जलविज्ञान एवं जल संसाधन
पर राष्ट्रीय संगोष्ठी
15-16 दिसम्बर, 1995, रूड़की

जल संतुलन के अध्ययन से जल स्त्रोतों के संयुक्त उपयोग की योजना - बरगी परियोजना के अन्तर्गत एक अध्ययन

आर0के0 नेमा[1]　　टी0बी0एस0 राजपूत[2]　　ए0के0 भट्टाचार्य[3]

सारांश

सतही जल स्त्रोतों का अधिकता में उपयोग करने से विभिन्न सिंचाई कमान क्षेत्रों में भूमिगत जल के पुनर्भरण में वृद्धि देखी गई है जिसके कारण भूमिगत जल का स्तर ऊपर उठने लगता है, जल संतुलन के अध्ययन द्वारा जल के आवागमन के विभिन्न घटकों का मूल्यांकन कर उनके संयुक्त उपयोग के बारे में योजना बनाई जा सकती है । प्रस्तुत अध्ययन मध्यप्रदेश के जबलपुर के पास बरगी कमान क्षेत्र में इन्हीं घटकों का मूल्यांकन करने हेतु किया गया. मौसम, भूमि उपयोग, लगाई गई फसलों, सिंचाई के स्त्रोतों और नहरों से संबंधित जानकारी जुटाई गई और इस अध्ययन में प्रयोग की गई ।

भूमि का जल के उपयोग, इसमें होने वाले पुनर्भरण से बहत कम पाया गया जिसके फलस्वरूप भूमिगत जल का स्तर औसतन लगभग 20 से.मी./वर्ष की दर से ऊपर उठता पाया गया । क्षेत्र को जल क्रांति से बचाने हेतु नहर और कुंओं का 60 और 40 के अनुपात में उपयोग करने की अनुशंसा की गई है ।

प्रस्तावना

प्रायः हर एक सिंचाई परियोजना में सिंचाई प्रारम्भ होने के कुछ वर्षो बाद भूमिगत जल के स्तर में वृद्धि देखी गई है । हास्टन, 1977 के अनुसार इजिप्त, ईरान, इराक एवं पाकिस्तान के अंतर्गत 300 लाख हेक्टर सिंचित भूमि में से 70 प्रतिशत भूमि सीमित अथवा गंभीर रूप से प्रभावित हुई है । भारत में भी विभिन्न सिंचाई कमानों मे ऐसे प्रभावित क्षेत्रों का विवरण प्राप्त होता है । पौधों के जड़ फैलाव क्षेत्र में यदि जल की अधिकता हो जावे तो इससे भूमि के लवणीय होने तथा कालान्तर में फसल की उपज भी कम होने के प्रमाण मिले हैं । (बोबान्डर एवं रवि, 1983, जोशी एवं अग्निहोत्री, 1984, सरकार, 1991 एवं मूर्ति 1991) इसका कुप्रभाव भूमि की उर्वरा शक्ति पर भी देखा गया है । (मण्डल 1986)

जल स्तर में वृद्धि रोकने एवं उथले जल स्तर की समस्या से निपटने के लिये विभिन्न वैज्ञानिकों ने अपनी–अपनी

1. कनिष्ठ वैज्ञानिक, कृषि अभियांत्रिकी महाविद्यालय, ज.ने.कृ.वि.वि., जबलपुर ।
2. वरिष्ठ वैज्ञानिक, जल तकनीकी केन्द्र, भा.कृ.अ.सं., नई दिल्ली ।
3. परियोजना समन्वयक, जल तकनीकी केन्द्र, भा.कृ.अ.सं., नई दिल्ली ।

परिस्थितियों के अनुसार विभिन्न उपायों का सुझाव दिया है । इनमें जल प्रबंधन, ऊर्जा रोपण एवं कुंओं व नलकूपों का उपयोग मुख्य है । जल संतुलन ही एक मात्र ऐसा साधन है जिसके अध्ययन से हम यह पता कर सकते हैं कि कौन सा उपाय कहां पर और कब उपयुक्त होगा ।

प्रस्तुत अध्ययन रानी अंवतीबाई सागर परियोजना (जो कि बरगी परियोजना के नाम से जानी जाती है) की एक खुलरी उप नहर के कमान क्षेत्र में किया गया । इस योजना से सिंचाई का आरम्भ वर्ष **1989–90** में किया गया था तथा अध्ययन क्षेत्र में इससे पूर्व से ही भूमिगत जल स्तर काफी ऊपर था । इस क्षेत्र की स्थानीय स्थिति चित्र क्रमांक–1 में दर्शायी गई है ।

इस अध्याय का उद्देश्य जल संतुलन के विभिन्न घटकों का मूल्यांकन करना और भूमिगत जल स्त्रोतों में परिवर्तन एवं उसके विपरीत प्रभावों को कम करने हेतु उपाय सुझाना है ।

अध्ययन विधि

भूमि, जल एवं वनस्पति के पूर्ण तंत्र में जल संतुलन का अध्ययन दो स्तरों पर किया गया । प्रथम; फसल के मूल वृद्धि क्षेत्र जिसे भूमि जल संतुलन कहा गया तथा द्वितीय भूमिगत जल के संतुलन का अध्ययन ।

भूमि जल संतुलन

ऊपरी सतह या फसलों की मूल वृद्धि में जल संतुलन का अध्ययन इस क्षेत्र में द्रव्य संरक्षण के आधारभूत नियम को लागू कर किया गया । एक आयामी बहाव को ध्यान में रखकर जल संतुलन समीकरण निम्नानुसार लिखा जा सकता है ।

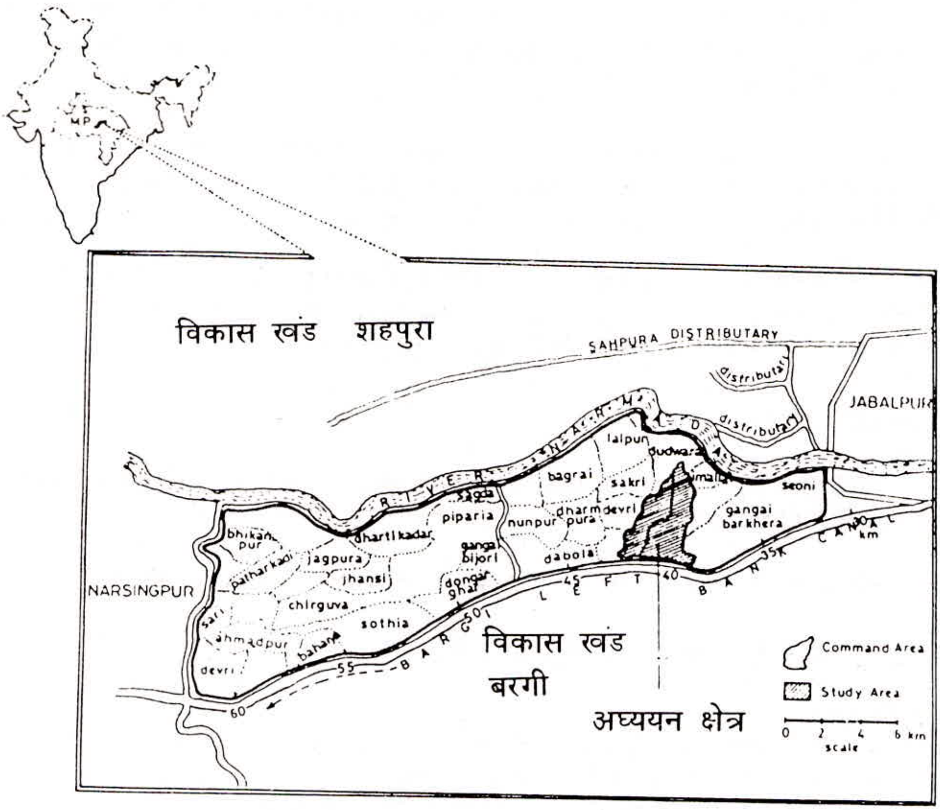
$$(P + I + U) - (Q + DP + E + T) = DS \quad \ldots \quad (1)$$

जहां पर –

P	=	वर्षा द्वारा अवक्षेपण, मि.मी.
I	=	सिंचाई, मि.मी.
U	=	मूल क्षेत्र में उर्ध्वगामी प्रवाह, मि.मी.
Q	=	सतही अपवाह, मि.मी.
DP	=	भूमिगत जल की ओर अन्तःस्त्रवण, मि.मी.
E	=	वाष्पीकरण, मि.मी.
DS	=	भूमि की नमी में परिवर्तन, मि.मी.
T	=	परिस्वेदन, मि.मी.

दैनिक वर्षा और नहर द्वारा जल की आपूर्ति के आकड़े क्रमशः मौसम विभाग की क्षेत्रीय प्रयोगशाला और सिंचाई विभाग से एकत्रित किये गये ।

भूमि जल संतुलन के अध्ययन हेतु द्विस्तरीय माडल का सहारा लिया गया । ऊपरी सतह जो कि वायुमंडल और पौधों की जड़ों के सीधे सम्पर्क में रहती है, क्रियाशील परत कहलायी । इस परत से पौधों को नमी उपलब्ध होती है तथा जल निकास भी होता है । दूसरी परत जिसमें केवल निकास और अंतस्त्रवण ही होता है, निश्चेष्ट परत कहलायी। पौधों की जड़ें क्रियाशील परत में होती है तथा वे निश्चेष्ट परत की तरफ फैल कर क्रियाशील परत की गहराई बढाती हैं और निश्चेष्ट परत कम होती जाती है । मूल वृद्धि क्षेत्र की गहराई बोर्ग व ग्राइमज, **1986** द्वारा वर्णित मूल वृद्धि माडल का उपयोग कर निकाली गयी ।



चित्र कमांक - 1 अध्ययन क्षेत्र खुलरी उपनहर के कमान की स्थान स्थिति

जलवायु संबंधी दैनिक आंकड़ों का उपयोग कर संशोधित पेनमन विधि से प्रासांगिक वाष्प परिस्वेदन की मात्रा की गणना की गई । वास्तविक परिस्वेदन एवं वाष्पन की गणना के लिये उपयुक्त फसल गुणांक और भूमि में नमी की मात्रा का भी उपयोग किया गया।

वर्षा के दैनिक आंकड़ों का उपयोग कर स्वाइल कवर काम्पलेक्स (एस0सी0एस0) विधि से दैनिक अपवाह निकाला गया । इसमें सार्पले व विलियम, 1990 द्वारा प्रस्तुत विधि द्वारा भूमि की नमी को भी ऊपर बतायी विधि से दैनिक अपवाह निकालने में उपयोग किया गया । धान तथा हवेली खेतों में सतह पर एकत्रित जल को भी ध्यान में रखा गया ।

अन्तःस्त्रवण की मात्रा को समयानुसार उपयुक्त सतह में आवक मानकर, भूमि की नमी को बढाया गया । गंभीर अन्तःस्त्रवण को भूमिगत जल में आवक माना गया । जब तक कि सतह पर जल उपस्थित होता है, धान और हवेली खेतों से गहरे अन्तःस्त्रवण की स्थिर दर 2 मि.मी. प्रति दिन आंकी गई ।

भूमिगत जल संतुलन

भूमिगत जल संतुलन का अध्ययन उसके विभिन्न घटकों को आंकलन कर किया जा सकता है । आवक, जावक और भंडारण में परिवर्तन से निम्नशः गणना की जा सकती है ।

भूमिगत जल की आवक – भूमिगत जल की जावक = भूमिगत जल के भंडारण में परिवर्तन

$$S_{gw} = W_r + W_a + GW_i - GW_o - GW_e - GW_{ET}$$

जहां कि –

S_{gw} = भूमिगत जल के भंडार में परिवर्तन
W_r = वर्षा, नहर एवं छोटी नदी नालों द्वारा पुनःर्भरण
W_a = सिंचाई में उपयोग किये गये जल में से रिसाव द्वारा पुनःर्भरण
GW_i = भूमिगत जल का अंतर्वाह
GW_o = भूमिगत जल का बार्हिर्वाह
GW_e = कुंओं व पम्पों द्वारा भूमिगत जल का उपयोग
GW_{ET} = सीधे भूमिगत जल से प्रस्वेदन एवं वाष्पीकरण

भूमि जल संतुलन से मिले गंभीर अन्तःस्त्रवण (D.P.) को भूमिगत जल में पुनर्भरण माना गया । नहरों से रिसाव और सिंचाई में उपयोग के समय रिसाव को भी इसमें जोड़ा गया । ऊर्ध्वगामी रिसाव का मूल्यांकन भूमि की नमी रखने की क्षमता और भूमिगत जल की भूमि सतह से गहराई द्वारा किया गया ।

भूमिगत जल का उपयोग रहन–सहन और सिंचाई दोनों के लिये निकाला गया । भूमिगत जल के अंतर्वाह और बार्हिर्वाह का अनुमान डार्सी के नियमानुसार, जल स्तर की समोच्च रेखाओं, भूमिगत जल भंडारण की विशिष्टताओं के आंकड़ों का उपयोग कर किया गया । कृषि विश्वविद्यालय, जबलपुर स्थित कुंआ एवं पंप परियोजना द्वारा एकत्रित मासिक जल स्तर के आंकड़े इस हेतु उपयोग में लाये गये ।

भूमिगत जल के भंडारण में आयी वृद्धि अथवा कमी को जल स्तर के उठाव अथवा गिराव में बदला गया । जल स्तर की गहराई जमीन से 1.5 मीटर पर रखने के लिये नहर तथा कुंओं का समुचित उपयोग हो, इसकी योजना बनायी गयी ।

परिणाम एवं परिचर्चा

जल संतुलन के विभिन्न घटकों का जून 1986 से मई 1994 तक मूल्यांकन किया गया जो कि सारणी क्रमांक–1 में दिया गया है । वर्ष 1989 सबसे कम वर्षा वाला देखा गया । वर्षा का सीधा प्रभाव अपवाह की मात्रा पर पाया गया। अपवाह कुल वर्षा का 20 से 54 प्रतिशत आंका गया । नहर के आने के बाद अपवाह में वृद्धि हुई जिसका कारण हवेली वाले खेतों का जुताई में आना है । इसी कारण प्रस्वेदन और वाष्पीकरण तथा कुल सिंचाई की आवश्यकता में वृद्धि हुई है ।

वर्षा काल में फसलों के मूल्य वृद्धि क्षेत्र से नीचे जाने वाले गंभीर रिसाव की मात्रा 0.5 से 23.1 मि.मी. तक पायी गयी जो वर्षा का 6.5 से 10.3 प्रतिशत है । सिंचाई काल में यह रिसाव कुल सिंचाई का 37 से 44 प्रतिशत तक पाया गया, परन्तु इसकी मात्रा नहर आने के दो वर्षो बाद घटती चली गई । इसका कारण सिंचाई क्षेत्र का विस्तार होना है, जो कि 1990 से 20.2 हेक्टर से बढ़कर 1992 में 133.2 हैक्टर हो गया । पानी की उपलब्धता भी इसी कारण 11.00 मि.मी. प्रति हेक्टर से घटकर 4.7 मि.मी. पर आ गई ।

खुलरी उप नहर से होने वाले रिसाव को मापा गया जो कि 2.0 घनमीटर प्रति से. प्रति मिलियन वर्ग मी. पाया गया, जबकि वाटर कोर्स में यही रिसाव 5.2 घनमीटर प्रति से. प्रति मिलियन वर्ग मी. पाया गया । जहां तक ऊर्ध्ववर्ती रिसाव का प्रश्न है, फिलहाल जल स्तर नीचे होने के कारण यह बहुत ही सीमित है परन्तु भविष्य में जल स्तर ऊपर उठने पर यह घटक एक महत्वपूर्ण भूमिका अदा कर सकता है । भूमिगत जल के बाहिर्वाह की प्रवणता नहर आने के पश्चात बढती हुई पाई गयी, परन्तु सतही और भूमिगत स्त्रोतों से आने वाले जल को पूर्णतः निगमन में सक्षम नहीं ।

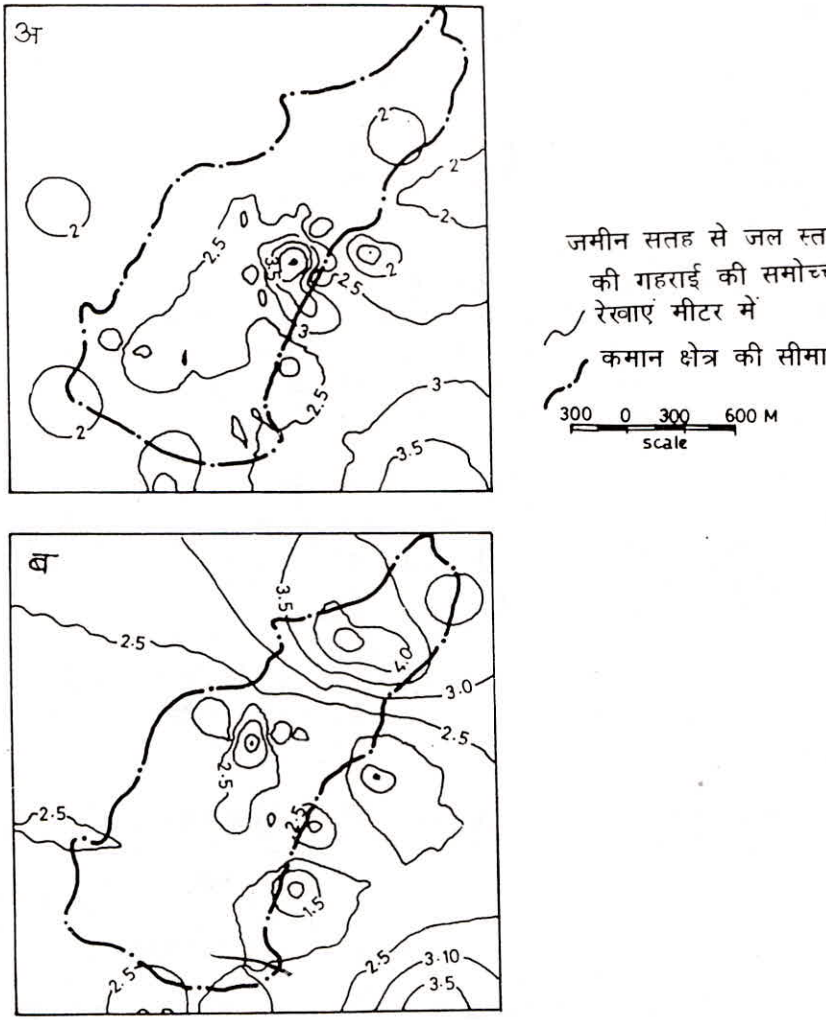
इसका एक प्रमुख कारण भूमिगत जल स्त्रोतों के उपयोग में आयी कमी है । वर्ष 1992 तक यह उपयोग नहीं के बराबर था । नहर के निचले क्षेत्रों में पानी न पहुंच पाने के कारण वहां के किसानों द्वारा कुंओं से सिंचाई प्रारंभ की गई और यह उपयोग अचानक बढ़ गया ।

भूमिगत स्त्रोतों का उपयोग केवल उस क्षेत्र में बढा जहां नहर से जल की उपलब्धता नहीं थी । इस कारण से जहां एक ओर नहर से सिंचित क्षेत्र में भूमिगत जल का स्तर ऊपर उठता प्रतीत होता है । वहीं कुंओं से सिंचित क्षेत्र में यह जल स्तर नीचे जाता दिखता है । यह वास्तविकता, चित्र क्रमांक–2 में प्रदर्शित है । इस चित्र से ग्रह स्पष्ट हो जाता है कि नहर के ऊपर और बीच वाले भाग में 1.5 मीटर गहराई के जल स्तर समोच्च रेखा के अन्दर का क्षेत्र कुछ बढ गया है, जबकि इसका उल्टा असर निचले क्षेत्रों में देखा जा सकता है ।

फसलों की जल की आवश्यकताओं और विभिन्न मदों में होने वाली जल हानि को देखकर 215 है. क्षेत्र को सिंचाई हेतु 592 मि.मी. जल की आवश्यकता होगी । इसकी प्रतिपूर्ति के लिये नहर और कुंओं को विभिन्न अनुपात में उपयोग होता मानकर यह देखा गया कि इसका भूमिगत जल के स्तर पर क्या प्रभाव पड़ता है । इसके परिणाम सारिणी क्रमांक–2 में दर्शाये गये हैं ।

सारिणी क्रमांक–2 एवं 3 से देखा जा सकता है कि विकल्प क्रमांक–5 भूमिगत जल स्तर को वर्षा के पहले 3. 32 मी. पर स्थिर रख सकता है और जो कि वर्षात के बाद भी फसलों के मूल वृद्धि क्षेत्र में किसी प्रकार का कोई हस्तक्षेप नहीं करेगा । अतः इसे ही सर्वोत्तम विकल्प माना गया । इस विकल्प में कुल जल आवश्यकता का 60 प्रतिशत नहर द्वारा तथा 40 प्रतिशत कुंओं द्वारा प्राप्त करना है ।

इस बढ़ी हुई मांग की पूर्ति हेतु जहां खुलरी उप नहर को वर्तमान 8 घंटे से बढाकर 12 घंटे चलाना होगा, वहीं 20 अतिरिक्त कुंओं की आवश्यकता होगी । कुंओं का वार्षिक कार्य समय भी 720 घंटे से बढाकर 900 घंटे करना होगा ।



चित्र कमांक - 2 अध्ययन क्षेत्र में जमीन से जल स्तर की गहराई की

समोच्च रेखाएं

अ- नबम्बर 1991 एवं

ब- नबम्बर 1994

उपसंहार

जल संतुलन के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि अध्ययन क्षेत्र में भूमिगत जल का उपयोग, उसमें होने वाले पुनःर्भरण से कहीं अधिक है । वर्तमान उपयोग को बढाना होगा । यदि जल स्तर में वृद्धि के प्रकोप से बचना है तो अभी से ऐसे उथले जल स्तर वाले क्षेत्रों का पता लगाकर उनमें नहर और कुंओं का उपयोग 60:40 के अनुपात में किया जाना आवश्यक है । ऐसे क्षेत्रों में नहर के ऊपरी और मध्यम क्षेत्रों में आने वाले कुंओं का उपयोग ही नहीं, नये कुयें भी लगाए जाना आवश्यक है । यदि निचले क्षेत्रों में नहर का पानी नहीं पहुंच पा रहा है तो इन्हीं कुंओं से उस क्षेत्र की सिंचाई की जावे ।

आभार

लेखक जवाहरलाल नेहरू कृषि विश्वविद्यालय, जबलपुर, म.प्र. और भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली का ऋणी है, जिन्होंने इस अध्ययन के लिये समसत सुविधाएं उपलब्ध करायी । विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली के प्रति भी लेखक अत्यन्त आभारी है, जिसने इस अध्ययन में आर्थिक सहायता देकर इस अध्ययन को संभव बनाया ।

सारिणी क्रमांक - 1 भू–जल संतुलन के विभिन्न घटक (1986–1993) सभी आंकड़े कमान क्षेत्र पर मि.मी. गहराई में

वर्ष	वर्षा	प्रभावशील वर्षा	अपवाह	सिंचाई	वाष्प–प्रस्वेदन	वाष्पन	गंभीर अंतः स्त्रवण
1986	1310.90	876.77	433.78	11.02	544.21	207.17	107.98
1987	1232.80	788.43	457.74	17.19	537.31	200.88	94.68
1988	1125.90	660.52	465.07	21.24	455.83	193.76	115.68
1989	885.60	710.28	175.15	71.60	474.41	199.27	98.73
1990	1719.40	811.90	907.84	108.71	506.61	195.80	197.36
1991	1367.80	639.01	728.66	131.40	548.04	172.51	88.82
1992	1111.60	681.99	429.30	150.82	623.46	157.45	83.07
1993	1464.00	843.72	619.88	232.57	669.57	179.80	103.86

सारिणी क्रमांक - 2 विभिन्न विकल्पों में नहर और कुंओं से जल की आपूर्ति एवं जल हानि

विकल्प क्रमांक	जल आपूर्ति			कुल जल आपूर्ति	अनुमानित कुल जल हानि	कुल लगाया गया जल
	नहर से	कुंओ से	नाले से			
1.	456.00	114.21	21.94	592.15	143.97	448.19
2.	427.00	142.34	21.94	591.28	142.17	449.11
3.	399.00	171.18	21.94	592.12	140.77	451.33
4.	370.00	199.20	21.94	591.15	138.95	452.20
5.	342.00	228.22	21.94	592.17	137.59	454.58
6.	314.00	256.75	21.94	592.69	136.12	456.57
7.	285.00	287.65	21.94	594.60	134.88	459.72
8.	256.00	313.87	21.94	591.82	132.70	459.12
9.	228.00	342.29	21.94	592.23	131.21	461.02

सारिणी क्रमांक -3 सतही एवं भूमिगत जल के संयुक्त उपयोग के विभिन्न विकल्पों में भूमिगत जल के पुनर्भरण की गणना एवं उसका भूमिगत जल स्तर पर प्रभाव.

विकल्प क्रमांक	भूमिगत पुनर्भरण मि.मी.+	भूमिगत जल का उपयोग मि.मी.+	भूमिगत जल में रिसाव निरा पुनर्भरण मि.मी.+	पूर्व सूचित जल स्तर मी.
1.	228.03	114.21	113.82	0.22
2.	241.67	142.34	99.34	1.51
3.	240.28	171.18	69.10	2.12
4.	238.46	199.20	39.26	2.71
5.	237.07	228.22	8.87	3.32
6.	235.63	256.75	−21.11	3.92
7.	234.39	287.65	−53.27	4.57
8.	232.21	313.87	−81.87	5.13
9.	230.72	342.29	−111.56	5.73

+ कमान क्षेत्र पर गहराई

संदर्भ

बोर्ग एच. एवं ग्राइमज, डी. डब्ल्यू. 1986. डेब्थ डेवलपमेंट आफ रूट्स विद टाइम : एन इमपिरीकल डिस्क्रिपसन, ट्रांसकेसन आफ दी – ए.एस.सी.ई. : 29(1) : 194–197.

वावन्डर, बी. एवं रवि, सी. 1983. वाटर लागिंग इन श्रीराम सागर इरिगेशन प्रोजेक्ट, इन्टरनेशनल जरनल आफ वाटर रिसोर्सेज डेंवलपमेंट, 1(2) : 157–171.

हास्टन, सी.इ. 1977 इरिगेशन डेवलपमेंट इन वर्ल्ड, एरिड लेंड इरिगेशन इन डेवलपिंग कन्ट्रीज – एनवाइरनमेंटल प्राबलमस एण्ड इफेक्टस, इ.बी., वारथिंगटन, एड. परगमन प्रेस, न्यूयार्क, 425–432.

जोशी, पी.के. राइट, जे.एल. एवं प्राट, बी.जे. 1971. ऐस्टीमेटिंग स्वाइल म्वाइस्चर डिलीशन फ्राम क्लाइमेट, क्राप एवं स्वाइल डेटा 1 ट्रांजेक्शन्स आफ दि ए.एस.ए.ई., 14 : 954–959.

मण्डल, एस.एम., 1986. एन्वाइलमेंटल ईस्पेक्ट एसिसमेंट, ए केस स्टडी आफ चन्द्रा केनाल ईरिगेशन प्रोजेक्ट, एक्वावर्ल्ड, 19–21.

मूर्ति, के.एन. 1991. इरिगेशन प्रोजेक्टस टू बी डेवलप्ड एज ए सिस्टम, भागीरथ, 38, 103–111.

सरकार, टी.के. 1991. प्रोसीडिंगस आफ सेमिनार कम वर्कशाप आन एग्रीकल्चरल लेंड ड्रेनेज प्राब्लम्स एण्ड मेनेजमेंट, जल तकनीकी केन्द्र, भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली.

शार्पले, ए.एन. एवं विलियमस जे.आर. (एड.) 1990 इ.पी.आई.सी. इरोजन प्रोडक्टीविटी ईम्पेक्ट केलकुलेटर : (1) – माडल डाकुमेन्टेशन, 235(2) – यूजर्स मेनुअल, 127, यू.एस.डी.ए. टेकनिकल बुलेटिन नं. 1768.