"जल संसाधन के क्षेत्र में भावी चुनौतियाँ"
विषय पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
16-17 दिसम्बर, 2003, रुड़की (उत्तरांचल)

अन्त:स्यंदन निदर्शों का विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर अनुप्रयोग और उनका तुलनात्मक अध्ययन

जयवीर त्यागी सुरेन्द्र कुमार मिश्र राजेश कुमार नेमा
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
रुड़की

सारांश

इस प्रपत्र में 14 प्रख्यात, निर्दिष्ट अन्त:स्यंदन निदर्शों, जिनमें कुछ भौतिक रूप से, कुछ अर्द्ध अनुभाविक तथा कुछ पूर्णतया अनुभवों पर आधारित हैं, को तुलनात्मक अध्ययन के लिए चुना गया है। मोटी रेत से बारीक रेत दोमट मिट्टी की सीमा में, क्षेत्रीय और प्रयोगशाला में लिए गये ऑकड़ों के 243 सेट पर निदर्शों का अनुप्रयोग किया गया है तथा नेश और सटक्लिफ (1970) दक्षता के उपयोग द्वारा निदर्शों का आंकलन करते हुए तुलना की गई है। अर्द्ध अनुभाविक सिंह-यू (1990) साधारण निदर्श, होल्टन निदर्श और हार्टन निदर्श को संबंधित मानक स्केल पर 10 में से क्रमश: 6.52, 6.57 और 5.48 मान प्राप्त हुये हैं। अनुभाविक निदर्श हुग्गीन्स और मोन्की, परिमार्जित कोस्टीयकोव तथा कोस्टीयकोव निदर्शों को क्रमश: 5.57, 5.30 और 5.22 मान प्राप्त हुये हैं। अन्य सभी निदर्शों को उपरोक्त निदेर्शों से कम श्रेणी में रखा गया है। रोर्बटस् डेले लोमी (Loamy) रेत को छोड़कर जर्जिया बालु मृदाओं पर क्षेत्रीय परिक्षणों पर साधारणतया सभी निदर्शों का अनुप्रयोग संतोषजनक नहीं पाया गया।

1. प्रस्तावना :

सिंचाई और कृषि में अन्त:स्यंदन के महत्वपूर्ण स्थान तथा भू-सतह और सतही जलविज्ञान में इसके मौलिक प्रभाव के कारण मृदा और जल वैज्ञानिकों का ध्यान इस ओर आकर्षित हुआ है। इसी कारण अन्त:स्यंदन की गणना के लिए अनेक निदर्शों का विकास संभव हुआ। अन्त:स्यंदन निदर्शों को साधारणत: तीन भागों में वर्गीक्रत किया गया है (मिश्र और अन्य 1990) : (1) भौतिक आधारित, (2) अर्द्ध अनुभाविक और (3) अनुभाविक निर्देश। भौतिक आधारित निदर्श मुख्यत: द्रव्यमान संरक्षण नियम और डार्सी नियम पर बनायें गये हैं। इस प्रकार के निदर्शों में ग्रीन अमप्ट (1911), मेन और लार्सन (1971), स्मिथ (1972), मेन और लार्सन (1973), स्मिथ और पार्लेन्ज (1978), फिलिप (1957, 1969) आदि आते हैं। अर्द्ध अनुभाविक निदर्श, सतत् समीकरण और अन्त:स्यंदन दर संचयी संबंधों को साधारण रूप में प्रयोग करते हैं। जलविज्ञान में उपयोग में लायी जाने वाली तंत्र विधि पर आधारित इन निदर्शों को आनुभाविक और भौतिक आधारित निदर्शों के मध्य रखा जा सकता है। अर्द्ध आनुभाविक निदर्शों में सिंह और यू (1990), ग्रिगोर्जेव

और ईरिट्ज (1991), हार्टन (1938), होल्टन (1961), ओवरटोन (1964) आदि आते है। क्षेत्र से या प्रयोगशाला परिक्षणों से प्राप्त आंकड़ों के आधार पर अनुभाविक निदर्शों की उत्पत्ति होती है। इस प्रकार के निदर्शों के मुख्य उदाहरण - एस.सी.एस.-सी.एन., कोस्टीयकोव (1932), परिमार्जित कोस्टीयकोव (स्मिथ 1972), कोलिस-जार्ज (1977), हुग्गीन्स और मोन्की (1966) आदि है।

उपरोक्त अन्त:स्यंदन निदर्शों की बहुलता के बावजूद इनकी विश्व के आकड़ों पर उपयोगिता अभी तक सुनिश्चित नहीं है। अत: कौनसा निदर्श अच्छा है और किन परिस्थितियों में खराब, कहना काफी कठिन है। इस क्षेत्र में कार्य करते हुए अनेकों अनुसंधानकत्ताओं ने महत्वपूर्ण योगदान प्रदान किया है। इनमें स्वर्टजेन्ड्राबर व यंग (1974), राबल्स और अन्य (1976), गिफार्ड (1976), इन्नेस (1980), विल्सन और अन्य (1982), सिंह और अन्य (1992) का कार्य विशेष रूप से उल्लेखनीय है। इनके अध्ययन से पता चलता है कि मात्र दो से चार अन्त:स्यंदन निदर्शों का ही प्रयोगशाला या क्षेत्रीय परिक्षणों के उपयोग द्वारा तुलनात्मक अध्ययन किया गया, जिनके परिणाम भी मिले-जुले प्राप्त हुए। इनके अतिरिक्त, इनसे यह भी सुनिश्चित नहीं होता कि कौनसा निदर्श किन परिस्थितियों में उपयुक्त है। प्रयोगशाला और क्षेत्रीय परिक्षणों के लिए निदर्श अलग-अलग परिणाम दर्शाते हैं। इस प्रपत्र का मुख्य उद्देश्य 14 प्रख्यात अन्त:स्यंदन निदर्शों का आंकलन करना और विभिन्न मृदाओं के लिए एकत्रित प्रयोगशाला एवं क्षेत्रीय आकंड़ों पर अनुप्रयोग कर इनकी तुलना करना है।

2. अन्त:स्यंदन निदर्श :

चुने गये 14 अन्त:स्यंदन निदर्शों का संक्षिप्त विवरण निम्न प्रकार है :

2.1 फिलिप निदर्श :

अन्त:स्यंदन गणना के लिए फिलिप (1957, 1969) ने निम्न निदर्श प्रस्तुत किया :

$$f = st^{-1/2} + c \qquad (1)$$

जहाँ f अन्त:स्यंदन दर तथा s और c आद्रताक्षरण (Moisture diffusivity) और आद्रता धारण गुणों पर आधारित घटक है। लम्बे समयान्तराल पश्चात f लगभग स्थिर हो जाता है और साधारणतह संतृप्त जलीय चालकता k_s के बराबर हो जाता है। किन्तु फिलिप ने इस समानता को वास्तव में नहीं पाया। अपितु घटक c को 1/2 से 3/4 k_s तक परिवर्तनीय पाया। सामान्यतह इन घटकों के अनुमान गणितीय आंकलन के आधार पर निश्चित किये जाते हैं।

2.2 ग्रीन-अमप्ट निदर्श :

ग्रीन और अमप्ट (1911) ने मृदा को क्षेत्रफल, दिशा और आकार में असमान छोटी-छोटी केशीय नलियों का समूह मानते हुये एक निदर्श प्रस्तुत किया। इसमें मृदा को एक समान गुणों

वाली, एक समान प्रारंभिक आद्रता के साथ गहरी मृदा और भरी हुई सतह मानते हुए निम्न समीकरण दिया :

$$f = A\left[1 + \frac{B(H_c + H)}{F}\right] \qquad (2)$$

जहाँ A और B मृदा गुणों पर आधारित घटक है, H_c अर्द्ध तल पर केशीय विभव है, H सतह पर जल शीर्ष तथा F संचयी अन्त:स्यंदन है। ग्रीन-अमप्ट निदर्श पर वृहद साहित्य उपलब्ध है, किन्तु क्षेत्रीय अनुप्रयोग में इस निदर्श के घटकों के आंकलन आनुभाविक समायोजन से ही प्राप्त किये जाते हैं।

2.3 स्मिथ-पॉर्लेन्ज रेखीय निदर्श :

स्मिथ और पॉर्लेन्ज (1978) ने निम्न अन्त:स्यंदन निदर्श प्राप्त किया :

$$f = k_s\left[\frac{c}{k_s F} + 1\right] \qquad (3)$$

जहाँ k_s संतृप्त जलीय चालकता और c एक घटक है जोकि मृदा शोषकांक से संबन्धित है और यह मृदा की प्रारंभिक आद्रता तथा वर्षा तीव्रता की मात्रा और इसके व्यवहार के साथ परिवर्तित होता है। घटक c और k_s को आलेखन द्वारा या अन्त:स्यंदन आंकड़ों के उपयोग द्वारा पुन: पूर्ण करके ज्ञात किया जा सकता है। क्षेत्रीय परिक्षणों से घटकों का आंकलन सामान्यत: किया जाता है।

2.4 स्मिथ-पॉर्लेन्ज अरेखीय निदर्श :

स्मिथ और पॉर्लेन्ज (1978) के अरेखीय अन्त:स्यंदन निदर्श को निम्न प्रकार व्यक्त किया जाता है :

$$f = k_s \frac{e^{(Fk_s/c)}}{e^{(Fk_s/c)} - 1} \qquad (4)$$

जहाँ c को समीकरण 3 की तरह ही लिखा गया है, k_s और c को मृदा के भौतिक गुणों से निकाला जा सकता है। हालांकि प्रायोगिक परिक्षणों में, घटक का आंकलन अनुभाविक संयोजन करके निकाला जाता है।

2.5 सिह-यू निदर्श :

सिंह और यू (1990) ने दो परिकल्पनाओं पर आधारित एक निदर्श प्रस्तुत किया :

(1) अन्तिम अन्त:स्यंदन दर से अतिरिक्त अन्त:स्यंदन दर उस समय पर मृदा में उपलब्ध भराव जगह के घातांक के समानुपाती होती है।

(2) अतिरिक्त अन्त:स्यंदन दर उसी समय के संचयी अन्त:स्यंदन के n घातांक के व्युत्क्रमानुपाति होती है। इस परिकल्पना को गणितीय रूप में निम्न तरह लिखते हैं :

$$f(t) = f_c + \frac{a[s(t)]^m}{[s_0 - s(t)]^n} \qquad (5)$$

जहाँ $f(t) = t$ समय पर अन्त:स्यंदन दर (LT^{-1}) है, f_c = अन्तिम अन्त:स्यंदन दर, $(f\text{-}f_c)$ = अतिरिक्त अन्त:स्यंदन दर, $S(t)$ समय t समय पर मृदा स्तम्भ में जलधारण के लिए उपलब्ध भराव जगह, S_0 = मृदा स्तम्भ में आद्रता धारण के लिए उपलब्ध सामान्य प्रारंभिक भराव जगह और a, m, n क्रमश: $S(t)$ और $(S_0\text{-}S(t))$ के गुणांक और घातांक हैं। संचयी अन्त:स्यंदन $F = S_0\text{-}S(t)$ है। घटक $f_{(c)}$ और S_0 को उपलब्ध अन्त:स्यंदन आंकड़ों और मृदा गुणों से निकाला जाता है, जैसे मृदा छिद्रता ϕ और प्रारंभिक आद्रता सूचकांक θ_0; और अन्यं घटक a, m, n को सूक्ष्मतम वर्ग विधि के द्वारा गणना करके निकालते हैं। सिंह-यू निदर्श एक सामान्य निदर्श है और इससे होल्टन (1961), हार्टन (1938), कोरटीयकोव (1932), आधुनिक कोस्टीयकोव, ओवरटोन (1964), ग्रीन-अमप्ट (1911) और फिलिप (1969) निदर्शों को प्राप्त किया जा सकता है।

2.6 मिश्र-सिंह निदर्श :

संचयी अवक्षेपण को समय के साथ रेखीय परिवर्तन (या स्थिर वर्षा तीव्रता) मानकर प्रख्यात एस.सी.एस.-सी.एन. विधि को हार्टन विधि के रूप में व्यक्त कर, मिश्र (1998) और मिश्र-सिंह (2002) ने निम्न अन्त:स्यंदन समीकरण प्रस्तुत किया :

$$f = f_c + \frac{Sk}{(1+Kt)^2} \qquad (6)$$

जहाँ S = एस.सी.एस.-सी.एन. निदर्श का अधिकतम सामान्य धारण घटक है, जोकि सिंह-यू (1990) के सामान्य निदर्श के घटक S_0 के समान है, और k = हार्टन निदर्श का क्षरण गुणांक माना गया है। k, S और f_c को समीकरण (6) से प्रेक्षित अन्त:स्यंदन आंकड़ों के यथार्थ संयोजन द्वारा ज्ञात कर सकते हैं।

2.7 स्मिथ निदर्श :

एक समान वर्षा की मान्यता के अर्न्तगत, स्मिथ (1972) ने अन्त:स्यंदन निदर्श को निम्न प्रकार से बताया :

$$f = f_c + A(t - t_0)^{-b} \qquad (7)$$

जहाँ t_0 = अपवाह शुरु होने पर प्रारंभिक समय और A एवं b मृदा प्रकार, प्रारंभिक आद्रता और वर्षा दर पर आधारित घटक है।

2.8 हार्टन निदर्श :

हार्टन (1938) ने निम्न अन्त:स्यंदन समीकरण प्रस्तुत किया :

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \qquad (8)$$

जहाँ $f_c = f$ का स्थिर मान, $f_0 = f$ का $t = 0$ पर मान और $k =$ अन्त:स्यंदन क्षरण गुणांक है। समीकरण (8) को इस आधार पर निकाला गया है कि वर्षाकाल मं अन्त:स्यंदन क्षमता में कमी अन्त:स्यंदन दर के समानुपाती होती है और यह प्रभावी वर्षा के तीव्रता के f_c से अधिक होने की स्थिति में ही मान्य है (लिन्सले और अन्य, 1975)। क्षेत्रीय अनुप्रयोग के लिए आनुभाविक संयोजन द्वारा निदर्श के घटकों को सामान्यतया निर्धारित करते है।

2.9 होल्टन निदर्श :

निकलते भराव की मान्यता के अनुसार होल्टन (1961) ने अन्त:स्यंदन समीकरण को निम्न तरह प्रस्तुत किया :

$$f = f_c + a(S_0 - F)^n \qquad (9)$$

जहाँ a और n मृदा प्रकार, सतही और फसल की दशाओं पर आधारित गुणांक है और S_0 (कुद छिद्रता, ϕ -पूर्ववर्ती मृदा आद्रता θ_0) अपारगम्य परत के ऊपर के मृदा स्तम्भ की भराव क्षमता है। (S_0-F) संभाव्य अंत स्यंदन क्षमता को दर्शाती है। अन्य निदर्शों की तरह ही इस निदर्श के घटकों को आनुभाविक संयोजन द्वारा प्राप्त कर सकते हैं।

2.10 ओवरटोन निदर्श :

होल्टन निदर्श में $n = 2$ रखते हुए ओवरटोन (1964) ने अन्त:स्यंदन निदर्श समीकरण निम्न तरह दिया :

$$f = f_c \mathrm{Sec}^2\left[(af_c)^{1/2}(t_c - t)\right] \qquad (10)$$

जहाँ a एक स्थिरांक है जोकि पूर्ववर्ती मृदा आद्रता के साथ परिवर्तनीय है और घटक t_c एक समय घटक है। अन्त:स्यंदन क्षमता से कम वर्षा वाले समय में या वर्षा में क्षणिक रूकावट होने पर भी समीकरण (10) से वृष्टि के दौरान किसी समय पर अन्त:स्यंदन दर की गणना संभव है।

2.11 कोस्टीयकोव निदर्श :

कोस्टीयकोव ने अन्त:स्यंदन निदर्श का निम्न स्वरूप दिया :

$$f = at^b \tag{11}$$

जहाँ a और b स्थिरांक है (0<b<1)। समीकरण (11) को अवकलित करने पर रोड़े (1965) f को निम्न तरह लिखते हैं :

$$f = \alpha(t)^{-\beta} \tag{12}$$

जहाँ $\alpha = ab$ और $\beta = 1-b$ है। समीकरण (11) और (12), $t \neq 0$ पर ही मान्य है। समीकरण (12) एक सरल समीकरण है और सामान्यतह सिंचाई अनुप्रयोगों में उपयोग होता है मेड़मेन्ट (1993)। घटक α और β को प्रयोगों द्वारा प्राप्त करते है।

2.12 कोस्टीयकोव का परिमार्जित निदर्श :

कोस्टीयकोव समीकरण (12) को स्मिथ (1972) ने f_c को शामिल करने के लिए परिमार्जित किया :

$$f = f_c + \alpha(t)^{-\beta} \tag{13}$$

जहाँ α और β उपरोक्तानुसार ही है।

2.13 हुग्गीन्स-मोन्की निदर्श :

होल्टन निदर्श में छिद्रता के समावेश द्वारा, हुग्गीन्स-मोन्की (1966) ने एक अन्त:स्यंदन निदर्श निम्न प्रकार दिया :

$$f = f_c + \frac{a(S_0 - F)^n}{\phi^m} \tag{14}$$

जहाँ S_0 और ϕ होल्टन निदर्श के घटक है और a निदर्श का एक अन्य घटक है, जोकि मृदा प्रकार, सतही और फसलों की दशाओं पर आधारित है। यहाँ पर ध्यान देने योग्य है कि दी गई मृदा पर्त के लिए ϕ एक स्थिरांक और m एक निदर्श घटक है। इसलिए a/ϕ^m भी एक स्थिरांक होगा जोकि होल्टन निदर्श का आधार है। चूँकि S_0 की विमा लम्बाई है। अत: इसे अविमीय संख्या के बराबर नहीं रख सकते, जैसे $(\phi - \theta_0)$। अपितु मूल मान्यतानुसार यह अपारगम्य

मृदा पर्त के ऊपर मृदा स्तम्भ से $(\phi - \theta_0)$ के गुणनफल के बराबर होगी। निदर्श के घटकों को परिक्षणों द्वारा ज्ञात किया जाता है।

2.14 कोलिस-जार्ज निदर्श :

कोलिस और जार्ज (1977) ने पाया कि ग्रीन और अमप्ट निदर्श साधारण मृदाओं के लम्बें समय पर प्रेक्षित आँकड़ों का ठीक अनुकरण नहीं करता है। अत: उन्होंने सभी समयों पर अच्छे कार्य के लिए एक निदर्श प्रस्तावित किया -

$$f = f_c + \frac{0.5 i_0 \left[1 - \tanh(t/t_c)^2\right]}{\tanh(t/t_c)^{0.5}} \qquad (15)$$

जहाँ $i_0 = S(t_c)^{1/2}$ और t_c एक समय घटक है। निदर्श के घटकों को मृदा गुणों के परिक्षणों द्वारा ज्ञात किया जाता है।

3. अनुप्रयोग :

3.1 अन्त:स्यंदन आँकड़े :

इस अध्ययन में प्रयुक्त आँकड़ों को सारणी-1 में दर्शाया गया है। इन आँकड़ों को भारत और संयुक्त राज्य अमेरिका के क्षेत्रीय और प्रयोगशाला में किए गए अन्त:स्यंदन परिक्षणों से प्राप्त किया गया है। प्रथम पाँच मृदाओं के लिए अन्त:स्यंदन आँकड़ों को मैन और लार्सन (1971) द्वारा किये गये अनेकों प्रयोगशाला परिक्षणों से निकाला गया है। क्रम संख्या 6 से 17 के आंकड़े संयुक्त राज्य के जार्जिया समुद्री क्षेत्र के टिफान क्षेत्र से संबंधित हैं। इन परिक्षणों को विशेष तौर पर दक्षिण-मध्य जार्जिया के निकट छोटी नदी के परीक्षण अपवाह क्षेत्र पर किया गया था। इन आंकड़ों को संयुक्त राज्य कृषि विभाग (USDA) के कृषि अनुसंधान सेवा (ए.आर.एस., 1976) द्वारा प्रकाशित किया गया है।

भारत में अन्त:स्यंदन परिक्षणों को दो अपवाह क्षेत्र में किया गया था। (अ) मध्य प्रदेश की शेर नदी का अपवाह क्षेत्र और (ब) आसाम और मेघालय के दुधनाई अपवाह क्षेत्र। मध्य प्रदेश के नरसिंहपुर जिले में किये गये परिक्षण के आंकड़ों को राय और सिंह (1995) द्वारा प्रकाशित किया गया। दुधनाई अपवाह क्षेत्र की मृदाओं के लिये अन्त:स्यंदन आंकड़े कुमार और अन्य (1995) ने प्रकाशित किये। अनेक मृदाओं के लिए उपयोग किये गये उपनाम सारणी-1 में दिखाये गये है।

3.2 घटकों का आकलन :

उपरोक्त उल्लेखित निदर्शों के घटकों का आकलन करने के लिए अरेखिये मारकारट प्रमेय के सुक्ष्म वर्ग से संख्यकीय विश्लेषण तंत्र (एस.ए.एस., 1988) का उपयोग किया गया तथा प्रत्येक

अन्त:स्यंदन आंकड़ा सेट के लिये घटकों को आंकलन किया गया। कुछ चुने हुए निदर्शों के घटकों का न्यूनतम, अधिकतम और औसत मानों का आंकलन सारणी-2 में दर्शाया गया है।

3.3 दक्षता आंकलन :

निदशों की दक्षता के आंकलन के लिये बहुत से सांख्यकीय मापें उपलब्ध है, जैसे सहसंबंध गुणांक, सापेक्षिक त्रुटि, मानक त्रुटि, आयतनिक त्रुटि, दक्षता गुणांक आदि। नैश और सट्क्लिफ (1970) का दक्षता माप अत्यधिक प्रचलित एवं मान्य है। इस अध्ययन में इसी का उपयोग किया गया है। यह दक्षता निर्धारण गुणांक के समान है जिसे प्रतिशत में निम्न तरह से व्यक्त करते हैं –

$$\text{दक्षता } (\%) = \left(1 - D_1 / D_0\right) \times 100 \qquad (16)$$

जहाँ D_1 प्रेक्षित और गणतीय आंकड़ों के मध्य विचलन के वर्गों का योग हैं और D_0 प्रेक्षित आंकड़ों का उनके माध्य के सापेक्ष विचलन के वर्गों का योग है। पैमाने पर दक्षता 0 से 100 तक परिवर्तनीय है। निदर्श की दक्षता आंकलन में, प्रत्येक मृदा परिक्षणों पर उपरोक्त 14 निदर्शों द्वारा अन्त:स्यंदन की गणना की गयी है और दक्षता मान ज्ञात किया गया है। किसी मृदा के लिये समस्त दक्षताओं के औसत मापों को उस मृदा के लिए निदर्श की योग्यता का आधार बनाया गया है।

सारणी 1 : अन्त:स्यंदन आंकड़े

क्रम सं०	मृदा	क्षेत्र	देश	परीक्षणों की सं०	K_s (सेमी/ सै०)	छिद्रता	जलीय वर्ग	संदर्भ
1	मैदान क्षेत्र बालू (PFS) (वितरित नमूना)	मिन्नेसोटा	यू.एस.ए	12	3.44×10^{-3}	0.477		ब्लैक और अन्य (1969)
2	कोलम्बिया रेतिली लोम (CSL) (वितरित नमूना)	मिन्नेसोटा	यू.एस.ए	36	1.39×10^{-3}	0.518		लालीबर्ट और अन्य (1966)
3	गुल्फ लोम (GL) (शुष्क, छनी हुई)	मिन्नेसोटा	यू.एस.ए	12	3.67×10^{-4}	0.523		एलरिक और बोमैन (1964)
4	इडा सिल्टलोम (ISL) (वगैर वितरण का नमूना)	मिन्नेसोटा	यू.एस.ए	42	2.92×10^{-5}	0.53		ग्रीन (1962)
5	योलो लाईट क्ले (YLC) (वितरित नमूना)	मिन्नेसोटा	यू.एस.ए	12	1.23×10^{-5}	0.499		मूरे (1939)
6	अल्पाहा लोमी बालू (ALS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			D	ए.आर.एस.(1976)
7	कर्नेगी बालू लोम (CASL)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			C	ए.आर.एस.(1976)
8	कोर्वटस लोमी बालू (COWLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	20			C	ए.आर.एस.(1976)
9	डोथन लोमी बालू (DLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			B	ए.आर.एस.(1976)
10	फुक्वे लोमी बालू (FLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			B	ए.आर.एस.(1976)
11	फुक्वे पेबली लोमी बालू (FPLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	6			B	ए.आर.एस.(1976)
12	क्रेशवे कोंस बालू (KCS)	जार्जिया	यू.एस.ए	3			A	ए.आर.एस.(1976)
13	लिफिल्ड लोमी बालू (LLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			C	ए.आर.एस.(1976)
14	रोर्बेटस्डेले लोमी बालू (RLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			C	ए.आर.एस.(1976)
15	सिल्टसन लोमी बालू (SLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	4			B	ए.आर.एस.(1976)
16	ट्रोप बालू (TS)	जार्जिया	यू.एस.ए	12			A	ए.आर.एस.(1976)
17	टिफटोन लोमी बालू (TLS)	जार्जिया	यू.एस.ए	9			B	ए.आर.एस.(1976)
18	नरसिंहपुर क्ले (NC)	मध्य प्रदेश	भारत	24				रॉय और सिंह (1995)
19	नरसिंहपुर बालू क्ले लोम (NSCL)	मध्य प्रदेश	भारत	2				रॉय और सिंह (1995)
20	नरिसंहपुर सिल्टी क्ले (NSIC)	मध्य प्रदेश	भारत	2				रॉय और सिंह (1995)
21	दुधनई सिल्टी बालू (DUSS)	आसाम	भारत	8				कुमार और अन्य (1995)
22	दुधनई बालू लोम (DUSL)	आसाम	भारत	6				कुमार और अन्य (1995)
23	दुधनई लोमी बालू (DULS)	आसाम	भारत	9				कुमार और अन्य (1995)

सारणी 2 : विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर निदर्शों के घटकों का आंकलित मान

मृदा	मान	स्मिथ-पार्लेज (रे.)		स्मिथ-पार्लेज (अरे.)		सिंह-यू निदर्श					हॉर्टन निदर्श		
		K_s	C	K_s	C	f_c	S_o	a	m	n	f_c	f_o	k
		cm/hr	cm^2/hr	cm/hr	cm^2/hr	cm/hr	cm				cm/hr	cm/hr	1/min
PFS	न्यूनतम	7.10	26.81	12.79	33.32	10.60	5.43	3.79	0.00	0.64	10.60	44.49	0.00
	अधिकतम	20.51	65.17	26.14	65.64	22.16	8.90	40.88	1.51	1.38	22.16	140.17	1.19
	औसत	10.58	49.52	16.32	51.88	18.08	6.67	11.42	0.91	1.06	18.08	91.57	0.62
CSL	न्यूनतम	2.73	18.87	5.12	24.93	9.47	3.95	0.61	0.15	0.19	9.47	18.19	0.00
	अधिकतम	11.42	56.29	14.27	56.48	20.03	9.51	14.09	2.44	1.33	20.03	124.38	12.42
	औसत	5.17	40.38	8.27	42.04	12.16	6.62	4.83	1.25	0.92	12.16	49.95	1.09
GL	न्यूनतम	0.50	7.17	0.96	7.46	3.07	3.82	0.34	0.81	0.00	3.07	14.60	0.07
	अधिकतम	1.25	11.48	2.03	11.62	3.85	5.27	7.06	2.11	2.19	3.85	25.27	0.16
	औसत	0.96	9.22	1.66	9.37	3.33	4.37	1.81	1.40	0.93	3.33	18.38	0.11
ISL	न्यूनतम	0.00	0.08	0.00	0.08	0.06	1.54	0.04	0.00	0.05	0.06	0.27	0.00
	अधिकतम	0.08	0.43	0.14	0.41	0.21	3.20	2.38	1.12	5.30	0.21	30.43	0.97
	औसत	0.03	0.22	0.06	0.23	0.12	2.25	0.21	0.15	1.57	0.12	2.73	0.04
YLC	न्यूनतम	0.00	0.13	0.00	0.14	0.06	1.77	0.07	0.00	0.00	0.06	0.39	0.00
	अधिकतम	0.04	0.43	0.06	0.38	0.09	3.33	1.46	1.22	4.16	0.09	23.27	0.01
	औसत	0.01	0.26	0.01	0.25	0.08	2.48	0.28	0.38	1.55	0.08	5.72	0.01
ALS	न्यूनतम	0.00	3.05	0.02	2.00	0.61	2.49	0.06	0.00	1.31	0.61	12.94	0.06
	अधिकतम	4.97	9.33	5.83	9.46	5.15	14.98	7.74	0.13	8.91	5.15	163.53	0.94
	औसत	1.43	5.76	1.85	5.75	2.00	6.81	3.68	0.03	4.14	2.00	65.78	0.45
CASL	न्यूनतम	3.20	1.20	3.93	4.76	2.68	8.39	0.36	0.00	0.00	2.68	7.77	0.00
	अधिकतम	9.20	10.76	9.23	12.62	6.40	21.43	125.26	1.23	3.49	6.40	53.32	0.26
	औसत	5.64	4.81	6.19	8.21	4.79	15.01	32.20	0.45	1.24	4.79	19.87	0.09
COWLS	न्यूनतम	0.00	0.00	0.03	1.30	2.07	5.02	0.00	0.00	0.00	2.07	6.89	0.00
	अधिकतम	10.83	25.18	10.97	26.65	10.69	28.80	22.19	4.05	2.70	10.69	3150.9	326.05
	औसत	6.85	5.54	6.44	9.78	5.99	16.04	3.47	0.63	0.57	5.99	173.16	16.39
DLS	न्यूनतम	5.34	1.74	6.68	3.63	5.88	14.79	0.03	0.08	0.03	5.88	8.98	0.02
	अधिकतम	9.49	15.02	10.04	18.23	9.08	30.72	12.36	1.42	1.15	9.08	21.22	0.08
	औसत	7.68	7.30	8.39	10.66	7.38	20.14	3.22	0.83	0.40	7.38	14.12	0.04
FLS	न्यूनतम	1.36	0.72	2.27	7.28	3.26	9.75	0.83	0.00	0.00	3.26	11.38	0.01
	अधिकतम	13.22	20.80	13.60	21.23	8.08	28.03	3.03	1.33	1.85	8.08	18.79	0.09
	औसत	7.82	7.65	8.29	11.29	6.14	21.16	1.64	0.58	0.61	6.14	15.16	0.04
FPLS	न्यूनतम	5.66	0.50	5.80	3.12	5.03	12.04	0.66	0.00	0.00	5.03	7.91	0.01
	अधिकतम	9.07	3.36	9.10	5.20	8.00	32.10	15.30	0.47	1.51	8.00	37.25	0.57
	औसत	7.14	1.37	7.32	3.72	6.45	18.54	5.20	0.08	0.50	6.45	15.04	0.16
KCS	न्यूनतम	15.11	0.00	0.00	12.53	13.30	26.40	0.10	0.00	0.00	13.30	15.76	0.00
	अधिकतम	15.78	0.00	15.02	23.12	15.60	69.67	1.67	0.00	0.00	15.60	22.90	0.60
	औसत	15.43	0.00	5.01	17.22	14.49	42.99	0.73	0.00	0.00	14.49	18.63	0.24
LLS	न्यूनतम	0.00	3.39	0.09	5.99	2.19	5.99	0.10	0.08	0.13	2.19	8.28	0.00
	अधिकतम	7.68	12.38	8.44	14.70	6.00	22.23	8.00	1.10	2.44	6.00	26.92	0.16
	औसत	5.01	7.33	5.49	9.82	3.85	14.59	4.62	0.45	0.80	3.85	14.28	0.05
RLS	न्यूनतम	0.84	3.48	1.47	3.49	1.92	4.90	1.70	0.00	0.88	1.92	10.10	0.05
	अधिकतम	2.48	8.11	3.17	8.44	2.35	9.17	6.52	0.28	2.44	2.35	24.73	0.23
	औसत	1.63	5.69	2.39	5.95	2.14	7.31	4.18	0.08	1.48	2.14	15.63	0.13
SLS	न्यूनतम	0.00	5.19	0.00	7.65	2.74	7.04	0.48	0.58	0.03	2.74	9.94	0.01
	अधिकतम	9.78	22.77	10.29	21.26	7.99	31.25	2.65	1.30	1.42	7.99	26.26	0.10
	औसत	5.82	10.38	6.33	12.13	5.50	17.23	1.26	0.88	0.61	5.50	16.50	0.04
TS	न्यूनतम	0.02	0.00	0.17	1.50	1.95	3.12	0.37	0.00	0.00	1.95	7.32	0.01
	अधिकतम	10.21	26.67	10.32	30.38	9.20	20.81	906.97	1.49	12.78	9.20	109.14	0.54
	औसत	4.41	6.80	4.96	8.52	4.47	12.70	79.64	0.50	1.86	4.47	24.55	0.16
TLS	न्यूनतम	0.00	1.76	0.07	2.77	0.24	3.25	0.02	0.00	0.00	0.24	6.89	0.01
	अधिकतम	9.56	19.02	9.84	23.31	8.90	21.38	18.05	1.98	3.42	8.90	25.19	0.16
	औसत	4.48	8.87	5.08	9.27	4.30	12.22	4.01	0.62	0.96	4.30	14.10	0.06
NC	न्यूनतम	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02	1.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.64	0.02
	अधिकतम	6.68	1846.55	8.10	1725.49	14.35	109.6	76.68	6.18	7.84	14.35	224.49	0.84
	औसत	0.52	84.30	0.69	78.63	1.36	9.71	5.49	2.00	1.62	1.36	28.43	0.35

सारणी 2 क्रमशः ...

NSCL	न्यूनतम	0.43	0.10	0.51	0.12	0.25	2.05	0.19	0.56	0.00	0.25	1.68	0.72
	अधिकतम	1.92	8.11	2.37	9.06	0.25	17.60	1.64	2.59	0.20	0.25	23.58	1.49
	औसत	1.17	4.10	1.44	4.59	0.25	9.83	0.91	1.57	0.10	0.25	12.63	1.10
NSIC	न्यूनतम	0.55	0.26	0.69	0.29	0.35	3.00	0.30	0.91	0.49	0.35	2.20	0.02
	अधिकतम	10.94	75.05	13.71	89.61	11.95	33.50	1.93	0.93	0.62	11.95	1377.2	197.30
	औसत	5.74	37.65	7.20	44.95	6.15	18.25	1.11	0.92	0.56	6.15	689.73	98.66
DUSS	न्यूनतम	0.00	375.39	0.01	213.75	1.20	19.50	0.36	0.76	0.00	1.20	83.44	0.04
	अधिकतम	20.84	2121.57	31.99	2199.54	32.00	107.0	10.11	1.72	0.72	32.00	215.35	0.09
	औसत	2.60	929.21	4.73	781.83	6.50	45.35	4.13	1.26	0.27	6.50	123.69	0.06
DUSL	न्यूनतम	0.00	0.18	0.25	0.20	0.40	1.80	0.00	0.72	0.20	0.40	16.64	0.04
	अधिकतम	1.42	320.73	2.52	278.45	5.20	29.30	39.28	5.66	2.97	5.20	79.05	0.14
	औसत	0.28	162.81	0.74	134.75	2.12	18.57	10.08	1.71	1.24	2.12	53.09	0.09
DULS	न्यूनतम	0.00	55.65	0.02	63.58	0.90	11.20	0.79	0.59	0.00	0.90	78.07	0.04
	अधिकतम	0.00	3368.64	2.22	2699.40	10.50	84.10	94.37	1.52	5.66	10.50	181.45	42.04
	औसत	0.00	924.58	1.02	670.74	3.49	41.31	12.37	1.22	0.86	3.49	123.86	4.76

मृदा	मान	हाल्टन निदर्श				कास्टीयकोव नि.		परि.कास्टीयकोव निदर्श			हगिन्स-मॉन्के निदर्श			
		f_c	S_o	a	n	α	β	f_c	α	β	f_c	S_o	a/ϕ^m	n
		cm/hr	Cm					cm/hr			cm/hr	cm		
PFS	न्यूनतम	10.60	5.43	0.33	0.40	47.81	0.28	10.60	27.99	0.42	10.60	5.43	0.33	0.40
	अधिकतम	22.16	8.90	14.45	2.94	60.92	0.58	22.16	60.90	1.25	22.16	8.90	14.45	2.94
	औसत	18.08	6.67	2.12	2.09	55.18	0.48	18.08	40.37	1.01	18.08	6.67	2.12	2.09
CSL	न्यूनतम	9.47	3.95	0.17	0.50	24.19	0.00	9.47	31.62	0.61	9.47	3.95	0.17	0.50
	अधिकतम	20.03	9.51	5.00	2.76	69.54	0.68	20.03	476.46	2.32	20.03	9.51	5.00	2.76
	औसत	12.16	6.62	0.74	2.17	53.11	0.48	12.16	145.05	1.46	12.16	6.62	0.74	2.17
GL	न्यूनतम	3.07	3.82	0.13	1.87	15.14	0.44	3.07	25.85	0.77	3.07	3.82	0.06	1.87
	अधिकतम	3.85	5.27	0.53	3.68	40.22	0.61	3.85	145.38	1.81	3.85	5.27	0.53	4.05
	औसत	3.33	4.37	0.27	2.55	29.92	0.58	3.33	63.81	1.28	3.33	4.37	0.25	2.69
ISL	न्यूनतम	0.06	1.54	0.02	0.82	2.25	0.46	0.06	3.55	0.70	0.06	1.54	0.02	0.82
	अधिकतम	0.21	3.20	0.17	6.95	28.45	0.81	0.21	7365.05	1.81	0.21	3.20	0.17	6.95
	औसत	0.12	2.25	0.08	2.95	7.76	0.62	0.12	348.64	1.04	0.12	2.25	0.08	2.95
YLC	न्यूनतम	0.06	1.77	0.07	0.86	5.40	0.63	0.06	17.54	0.85	0.06	1.77	0.07	0.86
	अधिकतम	0.09	3.33	0.14	2.06	29.14	0.83	0.09	4863.40	1.69	0.09	3.33	0.14	2.06
	औसत	0.08	2.48	0.10	1.40	17.10	0.74	0.08	463.62	1.10	0.08	2.48	0.10	1.40
ALS	न्यूनतम	0.61	2.49	0.08	1.40	13.89	0.25	0.61	27.13	0.84	0.61	2.49	0.08	1.40
	अधिकतम	5.15	14.98	0.45	5.75	28.10	0.91	5.15	441.88	3.48	5.15	14.98	0.45	5.75
	औसत	2.00	6.81	0.23	2.66	20.34	0.59	2.00	145.43	1.81	2.00	6.81	0.23	2.66
CASL	न्यूनतम	2.68	8.39	0.01	0.03	9.81	0.01	2.68	7.52	0.29	2.68	8.39	0.01	0.03
	अधिकतम	6.40	21.43	2.81	2.64	16.10	0.29	6.40	63.45	1.30	6.40	21.43	2.81	2.64
	औसत	4.79	15.01	1.09	1.12	12.40	0.17	4.79	26.00	0.67	4.79	15.01	1.09	1.12
COWLS	न्यूनतम	2.07	5.02	0.00	0.00	5.88	0.00	2.07	0.80	0.00	2.07	5.02	0.00	0.00
	अधिकतम	10.69	28.80	5.16	2.58	49.28	0.64	10.69	188.86	2.09	10.69	28.80	5.16	2.58
	औसत	5.99	16.04	0.92	1.05	15.97	0.17	5.99	30.96	0.70	5.99	16.04	0.92	1.05
DLS	न्यूनतम	5.88	14.79	0.02	1.14	10.16	0.08	5.88	7.03	0.48	5.88	14.79	0.02	1.14
	अधिकतम	9.08	30.72	0.18	1.67	24.19	0.89	9.08	47.89	0.92	9.08	30.72	0.18	1.67
	औसत	7.38	20.14	0.10	1.34	16.20	0.36	7.38	21.51	0.70	7.38	20.14	0.10	1.34
FLS	न्यूनतम	3.26	9.75	0.01	0.33	14.39	0.09	3.26	11.12	0.18	3.26	9.75	0.01	0.33
	अधिकतम	8.08	28.03	2.70	2.02	41.28	0.88	8.08	85.53	1.50	8.08	28.03	2.70	2.02
	औसत	6.14	21.16	1.00	1.00	23.61	0.43	6.14	34.96	0.76	6.14	21.16	1.00	1.00
FPLS	न्यूनतम	5.03	12.04	0.10	0.00	6.07	0.00	5.03	1.52	0.00	5.03	12.04	0.10	0.00
	अधिकतम	8.00	32.10	1.56	1.03	11.30	0.12	8.00	12.74	0.85	8.00	32.10	1.56	1.03
	औसत	6.45	18.54	0.58	0.35	9.05	0.05	6.45	5.79	0.47	6.45	18.54	0.58	0.35
KCS	न्यूनतम	13.30	26.40	0.17	0.00	14.25	0.00	13.30	0.16	0.00	13.30	26.40	0.17	0.00
	अधिकतम	15.60	69.67	1.83	0.00	15.78	0.00	15.60	1.86	0.00	15.60	69.67	1.83	0.00
	औसत	14.49	42.99	0.83	0.00	15.01	0.00	14.49	0.82	0.00	14.49	42.99	0.83	0.00

सारणी 2 क्रमशः ...

LLS	न्यूनतम	2.19	5.99	0.01	0.20	10.46	0.11	2.19	11.11	0.19	2.19	5.99	0.01	0.20
	अधिकतम	6.00	22.23	4.43	4.53	34.55	0.66	6.00	126.49	1.52	6.00	22.23	4.43	4.53
	औसत	3.85	14.59	1.31	1.72	19.84	0.29	3.85	41.14	0.73	3.85	14.59	1.31	1.72
RLS	न्यूनतम	1.92	4.90	0.01	1.20	13.97	0.36	1.92	15.12	0.63	1.92	4.90	0.01	1.20
	अधिकतम	2.35	9.17	0.30	4.35	20.68	0.48	2.35	52.43	1.50	2.35	9.17	0.30	4.35
	औसत	2.14	7.31	0.17	2.30	17.25	0.44	2.14	30.56	0.95	2.14	7.31	0.17	2.30
SLS	न्यूनतम	2.74	7.04	0.02	0.81	13.88	0.13	2.74	11.72	0.38	2.74	7.04	0.02	0.81
	अधिकतम	7.99	31.25	0.76	2.97	60.27	0.75	7.99	262.62	1.53	7.99	31.25	0.76	2.97
	औसत	5.50	17.23	0.28	1.73	28.54	0.34	5.50	88.14	0.88	5.50	17.23	0.28	1.73
TS	न्यूनतम	1.95	3.12	0.02	0.00	5.47	0.00	1.95	1.41	0.00	1.95	3.12	0.02	0.00
	अधिकतम	9.20	20.81	2.22	4.59	40.62	0.62	9.20	664.56	2.37	9.20	20.81	2.22	4.59
	औसत	4.47	12.70	0.45	1.63	17.53	0.27	4.47	84.47	0.90	4.47	12.70	0.45	1.63
TLS	न्यूनतम	0.24	3.25	0.02	0.41	8.47	0.07	0.24	0.67	0.00	0.24	3.25	0.02	0.41
	अधिकतम	8.90	21.38	1.00	4.34	74.57	1.19	8.90	91.10	1.34	8.90	21.38	1.00	4.34
	औसत	4.30	12.22	0.33	1.72	25.02	0.39	4.30	32.76	0.72	4.30	12.22	0.29	1.86
NC	न्यूनतम	0.02	1.00	0.01	1.06	0.81	0.25	0.02	1.06	0.42	0.02	1.00	0.01	1.06
	अधिकतम	14.35	109.6	5.63	10.26	413.62	1.86	14.35	355.06	2.18	14.35	109.60	5.63	10.26
	औसत	1.36	9.71	0.57	3.55	44.87	0.67	1.36	61.12	0.98	1.36	9.71	0.57	3.55
NSCL	न्यूनतम	0.25	2.05	0.20	0.84	2.41	0.34	0.25	2.48	0.43	0.25	2.05	0.20	0.84
	अधिकतम	0.25	17.60	0.68	2.36	21.27	0.41	0.25	21.54	0.48	0.25	17.60	0.68	2.36
	औसत	0.25	9.83	0.44	1.60	11.84	0.38	0.25	12.01	0.46	0.25	9.83	0.44	1.60
NSIC	न्यूनतम	0.35	3.00	0.11	1.44	3.83	0.34	0.35	3.82	0.52	0.35	3.00	0.11	1.44
	अधिकतम	11.95	33.50	0.13	2.38	60.21	0.38	11.95	92.38	0.83	11.95	33.50	0.13	2.38
	औसत	6.15	18.25	0.12	1.91	32.02	0.36	6.15	48.10	0.67	6.15	18.25	0.12	1.91
DUSS	न्यूनतम	1.20	19.50	0.20	1.08	242.23	0.52	1.20	12.78	0.69	1.20	19.50	0.20	1.08
	अधिकतम	32.00	107.0	1.49	1.86	450.76	0.93	32.00	482.50	1.02	32.00	107.00	1.49	1.86
	औसत	6.50	45.35	0.69	1.44	333.92	0.75	6.50	327.14	0.84	6.50	45.35	0.69	1.44
DUSL	न्यूनतम	0.40	1.80	0.01	1.14	3.08	0.45	0.40	12.74	0.70	0.40	1.80	0.01	1.14
	अधिकतम	5.20	29.30	1.29	12.48	181.21	0.86	5.20	207.32	2.54	5.20	29.30	1.29	12.48
	औसत	2.12	18.57	0.63	3.18	87.91	0.67	2.12	116.21	1.25	2.12	18.57	0.63	3.18
DULS	न्यूनतम	0.90	11.20	0.29	1.09	41.13	0.00	0.90	13.58	0.68	0.90	11.20	0.29	1.09
	अधिकतम	10.50	84.10	1.21	1.59	458.85	1.52	10.50	717.65	1.89	10.50	84.10	1.21	1.59
	औसत	3.49	41.31	0.72	1.37	276.52	0.77	3.49	342.80	0.91	3.49	41.31	0.72	1.37

4. परिणामों पर चर्चा :

निदर्शों के विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर अनुप्रयोग से प्राप्त न्यूनतम, अधिकतम और औसत दक्षता तथा उनके आधार पर निदर्शों की गुणीय योग्यता को सारणी 3 में दर्शाया गया है। निदर्शों की गुणीय योग्यता को निम्न आधार पर निकाला गया है।

यदि आंकड़ा सेट पर औसत दक्षता $\geq 95\%$ हो तो निदर्श की योग्यता बहुत अच्छी (VG) होगी, यदि $90\% \leq$ दक्षता $< 95\%$ तो अच्छी (G) और यदि $75\% \leq$ दक्षता $\leq 90\%$ हो तो योग्यता संतोषजनक (ST), यदि दक्षता $< 75\%$ है तो निदर्श की योग्यता खराब (P) मानी जायेगी। यह किसी एक मृदा पर सभी अन्तःस्यंदन आंकड़ों से किसी निदर्श द्वारा प्राप्त औसत दक्षता है। यहाँ यह ध्यान रखना है कि सारणी में दिखाई गई सभी अन्तःस्यंदन आंकड़ा परिक्षणों में औसत दक्षता की गणना ऋणात्मक दक्षताओं को शून्य के बराबर रखकर की गई है। निदर्शों की सापेक्ष अंकों की गणना के लिये (सारणी-3 की अन्तिम लाइन) सभी मृदाओं के प्रत्येक खराब (P), संतोषजनक

सारणी 3 : विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर निदर्शों की दक्षता

मृदा	दक्षता	फिलिप	ग्रीन-एम्पट	स्म.-पार (रे.)	स्म.-पार (अरे.)	सिंह-यू.	मिश्रा-सिंह	स्मिथ	हार्टन	हाल्टन	ओवर टोन	कोस्टी.	परि. कोस्टी.	हगिन्स	कालिस
PFS	न्यूनतम	26.87	14.40	27.14	28.61	22.10	22.04	0.00	0.00	15.25	17.89	27.05	27.64	15.25	27.17
	अधिकतम	88.73	97.49	99.92	99.90	99.92	87.94	99.85	98.61	95.84	95.70	98.49	99.68	95.84	96.54
	औसत	71.58	83.03	91.83	91.96	91.60	75.94	81.23	80.79	76.98	70.09	90.44	91.82	76.98	87.61
	अनुकरण	P	ST	G	G	G	ST	ST	ST	ST	P	G	G	ST	ST
CSL	न्यूनतम	10.51	6.13	6.87	5.85	8.84	13.32	0.00	0.00	12.48	13.27	0.00	0.00	12.48	0.00
	अधिकतम	81.73	94.06	99.88	99.85	99.95	97.32	99.41	99.77	99.98	99.24	99.87	99.54	99.98	99.62
	औसत	56.25	72.98	96.26	96.17	96.22	84.82	85.10	70.93	92.53	79.03	84.71	89.62	92.53	55.97
	अनुकरण	P	P	VG	VG	VG	ST	ST	P	G	ST	ST	ST	G	P
GL	न्यूनतम	31.99	47.96	98.19	98.22	81.02	88.06	7.16	96.99	94.25	77.49	19.21	0.00	94.74	0.00
	अधिकतम	70.23	84.97	99.91	99.89	99.75	99.18	99.29	99.22	99.74	99.71	99.86	99.33	99.74	98.07
	औसत	50.12	66.60	99.03	99.03	97.54	93.72	83.13	98.10	97.83	90.13	91.53	62.05	98.15	36.68
	अनुकरण	P	P	VG	VG	VG	G	ST	VG	VG	G	G	P	VG	P
ISL	न्यूनतम	25.38	40.69	59.26	59.33	0.00	56.72	0.00	0.00	54.95	0.00	0.00	54.03	54.95	0.00
	अधिकतम	91.30	99.54	99.91	99.90	100.00	98.75	99.95	99.64	99.39	99.35	99.90	99.98	99.39	90.71
	औसत	73.50	86.23	95.53	95.60	90.64	86.66	82.85	78.70	89.52	78.98	89.62	95.62	89.52	9.43
	अनुकरण	P	ST	VG	VG	G	ST	ST	ST	ST	ST	ST	VG	ST	P
YLC	न्यूनतम	14.94	24.13	0.00	24.58	49.81	51.54	38.71	0.00	49.82	0.00	38.24	23.64	49.82	0.00
	अधिकतम	79.53	93.04	99.81	99.81	99.95	97.86	99.72	99.03	99.86	97.63	99.83	99.79	99.86	0.00
	औसत	56.20	72.78	85.71	87.61	86.21	86.24	77.61	74.77	87.43	65.31	88.45	82.90	87.43	0.00
	अनुकरण	P	P	ST	ST	ST	ST	ST	P	ST	P	ST	ST	ST	P
ALS	न्यूनतम	44.46	38.15	34.37	46.25	77.71	21.84	0.00	63.95	15.41	41.16	57.18	84.77	15.41	58.72
	अधिकतम	69.20	77.62	78.05	79.97	93.13	73.70	0.64	92.93	77.66	53.53	85.02	95.16	77.66	92.65
	औसत	57.74	55.86	56.93	63.10	85.53	39.53	0.16	80.46	50.80	46.92	74.17	89.31	50.80	79.95
	अनुकरण	P	P	P	P	ST	P	P	ST	P	P	P	ST	P	ST
CASL	न्यूनतम	0.00	0.00	0.60	8.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
	अधिकतम	54.25	77.94	89.97	92.51	91.41	52.89	91.27	93.19	82.33	74.47	81.99	91.95	82.33	93.20
	औसत	36.26	33.70	42.59	43.69	37.92	20.22	38.33	27.65	25.96	31.23	43.61	46.17	25.96	23.30
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
COWLS	न्यूनतम	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	अधिकतम	87.98	94.81	94.90	94.35	96.99	92.25	93.01	98.09	95.52	91.89	97.31	95.84	95.52	97.41
	औसत	43.02	37.83	50.05	45.06	55.87	30.95	39.13	51.26	50.66	49.82	48.97	46.74	50.66	30.65
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
DLS	न्यूनतम	55.12	5.35	37.05	13.99	79.77	0.00	51.96	76.59	45.15	45.69	0.00	55.13	45.15	0.00
	अधिकतम	67.89	77.49	79.62	80.55	91.32	84.40	78.95	94.40	92.25	69.15	91.42	82.55	92.25	92.22
	औसत	62.74	49.59	61.24	37.36	87.21	51.60	66.36	86.21	78.69	57.97	58.82	71.20	78.69	27.74
	अनुकरण	P	P	P	P	ST	P	P	ST	ST	P	P	P	ST	P
FLS	न्यूनतम	0.00	0.00	10.39	4.42	23.64	0.00	24.26	33.18	13.38	0.00	0.00	24.62	13.38	0.00
	अधिकतम	61.79	75.80	88.53	88.36	91.07	85.79	88.66	95.09	90.19	89.20	92.97	89.92	90.19	93.03
	औसत	27.83	30.30	40.62	45.53	64.14	21.45	46.40	62.57	68.16	38.68	42.02	51.42	68.16	23.26
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
FPLS	न्यूनतम	0.00	0.00	4.76	22.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	अधिकतम	52.37	38.85	54.94	67.45	67.93	0.11	49.57	54.45	67.74	28.58	49.56	51.82	67.74	34.69
	औसत	26.03	14.55	32.76	48.75	18.51	0.02	17.40	19.64	19.28	9.80	24.52	28.86	19.28	8.12
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
KCS	न्यूनतम	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	अधिकतम	0.00	0.00	0.00	9.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	औसत	0.00	0.00	0.00	3.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
LLS	न्यूनतम	0.00	0.00	16.54	15.24	7.87	13.79	0.00	17.44	5.44	0.00	26.54	0.00	5.44	0.00
	अधिकतम	70.06	72.21	80.47	81.67	95.78	62.50	76.57	98.41	96.58	51.04	92.43	97.06	96.58	98.34
	औसत	44.80	37.92	58.00	49.76	64.46	44.32	19.14	64.04	59.37	22.40	66.56	60.18	59.37	24.58
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

सारणी 3 क्रमशः ...

RLS	न्यूनतम	54.81	63.34	81.81	83.33	92.51	37.16	0.00	77.80	27.38	53.22	80.98	95.07	27.38	82.56
	अधिकतम	90.93	94.17	95.94	95.77	96.08	79.18	96.70	98.19	82.50	78.76	95.28	97.86	82.50	97.88
	औसत	75.20	83.19	89.76	90.11	94.79	57.42	24.17	87.25	63.43	66.08	88.40	96.21	63.43	90.83
	अनुकरण	ST	ST	ST	G	G	P	P	ST	P	P	ST	VG	P	G
SLS	न्यूनतम	44.78	0.00	28.23	8.43	86.43	0.00	0.00	79.55	91.12	47.63	10.82	49.77	91.12	0.00
	अधिकतम	56.18	84.35	95.22	90.56	95.43	87.90	93.47	98.41	95.21	90.92	94.16	96.44	95.21	97.83
	औसत	50.04	35.12	60.18	51.51	91.49	61.56	44.21	89.50	92.23	70.55	57.56	73.62	92.23	62.56
	अनुकरण	P	P	P	P	G	P	P	ST	G	P	P	P	G	P
TS	न्यूनतम	0.00	0.00	0.00	8.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	अधिकतम	79.14	87.51	93.39	91.77	97.78	88.19	91.37	97.02	91.69	94.43	97.82	99.25	91.69	97.59
	औसत	43.32	46.83	55.98	57.73	64.71	33.03	28.66	60.47	46.15	36.12	57.15	64.42	46.15	55.49
	अनुकरण	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
TLS	न्यूनतम	0.00	0.00	0.00	21.00	32.14	7.58	0.00	40.99	16.46	7.25	39.84	0.00	16.46	0.00
	अधिकतम	76.79	82.51	91.17	91.12	97.47	96.98	86.12	97.73	97.48	96.91	94.92	97.32	97.48	97.85
	औसत	58.20	54.36	61.97	59.04	83.09	64.00	56.59	82.17	71.04	45.11	78.24	69.44	71.07	58.97
	अनुकरण	P	P	P	P	ST	P	P	ST	P	P	ST	P	P	P
NC	न्यूनतम	39.05	7.63	0.00	34.46	0.00	32.42	0.00	0.00	20.22	16.32	0.00	0.00	20.22	0.00
	अधिकतम	93.20	93.52	95.65	95.50	99.54	99.02	99.84	99.86	99.17	96.24	99.72	99.78	99.17	97.37
	औसत	73.50	65.18	61.21	68.17	87.75	78.51	49.25	62.20	70.88	70.09	82.62	84.96	70.88	40.00
	अनुकरण	P	P	P	P	ST	ST	P	P	P	P	ST	ST	P	P
NSCL	न्यूनतम	62.73	28.15	46.48	37.70	71.62	76.92	39.55	0.00	72.15	71.05	67.21	62.85	72.15	0.00
	अधिकतम	76.53	35.38	59.83	53.22	93.10	91.78	78.60	0.00	93.09	79.14	79.66	78.72	93.09	0.00
	औसत	69.63	31.77	53.15	45.46	82.36	84.35	59.07	0.00	82.62	75.10	73.43	70.78	82.62	0.00
	अनुकरण	P	P	P	P	ST	ST	P	P	ST	ST	P	P	ST	P
NSIC	न्यूनतम	71.79	72.19	79.41	74.24	86.84	59.94	0.00	0.00	76.19	70.71	87.88	85.43	76.19	0.00
	अधिकतम	85.34	87.11	88.66	81.75	95.30	78.03	84.74	78.36	82.67	93.08	96.70	89.89	82.67	78.57
	औसत	78.57	79.65	84.03	78.00	91.07	68.99	42.37	39.18	79.43	81.89	92.29	87.66	79.43	39.28
	अनुकरण	ST	ST	ST	ST	G	P	P	P	ST	ST	G	ST	ST	P
DUSS	न्यूनतम	70.21	66.08	6.53	66.05	95.13	0.00	0.00	95.64	78.70	0.00	90.88	0.00	78.70	0.00
	अधिकतम	86.19	88.60	90.78	90.21	99.97	99.87	96.94	99.86	99 49	99.19	98.42	96.81	99.49	99.22
	औसत	77.44	75.77	54.82	76.79	98.28	86.80	64.88	98.91	95.53	72.76	94.55	76.75	95.53	85.77
	अनुकरण	ST	ST	P	ST	VG	ST	P	VG	VG	P	G	ST	VG	ST
DUSL	न्यूनतम	27.76	38.65	33.37	57.11	93.69	43.00	1.27	94.41	37.87	8.40	0.00	0.00	37.87	91.61
	अधिकतम	85.36	85.87	97.11	97.39	99.86	99.87	99.42	99.93	99.65	84.36	95.04	99.42	99.65	99.51
	औसत	68.28	70.78	68.75	75.79	98.17	81.20	48.00	97.17	78.35	57.14	70.80	57.04	78.35	95.72
	अनुकरण	P	P	P	ST	VG	ST	P	VG	ST	P	P	P	ST	VG
DULS	न्यूनतम	63.45	50.52	21.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.87	0.00	0.00	0.00	33.87	93.85
	अधिकतम	89.34	90.52	92.15	93.27	99.93	99.75	95.03	99.75	99.95	96.42	94.86	96.69	99.95	99.10
	औसत	78.08	73.84	65.02	60.89	86.56	75.74	54.57	87.42	84.22	46.01	74.14	82.69	84.22	97.89
	अनुकरण	ST	P	P	P	ST	ST	P	ST	ST	P	P	ST	ST	VG
सापेक्ष गुणता		*4.35*	*4.43*	*5.22*	*5.48*	*6.52*	*4.96*	*4.43*	*5.48*	*5.57*	*4 52*	*5.22*	*5.30*	*5.57*	*4.96*

(ST), अच्छी (G) और बहुत अच्छी (VG) के लिये क्रमशः 4, 6, 8, और 10 अंक देकर उनका औसतमान लिया गया है।

फिलिप, ग्रीन-अमप्ट और कोलिस-जार्ज निदर्शों को छोड़कर अन्य सभी निदर्शों के अनुकरण प्रयोगशाला परिक्षण वाली मृदाओं जैसे PFS, CSL, GL और ISL पर या तो संतोषजनक रहे या अच्छे या बहुत अच्छे रहे। विशेषकर भौतिक आधारित स्मिथ-पार्लेन्ज निदर्श (रेखीय और अरेखीय दोनों) और अर्द्ध आनुभाविक सिंह-यू निदर्श द्वारा लगभग सभी प्रयोगशाला मृदा परिक्षणों पर अच्छे और

बहुत अच्छे अनुकरण रहे, केवल YLC के अनुकरण खराब से संतोषजनक तक पाये गये। CASL, COWLS, FLS, FPLS, KCS, LLS और TC मृदाओं पर सभी निदर्शों के अनुकरण खराब पाये गये। जार्जिया की दूसरी मृदाओं पर इनके अनुकरण सामान्यतह खराब से संतोषजनक प्राप्त हुये, जबकि RLS और SLS मृदाओं पर कुछ निदर्शों का अच्छा अनुकरण भी दिखायी दिया। परिमार्जित कोस्टीकोव निदर्श का RLS पर बहुत अच्छा अनुकरण रहा। जार्जिया मृदाओं पर निदर्शों का अच्छा अनुकरण न करना सामान्यतह इन मृदाओं का त्रुटिपूर्ण अन्त:स्यंदन व्यवहार है, जिसे उपरोक्त निदर्श के उपयोग द्वारा नहीं दर्शाया जा सकता। इस चर्चा के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि उपरोक्त निदर्श जार्जिया मृदाओं पर बिल्कुल भी उपयोगी नहीं थे और YLC पर कम थे। NC और NSCL मृदाओं पर सभी निदर्शों का अनुकरण खराब से संतोषजनक तक रहा, और बाकी सभी भारतीय मृदाओं पर खराब से बहुत अच्छा तक अनुकरण रहा।

प्राप्त सापेक्ष अंको के आधार पर निदर्शों को उनके घटते हुये अनुकरण के अनुसार निम्न क्रम में रखा गया है। सिंह-यू निदर्श, होल्टन निदर्श, हुग्गीन्स और मोन्की निदर्श, स्मिथ-पार्लेन्ज (अरेखीय) निदर्श, हार्टन निदर्श, परिमार्जित कोस्टीयकोव निदर्श, स्मिथ-पार्लेन्ज निदर्श (रेखीय), कोस्टीयकोव निदर्श, मिश्र-सिंह निदर्श, कोलिस-जार्ज निदर्श ओवरटोन निदर्श, ग्रीन अमप्ट निदर्श, स्मिथ निदर्श और फिलिप निदर्श। अर्द्ध आनुभाविक सिंह-यू निदर्श की अनुकरण में भूमिका सर्वोत्तम रही क्योंकि इसको 10 में से 6.52 मान प्राप्त हुये जबकि अन्य सभी निदर्शों को 5.57 (जैसे होल्टन और हुग्गीन्स निदर्श) या इससे कम 4.35 तक (जैसे फिलिप निदर्श) मान प्राप्त हुये। इससे यह माना जा सकता है कि सिंह-यू निदर्श की दोनों परिकल्पनायें न्याय संगत हैं। होल्टन या हुग्गीन्स और मोन्की निदर्श की उच्च श्रेणी यह दर्शाती है कि सिंह-यू निदर्श की प्रथम परिकल्पना, द्वितीय से कहीं अधिक न्याय संगत है, क्योंकि ग्रीन-अमप्ट निदर्श को जिसे सिंह-यू निदर्श के $m=0$ और $n=1$ लेने पर प्राप्त किया जा सकता है, अति निम्न श्रेणी (अन्तिम से तीसरी) में रखा गया है। स्मिथ-पार्लेन्ज निदर्श को छोड़कर, अर्द्ध आनुभाविक निदर्शों के अनुकरण भौतिक आधारित निदर्शों से ज्यादा अच्छे रहे। भौतिकीय निदर्श क्षेत्रीय मृदाओं की अपेक्षा प्रयोगशाला परीक्षित मृदाओं पर अच्छे पाये गये।

उपरोक्त सभी निदर्शों के अनुकरण कुछ मृदाओं जैसे RLS को छोड़कर जार्जिया बालू रेत पर कम संतोषजनक रहे, इसका एक कारण यह है कि सभी मृदाओं पर निदर्शों के परिचलन में अन्तिम अन्त:स्यंदन दर (f_c) को मान्यकरण से नहीं बल्कि प्रेक्षित आंकड़ों से लिया गया है। उल्लेखनीय है कि मान्यकरण में इनके मान ऋणात्मक भी हो सकते हैं जोकि सत्य से परे हैं। सामान्यतह, f_c के मान मृदा प्रकार पर आधारित होते हैं अत: तर्कसंगत तुलनात्मक अध्ययन के लिये f_c का मान प्रेक्षित आंकड़ों से लिया गया है। इसी प्रकार सिंह-यू और हुग्गीन्स-मोन्की निदर्शों के लिये S_0 को अधिकतम संचयी अन्त:स्यंदन के बराबर रखा गया है। उपरोक्त सभी निदर्शों के घटकों को धनात्मक (≥ 0) तक सीमित रखा गया। सामान्यतह f_c और S_0 का पूर्व निर्धारण निदर्श की दक्षता पर विपरीत प्रभाव डालता है। निदर्शों के कम संतोषजनक अनुकरण का दूसरा कारण निदर्शों में प्रयुक्त परिकल्पनाओं की वजह से है। उदाहरण के लिए, फिलिप निदर्श को भराव के समय को शून्य मानकर निस्तारित किया गया है, जबकि प्रेक्षित आंकड़ें भराव के प्रभावी समय को दिखाते है। उदाहरण के लिये GL के आंकड़े भराव के समय की सीमा (4.56, 29.99 मिनट) दर्शातें है। दूसरी तरफ स्मिथ निदर्श जोकि भराव समय का उपयोग करता है, सभी प्रयोगशाला मृदा परिक्षणों

में (GL को भी सम्मिलित कर) संतोषजनक अनुकरण दर्शाता है। इसके साथ ही प्रयोगशाला परिक्षणों में एक समान वर्षा तीव्रता स्मिथ निदर्श की मान्यता के अनुरूप थी। चित्र 1 में चुने हुये निदर्शों के घटकों का मृदा प्रकार के साथ परिवर्तन दिखाया गया है। इन निदर्शों द्वारा निष्पादित अन्त:स्यंदन दर को उदाहरण के लिये ली गई तीन मृदाओं (प्रयोगशाला मृदा-PFS, जार्जिया मृदा RLS, और भारतीय मृदा DUSS) पर चित्र-2 से 4 में दिखाया गया है। ये चित्र विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर निदर्शों के घटकों तथा उनके अनुकरण का अनुमान लगाने में सहायक सिद्ध होंगे।

5. निष्कर्ष :

इस अध्ययन के उपरोक्त परिणामों से यह निष्कर्ष निकाले गये है कि भौतिक आधारित निदर्श क्षेत्रीय आंकड़ों की अपेक्षा प्रयोगशालीय आंकड़ों पर अधिक अच्छे रहे। अर्द्ध आनुभाविक सिंह-यू साधारण निदर्श का अनुकरण अधिकतम मृदाओं पर अन्य निदर्शों की अपेक्षा अच्छा रहा। होल्टन और हुग्गीन्स-मोन्की निदर्शों को द्वितीय स्थान पर रखा गया जबकि स्मिथ-पार्लेन्ज (अरेखीय) तृतीय और हार्टन निदर्श चतुर्थ स्थान पर रहे। इन चारों निदर्शों के साथ विशेषता यह है कि विभिन्न प्रकार की मृदाओं पर इनके घटकों के अनुमान के लिये साहित्य में विस्तृत रूप से जानकारी उपलब्ध है जबकि साधारण निदर्श के साथ ऐसा नहीं है। इसके अतिरिक्त, इस अध्ययन में पाया गया कि सिंह-यू निदर्श की प्रथम परिकल्पना द्वितीय की अपेक्षा अधिक उपयुक्त है।

6. सन्दर्भ :

1. ए.आर.एस. (1976), ''केलिब्रेसन ऑफ स्लेक्टेड इनफिल्ट्रेशन इक्वेसनस फार द जार्जिया कोस्टल प्लेन'' एग्रीकल्चरल रिर्सच सर्विस, ए.आर.एस.-113, यू.एस. डिपार्टमेन्ट ऑफ एग्रीकल्चर, जुलाई

2. कोलिस-जार्ज, एन. (1977), ''इनफिल्ट्रेशन इक्वेशनस् फार सिम्पल स्वाईल सिस्टम'' जनरल आफ वाटर रिर्सोसेस रिर्सच, वालूम-13, नवम्बर-2, पेज 395-403

3. जिर्फोड, जी.एफ. (1976), ''एप्लीकेबिलिटी ऑफ सम इनफिल्ट्रेशन फार्मूला टू रेन्जलेन्ड इनफिल्ट्रोमीटर डाटा,'' जनरल आफ हाईड्रोलॉजी, वालूम-28, पेज 1-11

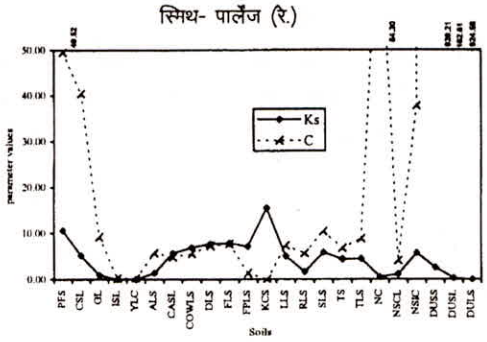
4. ग्रीन, डब्लू.एच. एण्ड सी.ए. अमप्ट (1911), ''स्टडीज ओन स्वाईल फिजिक्स, I फ्लों ऑफ एयर एण्ड वाटर थरो स्वाईल,'' जनरल ऑफ एग्रीकल्चर साईंस, 4, पेज 1-24

5. ग्रिर्गोजेव, वी.वाई. एण्ड एल. इरिट्ज (1991), ''डायेनेमिक सिमूलेसन मॉडल ऑफ वर्टिकल इनफिल्ट्रेशन ऑफ वाटर इन स्वाईल,'' जनरल ऑफ हाइड्रोलॉजिकल साईन्स, वालूम-36, नं.-2, पेज 171-179

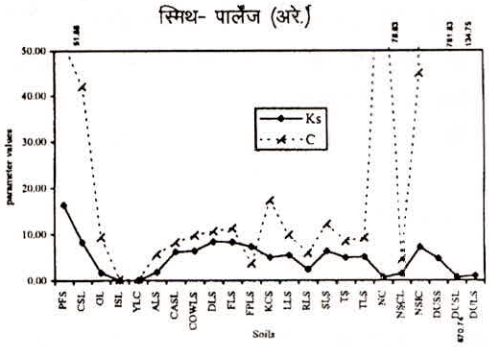
6. होल्टन, एच.एन. (1961), ''ए कन्सेप्ट ऑफ इनफिल्ट्रेशन एस्टिमेट्स इन वाटरशेड़ इन्जिनियरिंग,'' ए.आर.एस. 41-51 यू.एस. डिपार्टमेन्ट ऑफ एग्रीकल्चरल सर्विस, वाशिंगटन, डी.सी.

चित्र 1 : मृदा प्रकार के साथ निदर्श घटकों के मान में परिवर्तन

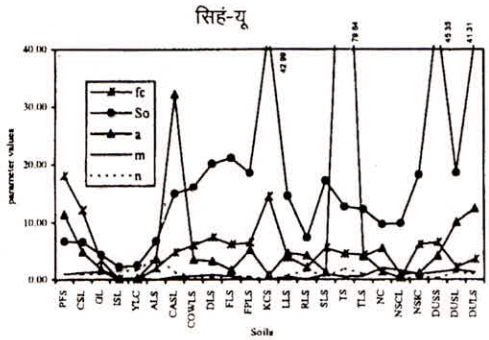
स्मिथ- पार्लेंज (रे.)



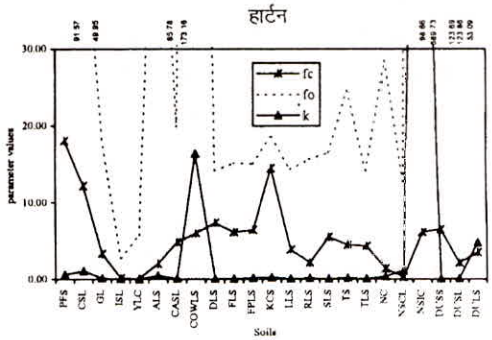
स्मिथ- पार्लेंज (अरे.)



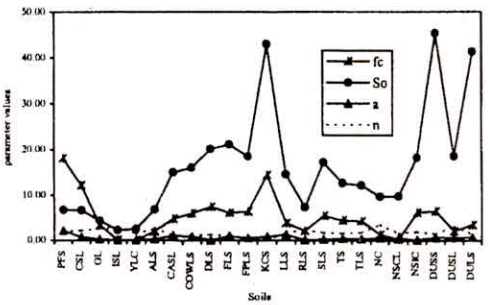
सिहं-यू



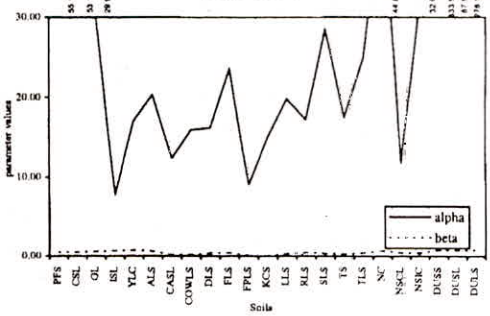
हार्टन



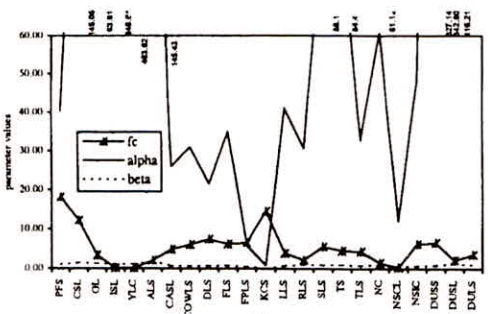
हाल्टन



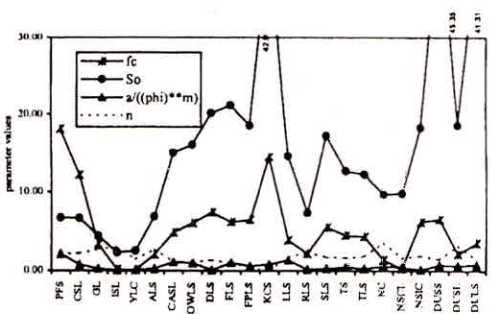
कास्टियाकोव



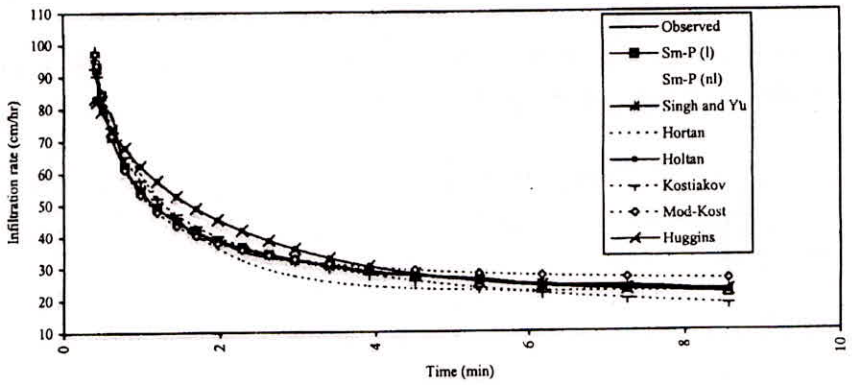
परिमार्जित कास्टियाकोव



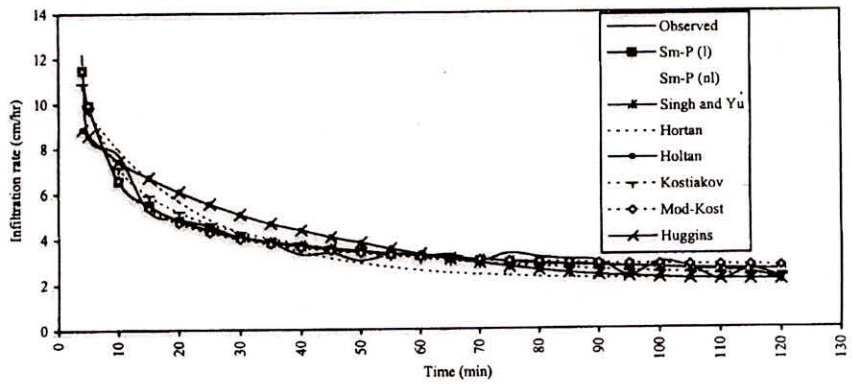
हगिन्स-मॉन्के



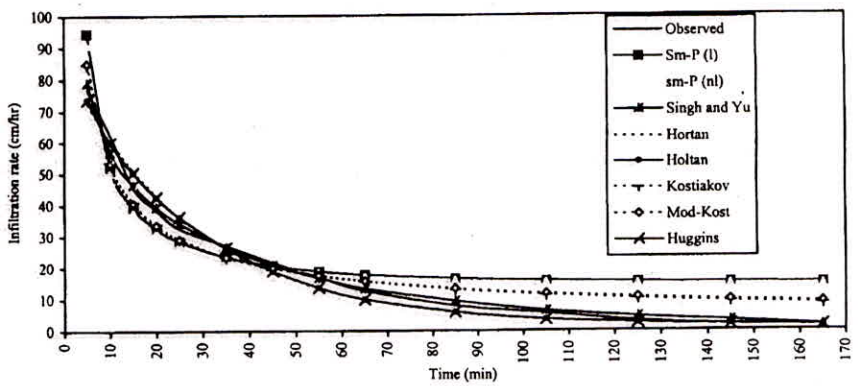
चित्र 2 : मैदान क्षेत्र बालू मिट्टी (**PFS**) पर विभिन्न निदर्शों द्वारा निष्पादित अन्त:स्यंदन दर



चित्र 3 : रोबर्टस डेले लोमी बालू मिट्टी (**RLS**) पर विभिन्न निदर्शों द्वारा निष्पादित अन्त:स्यंदन दर



चित्र 4 : दुधन्ई सिल्ट बालू मिट्टी (**DUSS**) पर विभिन्न निदर्शों द्वारा निष्पादित अन्त:स्यंदन दर



7. हार्टन, आर.आई. (1938), ''दी इन्टरप्रीटेसन एण्ड एप्लीकेशन ऑफ रनऑफ प्लोट एक्स्पैरिमैंट विद रिफ्रेन्स टू स्वाईल इरोजन प्रोब्लम्स'' प्रोक., स्वाईल साईन्स सोसायटी ऑफ अमेरिका, 3, पेज 340-349

8. हुग्गीन्स एल.एफ. एण्ड इ.जे. मोन्की (1966), ''दी मेथमेटिकल सिमुलेशन ऑफ द हाइड्रोलॉजी ऑफ एस्माल वाटरशैडस्,'' टेक्नीकल रिर्पोट नं. 1, पुरड्यू वाटर रिर्सोसेज रिसर्च सेन्टर, लफेयेरी

9. इन्नेस, जी. (1980), ''कम्प्रेरीसन् ऑफ इनफिल्ट्रेशन मॉडल ओन डिस्टरबड स्वाईल यूजिंग पेरामीटर आपटीमाईजेसन, अनपब्लिसड एम.एस. थिसेस, 83 पो., यूनिर्वसिटी ऑफ टेन्नेसी, नोक्विली, टेन्नेसी

10. कोस्टीकोव, एन.एन. (1932), ''ओन द डायनेमिक्स ऑफ द कोफिसिएन्ट आफ वाटर परकोलेशन इन स्वाईल,'' सिक्स्थ कमिशन, इन्टरनेशनल सोसायटी ऑफ स्वाईल साईन्स, पार्ट ए, पेज 15-21

11. कुमार, एस.आर., बी.सी. पटवारी एण्ड पी.के. भुनिया (1995), ''इनफिल्ट्रेशन स्टेडीस् : दुधनई सब बेसिन (असाम एण्ड मेघालय),'' टेक्नीकल रिर्पोट, सी.एस.(ए.आर.)-183, केस स्टेडी, नेशनल इन्स्टीटयूट ऑफ हाईड्रोलोजी, रुड़की - 247667, इंडिया

12. लिन्सले, आर.के., एम.ए. कोहलर एण्ड जे.एल.एच. पौल्हस (1975), ''हाईड्रोलोजी फार इन्जिनियरस,'' सेकेन्ड एडीसन, मक्ग्रा हिल्स, 482 पेज

13. मैन, आर.जी. एण्ड सी.एल. लार्सन (1971), ''मॉडलिंग द इनफिल्ट्रेशन कम्पोनेन्ट ऑफ रेनफाल-रनऑफ प्रोसेज'', डब्लू.आर.आर.सी. बुलेटीन-43, वाटर रिर्सोसेज रिसर्च सेन्टर, यूनिर्वसिटी ऑफ मेंनेयापलिस, मेंनेसोटा

14. मैन, आर.जी. एण्ड सी.एल. लार्सन (197), ''माडलिंग इनफिल्ट्रेशन डूरिंग ए स्टेड़ी रेन'', जनरल ऑफ वाटर रिर्सोसेस रिसर्च, वालूम-9, नं. 2, 384-394 पेज

15. मिश्र, एस.के. (1998), ''आपरेशन ऑफ मल्टीपरपोज रिजर्वायर'', अनपब्लिशड पी.एच.डी. थिसेस, यूर्निवसिटी ऑफ रुड़की, रुड़की, इंडिया।

16. मिश्र, एस.के. एण्ड वी.पी. सिंह (2002), ''एस.सी.एस.-सी.एन. बेसड हाइड्रोलोजीक सिमुलेशन पैकेज'', चेप्टर 13 इन मेथामेटीकल मॉडल इन स्माल वाटरशेड़ हाइड्रोलोजी, वी.पी. सिंह एण्ड डी.के. फ्रेर्वट, वाटर रिर्सोसेस पब्लिकेशन, पी.ओ. वाक्स 2841, लिट्टलेटोन, कोलोराडो 80161

17. मिश्र, एस.के., एस.आर. कुमार एण्ड वी.पी. सिंह (1999), ''केलिब्रेशन ऑफ ए जनरल इनफिल्ट्रेशन मॉडल'', जनरल ऑफ हाईड्रोलोजीकल प्रोसेस, वालूम 13, पेज 1691-1718

18. नैश, जे.ई. एण्ड जे.वी. सुट्क्लिफ (1970), ''रिवर फ्लो फोरकास्टींग थ्रो कनसेपचुअल माडल'', पार्ट प्रथम-ए डिफ्यूशन ऑफ प्रिंसपिलस, जनरल ऑफ हाईड्रोलोजी, वालूम-10, पेज 282-290

19. ओवरटोन, डी.ई. (1964), ''मेथामेटीकल रीफाइनमेंट ऑफ एन इनफिल्ट्रेशन इक्वेशन फार वाटरशेड़ इन्जिनियरिंग, ए.आर.एस. 41-99, यू.एस. डिपार्टमेंट ऑफ एग्रीकल्चर सर्विस, वाशिंगटन, डी.सी.

20. फिलिप, जे.आर. (1957), ''थ्योरी ऑफ इनफिल्ट्रेशन, चेप्टर 1 एण्ड 4'', स्वाइल साईन्स, 83(5), पेज 345-357

21. रोडे, ए.ए. (1965), ''थ्योरी ऑफ स्वाइल माइस्चर'', वालूम-1, पब्लिस्ड फार यू.एस.डी.ए. एण्ड एन.एस.एफ. वाई द इजराइल प्रोग्राम फार सांइटिफिक ट्रांसलेशन, जेरुसलम (1969)

22. राय, बी.पी. एण्ड एच. सिंह (1995), ''इनफिल्ट्रेशन स्टडी ऑफ ए सब बेसिन'', केश स्टडी, सी.एस. (ए.आर.) 170, नेशनल इन्सटीट्यूट ऑफ हाईड्रोलोजी, रुड़की - 247 667, इंडिया

23. स्मिथ, आर.ई. (1972), ''द इनफिल्टेशन एनवैलप: रीजल्ट फ्राम ए थ्योरीटीकल इनफिल्ट्रोमीटर'', जनरल ऑफ हाईड्रोलॉजी, 17, पेज 1-21

रुपांतरित कठिन शब्द

अन्त: स्यंदन - Infiltration, परिमार्जित - Modified, अनुप्रयोग - Application, संचयी - Cumulatire, केशीय शीर्ष - Capillary head, आद्रता सूचकांक - Moisture Content, भौतिक आधारित - Physically based, अर्द्ध अनुभाविक - Semi empirical, संख्यात्मक विश्लेषण - Numerical Analysis, मान्यकरण - Calibrated, भराव - Ponding, प्रेक्षित - Observed, क्षेत्रीय परिक्षण - Field experiments, प्रयोगशाला परिक्षण - Laboratory experiment, क्षरण - diffusivity, वर्षा तीव्रता - Rainfall intensity, आद्रता क्षरण - Moisture diffusivity, आद्रता धारण - Moisture retention, आलेखन - Graphically, पुन: पूरण - Regression, अरेखीय - Non liner, जलधारण - Water retention, मृदा छिद्रता - Soil porosity, सुक्ष्मतम वर्ग विधि - Least squares approach, स्थिर - Constant, संचयी अवक्षेपण - Cumulative precipitation, क्षरण गुनांक - Decay coefficient, एक समान वर्षा - Uniform rainfall, अपवाह - Runoff, फसल की दशाओं - cropping conditions, पूर्ववर्ती मृदा आद्रता - Antecedent soil moisture, स्थिरांक - constant, सिंचाई - Irrigation, अपारगम्य - Impeding, सह संबंध - Corelation, सापेक्षित - Relative, मानक त्रुटि - Standard error, दक्षता - efficiency, दक्षता निर्धारण गुणांक - Cofficient of determination