

# Technical Evaluation of Kvals-2 ( EVK-TE )

## af R&P Geo Service AS ved Fridtjov . Ruden ( norsk )

Gennemgang af rapport :

**Formålet :** Formålet med R.F. rapporten som den er lagt frem er at afdække risikofaktorer ved gennemførelsen af boringen " Kvals – 2 "

**Bemærkning :** Rapporten er udarbejdet med støtte af 6 eksperter og har et særdeles dybdegående indblik i Kvals boringen. Det fremgår ved gennemlæsningen, at forfatteren F. R. har haft adgang til flere af de oplysninger vi i gruppen for Kritiske Fjernvarmeforbrugere har efterlyst – dog søger jeg endnu oplysninger, som ikke fremgår af rapporten, men som ganske givet må eksisterer. Nævnes skal :

**Valg af bore strategy :** Der er intet udsagn om hvorfor man netop vælger den horisontale bore strategi . F. R. kritiserer valget, men behandler ikke dette valg i en særskilt afsnit. Ikke i overensstemmelse med den ellers grundige rapport.

**Borediameter:** Dette emne diskuteres slet ikke. Alene antydes behovet og angives at man med en 8½" boring kan nå sit mål. Hvorfor gør man så ikke det , da det både er billigere og giver mindre bore mudder uanset borestrategy dermed mindre miljøhensyn , som jo blev en betydelig omkostning i projektet pga de additiver man skal bruge ved Mud-drilling.

- a) Kritikken af ledelsen er ganske stor – denne bør sættes i relation på en tidslinje, således man kan relaterer kritikken til den omtalte ledelse på hændelses tidpunktet.

Med min gennemlæsning har jeg rettet fokus mod 4 punkter.

**Ledelsen :** Da vi i gruppen ofte har talt om ledelsen ansvar.

**Rådgiverne** Da jeg har anført, at den rådgivende gruppe har haft et stort ansvar.

**Produktion** Borestrategi : Vertical contra horizontal boring ,  
valget og hensigten.

Borehullet´s diameter

**Projektets Tidslinjen** Hvad sker hvornårog under hvilken ledelse.

Rapporten er meget fint opbygget, hvilket gør den brugbar til opslag.

Part 1	En generel opsummering	side 1 – 17
Part 2	Evaluering af de involverede partner	Side 18 – 50
Under disse sider kan man finde en konkret opfattelse af aktørerne i projektet. Dog ikke Viborg Fjernvarme ( VF ) , Energi Viborg ( EV ) , Byrådet og styregruppen		
Før boring	Forundersøgelsen og historikken	Side 51 – 89
Før boring	Evaluering og modeller for boringen	Side 90 -166
Opstart	Boreplanlægningen - boringen	Side 167 -192
Boring	Boring perioden og data	Side 193 – 222

### **Ledelsen :**

Ved gennemlæsning af part 1 side 1-17 samt part 2 frem til side 50 . Bliver man i den grad overrasket over kritikken af den manglende ledelse. F.R. skriver direkte at der til tider ikke har været en synlig ledelse om nogen overhovedet og dette forhold fortsætter gennem projektet af projektledelsen. Som læser kan man ikke med mindre man har den direkte kronologiske forståelse af hendelses forløbet aflæse, hvornår det er Viborg Fjernvarme, Energi Viborg eller Rådgivergruppen som ikke lever op til sit ansvar og evnen til at lede projektet.

Derfor er det, at jeg har tilføjet emnepunktet - **Projektets Tidslinjen** Hvad sker hvornår . I håb om at kunne uddybe ansvarsplaceringen gennem projektforløbet. For dette er jo vitalt for os at forstå, eftersom vi ønsker dette ansvar placeret.

Rapporten bekræfter for gruppen af kritiske Fjernvarmebrugere ,at der ligger betydelig dokumentation som vi tidligere har anført og som vi ikke har haft adgang til. Denne dokumentation i sin helhed afdækker de valgte beslutninger og evt. mangel på samme. Rapporten viser dette materiale eksisterer,, men rapporten undlader direkte at benytte dette som forklaring på vigtige trufne valg.

## Rådgiverne.                      Rådgivergruppen.

Det er markant understreget i R.F. rapport utvetydigt, at den eksisterende klan på 4 medlemmer tilsammen har dannet et rådgiver forum, som i den grad har påvirket VF og selvfølgelig også EV.

Der ankes kraftigt imod rådgivernes manglende opsamling af erfaringerne fra tidligere borer. Et nødvendige værktøj som rådgiverne burde have haft kendskab til og som burde have været grundigt gennemarbejdet inden selve boreopgaven opstartes fra første fase til den endelige fremlæggelse af RTD (rådgivning og instilling til boring opstart). Rådgiver gruppen har haft adgang til alle data og man kan udlede fra rapporten, at disse information ikke er taget i anvendelse rettidigt.

**Fridtjov . Ruden** fremhæver disse 4 firmaer som totalt forblændet i egne interesser og således ikke formår at foretage en gennemgribende analyse af det direkte tilstedeværende materiale ( Års -1 1979 og Kvols 1 1976 med flere ) – Projekter som er kendt forud for projektets opstart. Alle disse oplysninger er tilgængelige hos GEUS, som tilmed opbevarer ikke mindre end over 100 sidewall boremateriale samples fra boringen foretaget af Dong. I kvols-1 1976 ( side 26 ). Dong afviser også at deltage i den foreslåede undersøgelse med henvisning til disse prøver og den tilstedeværende permabilitet i undergrunden, som giver en risk faktor højere end en omkostning kan bære. Ikke desto mindre tager ingen af de 4 parter sig den fornødne tid til at gennemgå dette grundigt kendt materiale. Dette påpeger F.R i skarpe vendinger som værende en væsentlig årsag til at projektet kørte så meget af sporet som tilfældet blev.

F.R. skriver, at Rambøll og Geus har haft en særdeles progressiv rolle i projektets realisering og skabelse i et samarbejde med Dansk Geotermi. Rambøll indtager ledelses rollen,, men formår slet ikke at agere som den ansvarlige leder ej heller som bygherrens rådgiver. ( Helt i tråd med mit tidligere indlæg omkring referaterne fra styregruppemøderne som ligeså godt kunne have været udformet som rådgivning for Dansk husmoderforening ).

**Fridtjov . Ruden** slår fast, at netop denne manglende ledelse og tilstedeværelse er hovedårsagen til de mange forkerte beslutninger og dermed de fatale store omkostninger projektet kommer til at bære.

Denne påstand har jeg ikke bibragt henvisninger til de første 17 sider, da de er gennemsyret af dette tema og listen vil således være enorm.

Således kan nævnes:

- Kvols 1 er rent faktisk afslutte efter forskrifterne dvs med en beton prop og kan således slet ikke kan genåbne som det foreslås . - anført i afslutningsrapporten (her på side 26 )..  
  
Havde man taget fat i de oplagrede side wall samples hos GEUS fra Kvols 1 ville man deraf kunne aflede, at den valgte Mud drilling strategi er forkert. Samtidig kunne man straks ved gennemgang af data fra Års-1 projektet have konstateret, at valget af deviated section drillings ikke er en god beslutning, eftersom Års-1 boringen (som Geus også har indsigt i) netop benyttede deviated section drilling hvilket var hovedårsagen til den komplicerede boring med havarier til følge. Simpelt – som det fremlægges - Havde man læst rapporten fra

Års med netop deviated drilling ville man have indset dette straks og ikke valgt denne boreform. ,

En Vertikal boring. F.R. skriver direkte, at det have været det korrekte valg med en traditionelle boreteknik for kvols 2 , så ville man have undgået de mange problemer. Den traditionelle boring ved Kvols 1 blev gennemført på 33 dage som vertikal boring . Kvols 2 brugte 180 dage før stop efter flere forsøg på gennemførelse af en deviated section drillings

Når netop dette er nævnt så ofte at en vertikal boring burde være første valg kommer eg tilbage til det faktum – hvorfor F. R. så ikke har et punkt hvori han netop behandlet dette valg. – DET UNDRE MIG I en rapport som jo er særdeles gennearbejdet og hvor F.R. virkelig har vendt enhver sten og kommer ind på mange faktorer som er interessant at læse om, men hvis formål alene er at afdække risikofaktorerne gennem projektet som værende bærende parametre for GO and NO GO.

Uddrag:

- Side 10 R.F skriver de same 4 deltagere Rambøll, Geus, Ross Engineering og Dansk Geotermi tilsyneladende uhæmmet af deres dårlige erfaringer ufortrødent forsætter deres jagt på projekter i Danmark. De har gennem årene skabt en absolut dårlig rådgivning med manglende projektforståelse, manglende ledelses erfaring i geotermiske boringer og i særdeleshed forståelsen og betydningen af risk analysernes værdi for en bygherre.
- Side 32 Rambøll er den ledende operatør med Geus som underleverandør på rådgivning .
- side 35 manglende samspil i samarbejdet mellem Rambøll og GEUS jfr mail korespondance.
- Side 210 Her og flere andre steder i disse afsnit bliver det præciseret og forklaret, , at ved en sådan boring har man et meldesystem, som giver mange varierende data ( Baker Hughes –system ) R.D. understreger at Geus og Ross tilsyneladende ikke har kontrol over disse og deres anvendelse. Således efterspørger de ikke specifikke data som kan være til nytte. Hvad er årsagen til de mister kontrollen over boring og der bores i blinde. Side 217 en oversigt.
- 

. Min opgave er derfor nu at forstå, hvorfor man vælger man denne deviated section drillings form. Det er min klare overbevisning, at dette valg er truffet alene ud fra et produktions hensyn. Derfor har jeg til slut i mine notater tilføjet mine egne hentede information om netop vertikal-contra horizental boringer.

Når det er sagt er det jo **påfaldende, at F.R. . springer over netop dette emne ( side 17 )** Her er en liste over vigtige beslutninger. Det beskrives ikke klart, hvorfor man har valgt deviated bore form, men det understreges alene gentagne gange hvor enkelt det ville have været om man havde brugt en vertikal boring. ( se skitse side 172 til understøttelse )

- Side 17 Skema –F.R. fører os direkte ind således : Fra Drilling til Drilling Fluid control and Disposal og videre til Mud Stragegy for deviated section. Uforstående når F.R. alle andre steder grundigt diskuterer handle måden og valget kritisk.

Til at underbygge min manglende forståelse af dette valg, kan jeg henviser til F.R. egne bemærkninger og noter undervejs i rapporten , således skriver han :

### **Produktion som en væsentlig beslutningsfaktor i projektet**

- Side 10 En traditionel vertikal boring mod målet reservoir Gassum ville ikke have givet væsentlige bore problemer og er en kendt og respekteret anvendt metode for boring mod et geothermal ressource.
- Yderligere skriver F.R. at – deviated drilling benyttes for opnåelse af afstand mellem brøndfunktionen i en dybde af 2500 mete – men det ønske, at dette skal kunne ske fra en enkelt matrikkel. Og fortsætter han - at man således fra en række boringer fra samme matrikkel kan opnå en serie af føde brønde med samme udgangspunkt – altså bestem en produktion relateret observation- for vi kritiske forbrugere ønsker jo kun den enkle observation – En undersøgelse og en konstatering – er der varmt eller ikke varmt vand og i hvilken mængde.
- Side 10 Valget af en horisontal boring er yderst risikabelt og kræver væsentlig højere teknologi og tager primært sin anvendelse indenfor olie og gas industrien – som f.eks fra borerigge - men der er værditilvæksten ved succes jo tilsvarende 10 gange højere end som her ved en simple geotermisk entalpi opgave.
- Desuden skriver så F.R. , at netop miljøhensynet for en horisontal boring på landjord er meget mere kostelig end en tilsvarende på det åbne hav pga netop miljøhensynet pga , at boreslam skal bortskaffes med tung og Høj salin indhold med oliereste . osv Altså igen en ikke nødvendig omkostning set ud fra opgaven pålydende målet er at finde ud af om der er varmt vand eller ikke varmt vand ned på 2500 meters dybde.
- Side 9 Med valget af Mud Strategy metoden har man valgt en betydelig mere omkostningstung boreteknik som kræver forings rør m. m. Mud teknikken er hovedårsagen til de mange problemer med bl.a de konstaterede havarier gennem projektet. Undervejs advarer MUD leverandøren ( side 180 - MI Swaco Danmark APS , rapport fra samme se side 43 ) om dette med henvisning til Års-1 projektet og med henvisning til Geus og de oplagrede 100 sidewall boremateriale samples. Dette finder sted – nu hvor vi allerede er 1 måned henne i boreforløbet af Kvols 2 ( nærmere den 25. April 2012 jfr anførte notater om dette side 39 ) – først her finder Rambøll/ Geus / Ross og Dansk Geotermi disse rapporter frem. Og F. R. gentager . Netop valget at MUD-stratgien er hovedårsagen til de mange komplikationer ( til at understrege seriøsiteten af dette faktum kan man læse på side 41 netop disse samme fakta fra Års-1 , hvor disse boringerne sammenholdes. ).
- Side 12 R..F. skriver igen Det kan anbefales at bore en ny vertikalboring ved Kvols da dette er overkommeligt og en forudsigeligt boreform, om man vil opnå et kendskab til de geotermiske muligheder ved Kvols. En vertikal boring er rutinearbejde og meget mere enkelt frem for en horisontal boring ( deviated drilling ).
- Side 32 En omkostningstung ekstraomkostning: Det faktum, at man i boreprocessen forventer tilstedeværelsen af smectiles benytter man ekstra heavy tools ( særdeles dyrt udstyr ) beregnet til Saline MUd hvilket slet ikke er nødvendig om man havde læst erfaringerne fra Års 1 og Kvols 1 igennem med omtanke. Efter opstart og 1 måned fremme i boreforløbet påtaler Mud -leverandøren dette forhold ( Side 180 Mud supplier MI Swaco Danmark APS )

- SIDE 33 Geus fejler ved ikke at have den tilstrækkelige kompetence indenfor opgavens omfang på boring.
- Side34 Vital borerapport fra Geotec Consult ( Tysk Rådgiver ) bliver ikke anvendt trods den betales af bygherren og rådgiverne tager ikke den som vejledende – om de har læst den overhovedet . Den ville straks have ændret boreteknik. – men den fastholdes –Hvorfor ?
- Side 43 Her er en gennemgang af evalueringerne fra Kvols1, Hyllenbjerg 1 og Års 1, som samstemmende påpeger igen , at vertikal boring er hurtig og mere problem frit, samt at en DEVIATED DRILLING vil afstedkomme stabilitets problemer altså en meget meget mere omkostningstungt. bore metode OG F. R. tilføjer yderligere, at en DEVIATED DRILLING ER langsommere end en vertikal boring. – igen en omkostnings påvirkning vi ikke har godkendt..

NÅ – således kan man blive ved at indse, at valget af horisontal boring var forkert – Så det jeg skal finde ud af er, hvorfor man så vælger det og påvise man direkte går efter en produktion og ikke som oprindeligt aftalt en undersøge som kan afdække om der er varmt vand i og hvor meget og om den kan udnyttes.

- Side 48 Scope of work for drilling manager – Udbudsmaterialet før opstart. Læs pkt 1 og pkt 3. .  
**Her står direkte at Kvols -2 vil blive udført som en vertikalboring , medens de derpå kommende boringer er horizontale ( Kvols-3 underforstået ) .** Hvorfor stiller R. F ikke spørgsmålstegn ved denne job beskrivelse i opgaven, nu han allerede flere gange fremhæver den vertikale boring som den bedste og hvorfor er denne boreform så fravælges uden begrundelse ?? Dette er en afvigelse som ikke er logisk i en rapport som jo er særdeles velgennemarbejdet af F. R. .Det konstateres : En vertikal boring kunne således være blevet gennemført af Dansk Boreselskab AS ( side xx – 72 med Dong ) og således for meget lavere omkostninger. Man kan således kalde den efterfølgende boring for ”Kvols -3 Horizontalboring produktions boring ”.

Det mest tåbelige er faktisk at den eneste årsag til man overhovedet tænker på en horizontal boring er ikke at skulle opkøbe yderligere jordarealer og derved have 2 måske 4 måske 6 vertikale boringer spredt over et stort område fremadrettet , når produktionen skal tager sin opstart. Men vi husker jo alle også, at VF+EV ved lånegaranti henstillingen netop fremlagte tal , som viste en produktion kunne blive realiseret indenfor kort tid . Dette klart netop fordi man fra dag et har haft produktionen med i projektet.

Igen igen er dette klart ikke er en overvejelse man skal gøre sig nu med en bevilling på 13 mill kr i lommen og samtidig alene har en bore tilladelsen der alene giver ret til en prøveboring og ikke produktion jfr den skriftlige bore tilladelse. Ejendommelig, at F.R heller ikke kommenterer dette. Måske tilladelsen kom senere.

- Side 95 De forventede produktion resultater omtales her på siden til ca 200 m3/H og simuleres til at være 175 m3/H ved en vertikal boring. Gennemføre man således en Horisontal boring – ALTSÅ en Deviated 60 degree well boring vil dette tal kunne forøges med 50 % - altså til ca 270 m3/H. Efterfølgende på side 96 følges dette op med den simulerede FEFLOW model som godtgør den nødvendige K value injections rate for opnåelse af dette produktion niveau. ALTSÅ dette er en produktionsrelateret metode man tager i anvendelse.

Side 97 Man analyserer lednings-evnen (conductivity ) i undergrunden med den endelige konklusion, at lednings evnen forbedres betydeligt ved en skrå boring. Igen en produktionsrelateret konstatering Det er klart at man skal undersøge dette, men det betyder ikke man skal bore efter dette under Kvols -2 netop som udbudsmaterialet beskriver. Men som en nødvendig viden at opsamle i næste fase ved en ny boring målrettet mod produktion ved en horisontal boring. **Altså dette burde ikke være en del af opgaven nu.**

Side 104 **Fridtjov . Ruden** viser her i hans egen redegørelse og bekræfter, at en deviation drilling vil forbedre produktionsforventninger betydeligt – dobbelt – om end han ikke er enig i størrelsen på tallene så understreges det igen, at – Valget af en deviated section drillings er alene produktionsrelateret.

Side 108 Her omtales Kvols 2 og Kvols 3 , hvor netop Kvols 3 er opstillingen som de 4 wells-pair for produktion – der henvises til rapport om dette . note 3 Geothermal Productivity and temperature break through for the well pair Kvols-2 and Kvols-3

Hele rapporten og dens gennemførelse er jo det ganske vanvid eftersom den foreliggende tilladelse på generalforsamlingen kun går på en undersøgelse af , om der er varmt vand eller ikke varmt vand. Alle disse omkostninger kunne man udsætte til efter denne konstatering. Men det vælger den samlede Ledelsen presset af deres rådgivere at overhører og det er jo årsagen til, at bestyrelsen trækkes med ud på et overdrevent projekt. Stærkt ledet af de 3 rådgivende musketerer + Dansk Geotermi, Firmaet Dansk Geotermi som F.R beskriver som en hovedløs person som slet ikke har den forventede indsigt til opgaven, men som alene har sit fokus rettet mod tilstedeværelsen af Geotermiske varme og ikke fatter hvad der skal til for at realisere drømmen – men en super sælger det må han være.

Han startede jo hele projektet med sin henvendelse til Viborg Fjernvarme.

Side 168 Valg at bore diameter - hvorfor så stor – Som undersøgelse kan der bruges en mindre borediameter på 8½ ” mod en 121/4 ” eller en 17½” boring.

Dette er også et emne jeg ikke får forklaret gennem rapporten. Men svaret skal undersøges. Hvilken diameter de brugte i Kvols 1 og Års-1 – OG hvorledes bestemmer man den bore diameter man ønsker at benytte – det er jo klart des større diameter des større mængde boreslam skal til miljøbehandling. -

Side 168 Originally planed to be an 8½ “ drilling. Den ændres til ??? dette giver denne rapport ingen forklaring på Iflg rapporten er der tilsluttet 6 professionelle rådgivere , den ene er specialist netop i drilling. Han må kende svaret.

Side 181 Det understreges her, at valget af en horisontal boring allerede den 26. Januar 2012 kunne være dømt ude, om man havde studeret erfaringerne fra Års 1 grunddigt og set dette i sammenhæng med den givne RTD= anbefaling af boretiladelse. Denne mulighed fik man igen efter boring af Kvols 2 A , men trods erfaringerne stopper man ikke, men opstarter Kvols 2 A anden borng og senere Kvols 2B. ( min bemærkning her er : Ved opstart af Kvols 2 B er projekt- solgt fra til Energi Viborg )

Side 186 Understreger divariation drilling at Års-1 fejlede og det samme blev gentaget ved Kvols-2. idet man ikke får den rigtige ballance i MUD strategien set ud fra undergrunds beskaffenhed

og kompleksitet F.R.. understreger igen, at en vertikal boring ville ikke have foranlediget væsentlige problemer.

Side 192 her gentager R. F igen det samme som side 186 med udgangspunkt i drilling cut og Mud composition. Den vertikale boring som væsentlig bedre- hvilket tilsyneladende ikke kan fremhæves nok. ( og så min kommentar hvorfor er det så ikke et tema som F.R. Behandler i rapporten )

---

### **Projektets Tidslinjen      Hvad sker hvornår.**

Dette har vi allerede redegjort for andet sted og skal derfor indføres i dette skrift. Dette er vigtigt at forstå for korrekt ansvarsplacering og for at forstå ejerforholdet til omkostningerne.

Opstart : Viborg Fjernvarme VF

Ved forundersøgelse gennemført af VF med stor støtte af Rådgiver Dansk Geotermi selskabet involveres omegnens fjernvarme selskaber i projektet og på et meget tidligt tidspunkt involveres Energi Viborg direkte i ledelsen - Dette sker den ????. DVS fra den dato er VF+EV sammen om projektet og dermed begge ansvarlige for beslutningerne.

Den ??? gennemføres et projektsalg til Energi Viborg. Efter denne dato er det alene Energi Viborg, som har ansvaret og denne skillelinje er således vigtig.

Disse datoer osv kan vi lige sætte ind – dem som husker dem –Lige nu gør jeg ikke.

Jeg mener i øvrigt, at Lasse har lavet en tidslinje som vi bør tage anvendelse af. Så kan vi jo i fællesskab indpasse hændelserne i denne tidslinje, således Lasse kan tage nytte af vore gennemlæsning af rapporten, og således spare tid.



**Bilag :**

**Notes from Visser & Smit Hanab Holland and Geology.com who I worked with in 1983**

Most wells drilled for water, oil, natural gas, information or other subsurface objectives are vertical wells - drilled straight down into the earth. However, drilling at an angle other than vertical can obtain information, hit targets and stimulate reservoirs in ways that can not be achieved with a vertical well. In these cases, an ability to accurately steer the well in directions and angles that depart from the vertical is a valuable ability.

**Why Drill Wells That Are Non-Vertical?**

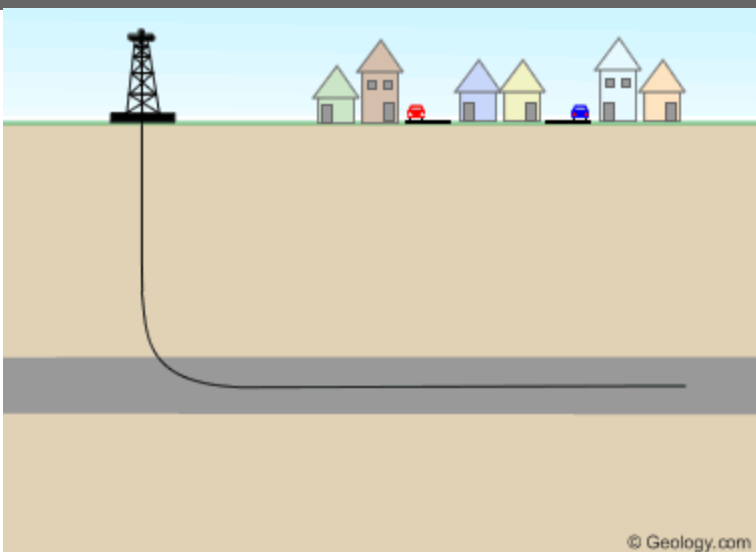
Directional and horizontal drilling have been used to reach targets beneath adjacent lands where excavation is impossible or extremely expensive.

Below is a list of six reasons for drilling non-vertical wells

- A) Hit targets that can not be reached by vertical drilling. – Not actual in Kvols -2**

Sometimes a reservoir is located under a city or a park where drilling is impossible or forbidden.

**(A) Target can't be reached by vertical drilling**

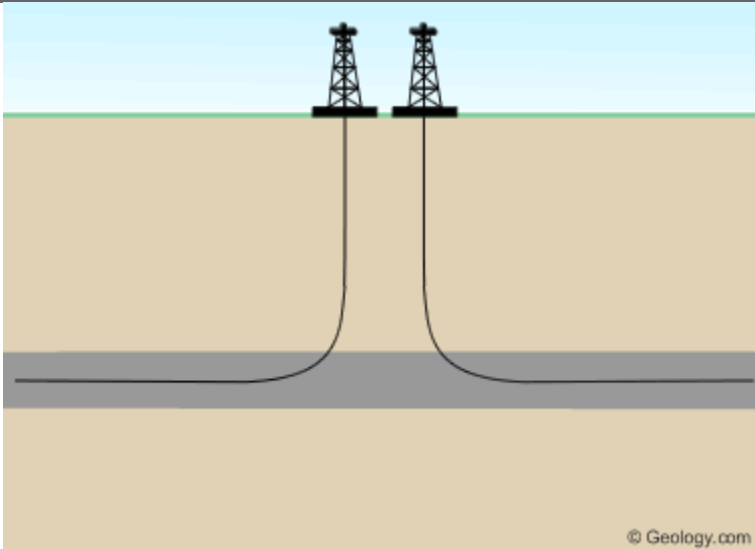


Directional drilling can be used to reach targets that can not be drilled with a vertical well. For example: it may not be possible to get a drilling permit for a well located within a populated area or within a park. However, a well could be drilled just out side of the populated area or park and then steered directionally to hit the target.

- B) Drain a broad area from a single drilling pad. Not actual in Kvols -2**

This method has been used to reduce the surface footprint of a drilling operation and at same time reach large reservoir in large area beneath the campus.  
reduced the footprint of natural gas development within the campus area.

## (B) Drain a large area from one drill pad

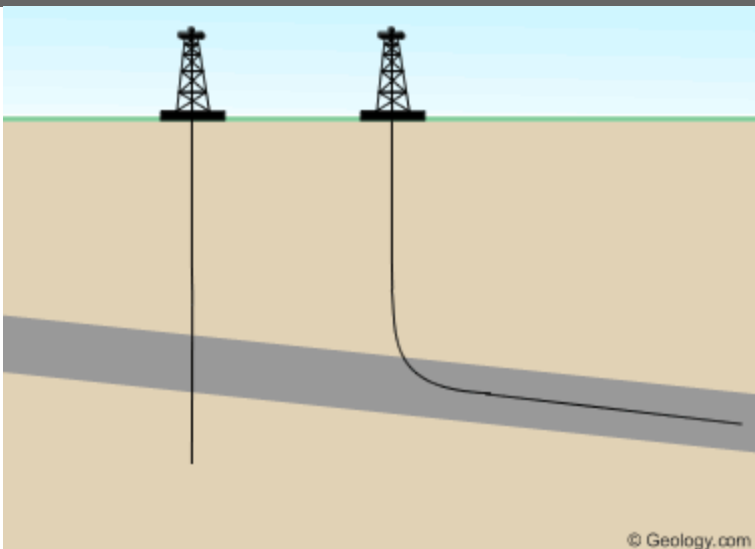


One drilling pad can be used to drill a number of wells. This reduces the footprint of drilling operations. In 2010 the University of Texas at Arlington drilled 22 wells on a single platform. These wells are draining the natural gas from about 1100 acres beneath the campus. Over a 25-year life-time the wells are expected to produce a total of 110 billion cubic feet of natural gas. The alternative would be to drill many wells, each requiring a drilling pad, pond, access road and gathering line.

## C) Increase the length of the "pay zone" within the target rock unit. Not actual in Kvols -2

If a rock unit is fifty feet thick, a vertical well drilled through it would have a pay zone that is fifty feet in length. However if the well is turned and drilled horizontally through the rock unit for five thousand feet then that single well will have a pay zone that is five thousand feet long - this will usually result in a significant productivity increase for the well.

## (C) Increase the length of the "pay zone"



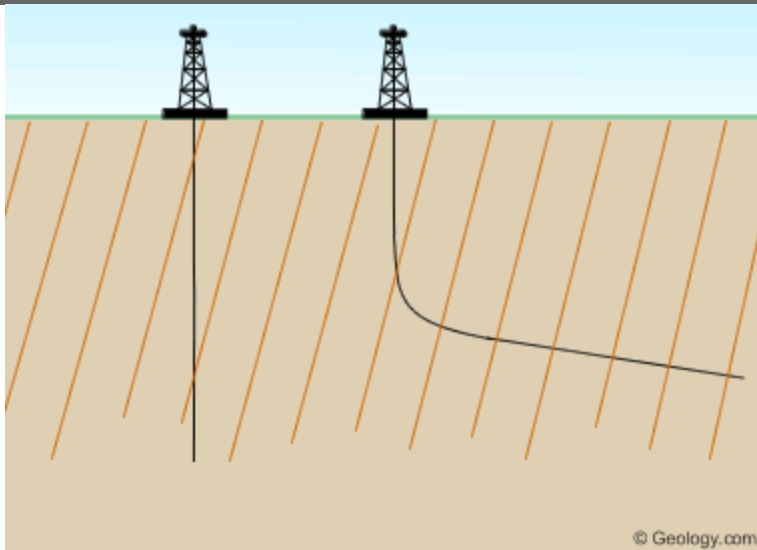
If a vertical well is drilled through a 50-foot-thick reservoir rock then natural gas or oil can seep into the well

through 50 linear feet of "pay zone". However, if the well is turned to horizontal (or the same inclination as the rock unit) and drilled within that rock unit then the distance of penetration within the pay zone can be much greater. Some horizontal wells have over one mile of pay zone penetration

**D) Improve the productivity of wells in a fractured reservoir. Not actual in Kvols -2**

This is done by drilling in a direction that intersects a maximum number of fractures. The drilling direction will normally be at right angles to the dominant fracture direction

**(D) Improved production in a fractured reservoir**

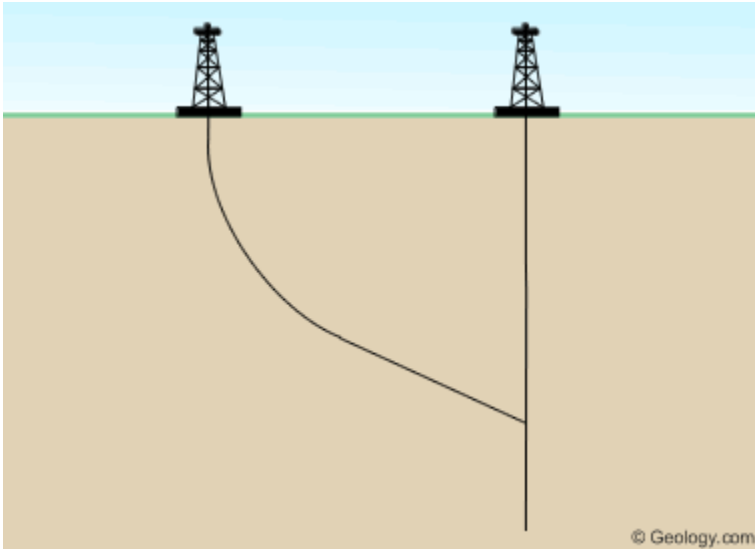


Some reservoirs have most of their pore spaces in the form of fractures. Successful wells must penetrate fractures to have a flow of natural gas into the well. In many geographic areas there is a dominant fracture direction along which most of the fractures are aligned. If the well is drilled perpendicular to the plane of these fractures then a maximum number of fractures will be penetrated

**E) Seal or relieve pressure in an "out-of-control" well. Not actual in Kvols -2**

If a well is out-of-control a "relief well" can be drilled to intersect it. The intersecting well can be used to seal the original well or to relieve pressure in the out-of-control well.

**(E) "Relief well" for an "out-of-control" well**

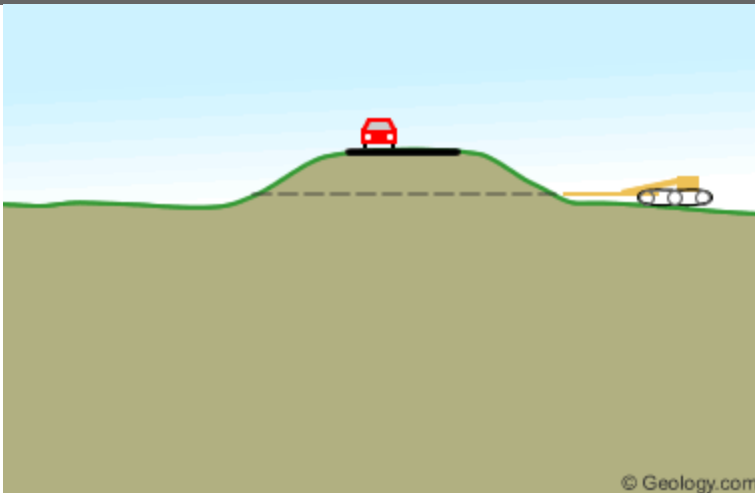


If a well has a problem and begins to flow out-of-control, it must be sealed at depth or the pressure must be relieved. In this situation a "relief well" can be drilled from a nearby site. The relief well will be a directionally drilled well that intersects the bore of the problem well to drain off some of the pressure or to plug the well by pumping cement into the bore.

**F) Install underground utilities where excavation is not possible. Not actual in Kvols -2**

Horizontal drilling has been used to install gas and electric lines that must cross a river, cross a road, or travel under a city.

**(F) Installation of underground utilities**



Utility service lines such as those delivering electricity, water or natural gas are sometimes installed by directional drilling. This method is used when they must cross a road where excavation would disrupt traffic, cross a river where excavation is impossible, or transverse a community where surface installation by excavation would be extremely expensive and disrupting.