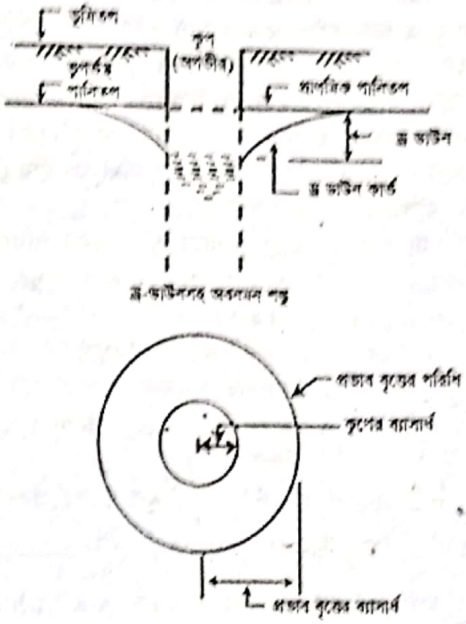
কূপের অংশসমূহ এবং ভূনিম্নস্থ পানিধারক স্তরে পানি পুনঃসঞ্চালন
(Understand the Features of a Wall and Recharging of Ground Water)

২.১ চিত্রসহ অবনমন শঙ্কু, প্রভাব বৃত্ত এবং ড্র-ডাউন কার্ভ ব্যাখ্যা (State the following terms with neat sketches : cone of depression, circle of influence, draw down curve) ঃ

অগভীর কূপ হতে পানি পাম্প করার পূর্বে এর পানিতল ভূনিম্নস্থ পানিতলের সমান থাকে। অবশ্য আর্টিজেন কূপের ক্ষেত্রে পানিধারক স্তরে 'হাইড্রোস্ট্যাটিক প্রেসার' থাকার দরুন কূপের পানিতল ভূনিম্নস্থ পানিতলের (Water table) উপরে থাকে। যখন কূপ হতে পানি পাম্প করে উত্তোলন করা হয় তখন ভূনিম্নস্থ পানিতল কূপের বর্হির্দিকের চারপাশে উত্তলাকারে (Convex) ক্রমশ নিম্নগামী হয়ে একটি উল্টা শঙ্কুর (Inverted cone) আকার ধারন করে। (চিত্র ঃ ২.১)

এটাকে অবনমন শঙ্কু (Cone of depression) বলা হয়। পানিধারক স্তরে এ অবনমন শঙ্কু সৃষ্টি হওয়ার ফলে ঢালের সৃষ্টি হয় এবং পানিধারক স্তরে সাম্য অবস্থা বজায় রাখার জন্য উল্টা শঙ্কু এলাকার পানি কূপ অভিমুখে ধাবিত হয়। কূপের অবনমন শঙ্কুর বৃত্তাকার ভূমিকে প্রভাব বৃত্ত (Circle of influence) বলা হয়। এ বৃত্তাকার প্রভাব বৃত্তের ক্ষেত্রফলকে অর্থাৎ যতটুকু এলাকার পানি কূপমুখী ধাবিত হয়, ঐ এলাকাকে কূপের প্রভাবিত এলাকা (Influence area) বলা হয়। এ বৃত্তের পরিসীমায় ড্র-ডাউনের পরিমাণ শূন্য এবং কূপের কেন্দ্র হতে প্রভাব বৃত্তের পরিসীমা পর্যন্ত দূরত্বকে প্রভাব বৃত্তের ব্যাসার্ধ (Radius of circle of influence) বলা হয়। এ ব্যাসার্ধের পরিমাণ যত বেশি হবে কূপে পানি প্রাপ্তির পরিমাণ তত অধিক হবে। কিন্তু বাস্তবে এটার ব্যতিক্রম ঘটে। কেননা কূপের দিকে ধাবিত পানির তোড় অধিক হলে কূপের পার্শ্বস্থ পানিধারক স্তরের সূক্ষ্ম মৃত্তিকা দ্রুত কূপের দিকে ধাবিত হবে। কূপের পানি ক্ষরণ ক্ষমতা পরীক্ষা করলে এটা সহজেই দৃষ্টিগোচর হয়। প্রভাব বৃত্তাধীন এলাকায় কোন বিন্দু বরাবর ভূনিম্নস্থ পানিতলের প্রাথমিক দূরত্ব ও অবনমিত দূরত্বের পার্থক্যকে ঐ বিন্দুর ড্র-ডাউন (Draw down) এবং কূপের পৃষ্ঠ হতে প্রভাব বৃত্তের পরিধি পর্যন্ত বিভিন্ন বিন্দুতে 'ড্র-ডাউনের' পরিমাণ যে কার্ভ দ্বারা প্রদর্শন করা হয়, এটাকে 'ড্র-ডাউন কার্ভ (Draw down curve) বলা হয়। কূপের চারিপার্শ্বের পানি-ধারক স্তর হতে কূপমুখী ধাবিত পানির পরিমাণ অপেক্ষা পাম্পের ক্ষরণের পরিমাণ অধিক হলে 'ড্র-ডাউনের' পরিমাণ সময় অতিক্রান্তের সাথে সাথে বাড়তে থাকে।



চিত্র ঃ ২.১ ড্র-ডাউনসহ অবনমন শঙ্কু ও প্রভাব বৃত্ত

২.২ কীভাবে কূপের উৎপাদন ক্ষমতা নিরূপন করা যায় (Express how to determine the yield of a well) ঃ

টেস্ট বোরিং ও পানি যোগান ক্ষমতা পরীক্ষা (Test boring & testing the portability of water) ঃ কোন এলাকার ভূনিম্নস্থ বিভিন্ন স্তর সম্পর্কে তথ্যাদি সংগ্রহকরণের জন্য বোরিং করা হয়। কোন এলাকায় টেস্ট বোরিং এর জন্য উপযোগী পদ্ধতি নির্বাচন করতে হয়, প্রয়োজনে একাধিক পদ্ধতির সমন্বয়নেও বোরিং কাজ করতে হয়। বোর খননকালে বিভিন্ন গভীরতার প্রত্যেকটি স্তর হতে এবং স্তর পরিবর্তনে নমুনা সংগ্রহ করতে হয়। নিয়মতান্ত্রিক ও যথাযথভাবে এ সকল তথ্যাদি বোর লগ (Bore log)-এ লেখতে হয়। বোর লগে গভীরতার উল্লেখসহ প্রত্যেকটি স্তরের পুরুত্ব, ভূনিম্নস্থ পানিতলের (Water level) অবস্থান, বিভিন্ন স্তরের গঠন বিশেষ করে মৃত্তিকার শ্রেণি যেমন– কাদা, পলি, চিকন বালি, মধ্যম বালি, মোটা বালি, গ্র্যাভেল ইত্যাদি উল্লেখ করা থাকে। কোন এলাকায় সচরাচর 150 মিটার হতে 500 মিটার পর পর টেস্ট বোরিং করে ঐ এলাকায় পানিবাহী স্তরের পুরুত্ব, বিস্তৃতি এবং পানি স্তরের অর্বাস্থিতি ইত্যাদি সম্পর্কে অবহিত হওয়া যায়। পানিবাহী স্তর পর্যন্ত বোরিং করে বোরিং ওয়েল (নলকূপ) বসিয়ে এবং ঐ কূপের প্রভাবিত এলাকায় পর্যবেক্ষণ বোরিং কূপের মাধ্যমে কূপের পানি যোগানের ক্ষমতা এবং ঐ স্তরের পারমিয়াবিলিটি (Permeability) ও ট্রান্সমিসিবিলিটি (Transmissibility) ইত্যাদি নির্ণয় করা যায়।

এখানে উল্লেখ্য যে, যেহেতু খোলা কূপের (Open well) ব্যাস অধিক ও নিজেই জলাধার হিসাবে কাজ করে এবং এর নিচ হতে পানি প্রবেশ করে, তাই খোলা কূপের পানি যোগান ক্ষমতা (ক) পাম্পিং টেস্ট (Pumping test) বা (খ) রিকিউপারেশন টেস্ট (Recuperation test) এর মাধ্যমে করা যায়। বোর কূপে পানি অনুভূমিকভাবে কূপে প্রবেশ করে এবং পাম্পিং কালে মৃত্তিকা স্তরের পানির অনুভূমিক প্রবাহের মাধ্যমে কূপে প্রবেশ করে বিধায় ইকুইলিব্রিয়াম (Equilibrium) সূত্রের সাহায্যে বোর ওয়েলের (bore well or tube well) পানি যোগান ক্ষমতা পরীক্ষা করা হয়। এ বিষয়ে থিম ও ডিউপিউটের বিশ্লেষণ ও সূত্রাদি নিম্নে বর্ণিত হল।

উদাহরণ-১২। 5 মিটার পুরু একটি কনফাইন্ড অ্যাকুইফারে 0.3 মিটার ব্যাসের নলকূপ হতে বিচ্ছিন্নভাবে প্রতি সেকেন্ডে 20 লিটার পানি পাওয়া যায়। কূপে পাম্প চালার পূর্বে কূপের তলা হতে 10 মিটার উচ্চতায় এবং পাম্প চলাকালে 8 মিটার উচ্চতায় পানি থাকে। উক্ত অ্যাকুইফারের মাটির ভেদ্যতা সহগ প্রতি সেকেন্ডে 2.2 মিলিমিটার হলে প্রভাব বৃত্তের ব্যাস নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$Q = \frac{2\pi KH(h - h_w)}{2.3 \log_{10}\frac{R}{r_w}}$$

বা, $0.02 = \frac{2\pi \times 0.0022 \times 5\ (10-8)}{2.3 \log_{10}\frac{R}{0.15}}$

বা, $\log_{10}\frac{R}{0.15} = \frac{2\pi \times 0.0022 \times 5 \times 2}{0.02 \times 2.3}$

বা, $\log_{10}\frac{R}{0.15} = 3.005$

বা, $\log_{10}\frac{R}{0.15} = \log_{10} 1011.58$

$\therefore R = 151$ মিটার

নির্ণেয় প্রভাব বৃত্তের ব্যাস $= 151 \times 2 = 302$ মিটার

দেয়া আছে—

$Q = 20$ লিটার/সেকেন্ড
$= 0.02$ ঘনমিটার/সেকেন্ড
$K = 2.2$ মিমি/সেকেন্ড
$= 0.002$ মি/সেকেন্ড
$H = 5$ মিটার
$h = 10$ মিটার
$h_w = 8$ মিটার
$R = ?$
$r_w = \frac{0.3}{2}$ মিটার
$= 0.15$ মিটার

উত্তর : 302 মিটার।

উদাহরণ-১৩। পানি অভেদ্য স্তরের উপর বালি মিশ্রিত কাদায় গঠিত 10 মিটার পুরুস্তরে ভূনিম্নস্থ পানি সমতা ভূপৃষ্ঠ হতে 1.5 মিটার নিচে অবস্থান করে। এ স্তরের একটি কূপ হতে প্রতি সেকেন্ডে কী পরিমাণ পানি বিরামহীনভাবে সরবরাহ করা যাবে। উক্ত কূপ হতে 3 মিটার ও 25 মিটার ব্যাসার্ধীয় দূরত্বের পরিদর্শন কূপদ্বয়ে আকর্ষিত অবনমন (Drawdown) এর পরিমাণ যথাক্রমে 3 মিটার ও 0.5 মিটার এবং উক্ত স্তরের মৃত্তিকার ভেদ্যতা সহগ 0.002 মিটার/সেকেন্ড।

সমাধান : আমরা জানি, সরবরাহের পরিমাণ—

$$Q = \frac{K\pi (h_2^2 - h_1^2)}{2.3 \log_{10}\frac{r_2}{r_1}}$$

$$= \frac{\pi \times 0.002\ (8^2 - 5.5^2)}{2.3 \log_{10}\frac{25}{3}} = 0.1 \text{ ঘনমিটার/সেকেন্ড}$$

$= 0.1 \times 1000$ লিটার/সেকেন্ড $= 100$ লিটার/সেকেন্ড

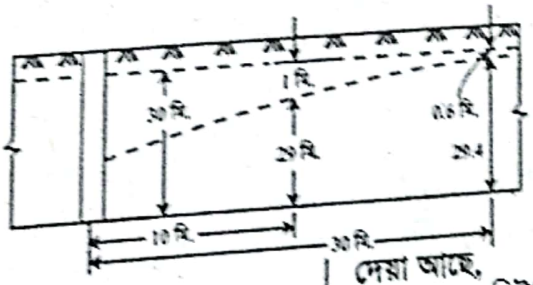
দেয়া আছে,

$K = 0.002$ মিটার/সেকেন্ড
$h_2 = 10 - 1.5 - 0.5 = 8$ মিটার
$h_1 = 10 - 1.5 - 3.0 = 5.5$ মিটার
$r_1 = 3$ মিটার
$r_2 = 25$ মিটার

উত্তর : 100 লিটার/সেকেন্ড

উদাহরণ-১৪। 30 মিটার পুরু একটি আনকনফাইন্ড অ্যাকুইফারের মূল কূপ হতে পর্যবেক্ষণ কূপ দুটোর কেন্দ্রীয় দূরত্ব 10 মি. ও 30 মি.। কূপটি হতে প্রতি মিনিটে 4000 ঘনমিটার পানি উত্তোলন করা হলে ঐ অ্যাকুইফারের ভেদ্যতা সহগ ও স্থানান্তর সহগ কত হবে? (অবনমনের পরিমাণ 1 মিটার ও 0.6 মি.) [বাকাশিবো-২০১৪, ১৮(পরি)]

সমাধান :



আমরা জানি,

ভেদ্যতা গুণাঙ্ক, $K = \frac{2.3Q \log_{10}\frac{r_2}{r_1}}{\pi(h_2^2 - h_1^2)}$

$$= \frac{2.3 \times \frac{4000}{60} \log_{10}\frac{30}{10}}{\pi(29.4^2 - 29^2)}$$

$= 1$ মিটার/সেকেন্ড (উত্তর)

স্থানান্তর সহগ, $T = \frac{2.3Q \log_{10}\frac{r_2}{r_1}}{2\pi(S_1 - S_2)} = \frac{2.3 \times \frac{4000}{60} \log\frac{30}{10}}{2\pi(1 - 0.6)}$

$= 29.1$ মি.²/সেকেন্ড (উত্তর)

দেয়া আছে,

$r_1 = 10$ মিটার
$r_2 = 30$ মিটার
$S_1 = 1$ মিটার
$S_2 = 0.6$ মিটার
$h_1 = 30 - 1 = 29$ মিটার
$h_2 = 30 - 0.6 = 29.4$ মিটার
$Q = \frac{4000}{60}$ ঘনমিটার/সেকেন্ড

উদাহরণ-৯। 60 সে.মি. ব্যাসসম্পন্ন একটি গভীর কূপের পানিধারক স্তরের পুরুত্ব 12 মি., আকর্ষিত অবনমন 4 মিটার, প্রভাব ব্যাস 600 মি., ভেদ্যতা সহগ দৈনিক 20 মিটার হলে ঐ কূপটির উৎপাদন ক্ষমতা প্রতি মিনিটে কত হবে, তা নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-

সমাধান ঃ আমরা জানি,

উৎপাদন ক্ষমতা, $Q = \frac{2\pi KH(h - h_w)}{2.3 \log_{10}\frac{R}{r_w}}$

$= \frac{2\pi \times 20 \times 12 \times 4}{2.3 \log_{10}\frac{300}{0.3}} = 874.182$ মি^{3}/দিন

$= \frac{874.182 \times 1000}{24 \times 60} = 607$ লি./মি.

দেয়া আছে,

কূপের ব্যাস = 60 সেমি $\therefore r_w = 30$ সেমি $= 0.3$

$\therefore R = \frac{600}{2} = 300$ মি.

$H = 12$ মি.

$h - h_w = 4$ মি.

$K = 20$ মি./দিন

উত্তর ঃ 607 লি./মি.

উদাহরণ-১০। 100 সেমি ব্যাসসম্পন্ন একটি গভীর কূপের পানিধারক স্তরের পুরুত্ব ও আকর্ষিত অবনমন যথাক্রমে 10 মি ও ৫ কূপটির উৎপাদন ক্ষমতা নির্ণয় কর। এখানে প্রভাব বৃত্তের ব্যাসার্ধ 250 মি এবং ভেদ্যতা দৈনিক 20 মিটার। [বাকাশিবো-২০

সমাধান ঃ আমরা জানি,

উৎপাদন ক্ষমতা, $Q = \frac{2\pi KH(h - h_w)}{2.3 \log_{10}\frac{R}{r_w}}$

$= \frac{2\theta\pi \times 20 \times 10 \times 6}{2.3 \log_{10}\frac{250}{0.50}} = 1214.61$ মি^{3}/দিন

$= \frac{1214.61 \times 1000}{24 \times 60}$ লি/মি$= 843.48$ লি/মি

দেয়া আছে,

$R = 250$ মি

$K = 20$ মি/দিন

$H = 10$ মি

$h - h_w = 6$ মি

$r_w = \frac{100}{2} = 50$ সেমি

$= 0.5$ মি

$Q = ?$

উত্তর ঃ 843.48 লি/মি

উদাহরণ-১১। কনফাইন্ড অ্যাকুইফারে 75 সেমি ব্যাসের একটি নলকূপে সাম্য প্রবাহের ফলে ড্রা ডাউনের পরিমাণ ৫ ধারক স্তরের পুরুত্ব 12 মি. হলে নিচের তথ্যাদির ভিত্তিতে নলকূপটির পানি ক্ষরণের পরিমাণ নির্ণয় কর। প্রভাব বৃত্তের ব্যা ভেদ্যতা সহগ 25 মি./দিন। [বাকাশি

সমাধান ঃ আমরা জানি,

ক্ষরণের পরিমাণ, $Q = \frac{2\pi HK(h - h_w)}{2.3 \text{ Log}_{10}\frac{R}{r_w}}$

$= \frac{2\pi \times 12 \times 25 \times 5}{2.3 \text{ Log}_{10}\frac{325}{0.375}} = 1394.80$ মি^{3}/দিন

$= \frac{1394.80 \times 1000}{24 \times 60}$ লি./মি.

$= 968.61$ লি./মি.

$= \frac{968.61}{60}$ লি./সে.$= 16.14$ লি./সে.

দেয়া আছে,

$R = \frac{650}{2} = 325$ মি.

$r_w = \frac{75}{2} = 37.5$ সেমি

$= 0.375$ মি.

$h - h_w = 5$ মি.

$H = 12$ মি.

$K = 25$ মি./দিন

উত্তর ঃ 16.14 লিটার/সেকেন্ড