नुपर्छ ।
- जलवायु अनुकूलनका लागि, पछिल्लो जलवायु प्रक्षेपण (Climate projections) र परिमार्जित वर्षाको तीव्रता (Rainfall intensity) का मानहरू प्रयोग गरेर हाइड्रोलाजिकल डिजाइन प्यारामिटरहरू निर्धारण गरिनुपर्दछ । प्रवाहमा आउने परिवर्तन र सम्बन्धित अनिश्चिततालाई सम्बोधन गर्न पुल र कल्भर्टहरूको डिजाइनमा पर्याप्त 'फ्रीबोर्ड' (freeboard - पानीको सतह र संरचनाको तल्लो भाग बीचको खाली ठाउँ) राखिनुपर्दछ ।
- मनसुनको समयमा संरचनागत विफलता हुनुको प्रमुख कारण अपर्याप्त ढल निकास हो। त्यसैले, पानी जम्ने समस्या (Waterlogging) र पुलको जग तथा सडकको किनारा (Embankments) कटान हुनबाट जोगाउन उचित च्यानल लाइनिङ र 'टो' प्रोटेक्सन (Toe protection) को व्यवस्था गरी जलवायु उत्थानशीलता सुधार गर्नुपर्छ।

६.३ रिटेनिङ (Retaining) र सडक सुरक्षा संरचना सम्बन्धी निर्देशिका:

- रिटेनिङ र ब्रेस्ट वाल (Breast walls) का लागि गेबियन पर्खालको प्रयोग बढी लाभदायक हुन्छ, किनकि यो प्रकृतिमा लचिलो हुन्छ। यसले संरचनात्मक अखण्डता नगुमाई वा नफुटिकन जमिनको हलचल (जस्तै माटो भासिने वा भूकम्पीय गतिविधि) अनुसार आफूलाई अनुकूल बनाउन वा मोडिन सक्छ ।
- गेबियन रिटेनिङ पर्खालले लचिलो, पारगम्य (Permeable) र दिगो भिरालो स्थिरता तथा भू-क्षय नियन्त्रण प्रदान गरी सडकको जलवायु उत्थानशीलता बढाउँछ। यसले बागमती प्रदेशमा हुने अत्यधिक वर्षा, बाढी र पहिरो जस्ता चरम मौसमी घटनाहरूलाई सामना गर्न पूर्वाधारलाई मद्दत गर्दछ।
- टो-वाल' (Toe-wall) भनेको माटोको भिरालो वा सडकको किनार (Embankment) को फेदमा निर्माण गरिने कम उचाइको सुरक्षात्मक संरचना हो । जलवायु-उत्थानशील सडकहरूमा यसको प्रयोग कटान (Scouring), भू-क्षय र माटोको बहाव रोक्नका लागि महत्वपूर्ण हुन्छ, जसले गर्दा भारी वर्षा, बाढी र पहिरो विरुद्ध सडकको जगको सुरक्षा सुनिश्चित हुन्छ । कुनै पनि संरचनाको क्षति छिटो पहिचान र मर्मत गर्न सुनिश्चित गर्नका लागि, विशेष गरी मनसुन पछि, पूर्वाधारको नियमित निरीक्षण र मर्मतसम्भारको योजना बनाउनुपर्छ ।

६.३.१ निर्माण सामग्री विसर्जन/टिपिङ साइट (Spoil Disposal/Tipping Site सम्बन्धी निर्देशिका:

- बढी भएका निर्माण सामग्री, काटिएका माटो/ढुङ्गा (Cut materials), नाला सफा गर्दा निस्किएका फोहोर र पहिरोको गेगरलाई आवश्यकता अनुसार विसर्जन गरिनुपर्छ; साथै खनिएका सामग्रीहरूलाई पुनः प्रयोग गर्न सकिने सामग्री, चट्टान र अनुपयुक्त सामग्रीमा वर्गीकरण गरिनुपर्छ।
- काम लाग्ने माटो वा गेगरलाई सडकको किनारा भरान (Embankments) र सबग्रेड कार्यका लागि पुनः प्रयोग गरिनुपर्छ भने चट्टानी भागलाई रिपऱ्याप (Riprap), गेबियन र ड्रेनेज तहहरूका लागि प्रशोधन (Recycle) गरिनुपर्छ।
- विसर्जन गरिएका सामग्रीका सबै थुप्रा (Stockpiles) हरूलाई पानीका स्रोतहरूबाट टाढा, स्थिर भिरालोमा भण्डारण गरिनुपर्छ र तिनमा पर्याप्त ड्रेनेज, छोप्ने व्यवस्था (Covering) तथा धुलो नियन्त्रणका उपायहरू अपनाइनुपर्छ ।
- विसर्जन गरिएका क्षेत्रहरूलाई वनस्पति रोपेर पुनःस्थापना र स्थिर बनाउनुपर्छ, किनकि अनुपयुक्त विसर्जनका कारण भिरालोमा पर्ने अत्यधिक भारले सडक सञ्चालनको चरणमा पहिरो निम्त्याउन सक्छ।

६.३.२ बरो पिटको जलवायुमैत्री व्यवस्थापन

- जलवायु उत्थानशीलतालाई सुदृढ गर्न, खनिएका माटोको परिमाणलाई सन्तुलित मिलाउनुपर्छ ताकि थप बरो पिटहरूको आवश्यकतालाई कम गर्न सकियोस् । बरो पिट रहने स्थानहरू चैनएज (Chainage) र आवश्यक

परिमाणका आधारमा स्पष्ट रूपमा तोकिनुपर्छ। कटान र जोखिम कम गर्नका लागि यस्ता क्षेत्रहरू बाढीको जोखिम भएका स्थान, जलस्रोतका मुहान र सडकभन्दा टाढा स्थापना गरिनुपर्छ ।

- स्थायित्व र सुरक्षा सुनिश्चित गर्नका लागि बरो पिट खन्दा हल्का भिरालो (Gentle side slopes) र नियन्त्रित गहिराइमा खन्नुपर्छ। पानी जम्न नदिन र भू-क्षय रोक्नका लागि उचित निकास (Drainage) को व्यवस्था गरिनुपर्छ।
- जलवायु उत्थानशीलता बढाउन बरो पिट सञ्चालनका क्रममा वातावरणीय संरक्षणका उपायहरू अपनाउनुपर्छ। प्रयोग गरिसकेपछि खाडलहरूलाई माटोले भर्ने (Backfilling), सतह मिलाउने (Regrading) र वृक्षारोपण गरी प्राकृतिक स्वरूपमा फर्काउनुपर्छ, जसले गर्दा भू-क्षय कम हुनका साथै जलवायुजन्य ह्रासलाई रोक्न सकियोस् ।
- जलवायु उत्थानशीलता र सडक सुरक्षालाई सहयोग पुऱ्याउन सडकको छेउछाउमा बरो पिटहरू बनाउनु हुँदैन । यस्ता स्थानमा खाडल खन्दा भू-क्षय, अस्थिरता र सडक प्रयोगकर्ताहरूका लागि जोखिम बढ्छ, विशेष गरी चरम मौसमी घटनाहरूको समयमा यसले थप खतरा निम्त्याउँछ ।

६.३.३ क्वेरी साइटको ((ढुङ्गा खानी)) जलवायुमैत्री व्यवस्थापन

- सडक विभागद्वारा प्रकाशित 'वातावरणीय व्यवस्थापन निर्देशिका (१९९९)' पुरानो भइसकेको हुनाले, यस निर्देशिकाका सान्दर्भिक बुँदाहरू प्रयोग गरी त्यसलाई अद्यावधिक गर्न आवश्यक छ ।
- माथिका निर्देशिकाहरू पालना गर्दै, क्वेरी साइटहरू मानव बस्ती, खानेपानी ट्याङ्की वा आपूर्ति प्रणाली, खेतीयोग्य जमिन, विद्यालय र पुल भएका स्थानहरूभन्दा टाढा हुनुपर्छ।
- खानी रहने स्थानलाई चैनएज (Chainage) सहित उल्लेख गर्नुपर्छ र त्यहाँको अवस्था तथा निकालिने निर्माण सामग्रीको परिमाणको विवरण दिनुपर्छ। साथै, क्वेरी साइटको स्वीकृत प्रारम्भिक वातावरणीय परीक्षण (IEE) सुनिश्चित गरिनुपर्छ।
- वर्तमान र भविष्यमा हुन सक्ने जोखिमहरू (बाढी, पहिरो, भू-क्षय) को पहिचान गरी तिनलाई सडकको डिजाइन र सामग्री छनोटको प्रक्रियामा समावेश गरिनुपर्छ।
- खानीसम्म पुग्ने पहुँच मार्ग र ढुवानी मार्गहरूमा अत्यधिक वर्षाको समयमा पनि ती सडकहरू प्रयोगयोग्य रहीरहनको लागि ढल निकासको उचित व्यवस्था हुनुपर्छ ।
- नदी, बस्ती र पारिस्थितिक प्रणालीबाट सुरक्षित दुरी (Buffer Zone) कायम राख्नुपर्छ र वातावरणीय प्रभाव मूल्याङ्कन (EIA) का आवश्यकताहरू पूर्ण रूपमा पालना गर्नुपर्छ ।
- खानीको काम सकिएपछि भिरालो जमिनलाई स्थिर बनाउन, पानीको बहाव नियन्त्रण गर्न र वनस्पतिको पुनः विस्तार गरी प्राकृतिक अवस्थामा फर्काउने गरी पुनर्स्थापनाको डिजाइन गरिनुपर्छ।

७ जलवायु उत्थानशील पूर्वाधारमा प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) को प्रयोग

संक्षिप्त अवलोकन (Overview): यस निर्देशिकाको यस खण्डले बागमती प्रदेशका स्थानीय जीविकोपार्जनमा कुनै नकारात्मक असर नपारी जलवायु उत्थानशीलता अभिवृद्धि गर्न, विपद् जोखिम न्यूनीकरण गर्न र दिगो विकासलाई प्रवर्द्धन गर्न प्रादेशिक पूर्वाधार विकासमा प्रकृतिमा आधारित समाधान (Nature-based Solutions- NbS लाई एकीकृत गर्ने एउटा खाका (Framework) प्रदान गर्दछ । प्रकृतिमा आधारित समाधानहरूले मानिसको रक्षा गर्न, पूर्वाधारलाई सुदृढ बनाउन र स्थिर तथा जैविक विविधताले भरिपूर्ण भविष्य सुनिश्चित गर्न प्रकृति र स्वस्थ पारिस्थितिक प्रणालीको शक्तिको उपयोग गर्दछ (IUCN, 2020) (चित्र ७)।

प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) एक पारिस्थितिक प्रणालीमा आधारित दृष्टिकोण हो जुन भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID), बागमती प्रदेश अन्तर्गतका सबै पूर्वाधार आयोजनाहरू, विशेष गरी सडकहरूमा लागू गर्न सकिन्छ। NbS कार्यान्वयनका पाँच चरणहरू छन् :

१) सरोकारवालाहरू र उनीहरूको पारिस्थितिक प्रणाली क्षेत्र परिभाषित गर्ने, र उनीहरू बीचको सम्बन्ध विकास गर्ने ।

२) पारिस्थितिक प्रणालीको विशेषता पहिचान गर्ने र व्यवस्थापन तथा अनुगमनका लागि संयन्त्रहरू तयार गर्ने ।

३) महत्त्वपूर्ण आर्थिक विषयहरू र पारिस्थितिक प्रणाली तथा त्यहाँका बासिन्दाहरूलाई असर गर्ने तत्वहरूको पहिचान गर्ने ।

४) स्थान-अनुकूल व्यवस्थापन विकास गर्ने र सडक पूर्वाधारले नजिकैका पारिस्थितिक प्रणालीहरूमा पार्न सक्ने सम्भावित प्रभावहरू निर्धारण गर्ने ।

५) लक्ष्यमा पुग्नका लागि दीर्घकालीन उद्देश्यहरू र लचिलो बाटाहरू तय गर्ने ।

चित्र ७ : जलवायु उत्थानशीलता निर्माणमा प्रकृतिमा आधारित समाधानका फाइदाहरू

७.१ पूर्वाधार क्षेत्रमा प्रकृति-आधारित समाधान (NbS)[1] को विशिष्ट अनुप्रयोग

७.१.१ सडक

भिरालो जमिनको स्थिरता (Slope Stabilization): सडक किनारको भिरालो भागको संरक्षणका लागि बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिहरू (जस्तै: भेटिभर र अन्य स्थानीय घाँसका प्रजातिहरू, अम्रिसो, बाँस र निगालोका प्रजातिहरू, र बुट्यानका प्रजातिहरू) अनिवार्य गर्ने ।

ढल निकास व्यवस्थापन (Drainage Management_: आकस्मिक बाढीको जोखिम कम गर्नका लागि वनस्पतिसहितको ड्रेन (Vegetated drainage channels), वनस्पतिजन्य चेक ड्यामहरू र पानी छिर्ने सतहहरू (Permeable surfaces) समावेश गर्ने।

हरित करिडोर (Green Corridors): अत्यधिक गर्मी (Heat stress) कम गर्न र हावाको वेग रोक्न (Windbreaks) का लागि सडकको ज्यामितीय डिजाइनसँग मेल खाने गरी सडक किनारमा वृक्षारोपण अनिवार्य गर्ने । हावाहुरी, पहिरो र बाढीका कारण रुख ढलेर हुन सक्ने दुर्घटना टार्न सम्भव भएसम्म वृक्षारोपणका बीचमा कम्तीमा २० मिटरको खाली ठाउँ (Gap) छोड्नुपर्छ ।

७.१.२ सिँचाइ कुलो (Irrigation Canals)

[1] विस्तृत टुलकिट र म्यानुअलको लागि अनुसूची १ हेर्नुहोस्।

तटीय मध्यवर्ती क्षेत्र (Riparian Buffers): कुलोको किनारमा कटान रोक्नका लागि वनस्पतिका तहहरू (Vegetation strips) स्थापना गर्ने ।

सिमसार क्षेत्रको एकीकरण (Wetland Integration): पानी फिल्टर गर्न र पुनर्भरणका लागि कुलोका निकासहरूमा कृत्रिम सिमसार (Constructed wetlands) निर्माणलाई प्रोत्साहन गर्ने।

कृषि-वन सम्बन्ध (Agroforestry Linkages_: वाष्पीकरण कम गर्न र किसानको आम्दानीमा विविधीकरण ल्याउन कुलोको आसपासमा रुख, बाली र खेती प्रणालीलाई एकीकृत गर्न प्रोत्साहन गर्ने।

७.१.३ खानेपानी पूर्वाधार (Drinking Water Infrastructure)

जलाधार संरक्षण (Watershed Restoration): पानीका मुहानहरू सुरक्षित राख्न जलाधार क्षेत्रहरूमा पुनः वृक्षारोपण र माटो संरक्षणका उपायहरू लागू गर्ने ।

मुहान पुनरुत्थान (Spring Revival): पानीका मुहानहरूलाई सुकाइरहन नदिन पुनर्भरण क्षेत्र (Recharge zones) मा बायो-इन्जिनियरिङ प्रविधिको प्रयोग गर्ने ।

हरित भण्डारण प्रणाली (Green Storage Systems): आकाशे पानी सङ्कलनका लागि वनस्पतिसहितका पोखरीहरू (Vegetated ponds) र इन्फिल्ट्रेसन ट्रेन्च (Infiltration trenches) हरूको प्रयोग गर्ने।

७.२ उत्थानशीलता निर्माणका मुख्य उपायहरू: अनुकूलन तथा विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR)

- भिरालो जमिनको स्थिरता (Slope Stabilization): पहिरो रोक्नका लागि रेटेनिङ्ग पर्खाल (Retaining walls), जैविक इन्जिनियरिङ (जस्तै: भेटिभर र स्थानीय घाँसहरू), र जियोटेक्स्टाइलको (geotextiles) प्रयोग गर्ने ।
- ढल निकास डिजाइन (Drainage Design): मनसुनको बहाव व्यवस्थापन गर्न र भू-क्षय कम गर्न क्रस-ड्रेन संरचनाहरू, कल्भर्टहरू र साइड ड्रेनहरू समावेश गर्ने ।
- बालुवा र गेग्रान उत्खननको नियमन: विशेष गरी मनसुनमा नदीको बहाव बाहिर आउन नदिन र डुबान तथा बाढी रोक्न नदीहरूबाट (मुख्य गरी उपत्यका र तराई क्षेत्रमा) थुप्रिएको बालुवा र गेग्रानको नियमित सफाइ गर्ने ।
- लचिलो पपेभमेन्ट सामग्री (Flexible Pavement Materials): तापक्रमको उतारचढाव र जलमग्नता - (Waterlogging) सहन सक्ने सामग्रीहरू प्रयोग गर्ने ।
- वैकल्पिक पहुँच मार्गहरू (Redundant Access Routes): सडक अवरुद्ध भएको खण्डमा आपत्कालीन पहुँचका लागि वैकल्पिक मार्गहरूको योजना बनाउने ।
- जलवायु-अनुकूल सतह (Climate-Proof Surfacing): अत्यधिक वर्षा र पराबैजनी (UV) किरणबाट हुने क्षति कम गर्न सिलान्ट sealants वा विशेष सतही उपचार प्रविधिहरू (surface treatments) लागू गर्ने।

७.२.१ उत्थानशील स्थानीय जीविकोपार्जनका लागि उत्थानशील पूर्वाधार

नेपालको राष्ट्रिय अनुकूलन योजना (NAP) ले समुदायमा आधारित विपद् जोखिम न्यूनीकरण, आदिवासी तथा स्थानीय ज्ञान, र जीविकोपार्जन सुधारका उपायहरूलाई पूर्वाधार अनुकूलन योजनामा एकीकृत गर्न स्पष्ट रूपमा आह्वान गरेको छ । यसलाई मूर्त रूप दिन देहायका नीतिगत विकल्पहरूले सहयोग पुऱ्याउनेछन:

- परम्परागत अभ्यासहरू, विशेष गरी प्रकृतिमा आधारित वनस्पतिजन्य रोपाइँ प्रविधिहरूलाई इन्जिनियरिङ ज्ञानसँग जोडेर सम्बन्धित समुदायसँगको संयुक्त समन्वयमा डिजाइन गर्ने।
- निर्णय प्रक्रियामा युवा, महिला, सीमान्तकृत र ज्येष्ठ नागरिकहरूलाई समावेश गर्ने।
- पूर्वाधार निर्माणलाई सहयोग पुग्ने गरी 'नो-रिग्रेट' र (वा 'लो-रिग्रेट' जीविकोपार्जनका उपायहरू पहिचान र सहयोग गर्ने। यसमा जलवायु-मैत्री कृषि (बाढी/खडेरी सहन सक्ने बाली, सुधारिएको बीउ बैंक, कृषि-वन, गैर-काष्ठ वन पैदावार, स्थानीय हस्तकलाको मूल्य श्रृंखलामा सहयोग, र सामुदायिक पर्यटन (होमस्टे, पर्या-पर्यटन)) पर्दछन्।

- आवश्यक परेमा, पूर्वाधार विकासबाट प्रभावित स्थानीय समुदायलाई जलवायु-संवेदनशील जीविकोपार्जन (विशेष गरी कृषि) मा मात्र निर्भर रहनुपर्ने बाध्यता कम गर्न सहयोग गर्ने। यसका लागि जीविकोपार्जनको विविधीकरण वा 'पारिस्थितिक प्रणाली सेवाको भुक्तानी' (Payment for Ecosystem Services) मार्फत क्षतिपूर्ति दिने ।
- पूर्वाधार आयोजनाको बजेटमै साना तथा लघु उद्यम (SME) विकास र बजार पहुँच सम्बन्धी प्राविधिक तालिमका लागि बजेट व्यवस्था गर्ने (जस्तै: कृषि-वन उत्पादनहरू बजारसम्म पुऱ्याउन शीत भण्डार, प्रशोधन र प्याकेजिङ सुविधा स्थापना गर्ने)।
- पूर्वाधारलाई वन उपभोक्ता समूह, सहकारी र साना उद्यम जस्ता स्थानीय सामाजिक वा परम्परागत संस्थाहरूसँग जोड्ने, जसमा सञ्चालन, मर्मतसम्भार र न्यायोचित लाभ बाँडफाँडको स्पष्ट भूमिका होस्।
- स्थानीय सांस्कृतिक र आदिवासी अभ्यासहरू झल्किने गरी पूर्वाधारको डिजाइन गर्ने (उदाहरण: परिष्कृत पूर्वाधार डिजाइनका रूपमा)।

७.३ प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) कार्यान्वयनका संयन्त्रहरू

- प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) लाई भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) का परिपत्र, निर्देशिका र आयोजना स्वीकृति प्रक्रियाहरूमा अनिवार्य रूपमा समावेश गरिनुपर्छ । इन्जिनियरहरू, स्थानीय सरकारहरू र समुदायका लागि NbS प्रविधिहरूका सम्बन्धमा नियमित रूपमा तालिम कार्यक्रमहरू सञ्चालन गरिनुपर्छ ।
- वित्तीय व्यवस्थापन: NbS आयोजनाहरूका लागि जलवायु कोष, दातृ निकायको सहयोग र सामुदायिक योगदान परिचालन गरिनुपर्छ ।
- अनुगमन र मूल्याङ्कन: प्रादेशिक ड्यासबोर्डहरूमा NbS का सूचकहरू (जस्तै: भू-क्षयमा कमी, जल उत्पादन, जैविक विविधतामा सुधार) स्थापना गरिनुपर्छ। NbS लाई स्थानीय आवश्यकता अनुसार अनुकूलन गर्न सम्बन्धित वडा समितिहरू समेतको सहभागितामा जलाधार स्तरको 'उपभोक्ता समूह अनुगमन तथा मूल्याङ्कन संयन्त्र' गठन गरिनुपर्छ ।
- विस्तार (Scaling Up): सुरुमा सिन्धुपाल्चोक, दोलखा र मकवानपुर जस्ता उच्च जोखिममा रहेका जिल्लाहरूमा नमूना (Pilot) NbS आयोजनाहरू सञ्चालन गर्ने र तिनको सफलता तथा स्थानीय स्वामित्वका आधारमा प्रदेशभरि विस्तार गर्ने ।

७.४ प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) को पालना र प्रतिवेदन

- अनिवार्य पालना (Mandatory Compliance): सबै पूर्वाधार आयोजनाहरूले आफ्नो डिजाइन र कार्यान्वयनमा प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) लाई एकीकृत गरेको स्पष्ट रूपमा देखाउनुपर्नेछ ।
- वार्षिक प्रतिवेदन (Annual Reporting): भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) ले NbS को अवलम्बन, यसको प्रभावकारिता र प्राप्त सिकाईहरूका बारेमा वार्षिक प्रतिवेदन प्रकाशित गर्नुपर्नेछ ।
- लेखापरीक्षण संयन्त्र (Audit Mechanism): NbS को पालना र कार्यसम्पादन प्रमाणित गर्न स्वतन्त्र लेखापरीक्षण (Independent Audit) गर्नुपर्नेछ ।

७.५ बहु-आयामिक लाभहरू (Cross-Cutting Benefits/Co-benefits) सुनिश्चित गर्ने

- विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR): प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS) को एउटा मुख्य लाभ भनेको सम्भावित खतरा र जोखिमहरूलाई विपदमा परिणत हुनबाट रोक्नु हो । NbS 'नो-रिग्रेट' (पछुतो नहुने) र 'लो-रिग्रेट' (न्यून पछुतो हुने) विपद् जोखिम न्यूनीकरणका विकल्पहरू हुन्, किनभने यी पारिस्थितिक प्रणाली व्यवस्थापनका सिद्धान्तहरूमा आधारित हुन्छन् ।

७.६ हानि र नोक्सानी (**Loss & Damages**) सम्बन्धी तथ्याङ्क (**Database**) तयार गर्ने

- जलवायु-असंवेदनशील पूर्वाधारको डिजाइन र कार्यान्वयनका कारण बढेको पूर्वाधार क्षति र हानिको विस्तृत तथ्याङ्क विकास गर्ने ।
- जलवायु-असंवेदनशील पूर्वाधार योजना र डिजाइनका कारण उत्पन्न विभिन्न विपद्हरूबाट भएका सबै हानि र नोक्सानीको अभिलेख राख्ने । यो अभिलेख राष्ट्रिय र अन्तर्राष्ट्रिय स्तरमा भविष्यमा हुने जलवायु वित्त (Climate Finance) सम्बन्धी वार्ताहरूका लागि बलियो आधार बन्न सक्छ, जसले प्रभावित पालिकाहरू र वडाहरूमा थप बजेट सुनिश्चित गर्न मद्दत गर्नेछ । (थप विवरणका लागि अनुसूची ३ को तालिका हेर्नुहोस)।

८. जलवायु उत्थानशील सडकको मर्मतसम्भार

सडकमा खर्च गरिएको रकमको सदुपयोग होस् र यसले दीर्घकालीन विकासलाई टेवा पुर्‍याओस् भन्ने सुनिश्चित गर्नका लागि, योजनाकारहरूले जलवायु परिवर्तनका वर्तमान र प्रक्षेपित प्रभावहरूलाई ध्यान दिनु आवश्यक छ। सडकहरू विशेष गरी बढ्दो तापक्रम, भारी वर्षा र बाढी (आकस्मिक बाढी र नदीको बाढी) को उच्च जोखिममा हुन्छन् । जलवायुजन्य दबाब, चाप र क्षतिले गर्दा सडकहरू छिटो बिग्रन्छन्, जसको अर्थ तिनलाई बारम्बार मर्मतसम्भार र सुधारको आवश्यकता पर्दछ ।

८.१ जलवायु उत्थानशील मर्मतसम्भारका प्रकारहरू

८.१.१ स्थानीय जलवायु परिवर्तनको प्रवृत्ति अनुसारको नियमित मर्मतसम्भार (**Routine Maintenance**)

- सबै मौसम र सबै सडकहरूको मर्मतसम्भारको समय जल तथा मौसम विज्ञान विभाग (DHM), नेपाल सरकारले गर्ने मौसम पूर्वानुमानको आधारमा तय गरिनुपर्छ ।
- माथिल्लो तटीय जलाधार क्षेत्र (Upstream catchment) र स्थानीय स्तरमा हुने भारीदेखि अति भारी वर्षाको समयलाई ध्यानमा राख्दै, विपद्को जोखिम कम गर्न वर्षा हुनुअघि र सडक सञ्चालनलाई छिटो सुचारु गर्न वर्षापछि (विशेष गरी सडक अवरोध गर्ने तत्वहरू सफा गर्नमा केन्द्रित भएर) मर्मतसम्भारको समय मिलाउनुपर्छ ।
- सडकको माथिल्लो र तल्लो दुवै भागमा रहेका खतरा र जोखिमहरूको नियमित मूल्याङ्कन गरी निवारक मर्मतसम्भार (Preventive maintenance) का कार्यहरू गर्ने। यसबाट सडक सम्पत्तिको हानि-नोक्सानी रोक्दै वा कम गर्दै सडकलाई सबै मौसममा सञ्चालनयोग्य बनाउन सुनिश्चित गर्नुपर्छ ।
- सडक मर्मतसम्भारमा खटिने कामदारहरूलाई जलवायु परिवर्तन अनुकूलित मर्मतसम्भार कार्यका गतिविधिहरूमा तालिम प्रदान गरिनुपर्छ ।

८.१.२. जलवायु अनुकूलित पुनरावृत्त मर्मतसम्भार (**Climate adaptive recurrent maintenance**)

- स्थानीय मौसम र पूर्वानुमानको आधारः सबै सडकहरूमा गरिने पुनरावृत्त मर्मतसम्भार (Recurrent maintenance) स्थानीय मौसमको विविधता र जल तथा मौसम विज्ञान विभाग (DHM), नेपाल सरकारले जारी गर्ने मौसम पूर्वानुमान सम्बन्धी जानकारीलाई ध्यानमा राखेर गरिनुपर्छ ।
- मर्मत कार्य गर्दा आकस्मिक वर्षा र बाढीका कारण हुन सक्ने ठुलो क्षति रोक्नका लागि जोखिमयुक्त स्थानहरू (Hazards points) लाई कम गर्नेतर्फ केन्द्रित हुनुपर्छ । साथै, चट्टान खस्ने (Rock-fall) अस्थिर स्थानहरूमा राखिएका संकेत चिन्ह र चेतावनीमूलक चिन्हहरूको पनि मर्मत गरिनुपर्छ ।

- यसको मुख्य उद्देश्य सडकको उचित अवस्था कायम राख्ने, क्षति र जलमग्न (Deluge) हुनबाट जोगाउने र विशेष गरी वर्षायाममा सडकलाई तुरुन्त सुचारु अवस्थामा फर्काउनु हो ।

८.१.३. जलवायुजन्य विपद् जोखिम न्यूनीकरण गर्ने आवधिक मर्मतसम्भार (**Periodic Maintenance**

- आवधिक मर्मतसम्भारको मुख्य उद्देश्य सडकको संरचनागत मजबूतीलाई जोगाइराख्नु हुनुपर्छ ।
- सडकको सतहको क्षमता नवीकरण र सुदृढीकरणमा ध्यान दिनुपर्छ। यदि जल-वैज्ञानिक विपद् (Hydrological disaster) को जोखिम कम गर्न आवश्यक देखिएमा सडकको लामो खण्डलाई नै मर्मत वा पुनर्निर्माण गर्नुपर्छ ।
- मध्यम वा ठुलो स्तरका पहिरोहरू हटाउने र पहिरो नियन्त्रणका लागि संरक्षणका कार्यहरू गर्ने ।
- विशेष गरी मनसुनको समयमा नदीको बहाव बाहिर आउन नदिन, डुबान र बाढी रोक्नका लागि नदीहरूबाट बालुवा र गेग्रानको उत्खननलाई नियमन र सफाइ गर्ने ।
- सडक किनारका गार्ड वाल (Guard walls), प्यारापेट (Parapets), र पुल/कल्भर्टका रेलिङहरूको सुधार वा पुनर्निर्माण गर्ने ।
- चुरे क्षेत्रमा रहेका साना खोला र खोल्साहरूमा समेत नदी नियन्त्रण (River training) का संरचनाहरू निर्माण गर्ने ।
- सुख्खा ढुङ्गाको पर्खाल (Dry-stone masonry), इँटाको पर्खाल वा गेबियनबाट बनेका टेवा पर्खालहरूको मर्मत, सुधार र पुनर्स्थापना गर्ने।
- स्थानीय समुदायको सल्लाह र सहभागितामा सडकको दुवै किनारमा रुख, बुट्यान, लहरा, घाँस र अन्य उपयुक्त वनस्पतिहरू लगाउने।
- मर्मत कार्य सडकको प्रकार (कालोपत्रे, ग्राभेल वा कच्ची सडक) को प्रकृति सुहाउँदो हुनुपर्छ ।

८.१.४. आपत्कालीन मर्मतसम्भार (**Emergency Maintenance**)

आपत्कालीन मर्मतसम्भार भन्नाले चरम मौसमी घटनाहरू जस्तैः जल-वैज्ञानिक (Hydrological) वा प्राकृतिक विपद्का कारण सडकमा अचानक र अप्रत्याशित रूपमा उत्पन्न हुने अवरोधहरू हटाउन गरिने कार्यलाई बुझाउँछ ।

यसको मुख्य उद्देश्य सवारी साधनको आवागमनलाई यथासक्य चाँडो सुचारु गर्न सडकको छिटो पुनर्स्थापना र सञ्चालन गर्नु हो। साथै, यस्तो मर्मत गर्दा भविष्यमा हुन सक्ने यस्तै प्रकृतिका घटनाहरूलाई सहन सक्ने क्षमता (Cushion) सुनिश्चित गर्ने र सडकलाई थप क्षति हुनबाट जोगाउनेतर्फ ध्यान दिनुपर्छ ।

८.१.५. निवारक मर्मतसम्भार (**Preventive Maintenance**)

- निवारक मर्मतसम्भारको मुख्य उद्देश्य वर्षायाममा गरिने ठुला मर्मत र पुनर्स्थापनाको आवश्यकतालाई न्यूनीकरण गर्नु हुनुपर्छ।
- यी कार्यहरू भौगर्भिक (Geological), भौगोलिक (Geographical) र वातावरणीय कारकहरूको प्राविधिक आवश्यकता अनुसार गरिनुपर्छ।
- वर्षायाममा मर्मतको आवश्यकता पहिचान हुनेबित्तिकै आकस्मिक स्रोत-साधन (Contingency resources) को उपयोग गरी तुरुन्त कार्य अगाडि बढाउनुपर्छ।
- निवारक मर्मतसम्भार अन्तर्गत पर्ने गतिविधिहरूः
    - सडकको भिरालो भाग काट्ने (Slope cutting) र स्थिरता कायम गर्ने कार्य।
    - नदी नियन्त्रण (River training) कार्यको मर्मतसम्भार।
    - खस्न लागेका ढुङ्गाहरू (Hanging rocks) र अस्थिर भिरालो भागहरू हटाउने कार्य।
    - जैविक इन्जिनियरिङ (Bio-engineering) कार्य र तिनीहरूको मर्मतसम्भार।
    - उपत्यका तथा तराई क्षेत्रका नदीहरूबाट बालुवा र गेग्रानको नियमित सफाइ र नियमन।

८.१.६.उत्थानशीलता अभिवृद्धि गर्ने मर्मतसम्भार कार्य (**Resilience Building Maintenance Work**)

- सडक र अन्य पूर्वाधारहरूको मर्मतसम्भार, सडकलाई वर्षैभरि खुला राख्ने र सबै मौसममा सञ्चालनयोग्य (All–weather road) बनाउने उद्देश्यका साथ गरिनुपर्छ।
- सडकको दुवै किनारमा गरिने मर्मत वा सुधारका कार्यहरूले सम्भावित पहिरो वा भिरालो जमिनको क्षय (Slope failure) रोक्न मद्दत पुऱ्याउनुपर्छ।
- मर्मतसम्भार कार्यले सडक प्रयोगकर्ताहरूले सडक प्रयोग गर्दा लाग्ने खर्च घटाउन सहयोग गर्नुपर्छ ।
- सडक सुरक्षाका कार्यहरूले व्यावहारिक र किफायती जोखिम व्यवस्थापनका उपायहरू अवलम्बन गर्नुपर्छ।
- सडकलाई यसको तोकिएको सेवा स्तरमा कायम राखिनुपर्छ। यहाँ 'सेवा स्तर' भन्नाले सडकको आवश्यक भौतिक अवस्था र ट्राफिक भार वहन गर्न सक्ने क्षमतालाई बुझाउँछ ।

८.२ जलवायु उत्थानशील मर्मतसम्भारका लागि कार्यान्वयन मार्गनिर्देशन

- नीतिगत एकीकरण: प्रकृतिमा आधारित समाधान (NbS लाई प्रादेशिक पूर्वाधार निर्देशिकाहरू र भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID_ का परिपत्रहरूमा समावेश र मूलप्रवाहीकरण गर्ने।
- क्षमता अभिवृद्धि: इन्जिनियरहरू, स्थानीय सरकारहरू र समुदायहरूलाई जैविक इन्जिनियरिङ (Bio-engineering) प्रविधिहरूमा तालिम प्रदान गर्ने।
- वित्तीय संयन्त्र: जलवायु कोष (Climate funds), दातृ निकायको सहयोग र सामुदायिक योगदानको परिचालन गर्ने।
- अनुगमन र मूल्याङ्कन: प्रादेशिक ड्यासबोर्डहरूमा NbS सम्बन्धी सूचकहरू (जस्तै: भू-क्षयमा कमी, पानीको उपलब्धतामा वृद्धि, जैविक विविधतामा सुधार) विकास गर्ने।
- विस्तार (Scaling Up): उच्च जोखिममा रहेका जिल्लाहरू (सिन्धुपाल्चोक, दोलखा, मकवानपुर) मा नमूना आयोजनाहरू सञ्चालन गर्ने र तिनलाई प्रदेशभरि विस्तार गर्ने।

९. क्षमता अभिवृद्धिका लागि संस्थागत व्यवस्था

- नेतृत्वदायी निकाय: भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID_, भौतिक पूर्वाधार विकास निर्देशनालय, बागमती प्रदेश।
- समन्वय: वन तथा वातावरण मन्त्रालय (MoFE), सहरी विकास विभाग, र राष्ट्रिय विपद् जोखिम न्यूनीकरण तथा व्यवस्थापन प्राधिकरण (NDRRMA)/गृह मन्त्रालयसँगको समन्वय।
- स्थानीय सरकारहरू: निर्देशिकाको प्रभावकारी कार्यान्वयनका लागि नगरपालिका/गाउँपालिका स्तरका सरकारहरूसँग समन्वय र सहयोग आवश्यक छ ।
- प्रादेशिक मन्त्रालय, विभाग र प्रादेशिक/स्थानीय सरकारी निकायहरूको भूमिका र जिम्मेवारी ।
- निकायहरू बीचको समन्वय संयन्त्र:

उदाहरण: क) नेतृत्वदायी निकाय: भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID), बागमती प्रदेश; ख) समन्वय: वन तथा वातावरण मन्त्रालय (MoFE), सहरी विकास विभाग, र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) निकायहरूसँग; र ग) स्थानीय सरकारहरू: स्थानीय स्तरमा निर्देशिकाको कार्यान्वयन र पालना गराउने।

१०. अनुगमन, मूल्याङ्कन, र प्रतिवेदन

- उत्थानशीलता मापन गर्ने स्पष्ट सूचकहरू स्थापना गर्ने।
- पूर्वाधार विकाससँग सम्बन्धित हानि तथा नोक्सानीहरूको अभिलेख राख्ने।
- भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) द्वारा वार्षिक रूपमा उत्थानशीलताको लेखापरीक्षण गर्ने।

- पालना गरिएका मापदण्डहरूको प्रतिवेदन सार्वजनिक रूपमा प्रकाशन गर्ने।
- निर्देशिकाको पालना र कार्यको गुणस्तर मापन गर्ने सूचकहरू तय गर्ने।
- प्रतिवेदन बुझाउनुपर्ने समय र त्यसका लागि जिम्मेवार अधिकारीको किटान गर्ने।
- सडक पूर्वाधारका लागि उत्थानशीलताका उपायहरूको कार्यान्वयन
- जलवायुजन्य घटनाहरूका दौरान सडकको कार्यक्षमताको मूल्याङ्कन
- अनुभवका आधारमा आगामी नीति तथा डिजाइनमा सुधार

उदाहरण:

क) उत्थानशीलताका सूचकहरू स्थापना गर्ने;

ख) भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) द्वारा वार्षिक उत्थानशीलता लेखापरीक्षण गर्ने;

ग) पालना गरिएका प्रतिवेदनहरूको सार्वजनिक खुलासा गर्ने।

११. निर्देशिका कार्यान्वयनका लागि वित्तीय व्यवस्थाहरू

प्रादेशिक सडक यातायात गुरुयोजना (PRTMP) द्वारा पहिचान गरिएका सडक र सडक पुलहरूको निर्माण र मर्मतसम्भारको जिम्मेवारी प्रदेश सरकारको हुनेछ । सडक र अन्य पूर्वाधारहरूको जलवायु उत्थानशीलता निर्माणका लागि देहायका वित्तीय स्रोतहरूको परिचालन गरिनुपर्छः

- केन्द्र तथा प्रदेश सरकारबाट प्राप्त अनुदान
- सवारीसाधन सञ्चालन शुल्क (Toll tax)
- विकास साझेदारद्वारा उपलब्ध गराइएको कोष
- नेपाल सडक बोर्डबाट प्राप्त कोष

उपभोक्ता समितिमार्फत निर्माण गरिएका आयोजनाहरूको अभिलेख प्रदेश सरकारले राख्नेछ। यदि त्यस्ता सडकहरूमा मर्मतसम्भार आवश्यक भएमा, स्थानीय लाभग्राही समुदायले स्रोत जुटाएर मर्मत कार्य सञ्चालन गर्नुपर्नेछ।

- उत्थानशीलताका लागि विशेष बजेटको व्यवस्था गर्ने।
- जलवायु वित्त (Climate Finance) र विपद् जोखिम न्यूनीकरण/उत्थानशीलता निर्माण कोषहरूको पहुँच
- नवीन उत्थानशील अभ्यासहरू अपनाउने पालिकाहरू र निजी ठेकेदारहरूलाई प्रोत्साहनको व्यवस्था गर्ने।
- बजेटका स्रोतहरू, कोष प्रवाह संयन्त्र र जवाफदेहिताका उपायहरू स्पष्ट पार्ने।

उदाहरणहरू:

उत्थानशीलताका लागि छुट्टै बजेट शीर्षक; जलवायु वित्त र विपद् जोखिम न्यूनीकरण (DRR) कोषमा पहुँच; नवीन उत्थानशील अभ्यासका लागि प्रोत्साहन।

१२. गुनासो सुनुवाइ र पालना (Grievance Redress and Compliance)

- समुदायका गुनासाहरू सुन्न र सम्बोधन गर्न उचित संयन्त्रको व्यवस्था गर्ने।
- मापदण्ड पालना नगर्ने (Non–compliant) ठेकेदारहरूलाई जरिवाना वा दण्ड दिने।

- कुनै पनि विषयमा असहमति भएमा भौतिक पूर्वाधार विकास मन्त्रालय (MoPID) मार्फत पुनरावेदन गर्ने व्यवस्था गर्ने।

१३. जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार - सूचक म्याट्रिक्स (Indicator Matrix)

जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार सूचक म्याट्रिक्सले सडक आयोजनाहरूमा जलवायु उत्थानशीलताका पक्षहरूलाई कत्तिको प्रभावकारी रूपमा समावेश गरिएको छ भन्ने कुराको मूल्याङ्कन गर्न एक व्यवस्थित खाका प्रदान गर्दछ । यी सूचकहरूको प्रयोग गरेर, कार्यान्वयनको व्यवस्थित अनुगमन गर्न सकिन्छ, जलवायुको चापमा सडकको कार्यक्षमता मूल्याङ्कन गर्न सकिन्छ र सडक पूर्वाधारको स्थायित्व, सुरक्षा, र विश्वसनीयता सुधार गर्न निर्णय प्रक्रियामा सहयोग पुऱ्याउन सकिन्छ । जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार सूचक म्याट्रिक्स (Indicator Matrix) तालिका-१ मा प्रस्तुत गरिएको छः

तालिका १: जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार सूचक म्याट्रिक्स (Indicator Matrix)

सूचक	एकाइ	तथ्याङ्क स्रोत	आवृत्ति
क. जलवायु जोखिम एकीकरण (Climate Risk Integration)			
जलवायु जोखिम र संवेदनशीलता मूल्याङ्कन गरिएका सडक आयोजनाहरूको प्रतिशत	%	आयोजना प्रतिवेदन, सम्भाव्यता अध्ययन	वार्षिक
डिजाइनमा समावेश गरिएका जलवायु प्रकोपहरुको संख्या (बाढी, पहिरो, तापक्रम, आदि)	संख्या	डिजाइन कागजातहरू	प्रति आयोजना
अद्यावधिक जलवायु तथ्याङ्कको प्रयोग	हो/होइन	डिजाइन प्रतिवेदन, जल-विज्ञान अध्ययन	प्रति आयोजना
ख. ढल निकास र जल-विज्ञान डिजाइन (Drainage & Hydrological Design)			
ढल निकास संरचनाहरूको लागि फिर्ती अवधि डिजाइन	वर्ष	डिजाइन प्रतिवेदन	प्रति आयोजना
पर्याप्त क्रस-ड्रेनेज (Cross–drainage) संरचना भएका सडकको लम्बाई प्रतिशत	%	डिजाइन ड्रइङ, स्थलगत प्रमाणीकरण	वार्षिक
ढल निकास क्षमता र प्रक्षेपित अधिकतम बहावको तुलना	प्रतिशत पर्याप्तता (%)	जल-विज्ञान विश्लेषण प्रतिवेदन	प्रति आयोजना
ढल निकास अवरुद्ध हुने घटनाहरूको बारम्बारता	घटना/वर्ष	मर्मतसम्भार अभिलेख	त्रैमासिक
ग. भिरको स्थिरता र पहिरो व्यवस्थापन (Slope Stability & Landslide Management)			
भिर स्थिरताका उपायहरू अपनाइएको सडकको लम्बाई प्रतिशत	प्रतिशत (%)	स्थलगत निरीक्षण प्रतिवेदन	वार्षिक
सडक कोरिडोरमा पहिरो गएका घटनाहरू	घटना/कि.मि./वर्ष	मर्मत लग, विपद् अभिलेख	वार्षिक
भिर संरक्षणका लागि जैविक-इन्जिनियरिङ (Bioengineering) प्रविधिको प्रयोग,	उपचार गरिएको क्षेत्र (%)	आयोजना प्रतिवेदन, क्षेत्र सर्वेक्षण	वार्षिक
घ. सडकको सतह र संरचनात्मक उत्थानशीलता (Pavement & Structural Resilience)			
जलवायु-उत्थानशील सडक सतह (Pavement) सामग्रीको प्रयोग	हो/होइन वा %	डिजाइन स्पेसिफिकेसन (Design specification), BoQ	प्रति आयोजना

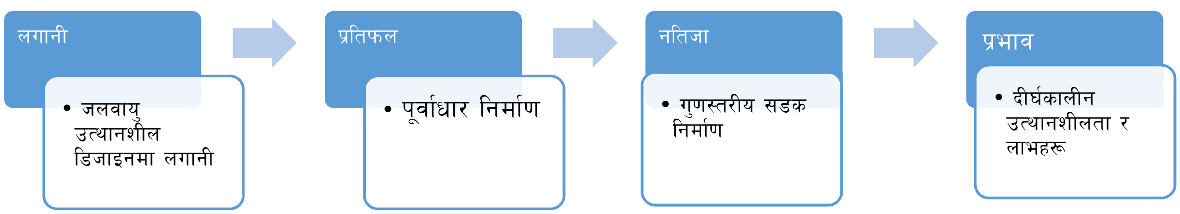
सूचक	एकाइ	तथ्याङ्क स्रोत	आवृत्ति
चरम मौसमी घटनाहरू पछि सडकमा भएको क्षति	प्रभावित सडकको लम्बाई %,	स्थलगत प्रतिवेदन, मर्मत तथ्याङ्क	ठूला घटना पश्चात्
ङ. प्रकृतिमा आधारित समाधान (Nature-Based Solutions)			
जैविक-इन्जिनियरिङ/हरित स्थिरता अपनाइएको सडक किनारको प्रतिशत	प्रतिशत (%)	क्षेत्र सर्वेक्षण, आयोजना प्रतिवेदन	वार्षिक
वनस्पतिका कारण सतहको पानीको बहावमा भएको कमी	प्रतिशत (%)	जल-विज्ञान मूल्याङ्कन	वार्षिक
च. निर्माण गुणस्तर र अनुपालन (Construction Quality & Compliance)			
उत्थानशील डिजाइन मापदण्ड पालना गर्ने आयोजनाहरूको प्रतिशत	प्रतिशत (%)	लेखापरीक्षण प्रतिवेदन, सुपरिवेक्षण अभिलेख	वार्षिक
निर्माण गुणस्तर निरीक्षणको बारम्बारता	संख्या/वर्ष	सुपरिवेक्षण लग	त्रैमासिक
स्थानीय रूपमा उपयुक्त र जलवायु अनुकूल सामग्रीको प्रयोग	हो/होइन (अनुमानित %)	आयोजना कागजात	प्रति आयोजना
छ. सञ्चालन र मर्मतसम्भार (Operation & Maintenance)			
ढल निकास सफाइको बारम्बारता	पटक/वर्ष	मर्मत लग	त्रैमासिक
नियमित मर्मतसम्भार योजना अन्तर्गत रहेको सडक सञ्जालको प्रतिशत	प्रतिशत (%)	सडक निकायको अभिलेख	वार्षिक
उत्थानशीलताका लागि विनियोजित मर्मतसम्भार बजेट	कुल बजेटको प्रतिशत (%)	वित्तीय प्रतिवेदन	वार्षिक
सडक अवरोध (पहिरो, बाढी) हटाउन लागेको समय	घण्टा/दिन	आपतकालीन प्रतिक्रिया लग	घटना पश्चात्
ज. कार्यक्षमता र सेवा योग्यता (Performance & Serviceability)			
जलवायुजन्य घटनाका कारण सडक बन्द भएका दिनहरू	दिन/वर्ष	ट्राफिक प्रहरी, सडक कार्यालय अभिलेख	वार्षिक
चरम घटना पछि पुनः सञ्चालनमा आउन लागेको औसत समय	घण्टा/दिन	मर्मत/आपतकालीन प्रतिवेदन	घटना पश्चात्
समयसँगै जलवायुजन्य क्षतिमा आएको कमी	प्रतिशत परिवर्तन (%)	मर्मत तथ्याङ्क इतिहाश	वार्षिक
सडकको सेवा योग्यता (सबै मौसममा पहुँच)	सञ्चालन समयको प्रतिशत (%)	ट्राफिक र अनुगमन तथ्याङ्क	वार्षिक
झ. सामाजिक र पहुँच (Social & Accessibility)			
सबै मौसममा चल्ने सडकमा पहुँच भएको जनसंख्या	प्रतिशत (%)	जनगणना, यातायात सर्वेक्षण	वार्षिक
चरम घटनाका बेला सम्पर्क विच्छेद भएका समुदायहरूको संख्या	संख्या	स्थानीय सरकार, विपद् प्रतिवेदन	घटना पश्चात्

सूचक	एकाइ	तथ्याङ्क स्रोत	आवृत्ति
ञ. संस्थागत र क्षमता (Institutional & Capacity)			
जलवायु-उत्थानशील सडकमा आधारित अनुसन्धान	हो/होइन	प्राज्ञिक/अनुसन्धानकर्ता	वार्षिक
उत्थानशील सडक डिजाइन र सुपरिवेक्षणमा प्रशिक्षित इन्जिनियरहरूको प्रतिशत	प्रतिशत (%)	तालिम अभिलेख	वार्षिक
खरिद प्रक्रियामा उत्थानशीलताका मापदण्डहरूको एकीकरण	हो/होइन	बोलपत्र कागजात	वार्षिक

द्रष्टव्य: जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधार सूचक म्याट्रिक्स एक मार्गदर्शक खाकाको रूपमा तयार गरिएको हो र यसलाई प्रत्येक आयोजनाको विशिष्ट आवश्यकता र सन्दर्भ अनुसार अनुकूलन गर्न सकिनेछ।

१४. जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खला (Result Chain)

जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खलाले स्रोत र क्रियाकलापमा गरिएको लगानीले कसरी सडकको कार्यक्षमतामा सुधार र दीर्घकालीन उत्थानशीलता ल्याउँछ भन्ने कुराको व्याख्या गर्दछ। यो प्रक्रिया बजेट, प्राविधिक विशेषज्ञता, र जलवायु तथ्याङ्क जस्ता लगानी (Inputs) बाट सुरु हुन्छ, जसले उन्नत ढल निकास, भिर संरक्षण, र टिकाउ सडक सतह जस्ता प्रतिफल (Outputs) हरू निर्माण गर्न सहयोग पुऱ्याउँछ। यसबाट मनसुनमा सडकमा कम क्षति हुने, सबै मौसममा सडक पहुँच पुग्ने र सुरक्षा बढ्ने जस्ता नतिजा (Outcomes) हरू प्राप्त हुन्छन्। अन्ततः, यसको प्रभाव (Impact) भनेको थप जलवायु-उत्थानशील सडक सञ्जाल, आर्थिक नोक्सानीमा कमी, र सुदृढ पहुँच तथा सामाजिक-आर्थिक विकास हो। जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खलाको चित्र तल दिइएको छ।



चित्र ८: जलवायु उत्थानशील सडक पूर्वाधारको नतिजा शृङ्खला

लगानी (Input)

जलवायु-उत्थानशील सडकका उपायहरू कार्यान्वयन गर्न प्रयोग गरिने स्रोतहरू:

- उत्थानशीलता निर्माणका लागि बजेट विनियोजन
- जलवायु तथ्याङ्क र अध्ययनहरू (वर्षा, बाढी, पहिरो)
- जलवायु उत्थानशील नीति
- निर्माण सामग्रीहरू (ग्याबियन, कङ्क्रिट, आदि)

प्रतिफल (Output)

आयोजनाका तत्काल देखिने भौतिक वा प्राविधिक नतिजाहरू:

- जलवायु-उत्थानशील डिजाइनमा सडक निर्माण/स्तरोन्नति
- कल्भर्ट, ढल निकास प्रणाली र टो वाल (toe walls) को निर्माण

- भिर स्थिरता र जैविक-इन्जिनियरिङ कार्य सम्पन्न

नतिजा (Outcome)

प्रतिफलका कारण सडकको कार्यक्षमतामा भएको सुधारः

- मनसुनको समयमा सडकमा हुने क्षतिमा कमी
- सुधारिएको ढल निकास र पानी जम्ने समस्यामा कमी
- सडक कोरिडोरमा पहिरो र भू-क्षयमा कमी
- सबै मौसममा सडकको पहुँच र उपलब्धता

प्रभाव (Impact)

दीर्घकालीन फाइदा र व्यापक असरहरूः

- जलवायु परिवर्तनप्रति सडक सञ्जालको बढ्दो उत्थानशीलता
- मर्मतसम्भार खर्च र आर्थिक नोक्सानीमा कमी
- समुदायका लागि सुधारिएको सुरक्षा र पहुँच
- सुदृढ सामाजिक-आर्थिक विकास

****

सन्दर्भ सामग्रीः

1. ADB/IDA/SDC (2025), ADB, IDA and Switzerland Partner To Strengthen Nepal's Disaster Risk https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/11/05/adb-ida-and-switzerland-partner-to-strengthen-nepal-s-disaster-risk-management-and-build-climate-resilient-infrastructure
2. ADB (2021) Climate Risk Country Profile: Nepal, 2021). ADB Climate Risk Country Profile: Nepal (2021)
3. ADB (2025). Nepal Country Partnership Strategy (2025-29): Country Climate Plan. https://www.adb.org/sites/default/files/linked-documents/cps-nep-2025-2029-ccp.pdf
4. Climate Risk Index 2025. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/2025-02/Climate Risk Index 2025.pdf
5. Climate Change-Induced Regional Landslide Hazard and Exposure .... https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-16898-7_12
6. DanChurchAid (2021). Policy brief: Nature-based Solutions in Nepal - DanChurchAid. https://www.danchurchaid.org/policy-brief-nature-based-solutions-in-Nepal
7. DHM (2024). Update of Climate Change Study of Nepal. http://dhm.gov.np/uploads/dhm/climateService/Climate_change_scenarios_for_Nepal_2024_compressed.pdf
8. DoLIDAR (2015). Environmental and Social Management Framework (2015), Strengthening National Rural Transport Program, DoLIDAR; GoN
9. DoLIDAR (2016). Road Maintenance Group Guidelines (2016), Department of Local Infrastructure Development and Agricultural Roads (DOLIDAR), GoN
10. IPCC AR6, 2021; ICIMOD HKH Assessment, 2019. IPCC Sixth Assessment Report (AR6), 2021 – Working Group II (Impacts, Adaptation, Vulnerability)
11. ICIMOD (2029). Hindu Kush Himalaya Assessment (2019) - HKHA Report; International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal
12. IUCN (2020). Global Standards for Nature-based Solutions, IUCN, Gland, Switzerland, 2020.
13. MaWRiN Project - Managing Watersheds for Enhanced Resilience. https://mawrin.bagamati.gov.np/
14. MoHA/DHM Disaster Reports, 2021 & 2024; UNDRR Asia-Pacific Disaster Report, 2024). Nepal Disaster Risk Reduction Portal (MoHA/DHM official reports)
15. MoFE (2019) Ministry of Forests and Environment Climate Change Scenarios for Nepal. https://lib.icimod.org/records/hhrgd-8m586/files/MOFE_2019_CCS_Nepal.pdf?download=1
16. MOHL (2021). Technical Note-1, Earthen Road Design (2021), RAP3 MHLR, Bagmati Province Government, Hetauda, Nepal
17. MoPID (2019) Provincial and Municipal Road Standards (2019), Provincial and Municipal Road Standards: Department of Local Infrastructure (DOLI); MOPID, Bagmati Pradesh Govt. (BPG), Hetauda
18. MOPID (2024). Provincial Transport Master Plan of Bagmati Province, Ministry of Physical Infrastructure Development (2024), Hetauda, Nepal.
19. MOPID (2021). Guidelines for Survey, Design and Preparation of Detailed Project Report (DPR) of Roads (2021), Transport Infrastructure Directorate, Hetauda, Makawanpur, Nepal
20. MoIAL (2078). Province Public Road Act (2078), Province Government, Ministry of Internal Affairs and Law, Bagmati Province.

21. MOPID (2024). Draft Provincial Road Design Standard_Corr_3. https://mopid.bagamati.gov.np/assets/2/Draft_Provincial_Road_Design_Standard_January_2020_1611066648_(1).pdf/file
22. Nepal Press (2025). Donor agencies to support climate-resilient infrastructure development https://english.nepalpress.com/2025/11/06/donor-agencies-to-support-climate-resilient-infrastructure-development/
23. Nepal Road Standard (2070), Department of Roads, Planning and Design Branch, Road and Traffic Unit, Babarmahal, Kathmandu
24. NPC, 2011: Climate-Resilient Planning. [Working Document], Government of Nepal, National Planning Commission, Kathmandu, Nepal. https://www.climatenepal.org.np/sites/default/files/doc_resources/climate_resilent_planning.pdf
25. Quintero, J. D. (2009). A Guide to Good Practices for Environmentally Friendly Roads. Latin America Conservation Council.
26. RGoB (2019). Guidelines on Design, Construction and Maintenance of Road Infrastructure incorporating Climate-resilient Features (2019), Department of Roads, Ministry of Works & Human Settlement, Bhutan.
27. Transport Infrastructure Directorate (2026), Road Infrastructure Bulletin, Transport Infrastructure Directorate, Hetauda, Makwanpur
28. Rural Road Maintenance Directive (2008), Department of Local Infrastructure Development and Agricultural Roads (DOLIDAR)
29. Scot, Wilson (2020). Bio-engineering and Nature-based Solutions in Nepal | Scott Wilson Nepal. https://swnepal.com.np/service-area/climate-resilient-infrastructure/bio-engineering-and-nature-based-solutions-nbs/
30. SRC (2026) Stockholm Resilience Centre - Stockholm Resilience Centre. https://www.stockholmresilience.org/; Stockholm, Sweden
31. SRC (2026) Stockholm Resilience Centre - Environment & Society Portal. https://www.environmentandsociety.org/mml/stockholm-resilience-centre
32. SRC (2025) Stockholm Resilience Centre - Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Stockholm_Resilience_Centre
33. SWNepal (2019). Resilient Rural Roads in Nepal | Sustainable Transport Solutions by SWN. https://swnepal.com.np/practice-area/resilient-roads/
34. WBG (2025). Protecting Slopes to Build Resilient Roads in Nepal. https://www.worldbank.org/en/news/feature/2025/02/10/protecting-slopes-to-build-resilient-roads-in-nepal
35. UNDRR Asia-Pacific Disaster Reports (2021, 2024) ; Increasing frequency of floods, storms, and landslides in Nepal and South Asia, with quantified disaster losses.
36. WBG (2026). Nepal - Mean Projections (CMIP6) | Climate Change Knowledge Portal. https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/nepal/climate-data-projections
37. Wijaya, I. P. K., Towashiraporn, P., Joshi, A., Jayasinghe, S., Dewi, A., & Md. (2023). Laying Groundwork for Floodplain Resilience in the Bagmati Basin. https://heifernepal.org/laying-the-foundation-for-resilient-floodplains-how-participatory-vra-and-eba-forums-are-initiating-land-use-planning-and-floodplain-zoning-in-the-bagmati-river-basin/; In: Climate Change-Induced Regional Landslide Hazard and Exposure Assessment for Aiding Climate Resilient Road Infrastructure Planning: Bagmati & Madhesh Provinces. Singapore: Springer Nature.

***************END***************