



नेपालको पहाडी क्षेत्रहरूमा बायोइन्जिनियरिङ अभ्यासहरूमार्फत् भिरालो स्थिरीकरण र बाढी रोकथाम

पहिरोले ध्वस्त पारेको नेपालको सडक पूर्वाधार
(तस्विः Winrock, सन् २०२४)

परिचय

नेपाल प्रशस्त मात्रामा स्वच्छ पानीको स्रोत भएको देश हो, जहाँ हिमनदी, नदी, प्राकृतिक मूल स्रोतहरू, ताल, पोखरी र भूमिगत पानी जस्ता प्रमुख स्रोतहरू पाइन्छन् । धेरैजसो ठूला र बाह्रमासे (अविरल बग्ने) नदीहरू उच्च पहाडहरूबाट हिउँ र बरफ पग्लिएर बन्छन् । पहाडी भू-बनोटले गर्दा नदीहरू ठाडो र अर्धचन्द्रकार आकारमा बग्छन्, जसले पहाडहरूलाई क्षय, पहिरो र बाढीका लागि अत्यधिक संवेदनशील बनाउँछ ।

पछिल्ला वर्षहरूमा, नेपालमा यस्ता प्रकोपहरूको आवृत्ति, तीव्रता र विस्तार बढेको छ । नियमित बाढी, पहिरो र माटोको क्षयसँगै, आकस्मिक बाढी र सुख्खा पहिरोहरू पनि बारम्बार जान थालेका छन् । यसले गर्दा पहाडी बस्तीहरू र नदी किनारका क्षेत्रहरूमा जनधनको क्षति भइरहेको छ । यसका साथै, भौतिक पूर्वाधारहरू, जस्तै: लघु जलविद्युत आयोजनाको इन्टेक, पावरहाउस र सडकहरूलाई समेत तहसनहस पार्छ, वातावरणलाई क्षति पुऱ्याउँछ र कृषि भूमि र बालीनालीलाई क्षति पुऱ्याएर आर्थिक नोक्सानी निम्त्याउँछ; जसले मानिसहरूका जीविकोपार्जनलाई प्रत्यक्ष रूपमा जोखिममा पार्दछ ।

प्रकृतिमा आधारित भिरालो स्थिरीकरण र बाढी रोकथामसम्बन्धी समाधानहरूले धेरै फाइदाहरू पुऱ्याउन सक्छन्, जसअन्तर्गत पारिस्थितिकिय लाभहरू, प्रकोपबाट हुने क्षति र नोक्सानी कम गर्ने र आर्थिक फाइदाहरू समावेश छन् । यो तथ्यपत्र भिरालो स्थिरीकरण र बाढी रोकथामका लागि तहगत जैविक इन्जिनियरिङ अभ्यासहरू र पुनरुत्थानमा केन्द्रित छ ।

कम लागतका बायोइन्जिनियरिङ अभ्यासहरू

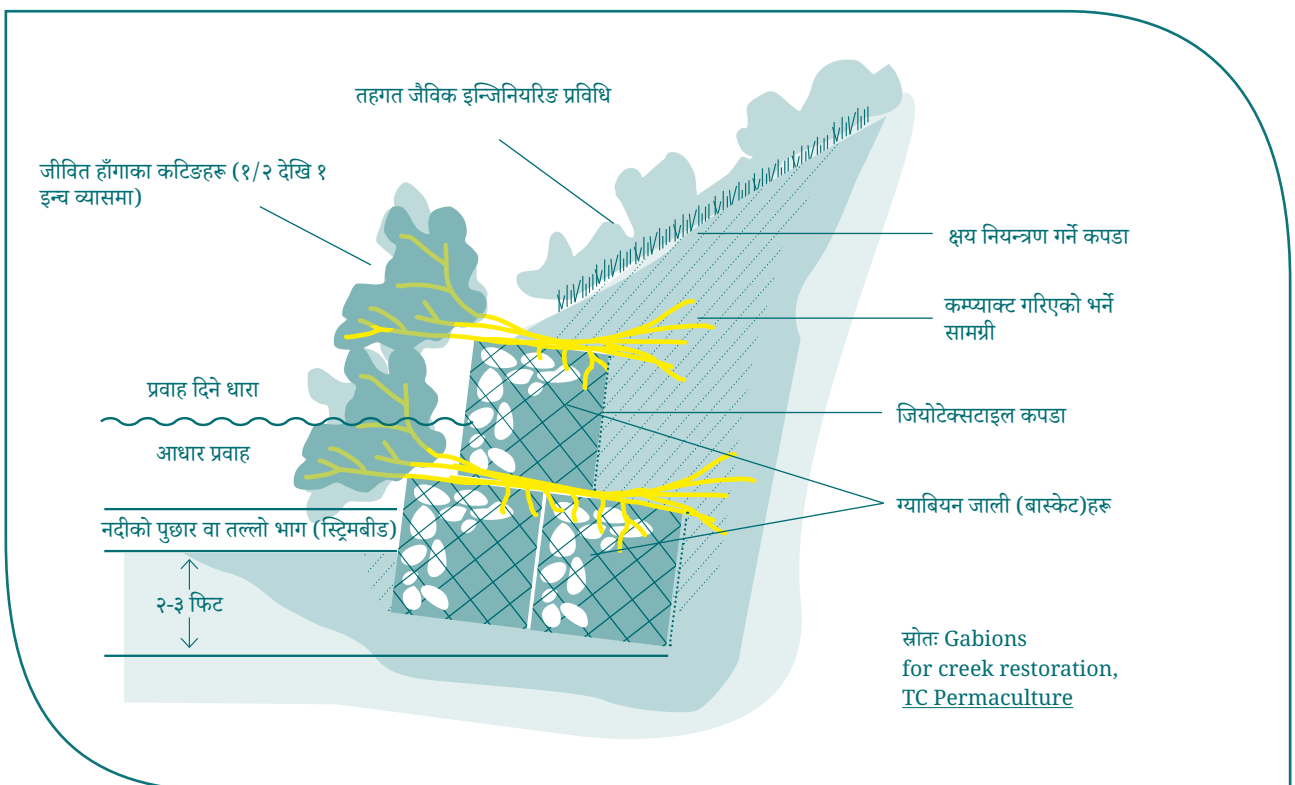
बायोइन्जिनियरिङ एक अन्तर्विषयक दृष्टिकोण हो जसले कृषि, स्वास्थ्य सेवा र वातावरणसम्बन्धी समस्याहरू समाधान गर्न जीवविज्ञान, इन्जिनियरिङ र अन्य विज्ञानसम्बन्धी विषयहरूबाट सिद्धान्त र विधिहरू लागू गर्दछ । भिरालो स्थिरीकरण र बाढी रोकथामका लागि बायोइन्जिनियरिङमा रणनीतिक रूपमा उपलब्ध हुने रैथाने वा स्थानीय वनस्पतिहरूका वृक्षारोपण समावेश हुन्छ । यसले माटोलाई बाँधेर र क्षयिकरण कम गरेर दरिलो र स्थिर संरचना बनाउँछ । साथै, जैविक विविधता वृद्धि जस्ता अतिरिक्त पारिस्थितिकिय लाभहरू प्रदान गर्दछ । १ सिभिल इन्जिनियरिङ भन्दा बायोइन्जिनियरिङको सबैभन्दा महत्वपूर्ण फाइदा भनेको यो सुलभ र सस्तो प्रविधि हो भने यसको प्रयोगले पछिल्ला वर्षहरूमा मर्मतसम्भारसम्बन्धी आवश्यकताहरू उल्लेखनीय रूपमा कम भएका छन् । २

गहिरो गरी फैलिएर जाने जरा भएका वनस्पतिहरूलाई इन्जिनियरिङ प्रविधिसँग एकीकृत गरी गरिने तहगत बायोइन्जिनियरिङ प्रणाली भिरालो स्थिरीकरणका लागि अति नै उपयोगी छ । यो अवधारणाले स्थिरता प्रदान गर्नुका साथै क्षयिकरण कम गर्दै विभिन्न वातावरणीय अवस्थाहरूमा अनुकूलन गर्न सुदृढीकरणका धेरै तहहरू प्रयोग गर्दछ । भिराला क्षेत्रहरूमा र क्षय भएको जमिनमा, भूमि उपयोग योजना, इन्जिनियरिङ र वातावरणीय व्यवस्थापनको संयोजन आवश्यक पर्दछ । तहगत बायोइन्जिनियरिङ अभ्यासहरूले प्रायः तीन प्रकारका पक्षहरूका संयोजन गर्छन्: घाँसहरू, ढुङ्गाको पर्खाल वा ग्याबियनहरू र झाडीहरू । लामो, गहिरो गरी फैलिएर जाने जरा भएका घाँसहरूले भिरालोमा माटोलाई स्थिर गर्न, सतह ढाक्न, सतहको बहाव कम गर्न र फोहोर समाल्ने काम गर्दछ । आवश्यकता अनुसार एवं स्थानको भौगोलिक अवस्थाका आधारमा, विभिन्न प्रजातिका घाँसहरू प्रयोग गर्न सकिन्छ । उदाहरणका लागि, धेरै देशहरूमा खसखस (नेपाली नाम) वा भेटिभर घाँस भिरालो जमिन जोगाउन कुशल जैविक वा बायो-प्रविधिकारूपमा प्रयोग गरिँदै आएको छ किनकी यो घाँसको आयु लामो हुनुका साथै बलियो, लामो, राम्रोसँग संरचित जरा प्रणाली र चरम जलवायु अवस्थाहरूमा समेत उच्च सहनशील क्षमता हुन्छ । ३ साथै बैस जस्ता प्रजातीहरूमा हुने जालो जस्तो जराको संरचनाले माटोमा हुने क्षती रोक्न मद्दत गर्छ । यसका साथै बैसका हाँगाहरू स्याउलाका रूपमा समेत प्रयोग गर्न सकिने हुँदा यस्तो किसिमको अभ्यासबाट समुदायलाई बहुआयामिक फाइदाहरू समेत हुने देखिन्छ ।



फल सहितको ढँटेलोको हाँगा । (तस्बिर: RECOFTC नेपाल, सन् २०२४)

स्थानीय स्तरमा 'कुचो बनाउने घाँस' वा 'अप्रिसो' भनेर चिनिने थाइसेनोलाएना ल्याटिफोलिया (*Thysanolaena latifolia*) नेपालमा व्यापक रूपमा प्रयोग हुने अर्को प्रजातिको वनस्पति हो । यो प्रायः ओसिलो नदी किनार र ठाडी भिरहरूमा हुर्कन्छ र यसले भूक्षयबाट बचाउने काम गर्छ । माटो संरक्षणका अतिरिक्त, यसको पात गाईवस्तुका लागि घाँसका रूपमा पनि प्रयोग गरिन्छ । यसको फूललाई कुँचाका रूपमा नेपाली घरहरूमा फोहोर वा धुलो बढानका लागि प्रयोग गर्ने गरिन्छ । प्रायः माटोमा हुने क्षय कम गर्न र नदी किनारहरूको उत्थानशीलता बढाउन ढुङ्गाको पर्खाल वा ग्याबियनहरू लगाइन्छन् । ग्याबियनहरू धातुको जालीदार टोकरीहरू हुन्, जसमा ढुङ्गाहरू भरिन्छ । ग्याबियनहरूले भिरालो जमिनहरूलाई स्थिरता प्रदान गर्दछन्, पानीलाई बेरोकटोक निकास दिन्छन्, फोहोरलाई रोक्छन् र वनस्पतिहरूलाई बढ्न दिन्छन् । रेशादार जरा भएका बाक्लो झाडी प्रजाति वा बाँस रोप्राले माटोलाई प्रभावकारी रूपमा बलियो बनाउँछ र बहाव कम गर्दछ । यसबाहेक, झाडी र बाँसहरूका अन्य उपयोगिता समेत छन् । उदाहरणका लागि, ग्रिन्सेपिया युटिलिस, जसलाई ढँटेलो भनिन्छ, एक काँडेदार झाडी हो जुन बाढी नियन्त्रणका लागि प्रयोग गर्न सकिन्छ तर यसले खेतबारी वरिपरि प्राकृतिक अवरोध वा बारबेरका लागि पनि प्रयोगमा ल्याउन सकिन्छ । यसका अतिरिक्त, यसको बीउबाट खाद्य तेल निकाल्न सकिन्छ । यसको तेल वहुपयोगी हुन्छ र यसले आयस्रोतको राम्रो विकल्प प्रदान गर्न सक्छ ।



समाधानको व्यवस्थापन

तहगत बायोइन्जिनियरिङको सफलता उचित योजना, डिजाइन र कार्यान्वयनमा मात्र होइन, नियमित अनुगमन र मर्मतसम्भार सुनिश्चित गर्नुमा पनि निर्भर गर्दछ। दीर्घकालीन कार्यक्षमता सुनिश्चित गर्न, केही महत्वपूर्ण पक्षहरूलाई विचार गर्नु अत्यावश्यक छ, जस्तै:

- स्थलको मूल्याङ्कन: कुनै पनि थप कार्य गर्नु अघि, स्थलको विशिष्ट जलविज्ञान र भौगोलिक विशेषताहरू बुझ्नका लागि स्थल-विशेष मूल्याङ्कन गर्नु आवश्यक छ। आवश्यक काम अघि बढाउनु अघि र डिजाइन योजना अनुसार कार्ययोजना गर्नु अघि सो क्षेत्रको बाढीसम्बन्धी इतिहास, माटोको प्रकार र वर्षाका ढाँचाहरूका बारेमा अध्ययन वा विचार गर्नुपर्छ।
- रोपण ढाँचा: लेआउट डिजाइन गर्दा प्रयोग गरिने बिरुवाहरूका व्यवस्थामा विशेष ध्यान दिनुपर्छ। ग्राउन्डकभर, झाडी र रूख प्रजातिका मिश्रण माटोलाई स्थिर गर्न, पानी सोस्न र बहाव कम गर्न सँगै काम गर्न छनौट गर्नुपर्छ। स्थल-विशिष्ट, स्थानीय वा रैथाने बिरुवाहरू प्रयोग गर्न ध्यान दिनुपर्छ। यस विधिमा गहिरो वा जेलिएको जरा भएका वनस्पतिहरूले माटो स्थिरीकरणमा महत्वपूर्ण भूमिका खेल्छन्। त्यसकारण गहिरो वा जेलिएको जरा भएका बिरुवा प्रजातिहरू छाड्न पर्दछ।

- सामुदायिक संलग्नता: यस्ता गतिविधिहरूमा स्थानीय समुदायहरूका संलग्नताले परियोजनाको सफलता र दिगोपना बढाउँछ। समुदायहरूद्वारा संरचनाको स्वामित्वले यसको दिगोपन सुनिश्चित गर्दछ। यसका लागि, तत्काल आर्थिक लाभ प्रदान गर्न सक्ने वा आगामी वर्षहरूमा समुदायहरूलाई लाभ सुनिश्चित गर्न सक्ने वनस्पतिहरू लगाउनु पर्दछ। यीमध्ये केही उदाहरणहरूमा अग्निसो (थाइसेनोलाएना), ढँटेलो (प्रिन्सेपिया युटिलिस) आदि वनस्पतिहरू महत्वपूर्ण मानिन्छन्। प्रकृतिमा आधारित बायोइन्जिनियरिङ समाधानहरूमा स्थानीय रूपमा उपलब्ध स्रोतहरू प्रयोग गर्न मिल्ने भएकोले अत्यन्तै सुलभ (लागत प्रभावी) समेत छन्। यदि स्थानीय समुदायहरूलाई आवश्यक बायोइन्जिनियरिङ प्रविधिहरू कार्यान्वयन गर्न पहिले नै क्षमता अभिवृद्धि तालिम प्रदान गरिएको छ भने पछि थप दक्ष कर्मचारीहरू नियुक्त गर्न आवश्यक पर्दैन। त्यसकारण, समुदायका मानिसहरूले यो अभ्यास वा प्रणाली कार्यान्वयन गर्नका लागि चाहिने आवश्यक मानव संसाधन उपलब्ध गराउन सक्छन्। यो भू-संरक्षण कार्यालय, स्थानीय सरकार, समान विषयहरूमा काम गर्ने अन्य सङ्घ-संस्थाहरू र स्थानीय समुदायहरू जस्ता सरोकारवालाहरूसँगको सहकार्यमा गर्न सकिन्छ।

२. बायोइन्जिनियरिङ लागत

क्र. सं.	विवरण	एकाइ	एकाइ दर	एकाइ संख्या	दिन	रकम (अमेरिकी डलर)
१	ग्याबियन जाली (३x१x१) (आवश्यक सबै सामग्री सहित)	बक्स वा जाली	१३०	२२०	१	२८,६००*
२	भूक्षेत्र वा जमिन पुनर्स्थापना (बाँस र ढँटेलो रोपण)	संख्या	१	३,०००	१	३,०००
३	कम लागतका भौतिक संरचनाहरू	स्थानहरूको संख्या	१०,०००	१	१	१०,०००
४	श्रम लागत	व्यक्ति	१०	१५	२०	३,०००
	जम्मा					४४,६००

* स्थलको आवश्यकता अनुसार बक्सहरू राखिनेछ; स्थलगत भ्रमणका क्रममा अवलोकनका आधारमा अनुमान गरिएको।

माथि तालिकामा जुम्लाको गिरिखोला एमएचपी जलाधार क्षेत्रमा कार्यान्वयन गरिएको संरचनाको आधारमा प्रस्तुत गरिएको अनुमानित लागत हो। सबै अनुमानहरू वास्तविक बजार मूल्यहरूमा आधारित छन्।

सञ्चालन लागत

बायोइन्जिनियरिङको मुख्य सञ्चालन लागत प्रणालीको वनस्पति वा वृक्षारोपणसँगसम्बन्धी आवश्यक पर्ने श्रमसँग जोडिएको छ । उचित हेरचाह र मर्मतसम्भार प्रारम्भिक चरणमा विशेष गरी महत्वपूर्ण हुन्छ । अत्यधिक पानीका कारण नदी किनारमा रोपिएमा बिरुवाहरू बगाउन वा मर्न सक्छन् । धेरै सुख्खा ठाउँ वा ठाडो भिरालोमा रोपिएमा बिरुवाहरू मर्ने सम्भावना पनि हुन्छ । यस्ता जोखिमहरू कम गर्न, बायोइन्जिनियरिङ समाधान कार्यान्वयन गरिने स्थान र मौसमलाई विचार गर्नुपर्छ । एकपटक वनस्पति बलियो भएपछि, समयमै काट्ने, सफा गर्ने र छाँट्ने जस्ता नियमित हेरचाहको जरूरी हुन्छ । यसका अतिरिक्त, वनस्पतिसम्बन्धी जस्तै, बाँध वा बेरबारहरूका मर्मत गर्ने वा वनस्पति पुनः रोप्ने र अचल वा निष्क्रिय कम्पोनेन्टहरूसम्बन्धी जस्तै, तारहरू मर्मत गर्ने, पर्खालहरूका चिराहरू सील गर्ने वा टाल्ने, यी दुवै पक्षका मर्मतसम्भारमा पनि विशेष ध्यान दिनुपर्छ ।



तहगत बायोइन्जिनियरिङ प्रविधि: नेपालको जुम्लामा कृषि भूमिलाई क्षयिकरणबाट बचाउन निर्माण गरिएको काठको क्रिब पर्खाल र चेक बाँध ।
(तस्बिर: RECOFTC नेपाल, सन् २०२४)

सामाजिक-आर्थिक तथा दिगोपनासम्बन्धी प्रभावहरू

पहिरो र बाढीले मानव जीवन र पूर्वाधार दुवै पक्षलाई उल्लेखनीय जोखिममा पुर्याउँदछ । एउटा उल्लेखनीय उदाहरण, सन् २०२२मा कर्णाली नदी र यसको छेउछाउका सहायक नदीहरूमा आएको आकस्मिक बाढी हो । यस घटनाले जुम्ला नजिकै बस्ने धेरै स्थानीय बासिन्दाहरूका लघु जलविद्युत इन्टेक, पावरहाउस र अन्य भौतिक सम्पत्तिहरूलाई तहसनहस पार्यो । प्रकृतिमा आधारित बायोइन्जिनियरिङ जस्ता समाधानहरूले मानिसहरू र कमजोर सामाजिक-आर्थिक पूर्वाधारहरूमा हुने क्षती उल्लेखनीय रूपमा कम गर्न सक्छन् ।

यसका अतिरिक्त, बायोइन्जिनियरिङ प्रणालीको प्रयोगले घाँस, निर्माणसामग्री र खाद्यान्नका रूपमा प्रयोग हुने बहुउपयोगी वा बहुगुणी बोटबिरुवाहरू लगाउन पनि प्रोत्साहित गर्दछ । यसरी, बायोइन्जिनियरिङलाई थप आयआर्जन गर्ने गतिविधिहरूसँग पनि जोड्न सकिन्छ । जस्तै, ढँटलो, जसको तेल औषधिमा, खाना पकाउन र लुगा धुन साबुन बनाउनमा प्रयोग गर्न सकिन्छ ।

प्रकृतिमा आधारित समाधानका उपायहरूले सामाजिक-आर्थिक उद्देश्यहरू प्राप्त गर्ने मार्गका रूपमा मात्र काम गर्दैन, यसले लक्षित क्षेत्रहरूमा जैविक विविधता र बासस्थान संरक्षणका लागि धेरै फाइदाहरू पनि प्रदान गर्दछ । खसखसे वा भेटिभर घाँस, हिमालयन बाँस वा ढँटलो जस्ता स्थानीय प्रजातिहरू रोप्राले पारिस्थितिकिय प्रणालीको स्वास्थ्यमा समेत सुधार ल्याउँदछ । भेटिभर घाँस उजाड वा भूक्षय भएका भूपरिधिहरूमा नर्स बिरुवाका रूपमा काम गर्न सक्छ र अन्य प्रजातिहरूका वृद्धिका लागि अनुकूलित माइक्रोक्लाइमेटलाई समेत बढावा दिन्छ । ढँटलोमा काँडेदार हाँगाहरू हुन्छन् र यसको उजाड क्षेत्रहरूमा बढ्ने क्षमता राम्रो हुन्छ । साथै, यसलाई प्राकृतिक बारबन्देजका रूपमा प्रयोग गर्न सकिन्छ र यसले माटोको उर्वरता समेत सुधार गर्दछ । ४

विस्तारको सम्भावना

नेपालमा असंख्य मौसमी तथा ठूला नदीहरू छन् । यसबाहेक, देशका सबै समुदायमा आधारित लघु जलविद्युत प्लान्टहरू ऊर्जा उत्पादनका लागि पानीको स्रोतका रूपमा यी नदीहरूमा निर्भर छन् । यी एमएचपीहरू पनि हरेक वर्षजसो बाढीका कारण साना र ठूला दुवै क्षति हुने गरेको छ । तसर्थ, एमएचपीहरूबाट ऊर्जा आपूर्ति दिगो बनाउन, तिनीहरूमा बाढी र पहिरोको प्रभाव कम गर्न तत्काल आवश्यक छ । यसको मतलब, नेपालमा बायोइन्जिनियरिङ प्रयोगमा वृद्धि गर्ने सम्भावना धेरै छ ।

नेपाली सन्दर्भिक उदाहरणहरू

सडक विभागले वन तथा भू-संरक्षण विभागसँग मिलेर केही सडक र जलासय क्षेत्रहरूमा बायोइन्जिनियरिङ अभ्यासहरू लागू गरेको छ । उनीहरूका अनुसार, यी समाधानहरू अत्यधिक लागत-प्रभावी वा सुलभ छन् र दिगो प्रकृतिमा आधारित समाधानहरू प्रदान गर्दछन् ।

थप जानकारीका लागि, यी सामग्रीहरू हेर्नुहोस्:

- [1. Assessment of soil bioengineering and conventional methods used in road side slope stabilisation work in Nepal.](#)
- [2. Mitigation of Landslides using Nature-Based Solutions \(NbS\).](#)
- [3. Use of bioengineering techniques to prevent landslides in Nepal for hydropower development.](#)

सन्दर्भ-सामग्रीहरू

1. Green Roads for Water. (n.d.). Bio-Engineering Measures for Road Side-Slope Stabilization. Available at:
<https://roadsforwater.org/guideline/conclusions-it-pays-off/1-bio-engineering-measures-for-road-side-slope-stabilization/>
2. Polster, D. (25-28, May, 2003). Soil Bioengineering for Slope Stabilization and Site Restoration [Conference paper]. Mining and the Environment III, Laurentian University, Sudbury, Ontario, Canada.
<https://botanicgardens.uw.edu/wp-content/uploads/sites/7/2013/12/SoilBioengineeringForSlopeStabilizationAndSiteRestoration.pdf>
3. Green Roads for Water. (n.d.). Bio-Engineering Measures for Road Side-Slope Stabilization. Available at:
<https://roadsforwater.org/guideline/conclusions-it-pays-off/1-bio-engineering-measures-for-road-side-slope-stabilization/>
4. Kumar, P, Kumar, D., Singh, S., & Rout, S. (2021). Prinsepia Utilis Royle: Diversified and indigenous traditional uses of uncultivated multipurpose shrub. International Journal of Mechanical Engineering,6, 579-590.
https://www.researchgate.net/publication/359002443_Prinsepia_utilis_Royle_Diversified_and_indigenous_traditional_uses_of_uncultivated_multipurpose_shrub



WISIONS of sustainability

यो तथ्यपत्र WISIONS इन्भेसन ल्याब नेपालको “पहाडी समाज तथा भूपरिधिका लागि दिगो समाधानका उपायहरू” शृङ्खलाअन्तर्गत तयार गरिएको हो । यसको उद्देश्य पहाडी समुदायमा बसोबास गर्ने मानिसहरूका जीविकोपार्जनलाई मजबुत बनाउन एकीकृत दृष्टिकोणलाई प्रवर्द्धन गर्नु हो । प्रत्येक तथ्यपत्रमा ऊर्जा र भूभाग व्यवस्थापनका क्षेत्रमा विशिष्ट दीगो समाधानहरूका जानकारी प्रदान गरिएको छ, जसले पहाडी जनताका जीविकोपार्जन सुधार गर्न सक्ने सम्भावना देखाएको छ । तर नेपाल र अन्य पहाडी क्षेत्रहरूमा यसको अवलम्बन दर भने कम छ ।

यसमा समेटिएका जानकारीहरू नेपालका पहाडी क्षेत्रहरूका विशिष्ट सन्दर्भलाई ध्यानमा राखेर तयार गरिएको हो । यसले यी समाधानहरूका प्रयोगलाई विस्तार गर्नका लागि व्यावहारिक सुझाव र मार्गदर्शन प्रदान गर्छ । साथै, यसले पहाडी समुदायहरूले सामना गरिरहेका अवसर र चुनौतीहरूको बुझाइबाट सुरु हुने एकीकृत दृष्टिकोण प्रस्तुत गर्छ । यो दृष्टिकोणले ऊर्जा र भूभाग क्षेत्रका समाधानहरू बीचको समन्वयलाई प्रणालीगत रूपमा लागू गर्न सहयोग पुऱ्याउँछ ।

प्रकाशक:

वुप्पर्टल इन्स्टिच्युट फर क्लाइमेट,
इनभाइरोन्मेन्ट एण्ड इनर्जी

लेखकहरू:

सुस्मिता सत्याल, लिसा फेल्डमन, विलिडटन ओर्टिज, प्रदिप बुढाथोकी, सुधा खड्का

तस्बिरहरू:

सबै तस्बिरहरू WISIONS बाट सहयोग प्राप्त परियोजना कार्यान्वयन संस्थाहरूले प्रदान गरेका हुन् ।

यस परियोजनाका बारेमा थप जानकारी हाम्रो वेबसाइट र सामाजिक सञ्जालहरूमा पाउन सक्नुहुन्छ ।

www.wisions.net

@wisions

@WISIONS of sustainability

@WISIONS of sustainability