

# युग्मित 1 डी एवं 2 डी हाइड्रो-डाइनेमिक निदर्शन का उपयोग करते हुए बाढ़ आप्लावन निदर्शन

जगदीश प्रसाद पात्रा, राकेश कुमार, पंकज मनी, तिलक राज सपरा  
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की, भारत  
patra-nih@gmail-com

## सारांश

बाढ़ एक अपवाह है जिसके परिणाम स्वरूप सामान्यतः सूखी रहने वाली भूमि जलमग्न हो जाती है। बाढ़ के अनेको कारण हैं जैसे नदियों से बाढ़, तटीय बाढ़, सतही जल बाढ़, निकासी एवं सीवर बाढ़, भूजल बाढ़, इत्यादि। बाढ़ का कारण एवं प्रकार कुछ भी हो परंतु इसके कारण जान माल को काफी नुकसान पहुंचता है। इस अध्ययन में विभिन्न बाढ़ कारणों का अभिनिर्धारण, अधिकतम बाढ़ आंकलन तथा प्रस्तावित औद्योगिक इकाई के लिए निकासी तंत्र का उपयोग कर उसका मार्गाभिगमन का प्रयास किया गया है। अध्ययन क्षेत्र के लिए जी पी एस बिन्दुओं तथा प्रस्तावित औद्योगिक क्षेत्र के लिए 0.5 मीटर अंतराल के कन्टूर मानचित्र द्वारा अंकीय उद्विक्षेप निदर्श (डी ई एम) का विकास किया गया तथा आस-पास के क्षेत्र के लिए भारतीय सर्वेक्षण विभाग की टोपोग्राफिकल मानचित्रों से लेवल एवं कन्टूर बनाए गए। विभिन्न वापसी अवधि के लिए 1 दिवसीय अधिकतम वर्षा के आंकलन हेतु L-मूमेंट्स आधारित वर्षा आवृत्ति विश्लेषण किए गए। अध्ययन क्षेत्र के आवाह अभिलक्षणों के आधार पर कृत्रिम एकक जलालेख की व्युत्पत्ति की गयी तथा 10, 25, 50 तथा 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए बाढ़ जलालेखों की गणना की गई। बाढ़ के दो मुख्य कारणों निकासी तंत्र से प्रवाह तथा वर्षा के कारण आवाह क्षेत्र में बाढ़ को MIKE FLOOD पैकेज का उपयोग कर निदर्शित किया गया (युग्मित 1 D एवं 2 D प्रवाह विश्लेषण तंत्र)। ऊपरी आवाह क्षेत्र से निकासी तंत्र का उपयोग कर प्रवाह को 100 मी. के स्थलिक अंतराल के साथ 1-D MIKE-11 में निदर्शित किया गया। MIKE-21 में 2-D निदर्शन में DEM से 5 मीटर ग्रिड आकार पर प्लॉट स्थल के चारों ओर बाढ़ क्षेत्र की बैथीमित्री तैयार की गयी है। प्रस्तावित औद्योगिक स्थल के लिए स्थानीय वर्षा का MIKE-21 में निदर्शन किया गया। युग्मित MIKE-11 तथा MIKE-21 अर्थात् MIKE FLOOD पैकेज में आवाह क्षेत्र के उपरी भाग से प्रवाह के कारण निकासी तंत्र से स्पिल तथा स्थानीय वर्षा को अनुकारित किया गया। बाढ़ की विभिन्न स्थितियों जैसे परियोजना स्थल में विभिन्न वापसी अवधि की वर्षा के साथ अथवा वर्षा रहित तथा नालों में प्रवाह को अनुकारित किया गया जिससे विभिन्न स्थितियों के सापेक्ष बाढ़ आप्लावन मानचित्र तैयार किए जा सकें। विभिन्न अन्य प्राचल जैसे कि बाढ़ स्थिति, गहराई, स्तर, अवधि तथा अधिकतम प्रवाह वेग की भी गणना की गई। इन प्राचलों को ध्यान में रखकर औद्योगिक स्थल को बाढ़ आपदा से सुरक्षित रखने के लिए सुरक्षित लेवल का सुझाव दिया गया है।

**सूचक शब्द:** बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण, हाइड्रोलिक मॉडलिंग, सैलाब मॉडलिंग, बाढ़ खतरा आकलन

## Abstract

Flood is an overflow of water resulting submerges of land which is usually dry. There are many sources of flooding viz. river flooding, coastal flooding, surface water flooding, drain and sewer flooding, groundwater flooding etc. Whatever be the type of flooding it causes mass demolition of properties and affected human lives. This study envisages identification of various flooding sources, estimation of maximum floods and their routing through drainage system for a proposed industrial site. The digital elevation model (DEM) is developed for the study area from GPS points, 0-5 m interval contour map for the proposed industrial area and levels and contours extracted from survey of India topographical maps for the surrounding area. The L-moments based rainfall frequency analysis has been performed to estimate 1 day maximum rainfall for various return periods. The synthetic unit hydrographs are derived from catchment characteristics of the study area and flood hydrographs for 10, 25, 50 and 100 year return periods are computed. The two major source of flooding are: flow in the drain and rainfall

induced catchment flooding are modelled using MIKE FLOOD package (a coupled 1D and 2-D flow analysis system). Flow through the drainage system from upstream catchment is modelled in 1-D MIKE 11 with a space interval of 100 m to get accurate representation of the drainage network. The bathymetry of the flood plain around the plant site at 5 m grid size is created from DEM in the 2-D modelling in MIKE-21. Local rainfall over the proposed industrial site is also modelled in the MIKE-21. The spills from drainage network due to upstream catchment flow and local rainfall are simulated in coupled MILE-11 and MIKE-21 i.e., MIKE FLOOD package. Various scenarios of flooding like flow in the drain and with and without rainfall of different return periods in the project site are simulated to develop corresponding flood inundation maps. Various other parameters like flood extent, depth, leve, duration and maximum flow velocity are also computed. The safe grade levels for the industrial site are proposed considering these parameters to safe guard the flood disaster.

## परिचय:

प्राकृतिक आपदाओं में बाढ़ सबसे सामान्य एवं विकराल आपदा है। नदियों में बाढ़, तटीय बाढ़, सतही जल बाढ़, निकासी एवं सीवरेज बाढ़, बादल फटने के कारण बाढ़ इत्यादि विभिन्न किस्मों की बाढ़ के कारण विश्व में भारत बाढ़ संभाव्य क्षेत्र के रूप में जाना जाता है। बाढ़ की किस्म चाहे कोई भी हो इसके कारण घरों, उद्योगों, लोक सेवाओं तथा प्रापर्टी को काफी नुकसान पहुंचता है तथा जान-माल की काफी हानि होती है। इसका प्रभाव स्थानीय स्तर अथवा पूरे बेसिन तथा कई राज्यों में पड़ता है। यह संभव नहीं है की बाढ़ पर नियंत्रण पाया जा सके परन्तु संरचनात्मक एवं गैर-संरचनात्मक उपायों को अपनाकर बाढ़ से हानि को कम किया जा सकता है। बाढ़ आपदा की रोकथाम में बाढ़ आप्लावन निदर्शन महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इससे बाढ़ द्रव्यमान, गहराई अवधि, वेग इत्यादि की जानकारी मिलती है। जो स्थलिक यथार्थ आपदा मानचित्र तैयार करने में उपयोग होती है (अर्नेस्ट इत्यादि, 2010) पिछले कुछ दशकों से बाढ़ आप्लावन निदर्शन में काफी प्रगति हुई है। अपवाह नियंत्रण प्रक्रियाओं तथा बाढ़ तरंग वृद्धि, अनुकार तकनीकों, गणना तथा अनिश्चितताओं के नियंत्रण प्रक्रियाओं में काफी सुधार हुआ है।

बाढ़ आपदा निर्धारण में सबसे उपयुक्त विधि जलविज्ञानीय एवं भूआकारकीय उपागम का संयुग्म है। (बेट्स और डी रू, 2000;। हंटर एट आल, 2007; चेन एट अल, 2009; मणि एट आल, 2014)। बाढ़ से जोखिम का मानचित्र जलविज्ञानीय निदर्शों का उपयोग कर तैयार किया जाता है। GIS उपागम के साथ जलविज्ञानीय-हाइड्रोलिक निदर्शन बाढ़ के उद्गम के समय के साथ क्रमबद्ध विश्लेषण उपलब्ध कराता है। हाइड्रोलिक क्षेत्र की टोपोग्राफी का विचार करते हुए 1D (नदी, निकासी) एवं 2D (भूमि के ऊपर) जल के अपवाह की समीकरण को हल करता है। GIS एवं 1D हाइड्रो-गतिकीय निदर्शन का संयुग्म बाढ़ के नियोजन एवं प्रबंधन के लिए प्रभावी तंत्र उपलब्ध कराता है। नदी/निकासियों में चैनल प्रवाह का हाइड्रोलिकीय निदर्शन के साथ-साथ पूर्ण 2D निदर्शन करना, जिससे सतही प्रवाह की व्याख्या की जा सके, अति आवश्यक है (मार्क एट आल, 2004, नील एट आल, 2012; किम एट आल। 2014)। इस प्रकार के उपागमों का उद्देश्य विभिन्न आवेग, अवधि तथा वापसी अवधि के साथ विभिन्न बाढ़ स्थितियों से किसी क्षेत्र में संभाव्य आप्लावन हानि को अनुकार करना है।

इस शोध पत्र में 1D एवं 2D MIKE FLOOD पैकेज, जिसमें MIKE -11 तथा MIKE -21 अनुप्रयोग शामिल है, का युग्मित उपयोग विभिन्न वापसी अवधि की बाढ़ तथा निकासियों के भूमि पर प्रवाह के कारण प्रस्तावित औद्योगिक स्थल के लिए संभावित आप्लावन विश्लेषण किया गया है। विभिन्न वापसी अवधि के बाढ़ के आंकलन के लिए 12 आवृत्ति वितरणों में से सर्वोत्तम योग्य वितरण के चयन के लिए L-मोमेंट्स का उपयोग के आधार पर बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण किये गए।

## 2. अध्ययन क्षेत्र एवं आंकड़े:

प्रस्तावित प्लांट सीमा औद्योगिक क्षेत्र उत्तरी भारत में स्थित है। प्रस्तावित प्लांट सीमा में उत्तर से दक्षिण दिशा की ओर एक मुख्य निकासी प्रवाहित होती है तथा दो अन्य लघु निकासियां दोनों ओर से मिलती है। एक मुख्य मार्ग भी प्रस्तावित प्लांट सीमा से गुजरता है (चित्र-1) मुख्य मार्ग में दो पुलिया है जो मुख्य मार्ग क्षेत्र के पश्चिम दिशा में उत्पादित अपवाह को निकालती है तथा मुख्य निकासी में मिलाती है। क्षेत्र की सामान्यतः टोपोग्राफी बहुत सपाट क्षेत्र है जो अधिकांशतः उपजाऊ भूमि तथा ईट भट्टा क्षेत्र है। प्लांट का भौगोलिक क्षेत्र लगभग 6 वर्ग किमी है। क्षेत्र का औसत तापमान ग्रीष्म एवं शीत काल में क्रमशः 33.52°C तथा 14.33°C है क्षेत्र में सामान्य वार्षिक वर्षा लगभग 673.5 मिमी है।

वर्षा आवृत्ति विश्लेषण के लिए प्लांट क्षेत्र के चारों ओर तीन वर्षा मापी स्टेशनों के लिए प्रतिदिन वर्षा आंकड़े भारत मौसम विज्ञानीय विभाग (IMD) से प्राप्त किये गए। क्षेत्र का टोपोग्राफिक सर्वेक्षण किया गया तथा निकसियों के अनुप्रस्थ काट का मापन किया गया (चित्र-2)। सर्वेक्षण किये गए कंटूर, SRTM DEM तथा SOI की टोपोग्राफी की स्पॉट ऊंचाई से बैथीमीटरी तैयार की गयी।

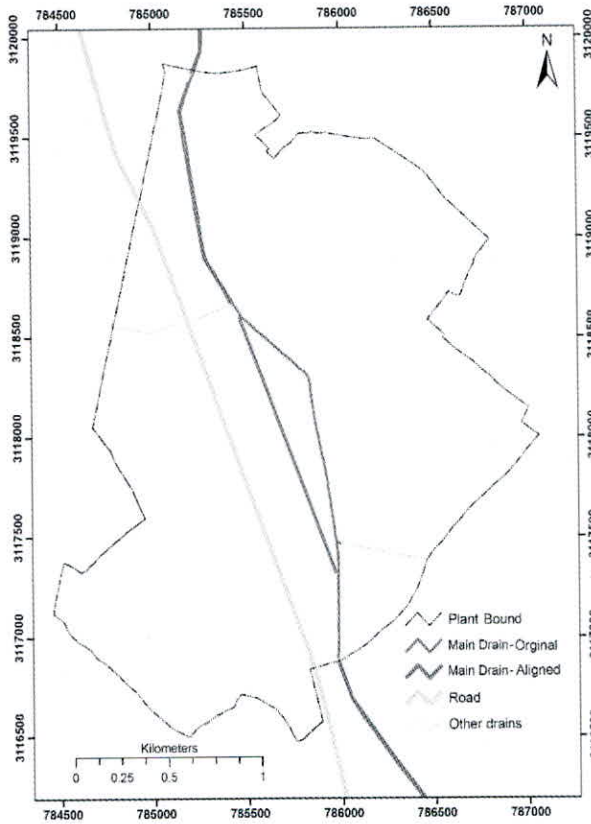


Fig. 1- Location map of the proposed industrial area

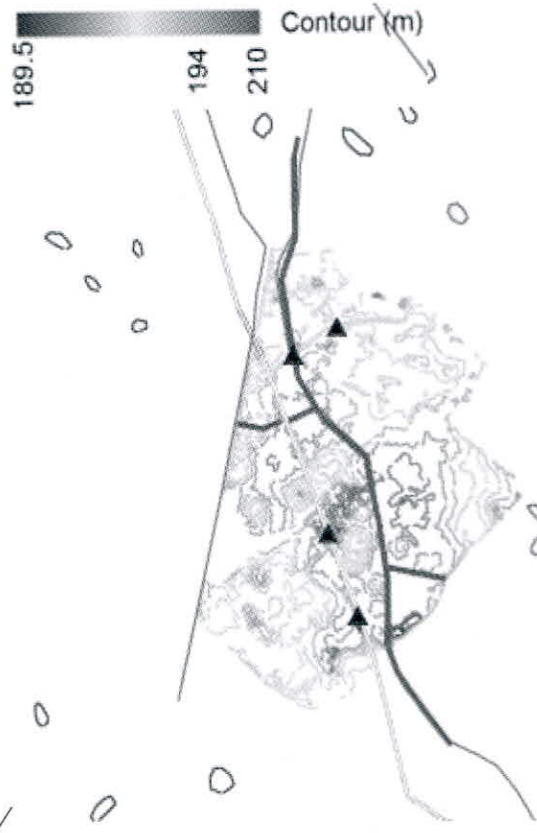


Fig. 2- Topography of the study area- with road and drains

चित्र 1 प्रस्तावित औद्योगिक क्षेत्र की स्थिति

चित्र 2 क्षेत्र की टोपोग्राफी

### 3. कार्य विधि:

अध्ययन में उपयोग की गयी कार्य विधियों में विभिन्न वापसी अवधि के लिए अभिकल्प बाढ़ आंकलन तथा निकासी तंत्र एवं बाढ़ मैदानी क्षेत्र के लिए क्रमशः युग्मित 1D एवं 2 D शामिल है।

#### 3.1 L-मोमेंट्स आधारित वर्षा आवृत्ति विश्लेषण:

L-मोमेंट्स उपागम का उपयोग करते हुए अध्ययन क्षेत्र में तथा उसके नजदीक स्थित तीन वर्षामापी के 1-दिवसीय वार्षिक अधिकतम वर्षा मानों का क्षेत्रीय वर्षा आवृत्ति विश्लेषण किये गए। (Hosking और वालिस 1997, कुमार और चटर्जी 2005)। L-मोमेंट्स अनुपात डायग्राम एवं  $Z^{dist}$  स्टैटिस्टिक क्राइटेरिया पर आधारित रोबस्ट वितरण का चयन करने के लिए बारह आवृत्ति वितरण अर्थात् एक्सट्रीम वैल्यू (EV-1), जनरल एक्सट्रीम वैल्यू (GEV), लोजीस्टिक (LOS), जनरलाइसड लोजीस्टिक(जीएलओ), नॉर्मल (NOR), जनरलाइसड परेटो (GPA), जनरलाइसड नॉर्मल (GNO), यूनिफॉर्म (UNF), एक्सपोनेंसियल(EXP), पियर्सन टाइप-III (PT3),कप्पा (KAP), तथा wakeby (WAK) का उपयोग किया गया। एल-पल अनुपात चित्र और -statistic मानदंडों के आधार पर मजबूत वितरण की

पहचान करने के लिए इस्तेमाल किया गया है। इन वितरणों तथा इन वितरणों के प्राचलों में सह-सम्बन्ध तथा L-मोमेंट्स की व्याख्या साहित्य में उपलब्ध है (जैसे Hosking और वालिस, 1997)।

### 3.2 कृत्रिम एकक जलालेख की व्युत्पत्ति:

प्रस्तावित प्लांट क्षेत्र में तथा चारों ओर निकासी तंत्र की व्युत्पत्ति के लिए प्रारंभ में उत्पादित DEM का उपयोग किया गया। DEM से आवह क्षेत्र की स्वतः व्युत्पत्ति के लिए ARCGIS 9.3 में HEC-GeoHMS 5.0 पैकेज का उपयोग किया गया। मुख्य निकासी एक प्राकृतिक निकासी है जिसका रखरखाव सिंचाई विभाग करता है तथा निकासी के आवह क्षेत्र में पुलिया सहित सड़क तथा सिंचाई नहरें हैं। इसके अतिरिक्त आवह क्षेत्र बहुत सपाट टोपोग्राफी के साथ तुलनात्मक रूप से छोटा है। इसलिए DEM से आवह क्षेत्र की स्वतः व्युत्पत्ति यथार्थ नहीं थी। इस स्थिति में SOI टोपोग्राफी से आवह क्षेत्र की व्युत्पत्ति की गयी। आवह क्षेत्र अभिलक्षणों तथा बाढ़ आंकलन प्रतिवेदनों (CWC, 1984) का उपयोग कर बड़े क्षेत्र के लिए 2h SUH का विकास किया गया। S-वक्र तकनीक का उपयोग कर 1 h SUH की व्युत्पत्ति की गयी।

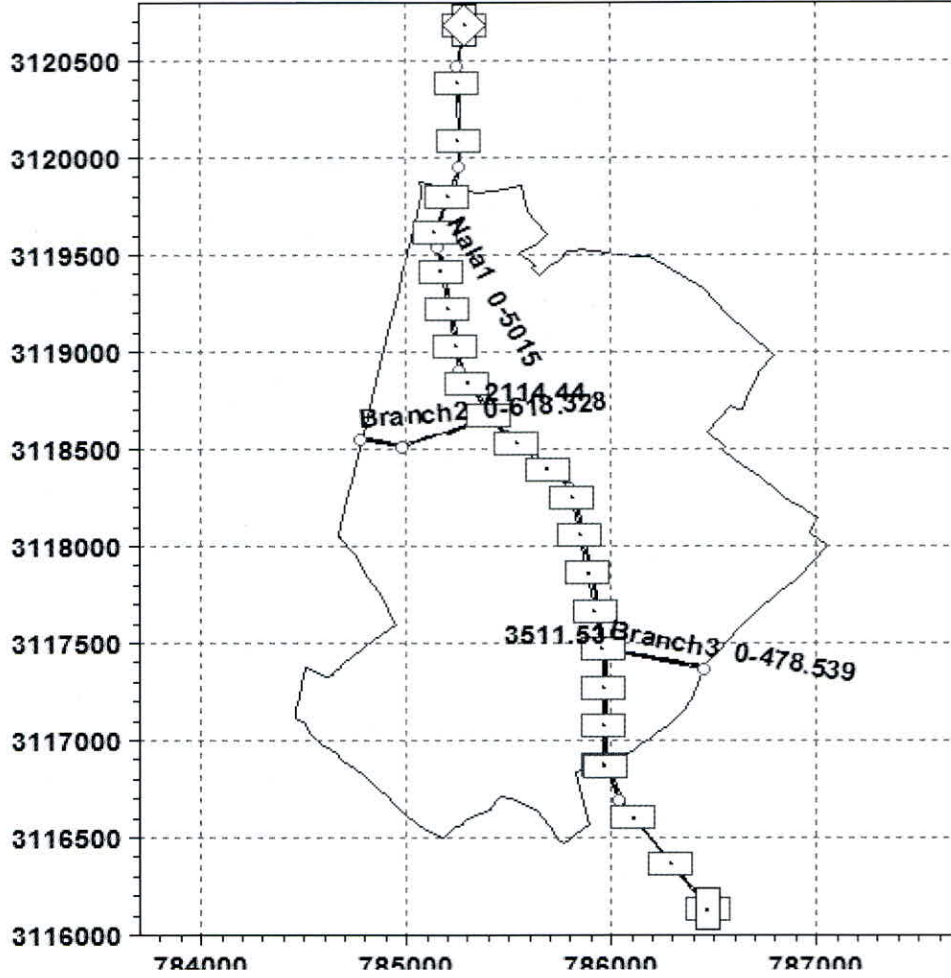
### 3.3 अभिकल्प बाढ़ जलालेखों का आंकलन:

अभिकल्प बाढ़ का आंकलन पर मैनुअल (CWC, 2001) उन क्षेत्रों के लिए वृष्टि की समय वितरण प्रवृत्ति का विश्लेषण करता है जहाँ पर्याप्त स्वतः रिकार्डेड वर्षा मापी आंकड़े उपलब्ध होते हैं। इस मैनुअल में 6, 12, 18, 24, 36, 48 घंटे इत्यादि की मानक अवधि के लिए प्रत्येक वृष्टि के लिए अधिकतम वर्षा गहराई के लिए गहराई अवधि विश्लेषण किये गए तथा कुल वृष्टि गहराई के प्रतिशत के रूप में व्यक्त किये गए। तथा इसका अनुप्रयोग प्रेक्षित आंकड़ों पर आधारित अभिकल्प वर्षा को समायोजित करने के लिए किया गया। प्रति घंटा वर्षा आंकड़ों की अनुपस्थिति में यह अनुमोदित किया गया कि 1-दिवस अधिकतम वर्षा को 24 h अधिकतम वर्षा में रूपांतरण के लिए 1.15 गुणांक का उपयोग किया जाए। CWC रिपोर्ट (1984) में बताये गए समय वितरण के अनुसार 24 h वर्षा को वृद्धिशील घंटा वर्षा में विभाजित किया जाये। वर्षा का महत्वपूर्ण क्रम प्राप्त करने के लिए वृद्धिशील क्रम के सबसे अधिक मान को UH के शीर्ष के सामने रखा जाता है। तत्पश्चात सभी वृद्धियों के लिए महत्वपूर्ण क्रम की प्राप्ति के लिए क्रम को उल्टा कर दिया जाता है। 24 h अवधि वर्षा की स्थिति में प्रथम तथा दूसरे 12 h खंड को महत्वपूर्ण स्थिति की प्राप्ति के लिए, परस्पर बदल दिया जाता है। प्रति घंटा वर्षा से अभिकल्प हानि दर को घटाकर प्रभावी वर्षा हितोग्राफ प्राप्त किया गया तथा SUH के साथ प्रभावी वर्षा से प्रत्यक्ष अपवाह जलालेख का आंकलन किया गया। अंततः अभिकल्प बाढ़ जलालेख की प्राप्ति के लिए आधार प्रवाह जोड़ा गया। आवह क्षेत्र के अनुपात में निकासी के लिए अभिकल्प बाढ़ जलालेख का आंकलन किया गया।

### 3.4 बाढ़ निदर्शन एवं प्रवाह अनुकरण:

निकासी में प्रवाह तथा वर्षा प्रेरित आवह क्षेत्र बाढ़ का क्रमशः MIKE 11 तथा MIKE 21 में निदर्शन किया गया। डेनिश हाइड्रोलिक संस्थान द्वारा विकसित MIKE FLOOD में MIKE 21 तथा MIKE 11 निदर्श को जोड़ दिया गया है तथा बाढ़ आप्लावन अध्ययनों में इसका काफी उपयोग होता है। नदियों, खुले चैनल, सिंचाई नहरों तथा अन्य अंतर्देशीय जल प्रणाली में हाइड्रो गतिकीय अवस्थाओं के निदर्शन के लिए MIKE 11 एक बहुमुखी एवं मॉड्यूलर अभियांत्रिकी युक्ति है। यह सरल एवं जटिल दोनों नदी एवं चैनल तंत्रों के विस्तृत विश्लेषण, अभिकल्प, प्रबंधन तथा प्रचालन के लिए पूर्णतः गतिकीय निदर्शन युक्ति है। (DHI, 2004) हाइड्रो गतिकीय (HD) निदर्श MIKE 11 निदर्शन तंत्र का नाभिक बिंदु है तथा बाढ़ आप्लावन के अनुकार के लिए आधार बनता है। MIKE 11 में मुख्य समीकरण 1 D तथा गंभीर जल किस्म की है जो आधारीय सैट-वेनेंट समीकरण का सुधार रूप है। इनका परिमित अंतर समीकरण के सेट में रूपांतरण किया गया तथा डबल स्वीप अल्गोरिथम का उपयोग कर हल किया गया। गणनात्मक ग्रिड, निदर्श का उपयोग कर विकसित, वैकल्पिक Q एवं H बिन्दुओं से बना है। उपयोगकर्ता की आवश्यकता के आधार पर Q बिंदु को नजदीकी H बिंदु के बीच आधी दूरी पर रखा जाता है। अधिकतम काल अंतराल अर्थात्  $dx=100$  मी वर्तमान सैटअप का उपयोग किया गया है। चित्र-3, MIKE 11 में अध्ययन क्षेत्र की अंकीय निकासी को दर्शाता है। निकासी अनुप्रस्थ डेटा को x-z कोरडीनेटस द्वारा दिखाया गया है जहाँ x निश्चित बिंदु से आंकलित दूरी है तथा z सापेक्ष तलीय उदविक्षेप है। अनुप्रस्थ काट एडिटर में x-z कोरडीनेटस को मूल आंकड़ों के रूप में प्रवेशित किया गया। सभी निदर्श सीमाओं, अर्थात् निदर्श शाखा के अनुप्रवाह

एवं अधिप्रवाह किनारों जो किसी स्थान पर जुड़े नहीं हैं, पर सीमा अवस्थाओं की आवश्यकता होती है। प्रस्तुत अध्ययन में HD प्राचलों में जल स्तर एवं निस्सारण की प्रारंभिक अवस्था, घर्षण गुणांक (n) तथा परिणाम प्राचल विकल्प शामिल हैं। n का विशिष्ट मान 0.033 है। जल स्तर के लिए प्रारंभिक अवस्था के लिए वैश्विक मान निम्नतम मान 0.01 मी रखा गया जिससे शुष्क तल अवस्था से बचा जा सके। पाद के लिए समय को काफी निम्न 2 सेकंड तथा  $d_r$  मान को 100 मी रखा गया। 48 H अवधि के लिए अनुकार किया गया।



चित्र 3 माइक-11 में जल निकासी नेटवर्क

### 3.5 माइक बाढ़ मॉडल की स्थापना

MIKE Flood के अनुकरण के लिए MIKE 21 सेटअप की आवश्यकता होती है क्योंकि MIKE फ्लड MIKE -11 एवं MIKE 21 की युग्मित इकाई है। MIKE 21 निदर्श में बहुत से आधारभूत प्रवेशित प्राचल हैं जैसे कि बैथीमीटरी, अनुकार अवधि, सीमा, स्रोत एवं सिंक, द्रव्यमान बजट, बाढ़ एवं शुष्क तथा हाइड्रोगतिकीय प्राचल जैसे कि प्रारंभिक सतही उदविक्षेप, सीमा, दलदला पन, प्रतिरोधकता, तरंग विकिरण, वायु अवस्था इत्यादि। प्रस्तुत अध्ययन में बैथीमीटरी, वर्षण, प्रारंभिक सतही उदविक्षेप, बाढ़ एवं शुष्क शुरुआत को परिभाषित करने वाले प्राचलों का उपयोग किया गया। तैयार कि गयी बैथीमीटरी का वियोजन 5 मी x 5 मी है। विभिन्न अनुकारों के लिए गणनात्मक समय स्टेप (AT) को 2 सेकंड के निचले मान पर रखा गया। प्रस्तुत अध्ययन में तैयार किया गया MIKE 21 सेटअप की त्रुटि कि जांच के लिए अनुप्रयोग किया गया। युग्मित उपागम का उपयोग करते हुए MIKE FLOOD, MIKE 11 एवं MIKE 21 को एकल तंत्र में युग्मित करता है। युग्मित उपागम का उपयोग करते MIKE FLOOD

बाढ़ अनुकार के लिए MIKE 11 तथा MIKE 21 दोनों के सर्वोत्तम अभिलक्षणों का अनुप्रयोग करता है। जबकि इसी समय पर MIKE 11 अथवा MIKE 21 अलग अलग उपयोग करने पर यथार्थ निदर्शन में आने वाली सीमाओं को भी दूर करता है। पार्श्व लिंक MIKE 21 सेटअप को MIKE 11 में दिए गए लिंक के साथ जुड़ने कि सुविधा प्रदान करता है (किसी शाखा के अनुभाग के साथ अथवा पूर्ण शाखा के साथ)। वियर समीकरण अथवा Q-H सारणी का उपयोग कर पार्श्व लिंक से प्रवाह कि गणना कि गयी। संरचना लिंक MIKE 11 में संरचना से प्रवाह टर्म्स लेता है तथा उनको सीधे MIKE 21 की घंटा वर्षा भी उपलब्ध करायी गयी।

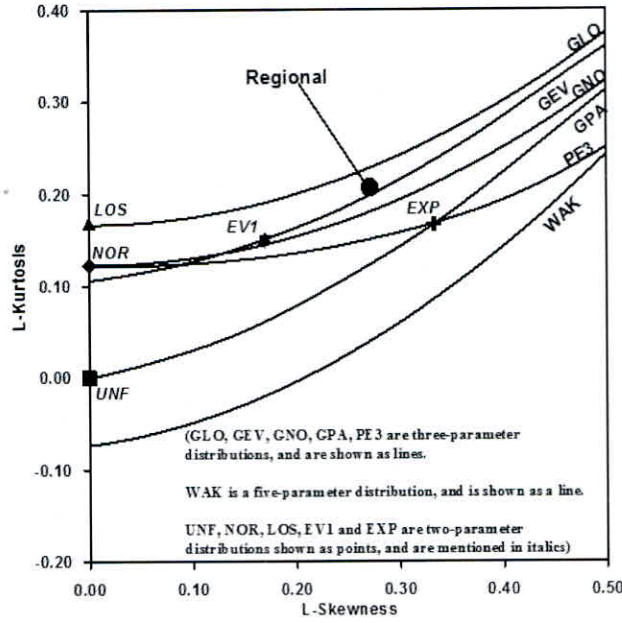
#### 4. परिणाम एवं चर्चा:

##### 4.1 वर्षा आवृत्ति विश्लेषण

L-मूमेंट्स उपागम का उपयोग करते हुए वर्षा आवृत्ति विश्लेषण किये गए।  $Z_i^{dist}$  सांख्यिक (सारणी-1) तथा L-मूमेंट्स अनुपात चित्र (चित्र 4) के आधार पर अध्ययन क्षेत्र के लिए रोबस्ट आवृत्ति वितरण के रूप में सामान्यतः एक्सट्रीम मान (GeV) का अभिनिर्धारण किया गया। 1-दिवसीय अधिकतम वर्षा के लिए विभिन्न वितरणों के प्राचल सारणी-2 दिए गए है। वर्षा क्वान्टाइल ( $R_T$ ) को वार्षिक औसत अधिकतम वर्षा से विभाजित कर वृद्धि कारको अथवा स्थल विशिष्ट पैमाना कारक ( $R_t/R$ ) की गणना की गयी। औसत वार्षिक अधिकतम वर्षा को संदर्भित वृद्धि कारक के साथ गुणन द्वारा विभिन्न वापसी अवधि के लिए 1-दिवसीय अधिकतम वर्षा का आंकलन किया गया। 10, 25, 50 और 100 वर्ष वापसी अवधि के आंकलित 1-दिवसीय अधिकतम वर्षा क्रमशः 160.4 मिमी, 207.1 मिमी, 246.5 मिमी तथा 289.9 मिमी पायी गयी।

सारणी-1 : 1 – दिवसीय वार्षिक अधिकतम वर्षा के लिए विभिन्न वितरणों को  $Z_i^{dist}$  सांख्यिकी

वितरण	$Z_i^{dist}$ – सांख्यिकी
सामान्यतया मान (GEV)	-0.30
सामान्यतया नार्मल (GLO)	0.31
जनरलाइज़्ड लोगोस्टिक (GNO)	-0.67
पियरसन टाइप III (PE3)	-1.30
जनरलाइज़्ड परेटो (GPA)	-1.87



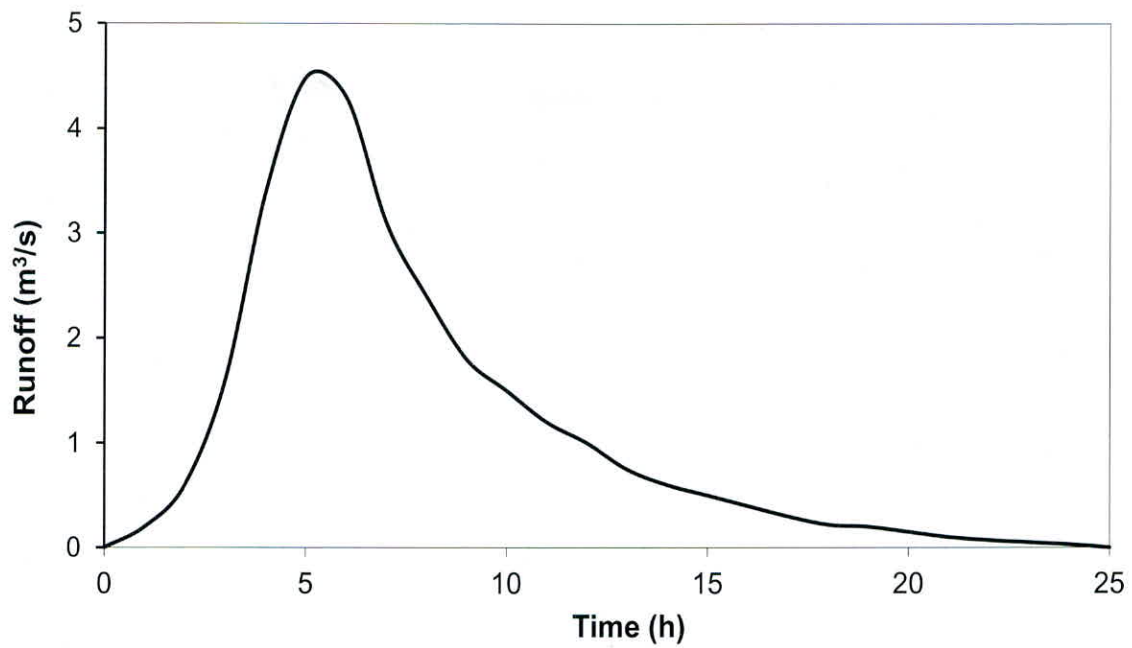
चित्र 4. एक दिवसीय वार्षिक अधिकतम वर्षा के लिए एल क्षणों अनुपात आरेख

सारणी 2. विभिन्न वितरणों के प्राचल

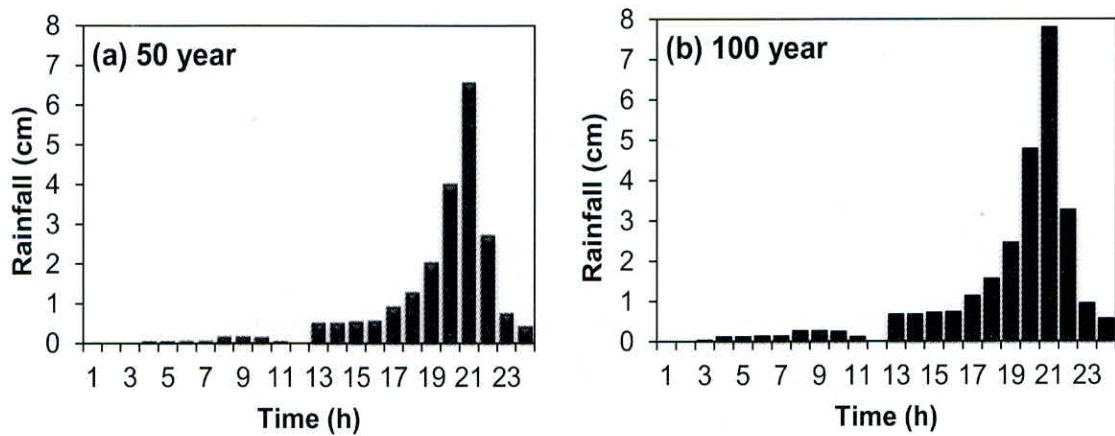
वितरण	वितरण के प्राचल		
सामान्यतया मान (GEV)	$\xi = 0.749$	$\alpha = 0.332$	$K = -0.153$
सामान्यतया नार्मल (GLO)	$\xi = 0.883$	$\alpha = 0.239$	$k = -0.272$
जनरलाइज्ड लोगोस्टिक (GNO)	$\xi = 0.871$	$\alpha = 0.420$	$k = -0.566$
पियरसन टाइप III (PE3)	$\mu = 1.000$	$\sigma = 0.521$	$\gamma = 1.634$

4.2 अभिकल्प बाढ़ जलालेख:

आवाह क्षेत्र अभिलक्षणों से व्युत्पत्त किया गया कृत्रिम एकक जलालेख तथा बाढ़ आंकलन प्रतिवेदन में 10.5 वर्ग किमी के आवाह क्षेत्र के लिए दिए गए सम्बन्धों को चित्र 5 में दर्शाया गया है। घड़ी घंटा सुधार का अनुप्रयोग करने के पश्चात 2, 10, 25, 50 और 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए 24 h अधिकतम क्षेत्रीय वर्षा क्रमशः 9.83 सेमी, 18.45 सेमी, 23.82 सेमी, 28.35 सेमी तथा 33.35 सेमी पायी गयी। वर्षा का समय वितरण CWC (1984) कि रिपोर्ट के अनुसार किया गया। 24 h अवधि के लिए 50 वर्ष एवं 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए प्रतिघंटा वर्षा हितोग्राफ चित्र 6 में दर्शाया गया है। आवाह क्षेत्र के लिए आधार प्रवाह कि दर 0.05 मी<sup>3</sup>/से 0/किमी<sup>2</sup> आंकलित कि गयी तथा बाढ़ जलालेख के आंकलन के लिए आधार प्रवाह को आंकलित प्रत्यक्ष अपवाह जलालेख में जोड़ा गया। 2, 10, 25, 50 और 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए शीर्ष बाढ़ क्रमशः 20.13 मी/से 0, 44.06 मी/से 0, 59.1 मी/से 0 तथा 71.59 मी/से 0 और 85.88मी/से 0 पायी गयी तथा बाढ़ जलालेख चित्र 7 में दर्शाये गए।

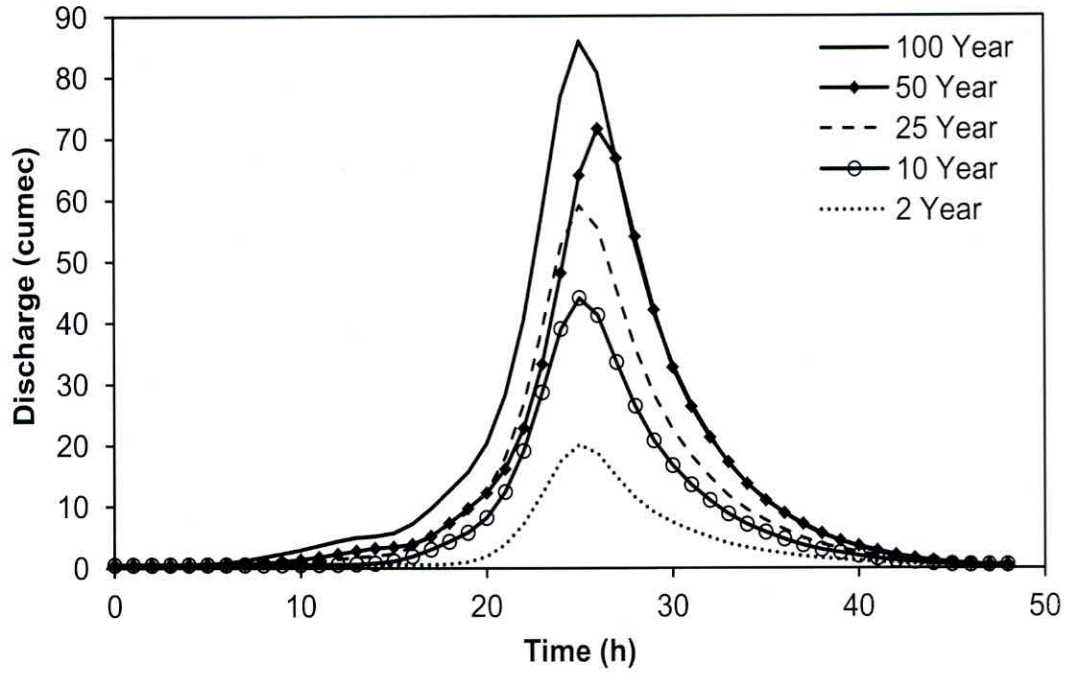


चित्र 5. 1—एच सिंथेटिक इकाई जलालेख



चित्र 6.1 दिन अधिकतम वर्षा के लिए एक-एच वर्षा हितोग्राफ

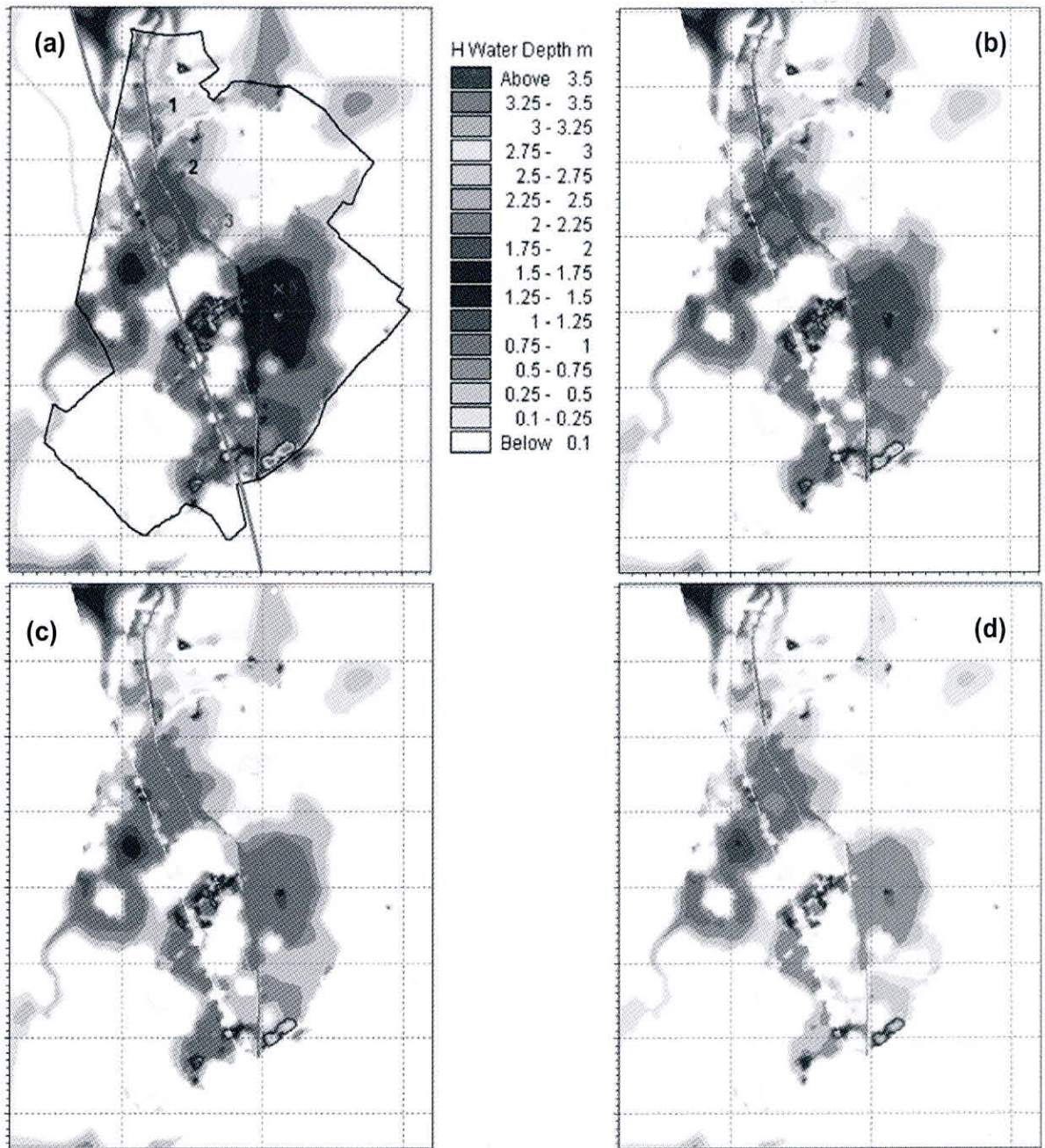




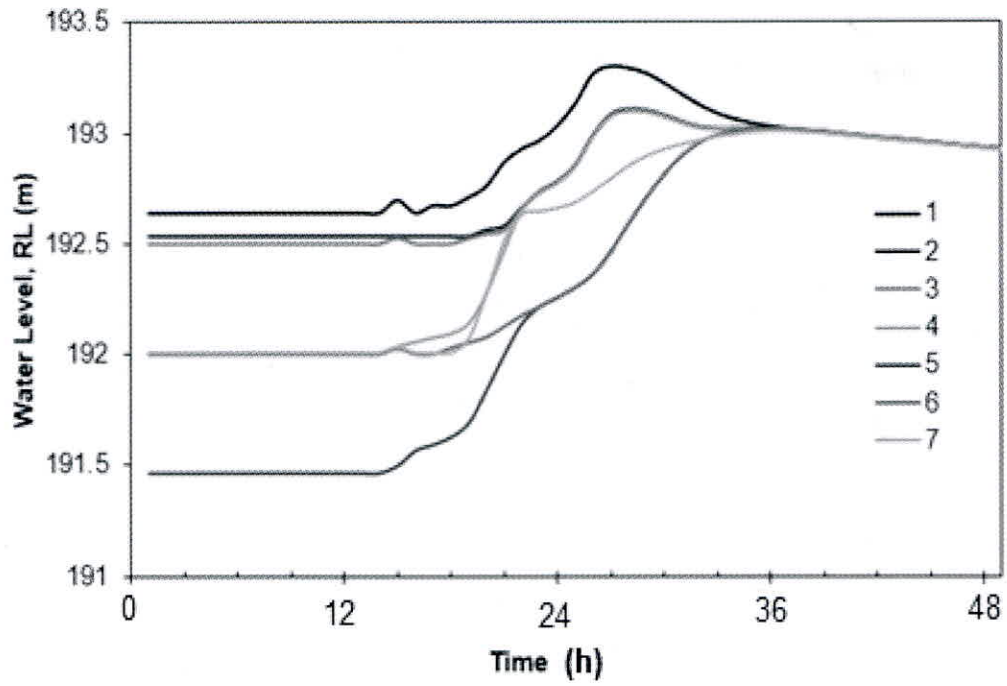
चित्र 7. विभिन्न वापसी अवधि के लिए 1 दिन वर्षा के कारण अभिकल्प बाढ़ जलालेख

#### 4.3 बाढ़ आप्लावन निदर्शन:

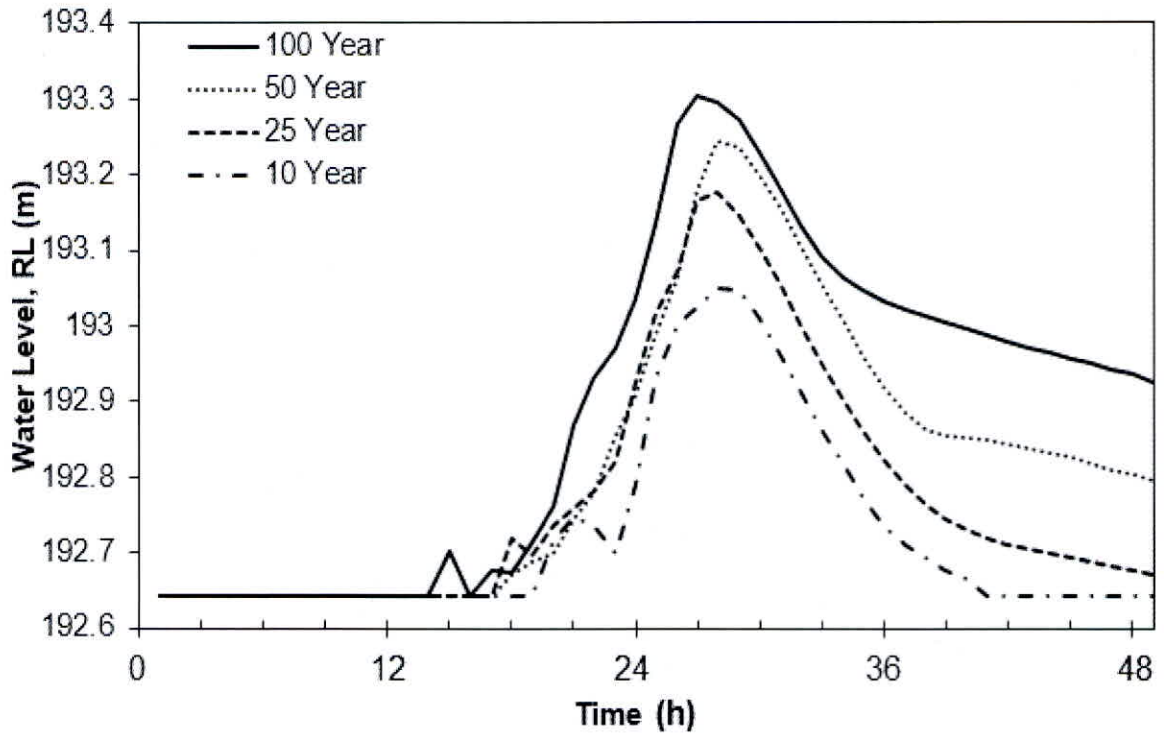
विभिन्न वापसी अवधि की स्थानीय वर्षा के प्रभाव तथा निकासियों में सापेक्ष प्रवाह का अध्ययन करने के लिए MIKE 11 सेटअप को MIKE 21 सेटअप के साथ युग्मित किया गया। MIKE FLOOD अनुकार के लिए 5 मी ग्रिड आधार पर प्लांट क्षेत्र की बैथीमीटरी तैयार की गयी। विभिन्न वापसी अवधि के आवाह क्षेत्र में स्थानीय वर्षा तथा निकासियों में अधिक प्रवाह के संयुक्त प्रभाव के कारण प्लांट क्षेत्र में बाढ़ मान तथा बाढ़ जल गहराई को चित्र 8 में दर्शाया गया है। यह प्रेक्षित किया गया कि सभी अनुभागों में निकासियों की अधिक टोपिंग है। बाढ़ गहराई की विस्तृत समय श्रेणी का विश्लेषण करने के लिये निकासी के दोनों ओर सात ग्रिड (अनुप्रस्थ चिह्न) चयनित किये गए। (चित्र 8 (a))। 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए इन ग्रिडों पर जल गहराई तथा जल स्तर चित्र 9 में दर्शाये गए हैं। यह रिकार्ड किया गया है कि अधिकांश अधिप्रवाह ग्रिड पर अधिकतम जल स्तर 193.3 मीटर पाया गया जबकि अन्य सभी मामलों में अधिकतम जल स्तर 193.1 मीटर से नीचे पाया गया। ग्रिड बिंदु 1 पर 48 घंटे अनुकार अवधि के दौरान विभिन्न वापसी अवधि के लिए जल स्तर चित्र 10 में दर्शाया गया है। यह प्रेक्षित किया गया कि ग्रिड बिंदु 1 पर 10 वर्ष वापसी अवधि के लिए अधिकतम बाढ़ गहराई 30 सेमी तथा कुल बाढ़ अवधि लगभग 12 घंटे है। 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए अधिकतम बाढ़ गहराई 30 सेमी से बढ़कर 60 सेमी हो जाती है। अधिक वापसी अवधि बाढ़ के लिए बाढ़ मात्रा तथा बाढ़ अवधि दोनों में वृद्धि होती है। अनुप्रवाह एवं अधिप्रवाह में बाढ़ कि गहराई में विविधता देखी गयी परन्तु बाढ़ अवधि समान पायी गयी।

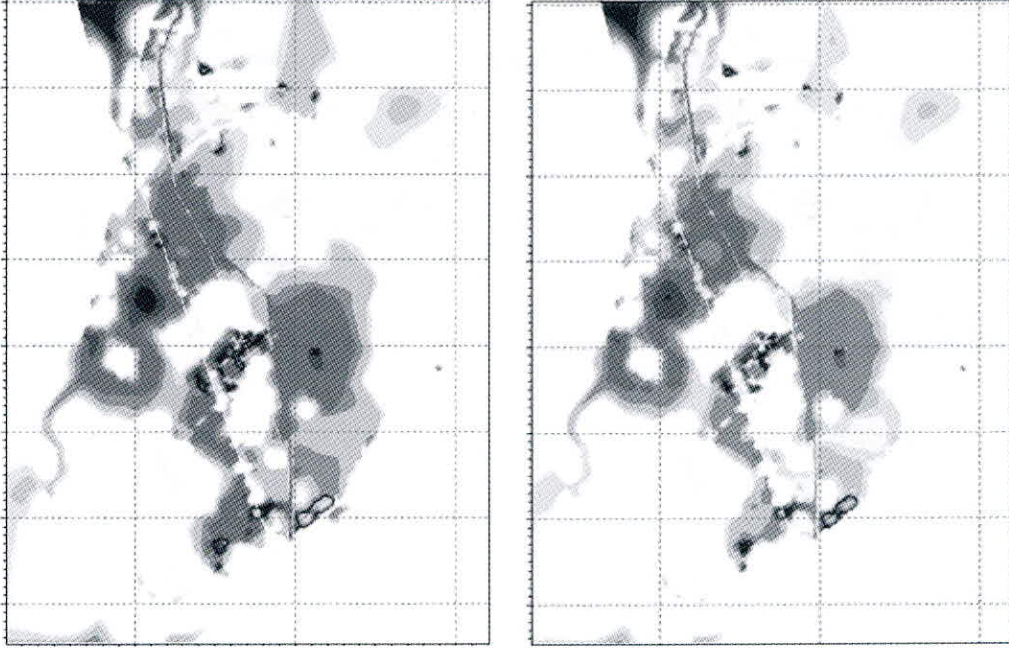


चित्र 8. विभिन्न वापसी की अवधि वर्षा के कारण बाढ़ का पानी गहराई  
(क) 100 साल (ख) 50 साल, (ग) 25 साल (घ) 10 साल



चित्र 9. 100 साल वापसी की अवधि बाढ़ के लिए चयनित सात ग्रिड में पानी का स्तर





चित्र 10. 10, 25, 50 और 100 साल वापसी की अवधि बाढ़ के लिए ग्रिड 1 में जल का स्तर

## 5. निष्कर्ष

उत्तरी भारत में प्रस्तावित औद्योगिक स्थल के लिए विभिन्न वापसी अवधि के लिए आवाह क्षेत्र, वर्षा तथा निकासियों में अतिप्रवाह के कारण बाढ़ का अध्ययन किया गया। विभिन्न वापसी अवधि के लिए 1-दिवसीय अधिकतम वर्षा का आंकलन करने के लिए L-मूमेंट्स उपागम का उपयोग करते हुए क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण किये गए। घड़ी घंटा सुधार का अनुप्रयोग करने के पश्चात 2, 10, 25, 50 और 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए 24 h अधिकतम क्षेत्रीय वर्षा क्रमशः 9.83 सेमी, 18.45 सेमी, 23.82 सेमी, 28.35 सेमी तथा 33.35 सेमी पायी गयी। GPS बिंदु, 0.5 मीटर अंतराल कंटूर मानचित्र तथा स्तर एवं भारतीय सर्वेक्षण विभाग कि टोपोशीट से अध्ययन क्षेत्र का DEM तैयार किया गया। अध्ययन क्षेत्र के आवाह क्षेत्र अभिलक्षणों से कृत्रिम एकक जलालेख की व्युत्पत्ति की गयी तथा 10, 25, 50 और 100 साल अवधि के लिए बाढ़ जलालेखो को गणना कि गयी। निकासी तंत्र का यथार्थ प्रतिनिरूपण प्राप्त करने के लिए 100 मी के अंतराल के साथ MIKE 11 में निकासी तंत्र से प्रवाह को निदर्शित किया गया। प्लांट स्थल के चारो और 5 मीटर ग्रिड आकार पर DEM से MIKE 21 में बाढ़ मैदानी क्षेत्र की बैथीमीटरी तैयार की गयी। प्रस्तावित औद्योगिक स्थल में स्थानीय आवाह क्षेत्र में वर्षा को भी MIKE 21 में निदर्शित किया गया। स्थानीय वर्षा तथा निकासी तंत्र से स्पिल को MIKE FLOOD में अनुकारित किया गया तथा उसके सापेक्ष बाढ़ आप्लावन मानचित्र तैयार किये गए। यह प्रेक्षित किया गया कि सभी अनुभागों में निकासियो में अति प्रवाह है। निकासी के दोनों तरफ सात ग्रिड बिन्दुओं पर बाढ़ जल गहराई के समय श्रेणी के विस्तृत विश्लेषण किये गए। यह रिकॉर्ड किया गया कि अधिकाँश अधिप्रवाह ग्रिड पर अधिकतम जल स्तर 193.3 मीटर पाया गया जबकि अन्य सभी मामलों में अधिकतम जल स्तर 193.1 मीटर से नीचे पाया गया। ग्रिड बिंदु 1 पर 48 घंटे अनुकार अवधि के दौरान विभिन्न वापसी अवधि के लिए जल स्तर चित्र 10 में दर्शाया गया है। यह प्रेक्षित किया गया कि ग्रिड बिंदु 1 पर 10 वर्ष वापसी अवधि के लिए अधिकतम बाढ़ गहराई 30 सेमी तथा कुल बाढ़ अवधि लगभग 12 घंटे है। 100 वर्ष वापसी अवधि के लिए अधिकतम बाढ़ गहराई 30 सेमी से बढ़कर 60 सेमी हो जाती है। अधिक वापसी अवधि बाढ़ के लिए बाढ़ मात्रा तथा बाढ़ अवधि दोनों में वृद्धि होती है। यद्यपि अनुप्रवाह एवं अधिप्रवाह में बाढ़ कि गहराई में विविधता देखी गयी परन्तु बाढ़ अवधि समान पायी गयी। इन गणना किये गए प्राचलों जैसे कि बाढ़ मात्रा, गहराई, स्तर, अवधि एवं अधिकतम प्रवाह वेग का उपयोग औद्योगिक स्थल को बाढ़ आपदा से सुरक्षा प्रदान करने के लिए सुरक्षित स्तर का अभिकल्प करने में किया गया।

## संदर्भ

- अबोट, एमबी और लोनेस्कू एफ (1967): नजदीकी क्षैतिज प्रवाह की संख्यात्मक गणना पर। *जर्नल ऑफ हाइड्रोलिक रिसर्च* 5:2, pp 97–117.
- बेट्स, पी.डी. और डी रू, ए पी जे (2000): बाढ़ मैदानी आप्लावन के लिए एक सरल रास्टर आधारित मॉडल, *जर्नल ऑफ हाइड्रोलोजी*, 236, pp 54–77।
- चेन जे, हिल, ए.ए. और अरबेनों, L.D. (2009): शहरी बाढ़ आप्लावन के लिए एक जीआईएस आधारित मॉडल, *जर्नल ऑफ हाइड्रोलोजी*, 373 (1–2), pp184–192। <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.04.021>।
- सीडब्ल्यूसी (1984): ऊपरी भारत-गंगा के मैदानों (सबजोन-1E) के लिए बाढ़ की आंकलन रिपोर्ट। केन्द्रीय जल आयोग। नई दिल्ली, भारत
- सीडब्ल्यूसी (2001): बाढ़ डिजाइन के आंकलन पर मैनुअल। जल विज्ञान अध्ययन संगठन। केन्द्रीय जल आयोग, नई दिल्ली, भारत।
- डीएचआई (2004): संदर्भ मैनुअल: नदियों और चैनलों के लिए एक मॉडलिंग प्रणाली। डीएचआई जल एवं पर्यावरण, डेनमार्क।
- अर्नस्ट, जे, डेविस, बी.जे., डिट्रेमब्लर, एस, अरचमबेऔ, पी, एरपीकम, एस और पिरोटटोन, (2010) एम: विस्तृत 2 डी हाइड्रोलिक मॉडलिंग और उच्च संकल्प भौगोलिक डेटा पर आधारित सूक्ष्म पैमाने पर बाढ़ जोखिम विश्लेषण, 55, pp. 181–209.
- होसकिंग, जे.आर.एम, और वालिस, जे.आर. (1997): क्षेत्रीय आवृत्ति विश्लेषण—एल—मूमेंट्स आधारित एक दृष्टिकोण, कैम्ब्रिज यूनिवर्सिटी प्रेस, न्यूयॉर्क।
- हंटर, एन.एम.ए. बेट्स, पी.डी., होर्रिट्ट, एम.एस. और विल्सन, एमडी (2007): बाढ़ की भविष्यवाणी करने के लिए सरल स्थानिक वितरित मॉडल: एक समीक्षा, भू-आकृति विज्ञान, 90, pp 208–225.
- किम, बी, सैंडर्स, बी.एफ, श्चुबर्ट, जे.ई और फमिग्लिएट्टी, जे.एस (2014): एक गोडूनोव आधारित प्रवाह सॉल्वर के साथ बाढ़ के 2 डी हाइड्रोडायनैमिक मॉडलिंग में टाइप ट्रेडऑफ़्स, जल संसाधन, 68, pp 42–61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.02.013>
- कुमार, आर, और चटर्जी, सी (2005): भारत के उत्तर ब्रह्मपुत्र क्षेत्र के लिए एल मूमेंट्स का उपयोग करते हुए क्षेत्रीय बाढ़ आवृत्ति विश्लेषण। *जर्नल ऑफ हाइड्रोलॉजिक इंजीनियरींग, सिविल इंजीनियर्स की अमेरिकन सोसायटी*, 10: 1, pp. 1–7.
- मणि, पी., चटर्जी, सी. और कुमार, आर. (2014): युग्मित -1 डी और 2 डी हाइड्रोडायनामिक प्रवाह मॉडल से व्युत्पन्न मल्टीपैरामीटर दृष्टिकोण के साथ बाढ़ जोखिम आंकलन। 70 (2), pp 1553–1574.
- मार्क, ओ. वीसाकुल, एस.अपीरुमानेकुल, सी.ए अरुनेट, एस.बी. और जोर्जर्विक, एस (2004): शहरी बाढ़ के 1-D निदर्शन की शक्ति एवं सीमाएं, *जर्नल ऑफ हाइड्रोलोजी*, 299: 3–4, pp 284–299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.014>।
- नील, जे, शुमान, जी और बेट्स पी (2012): बड़े और डेटा विरल क्षेत्रों में नदी हाइड्रोलिक्स और बाढ़ मैदानी आप्लावन के अनुकार के लिए एक उप ग्रीड चैनल मॉडल, जल संसाधन, 48:11, pp W11506. <http://dx.doi.org/10.1029/2012WR012514>
- रुगों, एम और ओलेसन, के.डब्लू (2003): संयुक्त 1-और 2-आयामी बाढ़ मॉडलिंग, चौथा ईरानी हाइड्रोलिक सम्मेलन, 21–23 अक्टूबर, शिराज, ईरान।