खण्ड-7, अंक-1, वर्ष-2019, मु0प्र0 73-81
D.O.I.: 10.22445/avsp.v7i1.14

भूस्खलनः प्रभाव एवं निवारण

पीयूष के0 सिंह[1] एवं आर0 ए0 सिंह[2]
[1]भूविज्ञान विभाग, हंसराज महाविद्यालय, दिल्ली विश्वविद्यालय, दिल्ली–110007, भारत
[2]भूविज्ञान विभाग, श्री देव सुमन उत्तराखण्ड विश्वविद्यालय, ऋषिकेश परिसर
ऋषिकेश–249201, देहरादून, उत्तराखण्ड, भारत
pksingh5697@gmail.com, singhdr.ramautar@yahoo.com

प्राप्त तिथि–15.08.2019, स्वीकृत तिथि–02.09.2019

सार– भूस्खलन की घटनाएं वर्षा काल में पर्वतीय क्षेत्रों में आम बात है। प्रस्तुत लेख में भूस्खलन के विभिन्न शब्दों यथा सर्पण, स्खलन, पात एवं वाह को परिभाषित किया गया है। द्रव्यमान संचलन के प्राकृतिक एवं मानवजनित घटकों का उल्लेख किया गया है। भूस्खलन के कारक तथा भूस्खलन को सक्रिय करने वाले घटकों की व्याख्या की गयी है। भूस्खलन से होने वाले प्रत्यक्ष एवं परोक्ष प्रभावों का वर्णन किया गया है। संवेदनशील क्षेत्रों में सक्रिय भूस्खलन, त्वरित बाढ़ एवं भूमि कटाव की पहचान की जानकारी दी गयी है। खतरे से पूर्व तैयारी तथा प्रबन्धन एवं खतरे की अवधि एवं उसके बाद के प्रबन्धन की व्याख्या की गयी है। अन्त में भूस्खलन के नियंत्रण की मुख्य विधियों का विस्तृत उल्लेख किया गया है।

बीज शब्द– भूस्खलन, सर्पण, पात, वाह, आपदा प्रबन्धन, प्राकृतिक एवं मानवजनित घटक

Landslide: Effect and Mitigation

Piyush K. Singh[1] and R. A. Singh[2]
[1]Department of Geology, Hansraj College, University of Delhi, Delhi-110007, India
[2]Department of Geology, Sri Dev Suman Uttarakhand University, Rishikesh Campus
Rishikesh-249201, Dehradun, Uttarakhand,India
pksingh5697@gmail.com, singhdr.ramautar@yahoo.com

Abstract- Landslides are common in hilly regions during monsoon time. In this paper terms of landslides viz., creep, slide, fall and flow have been defined. Natural and anthropogenic factors of landslides have been explained. Direct and indirect effects due to landslides have been described. Identification of active landslides, flash flood and land erosion have been given for sensitive areas. Preparation and management before and during danger, and management after danger have been explained. At last the processes of mitigation of landslides have been described in detail.

Key word- Landslide, creep, fall, flow, disaster management, natural and anthropogenic factor

1. **परिचय–** विश्व के कई क्षेत्रों विशेषकर पर्वतीय क्षेत्रों में चट्टानें और मृदा अस्थिर और कमजोर हालत में हैं। ऐसी स्थिति में जब शैल अपशिष्टों एवं मृदा का ढाल के सहारे नीचे को संचलन होता है या उर्ध्वाधर नीचे की ओर धँसाव होता है तो कई बार परेशानी हो जाती है। इस प्रकार का द्रव्यमान संचलन यदि अधिक जनसंख्या वाले क्षेत्रों में किसी बड़ी संरचना यथा सुरंगों, बांधों, जलाशयों, हाइवे, रेलवे पटरी, कॉलेज, अस्पताल आदि के अनुदिश होता है तो बहुत अधिक जन–धन की हानि होती है। ऐसे द्रव्यमान संचलन को सामान्य जन की भाषा में भूस्खलन कहते हैं। भूस्खलन की घटनाएं वर्षा काल में अक्सर घटती हैं। हमारे देश का लगभग 29 प्रतिशत भाग पर्वतीय तथा 27 प्रतिशत भाग पठारी है जहाँ वर्षा ऋतु में एवं वर्षा ऋतु के बाद भूस्खलन आते रहते हैं। पर्वतीय क्षेत्रों में इस आपदा से जन–धन को अत्यधिक हानि पहुँचती है तथा जन–जीवन को अस्त–व्यस्त कर देती है। हमारे देश का लगभग 4,90,000 वर्ग किमी0 से भी अधिक क्षेत्र भूस्खलन आपदा से प्रभावित है। अतः भूस्खलन के कारक, प्रकार, प्रभाव, निवारण अति आवश्यक हैं।[1–3]

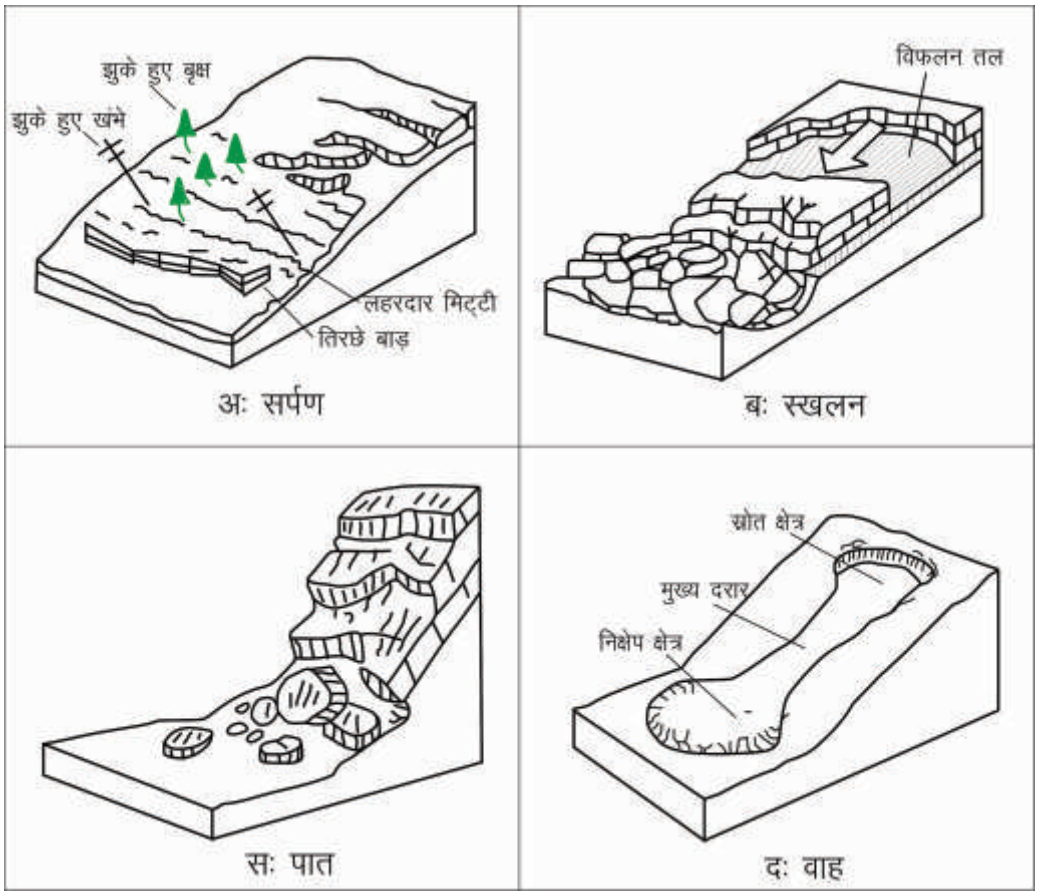
2. भूस्खलन के प्रकार

2.1 **सर्पण (Creep)–** ढाल के पदार्थ यथा मृदा, चट्टान, मलबे यदि ढ़ाल के सहारे अति मन्द गति से नीचे की ओर खिसकने लगे तो इस तरह के संचलन को सर्पण कहते हैं। इसके संचलन में मृण्मय पदार्थ सहायक होते हैं। संचलन की गति कुछ मिलिमीटर से कुछ सेंटीमीटर

प्रतिदिन या कभी प्रति वर्ष होती है इसका निरीक्षण करना अति कठिन होता है। लेकिन दीवारों, खंभों एवं पेड़ों का झुक जाना तथा कभी–कभी गिर जाना, बिजली के खंभों के बीच के तारों का तन जाना या लटक जाना, सतह पर दरार आ जाना, पानी के पाइपों का टूट जाना आदि संकेतों से पहचाना जा सकता है (**चित्र– 1अ**)। यह चार प्रकार का होता है जैसे मृदा सर्पण (soil creep), शैलमलबा विसर्पण, पिंड सर्पण और शैल सर्पण।

2.2 **स्खलन (Slide)–** स्खलन सभी प्रकार के द्रव्यमान संचलनों में सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। इसमें अपक्षय से उत्पन्न शैल पदार्थ तथा मृदा दोनों का संचलन सपाट तल पर होता है। लेकिन जब विखण्डित शैल खण्ड, मलवा तथा मृदा के संचलन का तल सपाट न होकर वक्रीय होता है तो उसे अवपतन कहते हैं। स्खलन में कई कारकों की अहम् भूमिका होती है जैसे ढाल की प्रकृति, जल की स्थिति, द्रव्य का संगठन, भौमिकीय संरचनाएं (संस्तरण तल, कायांतरित संरचनाएं, संधि इत्यादि) भूकम्प, गुरूत्व बल, ढाल के पेंदी से आधार का हटना। स्खलन मुख्यतया दो प्रकार का होता है; शैल स्खलन, इसमें बड़े–बड़े शैल खण्डों का ढ़ाल के नीचे अति तीव्र गति से संचलन होता है (**चित्र–1ब**), और मलवा स्खलन, इसमें मृदा एवं शैल खण्डों का मिश्रण होता है तथा अवपतन से विस्तृत होता है। इसमें अबद्ध अथवा ढ़ीले शैल पदार्थ अचानक नीचे की ओर गतिशील हो जाते हैं।

2.3 **पात (Falls)–** जब बड़े शैल खण्ड संधियों/दरारों से अलग होकर अपक्षयित शैल पदार्थो के साथ गुरूत्व के कारण तीव्र पहाड़ी ढ़ालों या नदी घाटी के पार्श्व ढ़ालों से एकाएक नीचे गिरने को पात कहते हैं(**चित्र–1स**)। शैल खण्डों की आकृति एवं आकार शैल के संधियों/दरारों पर निर्भर करता है। शैल खण्डों के गिरने का मुख्य कारण संधियों/दरारों में पानी का भरना तथा जमना (बर्फ बनना) होता है क्योंकि बर्फ बनने पर आयतन बढ़ जाता है और यह प्रक्रिया बार–बार होती है जिससे शैल संधियों के अनुदिश टूट जाती है और गिरने लगती है। दरारों के अनुदिश वर्षा जल जाने से भी शैल टूटती रहती है और गिरने लगती है। पात मुख्यतया तीन प्रकार का होता है यथा शैल पात, मलबा पात एवं भूमि पात। शैल पात में भृगु से बड़ी चट्टाने गिरती हैं जबकि मलबा पात में शैल पात की तुलना में छोटे आकार के पत्थर गिरते हैं एवं भूमि पात में मलबा पात से भी छोटे और बारीक पदार्थों का संचलन होता है।



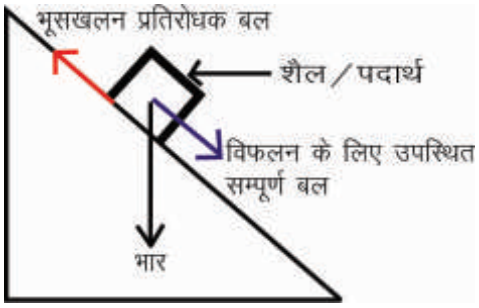
चित्र–1: विभिन्न प्रकार के भूस्खलन

2.4 **वाह (Flow)**– वर्षा के दौरान पहाड़ी ढ़ालों या नदी की घाटियों के पार्श्व ढ़ालों पर अबद्ध अथवा ढीले शैल पदार्थ, मृदा, अलग–अलग शैल कणों से बने मलबे पानी के साथ मिलकर जब नीचे की ओर सरकने लगते हैं तो उसे वाह कहते हैं(**चित्र–1द**)। वाह के कई प्रकार होते हैं जैसे मलबा वाह, भूमि वाह, पंक वाह, मृदा सर्पण आदि। मलबा वाह, भूमि वाह तथा पंक वाह के अन्तर को कणों के आकार एवं जल की मात्रा से समझा जा सकता है। मलवा वाह से पंक वाह में कणों का आकार छोटा होता जाता है तथा जल की मात्रा बढ़ती जाती है। मलवा वाह में शैल कणों का आकार रेत के कणों से 80 प्रतिशत तक बड़ा होता है जबकि पंक वाह में 80 प्रतिशत से अधिक पंक और रेत का भाग होता है।

मृण्मय खनिज युक्त मृदा यदि अधिक जल के साथ मिलकर नीचे की ओर संचालित होता है तो इसे भूमि वाह कहते हैं। एक विशेष प्रकार का भूमि वाह जो हिमनदीय क्षेत्रों में मृण्मय के अन्तराकणित स्थानों में पड़े बर्फ के पिघलने के परिणाम स्वरूप पहाड़ी ढालों के नीचे संचालित होता है तो इसे मृदा सर्पण कहते हैं।

3. **भूस्खलन के कारक**– भूस्खलन के लिए अपक्षयित पदार्थों का सामूहिक संचलन सुरक्षा कारक पर निर्भर करता है। सुरक्षा कारक पृथक्कन तल के अनुदिश सम्पूर्ण प्रतिरोधक बल एवं विफलता के लिए उपस्थित सम्पूर्ण बल के अनुपात पर निर्भर करता है (**चित्र–2**)।

$$\text{सुरक्षा कारक } (F) = \frac{\text{पृथक्कन तल के अनुदिश सम्पूर्ण प्रतिरोधक बल}}{\text{विफलन के लिए उपस्थित सम्पूर्ण बल}}$$



जब सुरक्षा कारक 1.0 से कम होता है, अर्थात् विफलता के लिए उपस्थित सम्पूर्ण बल का परिमाण पृथक्कन तल के अनुदिश सम्पूर्ण प्रतिरोधक बल के परिमाण से अधिक होता है, तो ये पदार्थ पृथक्कन तल (ढ़ाल) के सहारे नीचे की ओर गतिशील हो जाते हैं। अतः स्पष्ट है कि सुरक्षा कारक 1.0 से अधिक होने पर भूस्खलन नहीं होता है।

4. **भूस्खलन को सक्रिय करने वाले प्रमुख घटक**– भूस्खलन को सक्रिय करने वाले प्रमुख घटक निम्न हैं–

1. पर्वतीय क्षेत्रों में प्रचण्ड भूकम्प की घटनाएं, 2. विस्फोटक प्रकार के ज्वालामुखी का प्रस्फुटन, 3. अधिक और लगातार वर्षा तथा बादल प्रस्फुटन, 4. पर्वतीय ढलानों के आधार पर खनन कार्य, 5. अस्थिर पर्वतीय ढलानों के पास सड़क निर्माण तथा सड़क निर्माण में विस्फोटकों का उपयोग, 6. भारी हिमपात, 7. नदी–नालों के प्राकृतिक मार्ग में बदलाव, 8. वनाग्नि एवं वन विनाश आदि।

5. **भूस्खलन के कारण**– द्रव्यमान को ढीले, गिरने एवं वाहित होने में बहुत से घटक कार्य करते हैं, इनमें से कुछ घटक प्रत्यक्ष रूप से कार्य करते हैं तथा उनके प्रभाव को आसानी से समझा जा सकता है और कुछ घटक अप्रत्यक्ष रूप से भूमि पिण्ड को अस्थिर करते हैं। एक क्रमबद्ध एवं वैज्ञानिक विधियों से ही इसके खतरे की संभावनाओं को पहचाना जा सकता है तथा इससे बचने अथवा प्रभाव कम करने के लिए समुचित उपाय सुझाया जा सकता है। सामान्य तौर पर भूस्खलन दो मुख्य घटकों के द्वारा होता है।

1. **प्राकृतिक घटक**, 2. **मानव जनित घटक**

5.1 **प्राकृतिक घटक**– प्राकृतिक घटक निम्नलिखित घटकों में विभाजित किया जा सकता है–

अ– **आन्तरिक घटक–** इसके अन्तर्गत् ऐसे घटक आते हैं जो मृदा या शैल के अपरूपण शक्ति को कम करते हैं जैसे ढ़ाल की प्रकृति, जल की मात्रा, भूपदार्थों का संघटन और क्षेत्र का भौमिकीय स्वरूप आदि।

(क) **ढ़ाल की प्रकृति–** कई स्थान पर ढ़ाल तीक्ष्ण होने पर भी स्थिर होता है तथा कहीं–कहीं पर सामान्य होने पर भी अन्दर से अस्थिर होता है। लेकिन ज्यादेतर शैल खण्ड एवं मृदा का संचलन ढ़ाल की प्रकृति पर ही निर्भर करता है। ढ़ाल में परिवर्तन अपरदन के विधियों में प्राकृतिक एवं मानव निर्मित विध्न पड़ने से होता है। कभी–कभी ढाल विवर्तनिक विधियों से भी तीक्ष्ण हो जाता है।

(ख) **जल की मात्रा में परिवर्तन–** वर्षा एवं वर्फ का पिघला हुआ जल जब शैल के संधियों एवं विभंगों में प्रवेश करता है तो शैल के अन्दर रंध्र–जल दाब बढ़ जाता है और शैल की संधियों एवं दरारों में जब पानी जम जाता है तब उसके आयतन में वृद्धि होती है इससे भी शैल की दीवारों पर अत्यधिक दाब बढ़ता है। जिससे शैल का अपरूपण प्रतिरोध कम हो जाता है, अन्ततः शैल के लिए अस्थिरता का कारण बनता है। भौम जल के तल में वृद्धि से भी सुघट्य विरूपण की संभावनाएं बढ़ती हैं।

(ग) **भूपदार्थ का संघटन–** कुछ पदार्थ ढ़ाल और पानी की मात्रा की कुछ दशाओं में स्थिर रहते हैं। आग्नेय शैल जैसे ग्रेनाइट, गैब्रो तथा कायांतरित शैल जैसे संगमरमर, क्वार्ट्जाइट कई बार उर्ध्वाधर ढ़ाल रहने पर भी स्थिर रहते हैं जबकि इन्हीं दशाओं में चूना प्रस्तर, शेल, मृदा स्थिर नही रहते हैं। अतः संघटन का तात्पर्य यह है कि क्या भू–पिण्ड मृदा है या शैल यदि मृदा है तो क्या वह आपस में सम्बद्ध है या असम्बद्ध है और यदि शैल है तो क्या वह आग्नेय, कायान्तरित या अवसादी शैल है।

(घ) **भौमिकीय स्वरूप–** ढ़ीले असम्बद्ध पदार्थ, अत्यधिक विभंगित एवं संधियों वाली शैलों के टूटने गिरने या संचलन की अधिक सम्भावना होती है। जिस शैल में दो या दो से अधिक संधि समुच्चय मिलते हैं, उनमें तलीय विफलन या वेज विफलन पाया जाता है। यांत्रिक एवं रासायनिक अपक्षय भी शैल अपरूपण सामर्थ्य को कम करते हैं। क्षेत्रीय उच्चावच का भी भूस्खलन पर असर पड़ता है।

(ङ) **वनस्पति का प्रभाव–** ढ़ाल पर से विशेशकर मृदा ढ़ाल से पेड़–पौधों के कम होने से या हटने से भूस्खलन में वृद्धि होती है क्योंकि सतह नंगी हो जाती है तथा अपरदन ज्यादे होता है तथा मृदा या शैल अस्थिर हो जाता है। इसके विपरीत कभी–कभी पेड़–पौधों का जड़ संधि एवं विभंगों में प्रवेश किया रहता है तथा जड़ों के बढ़ने एवं मोटे होने पर संधियों के दीवारों पर अतिरिक्त बल लगता है और ढ़ाल पर उपस्थित पदार्थों को बाहर की ओर दबाव डालता है तथा भूस्खलन का खतरा बढ़ जाता है।

ब– **वाहय घटक–** वाहय घटकों में भूकम्प से उत्पन्न कम्पन एवं अतिवर्षा (बादल फटना) मुख्य घटक हैं।

(क) **कम्पन–** भूकम्प, वड़े विस्फोट एवं मशीन के कम्पनों से उत्पन्न विभिन्न आवृत्ति वाले दोलनों के कारण अस्थायी रूप से प्रतिबल में परिवर्तन होता है तथा ढ़ाल के संतुलन पर प्रभाव पड़ता है। भूकम्प के कारण कभी–कभी भयंकर भूस्खलन होता है।

(ख) **वर्षा–** बहुत अधिक वर्षा जैसे बादल फटना, भूस्खलन के लिए महत्वपूर्ण घटकों में से एक है।

5.2 **मानवजनित घटक–** मानवजनित घटकों में मुख्य इस प्रकार हैं–

(क) **वनोन्मूलन–** विफलन तल यदि जड़ों के नीचे न हो, तो पेड़–पौधों के जड़ों के द्वारा मृदा को बांधें रखने की प्रवृत्ति के कारण ढ़ाल अस्थिर होने से बचा रहता है। अतः वनोन्मूलन से भूस्खलन में वृद्धि होती है।

(ख) **निर्माण कार्य–** कार्य स्थल के अनुचित चुनाव या भूभाग के क्षमता का विना आकलन किए किसी संरचना के निर्माण से कभी–कभी भूस्खलन का खतरा रहता है।

(ग) **अनुचित भूमि उपयोग–** अनुचित भूमि उपयोग भी भूस्खलन को बढ़ाता है जैसे भूभाग को विना जाने–समझे निर्माण सामग्री का खनन, तीक्ष्ण ढ़ालों पर खेती एवं सिंचाई और अधिक चराई आदि।

6. **भूस्खलन के दुष्प्रभाव–** पर्वतीय क्षेत्रों में भूस्खलन से प्रतिवर्ष जन–धन का भारी नुकसान होता है जिसके कारण राहत, मरम्मत और पुनर्वास में अत्यधिक धन व्यय करना पड़ता है। भूस्खलन से मनुष्य को प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष दोनों तरह से नुकसान उठाना पड़ता है।

7. **भूस्खलन द्वारा प्रत्यक्ष हानि निम्न होती हैः**

7.1. **जनहानि** – भूस्खलन जब किसी आवासीय क्षेत्र में होता है और यदि सम्भावित भूस्खलन की चेतावनी जारी नहीं हुई है एवं समय रहते

लोग अपने मकानों को खाली करके दूर नही गए हों तब बड़ी संख्या में लोग मलवे में दब जाते हैं तथा उनकी मृत्यु हो जाती है। अतः इसका प्रभाव मानव की जनसंख्या पर पड़ता है।

7.2 **कार्यक्षमता में कमी** – भूस्खलन के द्वारा अनेक व्यक्तियों की अकाल मृत्यु के कारण न केवल मानवीय श्रम में कमी होती है अपितु अनेक व्यक्तियों के घायल व विकलांग होने के कारण उनकी कार्य क्षमता में भी कमी आ जाती है। इससे परिवार के आमदनी में भी कमी आती है।

7.3 **अवस्थापना की क्षति** – भूस्खलन से किसी भी क्षेत्र की ढ़ाँचागत सुविधाएं यथा सड़क, टेलीफोन तथा संचार तंत्र, बिजली, जल तथा तेल की आपूर्ति लाइन, कार्यालय, फर्नीचर, मेडिकल प्रतिष्ठान, स्कूल एवं सार्वजनिक भवन, रेल परिवहन तंत्र, सड़क एवं पुल–पुलिया आदि को भारी क्षति होती है। इन घटनाओं के कारण भूस्खलन प्रभावित क्षेत्र के निवासी सामाजिक सुविधाओं से बंचित हो जाते हैं। इसके साथ ही विकास कार्य में भी बाधा आती है।

7.4 **कृषि भूमि की क्षति** – पर्वतीय क्षेत्रों में अधिकांश गांव एवं अधिवास पहाड़ी ढ़लानों (Hill slopes) तथा पदस्थलियों (Foot hills) पर बसे होते हैं तथा इनकी खेती भी पहाड़ी ढ़ालों एवं घाटियों में होती है। पहाड़ी ढ़लानों पर खिसकता मलवा सीढ़ीदार खेतों का नामोनिशान मिटा देता है। जहाँ कहीं कृषि भूमि पर मलवे का आंशिक असर होता है वहाँ फसलों के नुकसान होने के साथ–साथ उर्वरा शक्ति पर भी प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

7.5 **नदियों में अस्थाई बांध बनना तथा आकस्मिक बाढ़** – भूस्खलन से उत्पन्न मलवा के नदियों में गिरने से कई बार नदियों के आर–पार अस्थाई बांध बन जाते हैं तथा इससे नदियों का प्रवाह अवरुद्ध हो जाता है एवं अस्थाई झीलें भी बन जाती हैं। जब अवरुद्ध जल मलवा निर्मित अस्थाई बांध के ऊपर से बहने लगता है तो बांध में एकाएक विच्छेद हो जाता है और अवरुद्ध जल वेग से नदियों के अनुप्रवाह दिशा में आगे बढ़ता है। इससे आकस्मिक बाढ़ आ जाता है तथा आकस्मिक बाढ़ की चपेट में आने वाली मानव बस्तियां, पालतू मवेशी, स्थानीय लोग तथा उनकी सम्पत्तियां, अवस्थापना सुविधाएं आदि सभी कुछ नष्ट हो जाता है।

7.6 **सामाजिक–आर्थिक प्रभाव** – भूस्खलनों के सामाजिक–आर्थिक प्रभावों में जनहानि, मकानों, सम्पत्तियों, कल–कारखनों, कृषि भूमि, फसलों, टिम्बर, सड़कों, राजमार्गों, रेल रोड, संचार तंत्रों, जलापूर्ति, सरकारी कार्यालयों तथा भवनों आदि की क्षति को सम्मिलित किया जाता है। आज–कल अधिकांश भूस्खलन मानव–जनित कारणों से हो रहे हैं। इसका प्रमुख कारण पर्वतीय क्षेत्रों में तेजी से हो रहा विकास कार्य यथा भवनों का निर्माण, सड़क का निर्माण, खनन कार्य, पुलों का निर्माण, नहरों का निर्माण आदि तथा इन विकास कार्यों से पर्वतीय ढ़लान अस्थिर हो रहे हैं। इस कारण से भूस्खलन की घटनाओं में बृद्धि हो रही है। प्रत्यक्ष रुप से होने वाली आर्थिक क्षति के अन्तर्गत् सरकारी प्रतिश्ठानों की क्षति एवं उनकी मरम्मत के खर्च, क्षतिग्रस्त एवं नश्ट हुई सम्पत्तियों के प्रतिस्थापन एवं पुनर्निर्माण के खर्च को सम्मिलित किया जाता है।

7.7 **पर्यावरणीय प्रभाव** – भूस्खलन के कारण जैविक एवं अजैविक दोनों संघटकों पर प्रभाव पड़ते हैं जो निम्न हैं–

- मलवा एवं कीचड़ की भारी राशि के जमा होने के कारण मलवा ढ़ेरों का निर्माण हो जाता है। मलवा के जमाव के कारण कई बार नदियों में अस्थाई बांधों के बनने से अस्थाई झीलों का निर्माण हो जाता है। मलवा के जमाव के कारण नदियों, जल भण्डारों तथा झीलों में अवसादन (Silting) हो जाता है। झीलों में जल की कमी हो जाती है।
- उच्च स्थानों का सपाट होना एवं पर्वतीय ढ़लानों का तीव्र होना तथा घाटियों का मलवा से भरना।
- समुद्र में भारी भूस्खलन होने पर सुनामी उत्पन्न हो सकता है।
- भूस्खलन के समय धूल के घने बाादलों के कारण प्रभावित क्षेत्र में कई प्रकार के रोग फैल जाते हैं।
- भूस्खलन से प्रायः वनों, जन्तुओं, प्राकृतिक झरनों, नदियों की मछलियों आदि की क्षति हो जाती है।

8. **भूस्खलन द्वारा परोक्ष हानि निम्न होती है–**

1. भूस्खलन के कारण कृषि भूमि एवं वनभूमि मलवे से दबने के कारण भूमि के उत्पादकता में कमी आ जाती है।
2. भूस्खलन के कारण कृषि भूमि, वनस्पतियां, सड़क, भवन आदि नष्ट होने के कारण सरकार को राजस्व की हानि होती है।
3. भूस्खलन के कारण प्राकृतिक जल स्रोतों की गुणवत्ता प्रभावित होने के साथ–साथ जल का रिसाव एवं प्रवाह भी कम हो जाता है।
4. भूस्खलन से गिरे विशालकाय बोल्डरों से पर्वतीय क्षेत्रों के राजमार्गों को नुकसान होता है तथा राजमार्गों की चौड़ाई कम हो जाती है। इससे आवागमन में परेशानी होती है तथा यातायात बाधित हो जाता है।
5. पहाड़ से कई स्थानों पर निरन्तर मलबा गिरता रहता है जिसके कारण ऐसे स्थानों पर तनाव व्याप्त रहता है।
6. भूस्खलन के मलवे के प्राकृतिक या मानव निर्मित झील में गिरने से एक साथ काफी मात्रा में जल झील से निकलकर नीचे की ओर बह

सकता है। इससे निचले क्षेत्र में बसी आबादी अचानक बाढ़ की चपेट में आ सकती है जिससे जन–धन एवं कृषि भूमि का नुकसान होता है।
7. भूस्खलन के कारण कई जगहों पर परिवारों अथवा गाँव का विस्थापन करना पड़ता है। विस्थापन के कारण व्यक्तियों को समाज के दूसरे क्षेत्रों में सामंजस्य स्थापित करने में लंबा समय लग जाता है, जिससे उनका जीवन स्तर व जीवन की गुणवत्ता प्रभावित होती है।
8. भूस्खलन आपदा प्रभावित क्षेत्र सुरक्षित नहीं होते हैं। अतः ऐसे क्षेत्रों में जमीन की मांग कम होने से जमीन की कीमत कम हो जाती है।

9. संवेदनशील क्षेत्रों में सक्रिय भूस्खलन, त्वरित बाढ़ एवं भूमि कटाव की पहचान

- ढालू जमीन जहां पर मृदा आवरण कम हो और वर्षा की अधिकता हो तथा जहां पर चट्टानें क्षरित, गलित और कमजोर पदार्थ से बनी हों जैसे स्लेट, फाइलाइट, माइका सिस्ट आदि वहां पर भूस्खलन एवं भूकटाव स्वाभाविक रूप से अधिक होता है।
- ऊपरी ढ़ालों पर अनुप्रस्थ (चौड़ाई) की दिशाओं में बृहत् दरारों का पड़ना और चटटानों में स्थित दरारों का पहले की अपेक्षा अधिक खुलने से शैलखण्ड या मलवा गिरने की स्थिति में तो नहीं आ गया है। यदि गिरने की स्थिति में आ गया है तो सक्रिय भूस्खलन की सम्भावना को दर्शाता है।
- खेत एवं जंगलों में पेड़ों का अपनी सामान्य स्थिति से इधर उधर झुकना, सक्रिय भूस्खलन की सम्भावना को दर्शाता है।
- यदि किसी क्षेत्र में अति सघन पर्णीय जंगल हों तो वहां पर नमी की अधिकता का अवलोकन करना आवश्यक है जो वर्षा काल में भूस्खलन हेतु एक अतिरिक्त उत्प्रेरक का कार्य कर सकता है।
- जिन क्षेत्रों में गर्मी के दिनों में काफी आग लगी हो, वहां के ढ़लानों में मानसून के प्रारम्भिक काल में अदृढ़ शुष्क मिट्टी की अधिकता एवं भूमि की जल संग्रहण क्षमता में आयी कमी के कारण निचले क्षेत्रों में त्वरित बाढ़ की सम्भावना रहती है।
- ऐसे क्षेत्र जहां पर नये रास्तों, सड़कों, नहरों आदि का मलवा जमा हो अथवा भूमि कटाव हुआ हो, वहां पर भूस्खलन या मलवा आने की सम्भावना बढ़ जाती है।
- बाजार एवं संकरी बस्तियों में जहाँ बिना किसी उपयुक्त योजना के निर्माण के वजह से जल निकासी में उत्पन्न हुये अवरोधों के कारण भूकटाव हो सकता है या मलवा जमा हो सकता है। अतः ऐसे क्षेत्रों का अवलोकन कर भूस्खलन एवं बाढ़ की सम्भावना को कम किया जा सकता है।
- नदियों/नालों या उसके सहायक नदियों/नालों एवं ऊँचे ढ़लान से प्रारम्भ होने वाले क्रमिक झरने अपने तीव्र वेग, द्रव्य वाहक क्षमता के कारण नीचे आने तक अत्यन्त खतरनाक हो जाते हैं। यह त्वरित बाढ़ एवं भूकटाव का एक मुख्य कारक होता है। अतः ऐसे क्षेत्रों में कभी भी आपदा घटित हो सकती है।
- सड़क, मकान, रास्ता, स्कूल आदि के निर्माण में जहां उर्ध्वाधर ढ़ाल को अत्यधिक काटा गया हो या जहाँ पर पुराना मलवा एकत्र हो, ऐसे स्थानों पर भूस्खलन की सम्भावना बनी रहती है।

10. **खतरे से पूर्व तैयारी तथा प्रबन्धन**– प्रायः हमें पता है भूस्खलन की प्रक्रिया बरसात के मौसम में और अधिक बढ़ जाती है और वह क्षेत्र जिनके ढाल स्थिर नहीं होते, चट्टानों में अधिक विभंग होते हैं, पहाड़ियों में कम पेड़–पौधे होते हैं, भूस्खलन से ज्यादा प्रभावित होते हैं। इन क्षेत्रों में बरसात से पूर्व कुछ प्राथमिक तैयारियाँ की जानी चाहिये जिससे भूस्खलन से हाने वाले नुकसान को कम किया जा सके। अतः भूस्खलन को रोकने के लिये तथा उससे होने वाले नुकसान को कम करने के लिये निम्नलिखित तैयारियाँ करनी चाहिये।

- सीधी ढालों पर मकानों को आमतौर पर नहीं बनाना चाहिए। यदि मजबूरी में बनाना पड़े तो मकानों को बहुत सावधानी पूर्वक बनाना चाहिये।
- दुर्गम क्षेत्रों में बनने वाले मकानों आदि में प्रयोग होने वाला सामान उच्च गुणवत्ता का होना चाहिये।
- संभावित स्थानों पर भूस्खलन से होने वाले खतरों का प्रशिक्षण होना चाहिये।
- भूस्खलन ग्रसित क्षेत्रों का मानचित्र बनाना चाहिये तथा बचाव कार्य की तैयारियाँ पूर्व से ही कर लेनी चाहिये।
- समय–समय पर भूस्खलन के प्रति लोगों में जागरूकता बढ़ानी चाहिये। इसके लिए गांव स्तर तक जागरुकता अभियान चलाना चाहिए।
- वनोन्मूलन एक मुख्य कारण है अतः इस पर प्रतिबन्ध लगाना चाहिये।
- वनोन्मूलन के उपरान्त होने वाले भवनों के निर्माण पर नियंत्रण किया जाना चाहिये अथवा उचित योजना के बनने के बाद ही निर्माण होना चाहिए।
- अस्थायी ढ़लानों को स्थिर किया जाना चाहिए।
- पूर्व चेतावनी निकायों को प्रबल करना चाहिए।
- स्थानीय आपदा प्रबन्धन गुटों को ग्रामीण तथा शहरी स्तर पर बनाया जाना चाहिये जो आपदा में फँसे लोगों की मदद कर सकें।
- आधुनिक संचार माध्यम से जन सामान्य में जागरुकता लानी चाहिए।

11. **भूस्खलन उपरान्त प्रबन्धन** – भूस्खलन के दौरान निम्नलिखित बातों पर ध्यान दिया जाना चाहिये तथा इन पर अमल करने से भूस्खलन के द्वारा होने वाले नुकसान को कम किया जा सकता है।

- घायलों को उचित समय पर प्राथमिक उपचार दिया जाना चाहिये।
- लोगों को सलाह दी जानी चाहिये की घबराने की बजाय एक–दूसरे की मदद करें।
- आपदा प्रबन्धन से सम्बन्धित गतिशील घटकों को तुरन्त सक्रिय हो जाना चाहिये तथा दूर संचार और चिकित्सीय देखभाल दी जानी चाहिये।
- स्थानीय आपदा प्रबन्धन गुटों को तुरन्त सक्रिय हो जाना चाहिये ताकि पीड़ितों को तत्काल उपचार एवं अन्य सहायता मिल सके।
- नुकसान का निर्धारण तथा विश्राम प्रबन्धन ग्रामीण एवं शहरी स्तर पर तुरन्त शुरू किया जाना चाहिये।
- निकटस्थ चिकित्सालयों में आपदा पीड़ितों हेतु आवश्यक संसाधन होने चाहिए।

12. **भूस्खलन के नियंत्रण या रोकथाम की मुख्य विधियाँ**– सामान्य तौर पर यह महसूस किया गया कि प्राकृतिक ढ़ाल, तटबंध या कटाव का स्थायित्व ढ़ाल, पदार्थों का प्रतिबल इतिहास एवं उस समय में जल–दाब की दशाओं पर निर्भर करता है। भण्डारी, 1985 व्यक्तिगत संदेश (वल्दिया, 1985 में) के अनुसार भूस्खलन के नियंत्रण या रोकथाम की मुख्य विधियाँ निम्नलिखित **तालिका–1** में दी गयी हैं।[4]

तालिका–1
भूस्खलन के नियंत्रण या रोकथाम की मुख्य विधियाँ एवं उनके उपयोग

विधि	उपयोग
उत्खनन एवं भराव	(1) ढ़ाल के ऊपरी भाग को उतार दें (वजन कम करें) या नीचली भाग को भर दें, ढ़ाल को चपटीकरण कर दें, दंड लगा दें। (2) स्खलित पदार्थों को हटा दें, अपवाह की व्यवस्था के साथ ठोस स्थिति वाले उसी पदार्थ से प्रतिस्थापित करें या वैकल्पिक रूप से अच्छी निकासी वाले पदार्थ से प्रतिस्थापित करें। (3) आधार का खनन करें जिससे वहॉ पर स्खलन होकर सपाट, स्थायी ढ़ाल बन जाए।
पृष्ठीय अपवाह	(1) पृष्ठीय जल को स्थान से हटाएं, खुले संधियों एवं तनाव दरारों में जल के प्रवेश को रोकें। यदि सम्भव हो सके तो दरारों के अपवाह को सुनिश्चित करें। (2) ढ़ाल को अपवाह रहित पदार्थों से ढ़कें लेकिन जहाँ जरुरी हो वहॉ पर फिल्टर की व्यवस्था करें। यह व्यवस्था उन ढ़ालों के लिए उपयोगी है जहॉ पर मलवा तेजी से नीचे आता है।
खाई एवं काउन्टरफोर्ट अपवाहिका	(1) सेवरॉन एवं हेरिंगबोन पैटर्न में छिछले अपवाहिकाओं द्वारा संपूरित, सीधे ढ़ाल की ओर पंक्तिबद्ध वजरी से भरी हुई खाई अपवाहिकाओं का प्रयोग करें। इस तरह की अपवाहिकाएं अक्सर संकीर्ण होती हैं। चौड़ी अपवाहिकाएं जिसमें बुलडोजर कार्य कर सके, कभी–कभी प्रयोग किया जाता है। (2) खाई अपवाहिका के प्रारम्भ का रूपान्तर, काउन्टर फोर्ट अपवाहिका का प्रयोग किया जा सकत ा है, जिसमें स्खलन सतह के नीचे इन्वर्ट लगा रहता है। इस प्रकार अपवाहिका के साथ–साथ यांत्रिक सहारा भी मिलता है। यह वजरीयुक्त भी होता है।
छाड़न या अपरोधी अपवाहिका	ढ़ाल के ऊपरी शिखर या भूस्खलन के ऊपरी कगार पर, ढ़ाल के तिर्यक खुली या वजरीयुक्त छाड़न खाई अपवाहिका का प्रयोग करें। अपरोधी अपवाहिका जब छिछला होता है तब सतही बहाव का प्रतिरोध करता है तथा जब यह गहरा होता है तब भौम जल का प्रतिरोध करता है।

क्षैतिज अपवाहिका, अपवाह गैलरी, अपवाह कूप आदि	(1) ढ़ाल में छिद्र करके क्षैतिज अपवाहिका का प्रयोग करें और छिद्रिल लाइनर (Liner) का प्रयोग करें। सामान्यतया क्षैतिज लम्बाई में अपवाहिका का छिद्र थोड़ा झुका हुआ रखते हैं। बड़े भूस्खलनों पर क्षैतिज अपवाहिका को उ र्ध्वाधर अपवाह कूप के साथ प्रयोग किया जाता हैं। (2) यदि लागत न्यायसंगत लगे तो वृहत् भूस्खलनों के लिए अपवाह गैलरी का प्रयोग किया जा सकता है। अपवाह गैलरी के किनारे, छत एवं फर्श से अतिरिक्त अपवाह छिद्र भी बनाया जा सकता है। (3) कभी–कभी क्षैतिज अपवाहिका से उर्ध्वाधर अपवाहिका को मिलाकर गुरुत्व अपवाह का संचालन किया जा सकता हैं। कुछ स्थितियों में उर्ध्वाधर कूप की निकासी, निम्न भौम जल में कर दिया जाता है। यदि गुरुत्व अपवाह ठीक से न हो पा रहा हो तो जल निकासी के लिए कभी–कभी साइफन नली, स्वचालित पम्प या सम्पीडित हवा का प्रयोग किया जाता है। उर्ध्वाधर अपवाहिका, उत्स्रुत दाब को कम करने के लिए राहत कूप के रूप में भी कार्य करता हैं।
विद्युत–परासण और वाष्पोत्सर्जन	(1) निम्न पारगम्य मृदा में जल, कैथोड से एनोड की ओर जाता है और बिना पम्पिंग के जल निकाला जा सकता हैं। यह विधि निर्माण प्रक्रिया के समय ढ़ाल को स्थायित्व देने के लिए सफलता पूर्वक प्रयोग किया जा चुका है। इसका प्रयोग ढ़ाल स्थायित्व के स्थायी समाधान के लिए असामान्य है। (2) पेड़–पौधों का प्रयोग, ढ़ाल के अपरदन को ही केवल कम नहीं करता बल्कि वाष्पोत्सर्जन को बढ़ाता है और परिणाम स्वरूप छिद्र दाब को कम करता है। पेड़–पौधों की जड़ें छिछली गहराईयों तक मजबूती का कार्य करते हैं तथा जल रिसाव भी कम होता है।
नियंत्रित करने एवं सामर्थ्य प्रदान करने वाली संरचनाएं (बल प्रदान करने वाले भूमि निर्माण को लेकर)	(1) सम्भावित सर्पण सतह के आधार से रिटेनिंग भित्ति अथवा क्रिब भित्ति का प्रयोग। (2) छिछले सर्पण के लिए, निकट अन्तराल पर पाइल के सा थ भित्ति का प्रयोग। (3) गहरे सर्पण के लिए ऐंकर सीट पाइल या छेद्रित पाइल वाली भित्ति का प्रयोग। (4) नियंत्रित संरचनाओं के साथ या उसके विना सामान्यतया पूर्व प्रतिबल के साथ मृदा एवं शैल ऐंकर का प्रयोग। (5) वृहत् व्यास वाले बेलनाकार पाइल रिटेनिंग भित्ति का प्रयोग। (6) बल प्रदान करने वाले भूनिर्माण का प्रयोग। इस तरह के निर्माण का सफलता पूर्वक प्रयोग किया जा रहा है।
चूना स्तम्भ विधि	चूना स्तम्भ विधि, 10मीटर नीचे तक मृदु मिट्टी को स्थायित्व प्रदान करता है। ये चूना स्तम्भ, मृदु मिट्टी और बिना बुझे हुए चूने को मिला कर बनाया जाता है। यह आवश्यक नहीं है कि ये स्तम्भ ठोस आधार तक पहुँचे। स्तम्भ की लम्बाई सर्पण सतह से नीचे तक पहुँचनी चाहिए जिससे कि भार सर्पण सतह के ऊपर और नीचे दोनों मृदा पर परिवर्तित हो सके। सिल्ट अथवा बालू परतों में जब उच्च रंध्र–जल दाब, पूर्ववर्ती स्थापित स्तम्भों के द्वारा अपवाह के कारण ढ़ाल के स्थायित्व को प्रभावित करता है, तब चूना स्तम्भ विधि फायदे में प्रयोग किया गया है। चूना स्तम्भ से अपरूपण सामर्थ्य में वृद्धि भी ढ़ाल के स्थायित्व में सहयोग करता है। सर्पण शुरु होने का जोखिम लकड़ी अथवा कंक्रीट प्रयोग करने से कम होता है।
दूसरी विधियॉं (जो सामान्य तौर पर प्रयोग नहीं होते और जिनका पूरी तरह मूल्यांकन नहीं किया गया है)	(1) क्षेत्र में भौम जल के संचलन को कम करने के लिए ग्राउटिंग करना। (2) सर्पण क्षेत्र या अपरूपण क्षेत्र में, सीमेंट को भीतर डालकर बल प्रदान करना।

	(3) रासायनिक साधनों से गहराई तक मृदा में स्थायित्व प्रदान करना यथा– अनबुझा चूना, पोटैशियम क्लोराइड आदि। (4) प्राकृतिक विद्युत–परासरण को लघुपरिपथ इलैक्ट्रोड प्रवेश के द्वारा प्रतिबन्ध लगाकर। (5) विद्युत–परासरण ऐंकर का प्रयोग करना। (6) धरातलीय हिमन तकनीकी के द्वारा। (7) तापन या दहन तकनीकी के द्वारा (8) सर्पण सतह को भंग करने के लिए विस्फोट करना और अपवाह को बेहतर बनाना। (9) सक्रिय एवं संभावित भूस्खलन के ऊपर पुल बना कर।
मुक्त उर्जा की रोकथाम	पार्श्विक प्रतिबल मुक्ति को कम करने के लिए क्षेत्र के ऊपर पाइल का प्रयोग। इस तकनीक का सफलता पूर्वक प्रयोग अतिसंपिडित मृत्तिका और मृत्तिका शेल के लिए किया जा चुका है।
अपरदन नियंत्रण	(1) जहाँ पर ढ़ाल, समुद्र, नदी, झील, जलाशय आदि के कार्य से प्रभावित हों वहॉ पर कंक्रीट या क्रिब भित्ति, रिपरैप, ग्रोइन, स्पर डाइक आदि के प्रयोग के द्वारा ढ़ाल के आधार तथा सतह के अपरदन का नियंत्रण करना। (2) पृष्ठीय अपवाहिका, वनस्पति आवरण, गैबिअन आदि के द्वारा पानी के बहाव से पृष्ठीय अपरदन को नियंत्रित करना। (3) इन्वर्टेड फिल्टर का प्रयोग करके अथवा फलक से कुछ दूरी पर कूप से अवरोध कर या बालू अपवाहिका का प्रयोग कर, जल रिसने से होने वाले अपरदन को नियंत्रित करना।

13. **निष्कर्ष**– भूस्खलन एक प्रमुख प्राकृतिक/मानव जनित आपदा है। अतः भूस्खलन के कारणों का पता लगाकर उन स्थानों के विभिन्न आंकड़ों तथा विशेषज्ञों के अध्ययन के द्वारा आवश्यकतानुसार रोकथाम की विभिन्न विधियों यथा उत्खनन एवं भराव, पृष्ठीय अपवाह, खाई एवं काउन्टरफोर्ट अपवाहिका, क्षैतिज अपवाहिका, अपवाह गैलरी, अपवाह कूप, विद्युत–परासण और वाष्पोत्सर्जन, नियंत्रित करने एवं सामर्थ्य प्रदान करने वाली संरचनाए, चूना स्तम्भ विधि, मुक्त उर्जा की रोकथाम, अपरदन नियंत्रण आदि जहाँ जो आवश्यक हो उसका उपयोग करके ढ़ाल को स्थिर करना चाहिए ताकि भूस्खलन की घटनाएं कम हो सके। संवेदनशील क्षेत्रों में सक्रिय भूस्खलन, त्वरित बाढ़ एवं भूमि कटाव की पहचान करके उन स्थानों पर खतरे से पूर्व तैयारी तथा प्रबन्धन कर लेना चाहिए ताकि भूस्खलन होने पर कम से कम नुकसान होना चाहिए।[5–7]

संदर्भ

1. अनबालगन, आर0; सिंह, बी0, चक्रबर्ती, डी0 एवं कोहली, ए0(2007) ए फील्ड मैनुअल फॉर लैंडस्लाइड्स इनवेस्टिगेशन, डी0एस0टी0 न्यू दिल्ली, भारत, पृ0 153।
2. नेगी, पी. एस., 2015: आपदा प्रबंधन, अध्ययन बुक्स, नयी दिल्ली, 244 पृ0।
3. पेटक, डब्लू0 जे0 एवं एटकिसन, ए0 डी0(1982) नेचुरल हेजार्ड रिस्क असेसमेंट एण्ड पब्लिक पॉलिसी, स्प्रिंगर–वर्लाग, न्यूयार्क, पृ0 489।
4. वाल्दिया, के0 एस0(1985) इनवाइरनमेंटल जियोलॉजीः इंडियन कांटेक्स्ट, टाटा मैग्रा–हिल पब्लिशिंग कम्पनी लिमिटेड, न्यू दिल्ली, पृ0 583।
5. सिंह, आर0 ए0(2012) द्रव्यमान संचलन (भूस्खलन): कारण एवं उपाय. (सिंह, आर0 ए0 द्वारा सम्पादित पुस्तक भूस्खलन एवं पर्यावरण ह्रास में), ज्ञानोदय प्रकाशन, नैनीताल, उत्तराखण्ड, मु0पृ0 67–78 (ISBN: 81-85097-95-X)।
6. सिंह, आर0 ए0 एवं कुमार, एम0(2014) उत्तराखण्ड हिमालय में भूस्खलनः 2013 प्राकृतिक आपदा के विशेश संदर्भ में, अनुसंधान विज्ञान शोध पत्रिका, खण्ड–2, मु0पृ0 150–154 (ISSN: 2322-0708; EISSN: 2350-0123)।
7. सिंह, सविन्द्र(2019) आपदा प्रबंधन, प्रवालिका पब्लिकेशन्स, इलाहाबाद, उ0प्र0, भारत, पृ0 448।