

P R O J E T O
INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE ENERGIA
GEOTERMAL NO BRASIL

Relatório das atividades desenvolvidas
Maio/78 a Setembro/78

IAG PHL

CPRM	SUREMI	012928
	SECRETARIA	2007
ARQUIVO TÉCNICO		
Relatório nº	882 - S	
N.º do Volume e Anexo	V. 1 - S	

P R O J E T O

INVESTIGAÇÃO DOS RECURSOS DE ENERGIA
GEOTERMAL NO BRASIL

Relatório das atividades desenvolvidas
Maio/78 a Setembro/78

Autores:

J.M. da Mota Marques - DEPEM

A.M. Aboarrage - SUREG-SP

Honofre Jorge - SUREG-SP

S U M Á R I O

	pg.
INTRODUÇÃO	1
HISTÓRICO	2
ENERGIA GEOTERMAL E TÉCNICAS DE PROSPECÇÃO	3
TIPOS DE SISTEMAS GEOTERMAIS	19
ALGUNS EXEMPLOS DE SISTEMAS GEOTERMAIS EM EXPLORAÇÃO	22
INVENTÁRIO DAS FONTES E POÇOS GEOTERMAIS, NO BRASIL	35
BIBLIOGRAFIA	43

O presente relatório descreve as atividades já desenvolvidas no âmbito do Projeto Investigação dos Recursos de Energia Geotermal no Brasil, especificamente compilação e análise bibliográfica.

O trabalho desenvolveu-se desde Maio/1978 até a presente data.

Descrevem-se, resumidamente, as áreas do globo susceptíveis de conter sistemas geotermiais, as técnicas utilizadas na prospecção e pesquisa desses sistemas, enfatizando-se as que, em âmbito mundial, são consideradas mais apropriadas, nomeadamente, geológicas, hidrogeológicas, geoquímicas e geofísicas.

Apresentam-se alguns exemplos de sistemas geotermiais em exploração, em várias regiões do globo e de prospecção geotermal sem sucesso, tendo-se procurado interpretar as suas causas.

Referem-se os sistemas geotermiais de baixa entalpia, já reconhecidos no Brasil, bem como os poços e fontes geotermiais inventariados.

É apresentada uma extensa lista bibliográfica de artigos sobre energia termal, que foi possível inventariar, a qual inclui os trabalhos executados em território brasileiro, estes apenas no âmbito de gradientes geotérmicos e fluxo de calor.

Da análise crítica bibliográfica deduz-se ser de interesse a continuidade do projeto Investigação dos Recursos Geotermiais no Brasil, aplicando a metodologia referida no projeto reformulado.

O projeto Investigação dos Recursos de Energia Geotermal no Brasil, nos moldes propostos inicialmente, previa, como atividade primeira, um levantamento bibliográfico que consistia da compilação dos trabalhos publicados sobre energia geotermal e seu aproveitamento, acompanhado do que foi publicado no Brasil sobre o assunto.

Esta tarefa tinha prazo previsto para execução de 9 meses.

A partir de maio/1978, iniciou-se a pesquisa bibliográfica, atividade julgada primordial para a execução global do projeto, dado que se tratava de um trabalho pioneiro no Brasil e sem a qual seria precário dar início às tarefas subsequentes, previstas no projeto.

Tendo sido solicitada a reformulação do projeto, reduzindo o prazo de execução total para 4 meses (Setembro a Dezembro/1978), foi possível reduzir o prazo de execução da compilação bibliográfica para apenas um mês (Setembro), porque grande parte dessa atividade já havia sido realizada (Maio a Agosto / 1978.)

A evolução de nossa civilização depende dos nossos recursos em energia. Assim o grau de desenvolvimento de um país avalia-se pela quantidade de energia disponível consumida por habitante. Até há pouco tempo, os combustíveis fósseis constituíam as fontes clássicas de energia, mas o seu esgotamento em prazo mais ou menos curto levanta o problema de pesquisa de novas fontes de energia.

As energias solar, eólica, ou a energia das marés estão ainda em estágio de pesquisa e são de aplicação modesta.

A exploração da enorme quantidade de energia libertada pela terra, sob a forma de calor, pode constituir uma contribuição interessante a acrescentar as outras fontes de energia já utilizadas.

O aproveitamento da energia geotermal é possível em algumas regiões onde fluidos (água, vapor e outros gases) sobem de zonas profundas e muito quentes da crosta terrestre, até a superfície, transportando grande quantidade de calor.

Estes fluidos são pesquisados e explorados a profundidades compreendidas entre 300 e 3000 metros.

O gradiente geotérmico é uma consequência do fluxo de calor através da crosta sólida terrestre. A origem deste calor está ainda longe de ser completamente entendida mas pode-se mais facilmente definir as causas das anomalias positivas que são as origens das anomalias geotérmicas.

O modelo mais simples para explicar uma anomalia geotérmica requer a presença de um centro de calor, a uma dada profundidade e o transporte do calor para a superfície por meio de circulação de um fluido. O centro de calor pode ser constituído por massas magmáticas quentes que migraram para par-

tes menos profundas e portanto mais frias da crosta. Estes materiais magmáticos parcial ou inteiramente fundidos, com temperaturas compreendidas entre 650 e 1200° C, podem constituir câmaras de dimensões variáveis.

A importância do centro de calor será tanto maior quanto mais próximo se encontrar da superfície e será função da quantidade total de energia térmica que a massa magmática possa ceder às rochas encaixantes e aos fluídos que nelas circulam, por resfriamento ou por cristalização.

O transporte de energia térmica desde a fonte de calor até à superfície (ou próximo da superfície) deve estar assegurada pela circulação de um fluído, principalmente água, no estado líquido ou gasoso.

A água, de origem quase que inteiramente meteórica, se aquece em contacto com rochas a temperatura elevada e ascende à superfície, sendo substituída por correntes descendentes de água mais fria.

Assim, podem originar-se ciclos de convecção térmica que, com o tempo, aquecem grandes massas de rocha, provocando anomalias térmicas superficiais, em zonas bem localizadas.

As águas subterrâneas circulando em zonas termicamente anômalas podem atingir a superfície e dar origem, segundo a sua temperatura, a fontes térmicas, com emissão intermitente da água e de gás. (geysers) ou de vapor misturado com outros gases (fumarolas). Dêste modo a maior parte do conteúdo energético dos fluídos dissipa-se na atmosfera.

Pelo contrário, a presença de uma cobertura superficial de rochas impermeáveis pode reduzir notavelmente, ou mesmo impedir, quase totalmente a chegada à superfície de tais fluídos (água e/ou vapor). Neste caso poderá haver no subsolo em profundidade (300 a 3000 m.), uma circulação de fluídos com conteúdo energético importante, cuja temperatura e pressão podem atingir

gir valores elevados.

A pressão destes fluidos deve ser naturalmente inferior a pressão litostática das rochas impermeáveis da cobertura.

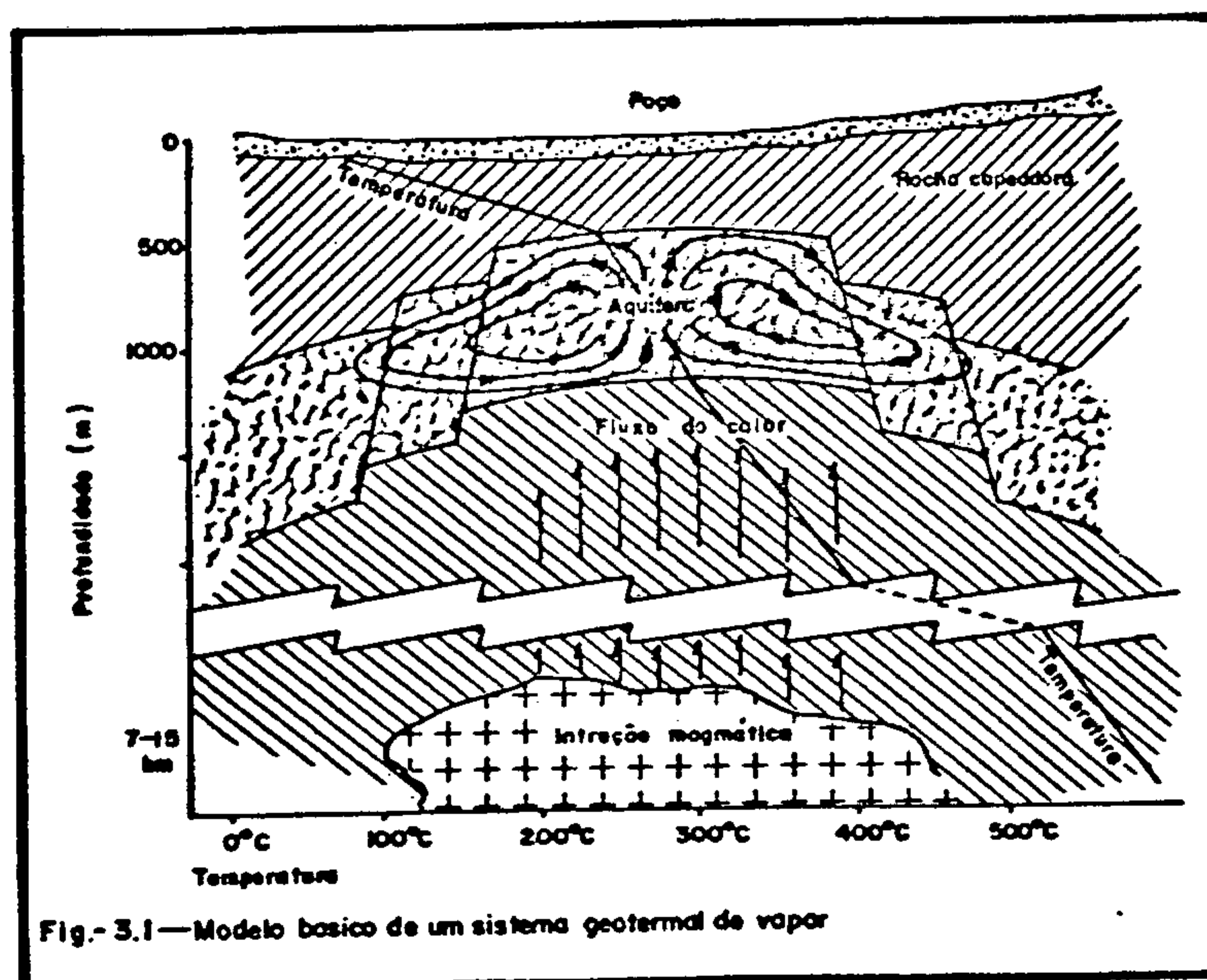
Se este valor é ultrapassado, em um ponto onde a cobertura é menos espessa, haverá uma "explosão freática" e formação de uma cratera, maior ou menor.

A circulação do fluido que transporta calor para a superfície implica em grande permeabilidade das unidades litológicas.

Os movimentos de convecção tendem a manter uma temperatura quase uniforme em todo o reservatório e os fluidos provenientes de zonas onde a pressão hidrostática é mais baixa terão características termodinâmicas melhores que as que provêm das partes profundas do reservatório.

Basicamente, pode-se considerar dois modelos de sistema geotermal: (1) de vapor e (2) de água quente.

Os aspectos básicos do sistema geotermal de vapor (ver figura 3.1) são os seguintes:



(a) fonte de calor natural; (b) abastecimento adequado de água ;
 (c) rocha capa.

A fig. 3.2 mostra esquematicamente o modelo de sistema geotermal de água quente de baixa temperatura.

As técnicas de prospecção e pesquisa de sistemas geotermiais utilizam métodos geológicos, hidrogeológicos, geoquímicos e geofísicos (ver fig. 3.3).

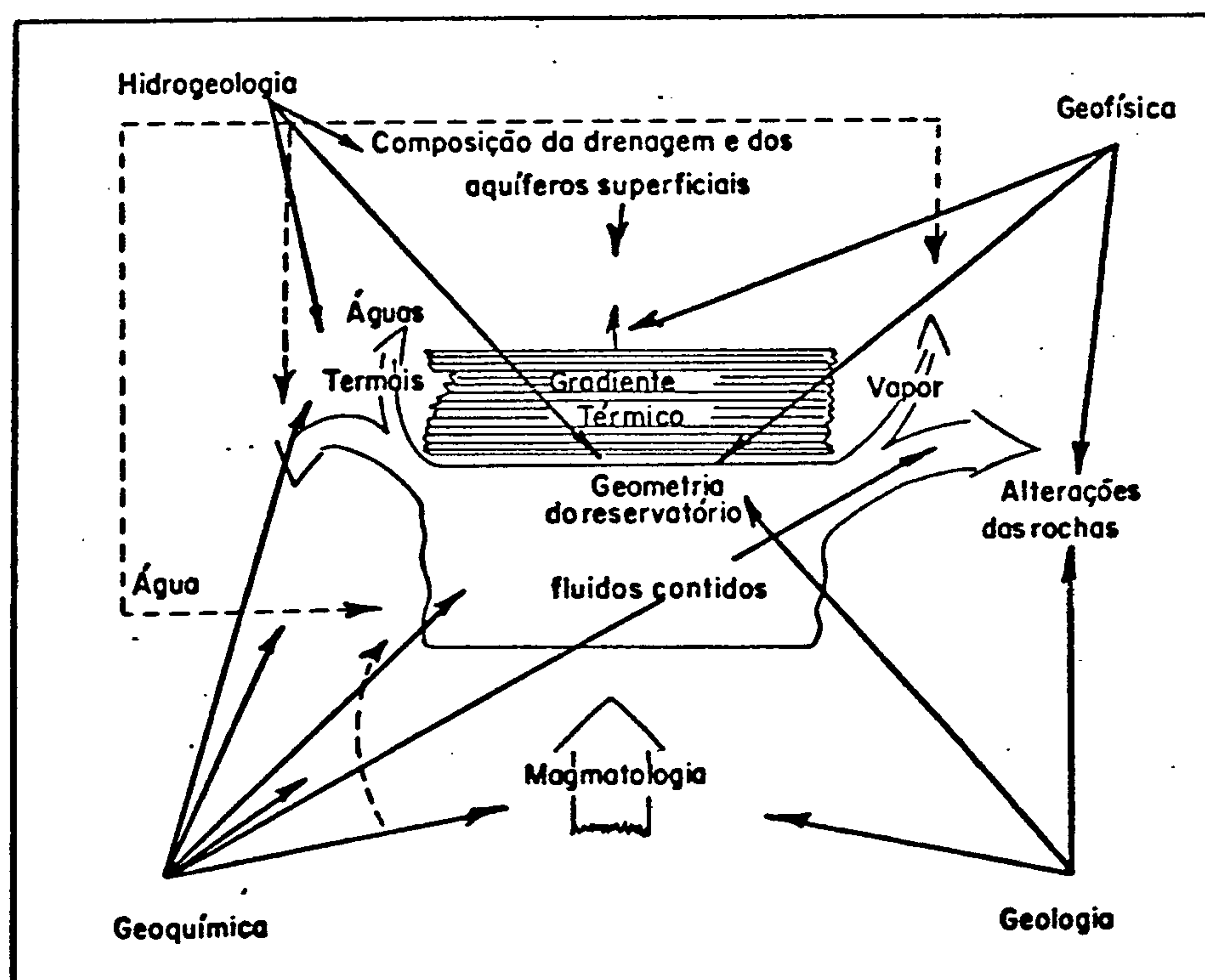
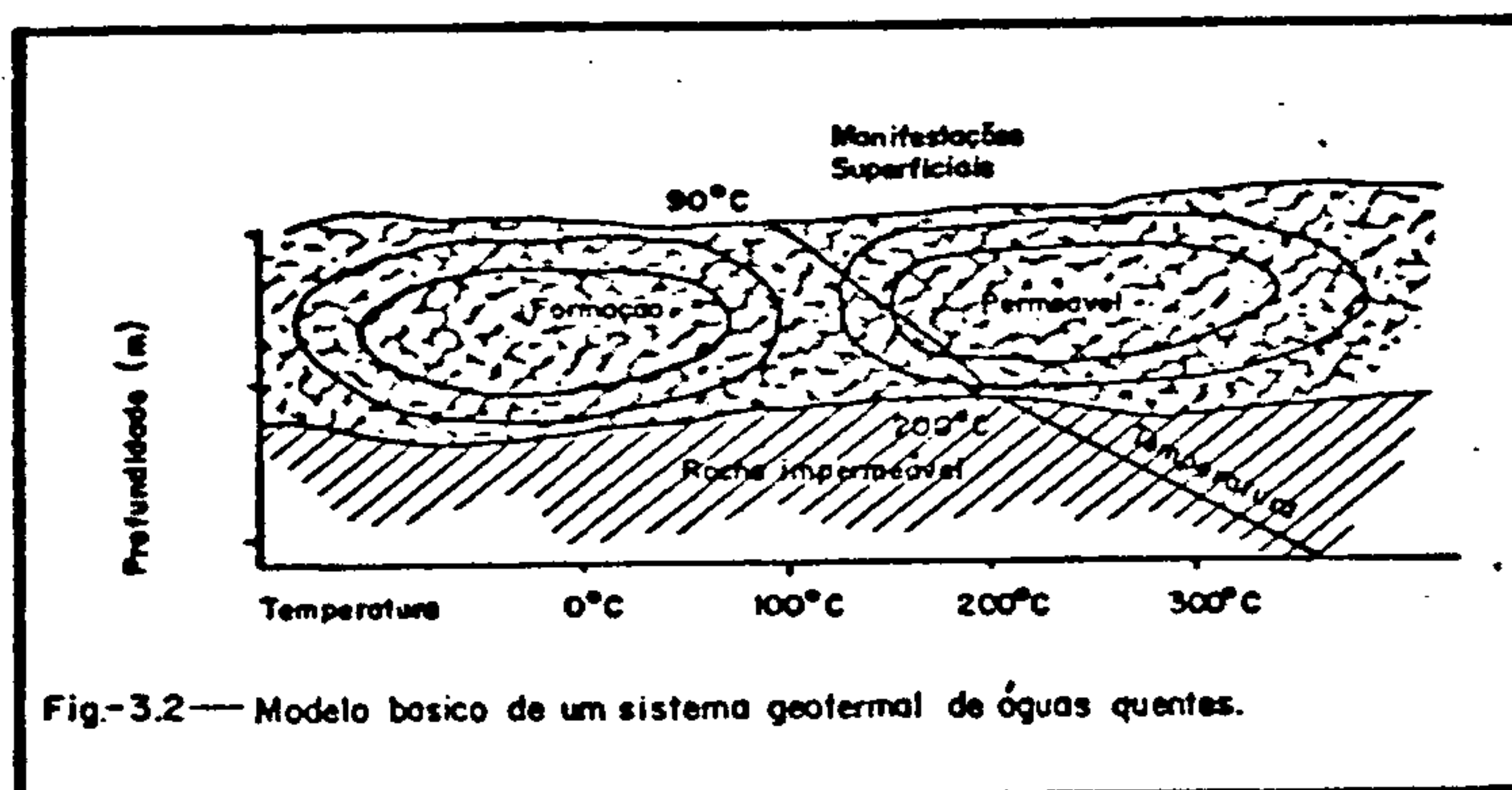


Fig.3.3— Elementos essenciais de um sistema geotermal e informações relativas à pesquisa geotermal.

O conhecimento geológico de uma região a prospectar é a base de todo o estudo.

Os estudos geofísicos que parecem, à primeira vista, os mais interessantes, como, por exemplo as medidas de gradiente geotérmico, têm na realidade uma importância muito reduzida.

Em primeiro lugar, e em princípio, estas medidas baseiam-se no calor transmitido por condução o qual é uma fração muito pequena do calor total. Localmente, este calor encontra-se afetado por perturbações de temperatura devidas, ou a circulação de água quente e de vapor, ou a circulação de águas meteóricas perto da superfície e em profundidade.

Assim, estas medidas só podem ser utilizadas dentro de um contexto controlado por bom conhecimento geológico e hidrogeológico.

A título de exemplo descreve-se a seguir, resumidamente, a execução do projeto Marysville, no Estado de Montana dos Estados Unidos da América do Norte, baseada quase que exclusivamente em informações geofísicas, e cujo custo foi de US\$ 2.500.000.

A localidade de Marysville está situada cêrca de 35 Km a Noroeste de Helena, capital do Estado de Montana, USA. Numa estrutura de forma elíptica com aproximadamente 5 Km de comprimento por 2,5 Km de largura, foi detectada uma grande anomalia geotérmica. (ver fig. 3.4 e 3.5). Medidas de fluxo térmico executadas pelo geofísico David D. Blackwell em 1969, em 15 localidades, resultaram em valores compreendidos entre 3,1 e 19,5 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{seg}$, bastante discrepantes dos valores obtidos nas vizinhanças daquela estrutura que não ultrapassaram a 1,9 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{seg}$.

A referida anomalia permitiu inferir um gradiente geotérmico de até 240°C/Km. na área da estrutura e a fonte do intenso calor, foi atribuída a uma intrusão plutônica

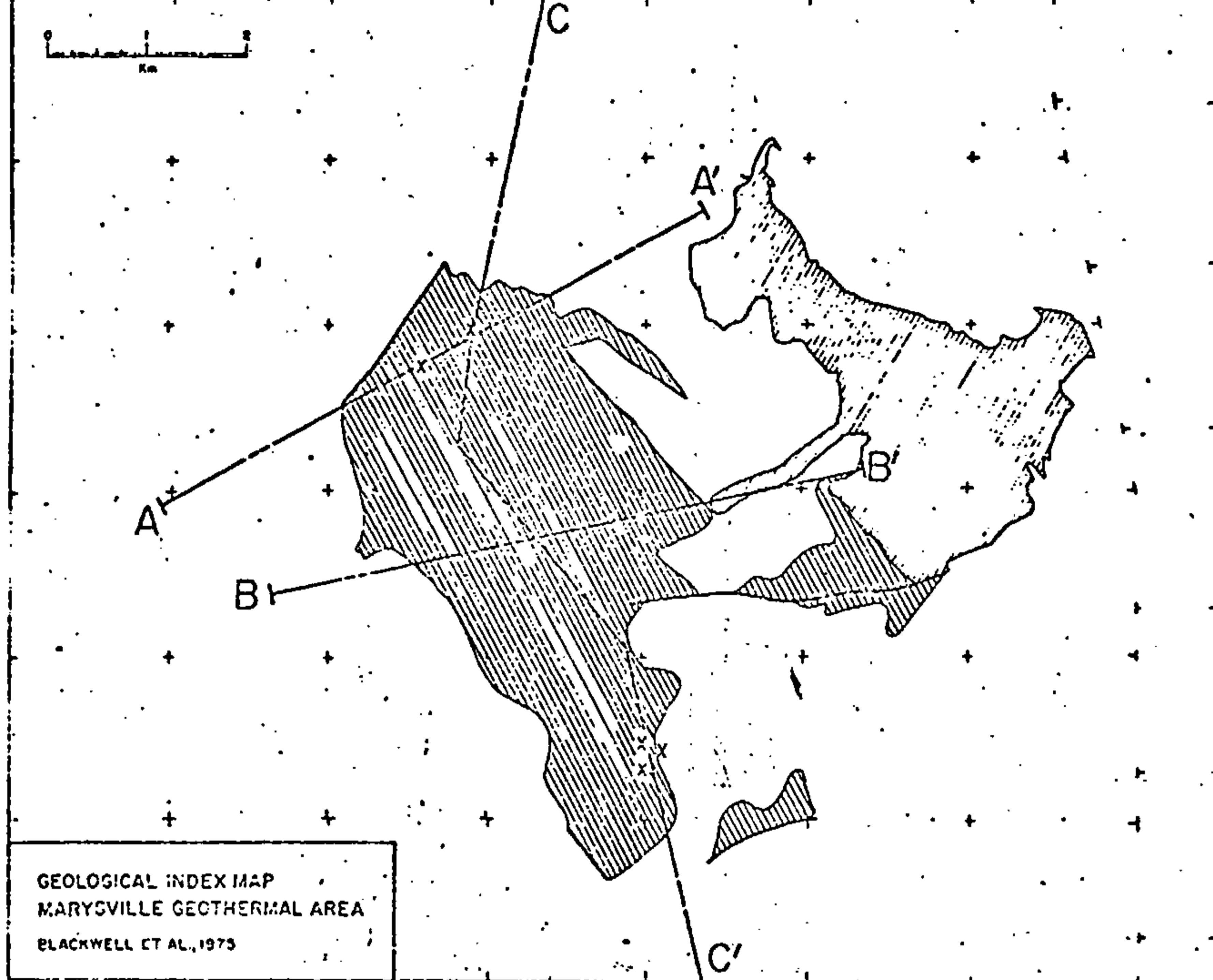


Fig. 3.4 - Mapa Geológico da área de Marysville

granítica de idade recente, com volume de alguns quilômetros cúbicos e temperatura em torno de 500°C , à profundidade de 2.500 metros. Além disso, estudos geofísicos de eletroresistividade, aliados a dados de furos rasos, revelaram a existência de água quente em profundidade (ver figs. 3.6, 3.7).

Esse conjunto de indicações geofísicas - geológicas despertou grande interesse econômico pela área e conduziu ao desenvolvimento de um projeto, visando o aproveitamento da energia geotermal sob a forma de vapor, através da perfuração de poços tubulares profundos.

Entre 1973 e 1974, foi perfurado e completado um poço com diâmetro de 200 mm até a profundidade de 2070 m. Os resultados obtidos, através de medidas de temperaturas e testes de vazão no furo, mantiveram-se bastante aquém daqueles previstos com base nas medidas geofísicas preliminares. A temperatura máxima al-

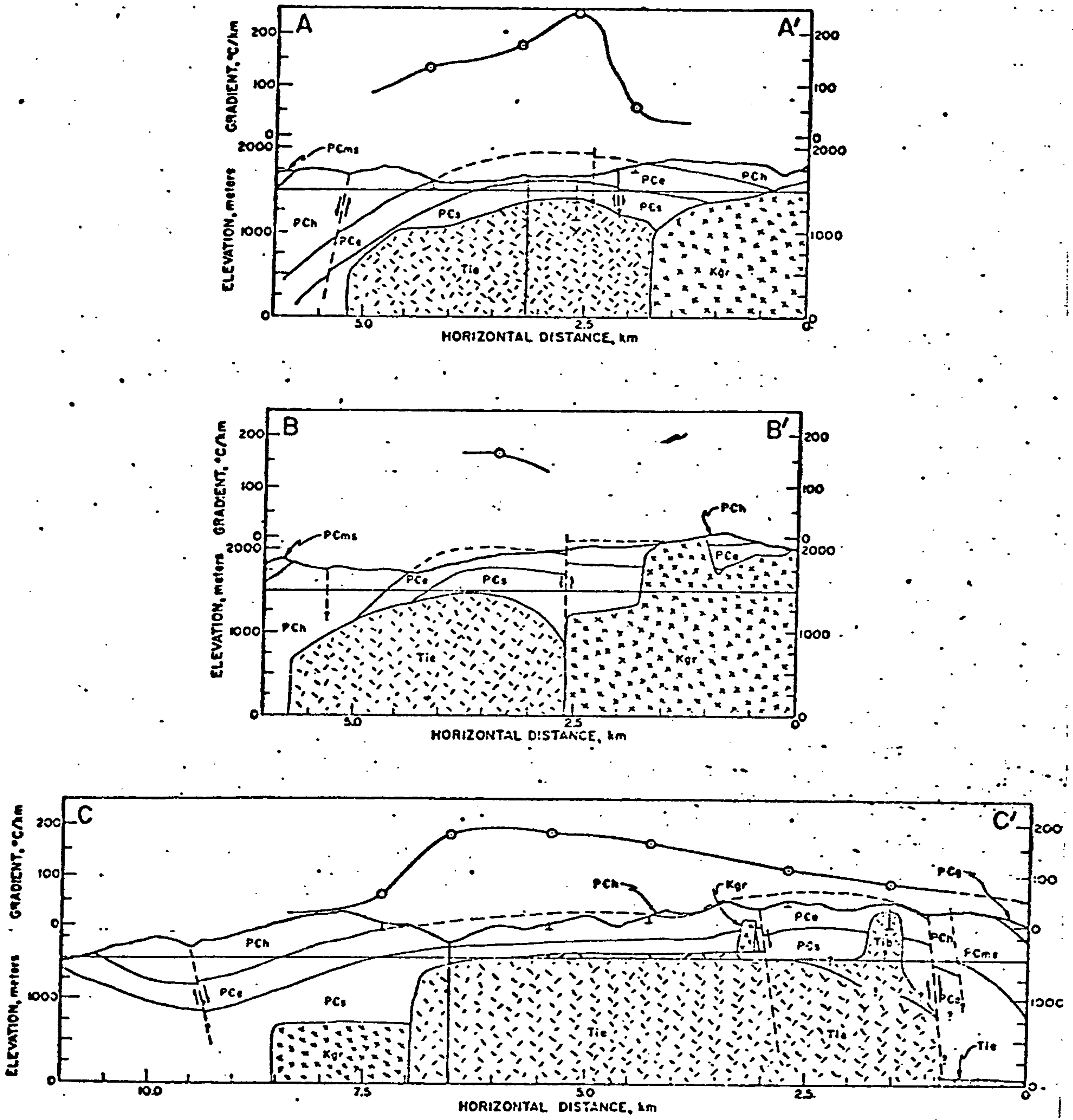


Fig. 3.5 - Perfis Geológicos da área de Marysville

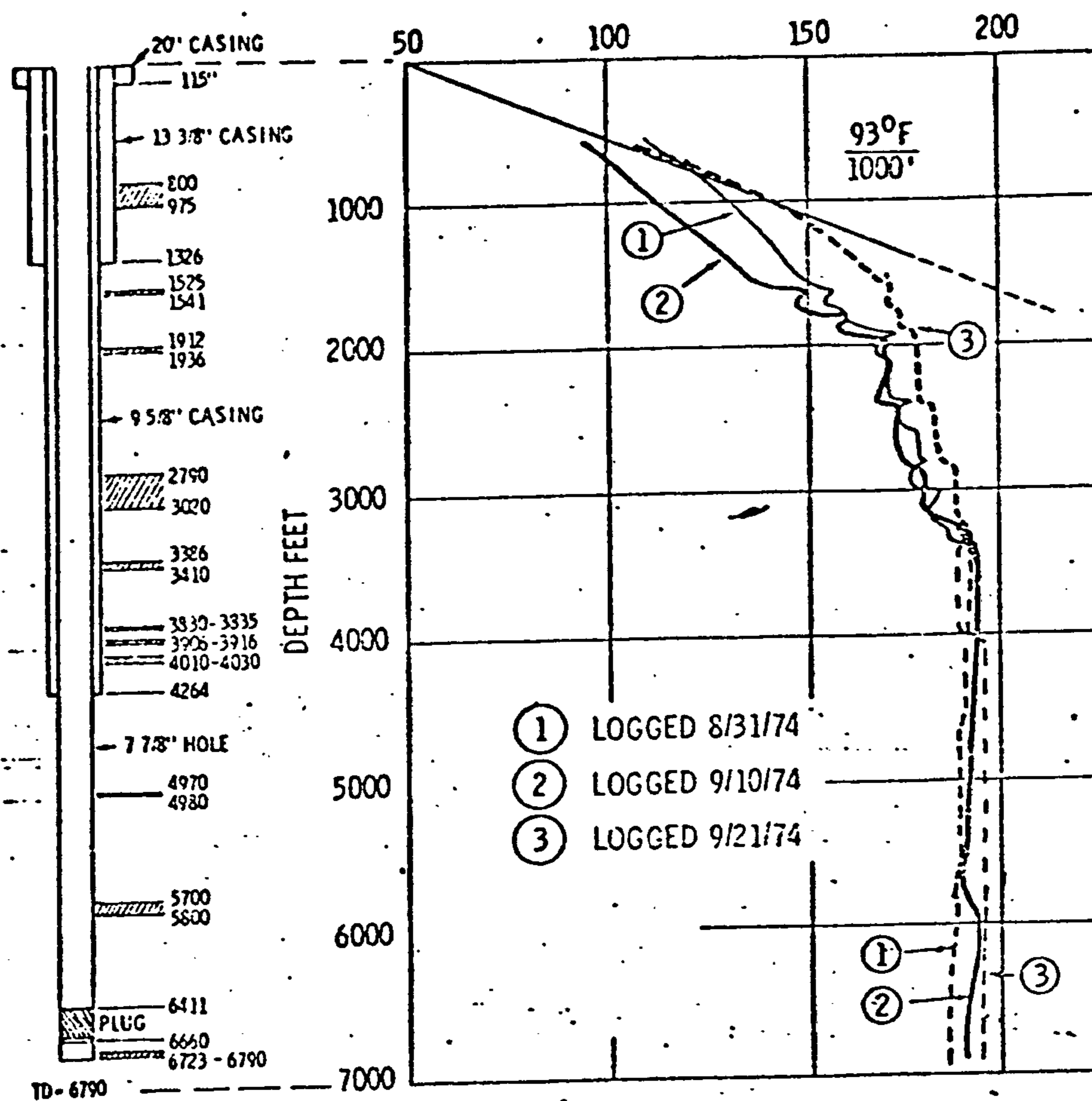


Fig. 3.6 - Temperaturas no poço nº 1 de Marysville.

cançada atingiu 93°C e a vazão medida resultou em pouco mais de 20 litros/hora, indicando que o intervalo sem revestimento (1300-2070 m) não exibiu zonas fraturadas contendo água, bastante frequentes na metade superior revestida, (aprox. 70.000 litros/hora). Ver fig. 3.8).

Na área em apreço não ocorrem conjuntamente todos os requisitos de um sistema geotermal de vapor, como propunha o projeto. A ocorrência de água, apenas em fraturas, não constitui um meio de transporte de calor, tanto mais que, de acordo com os exemplos da literatura geológica, as fraturas estão regeladas a partir de 100 metros de profundidade, sendo, portanto, esteis.

Por outro lado, estava ausente um dos constituintes básicas de um sistema geotermal de vapor, qual seja, a cobertura impermeável.

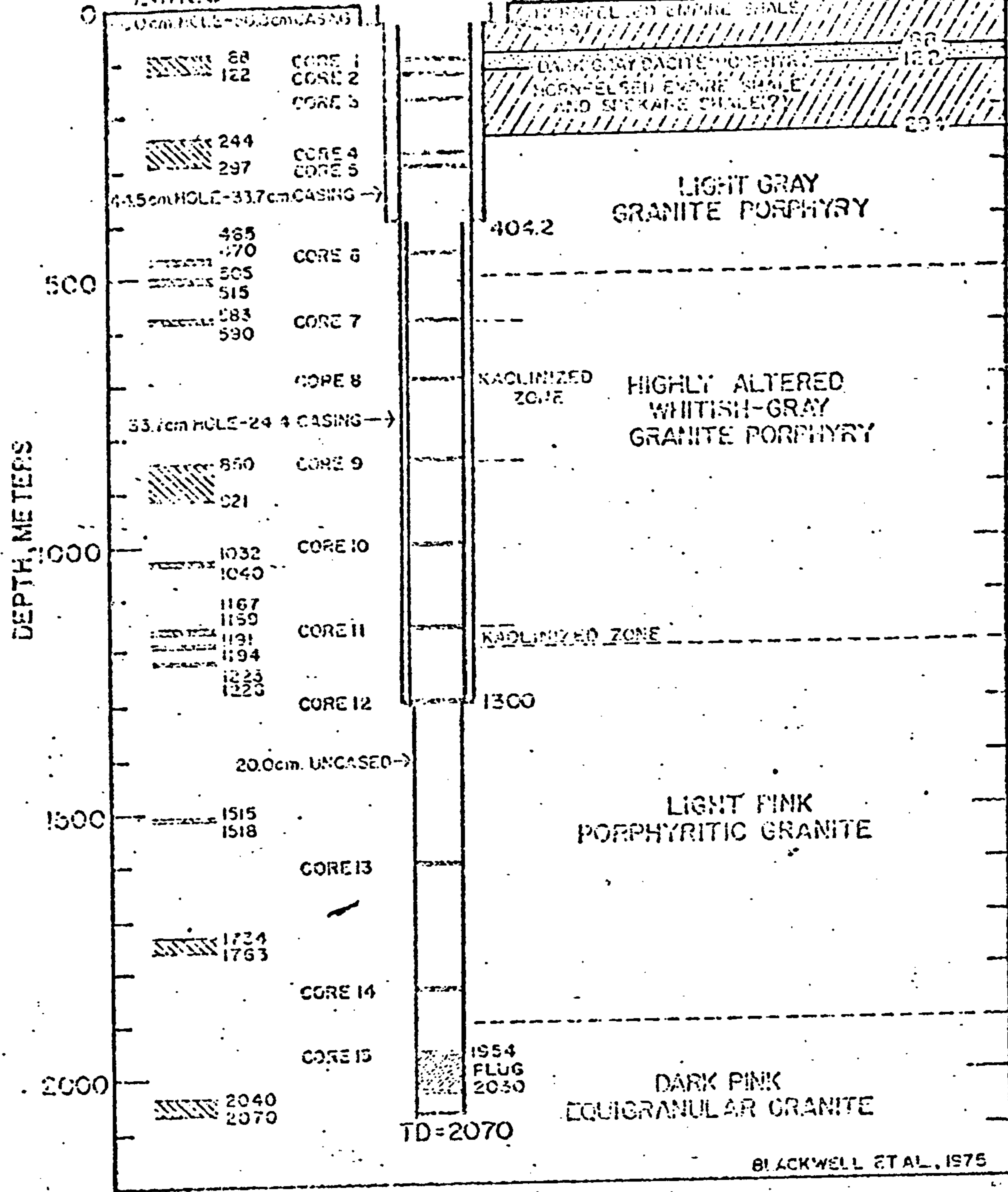


Fig. 3.7 - Perfil do poço de Marysville.

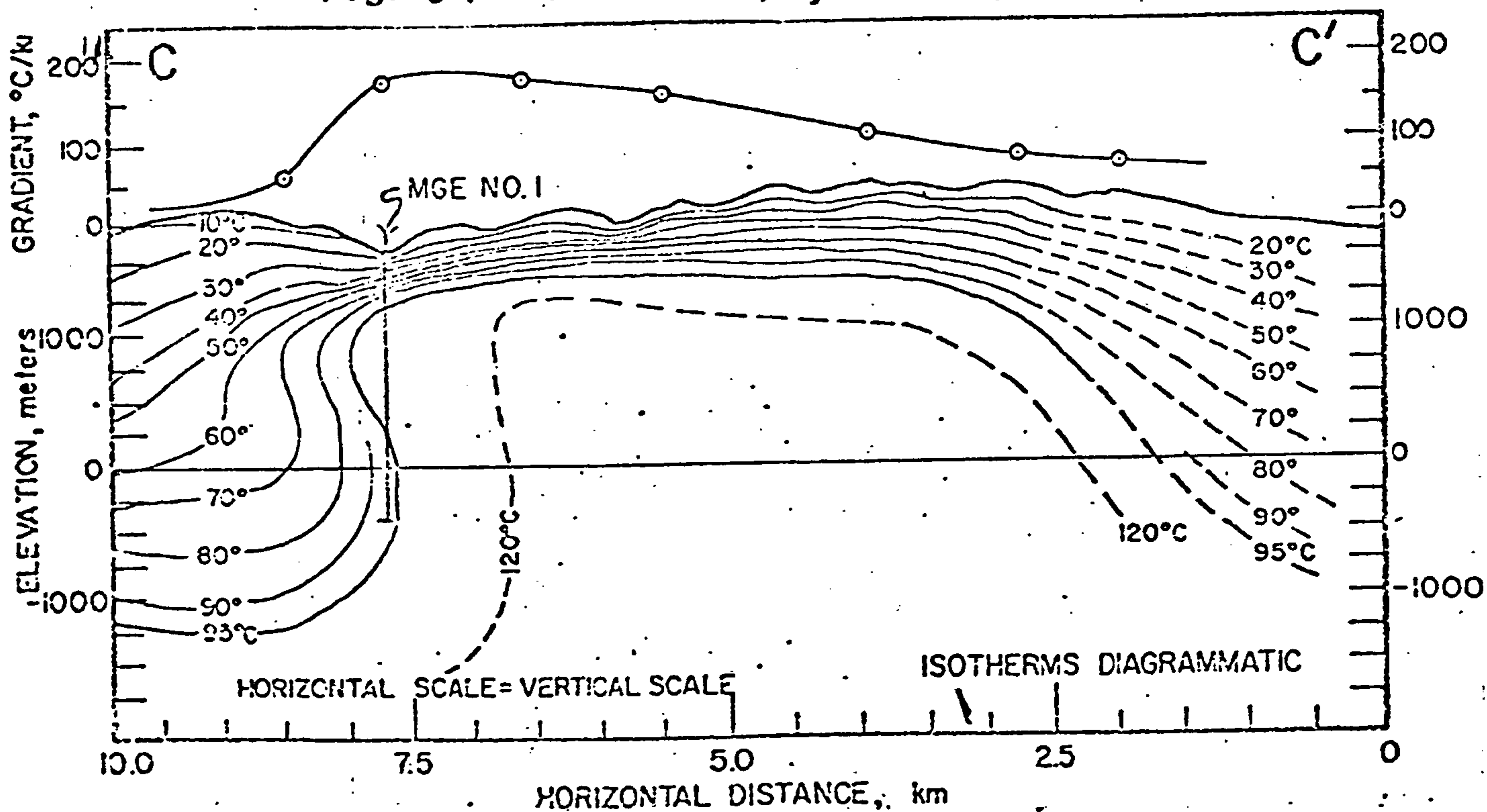


Fig. 3.8. - Perfil Geotérmico em Marysville.

Pelo contrário, outras técnicas geofísicas, auxiliares da Geologia tais como sondagens elétricas, por exemplo, mostram-se muito importantes pois permitem detalhar as condições geológicas e hidrogeológicas do subsolo. A magnetometria terrestre permite seguir, em pequena escala, a atitude dos fenômenos hidrotermais de alteração. Contudo, a profundidade das isotérmicas mais elevadas é tão grande, mesmo nas regiões geotermiais importantes, que esta técnica não pode ter aplicação comparável à que encontra em vulcanologia, para detetar massas de magma incandescente.

Técnicas especiais, como por exemplo, os levantamentos infra-vermelhos, são interessantes não só para estimar o débito do calor por radiação, como também pela possibilidade de obter rapidamente um mapa das manifestações de calor que, posteriormente, serão estudadas em detalhe por outros meios.

Na grande maioria dos casos, os sistemas geotermiais estão associados com atividades superficiais. Estas atividades superficiais são de dois tipos, a saber:

- 1) fumarola ou campos de vapor com insuficiente descarga de água;
- 2) áreas de fontes quentes com considerável descarga de água termal.

Um sistema termal consiste de tres constituintes principais: (1) fonte de calor; (2) meio de transferência de calor, isto é água contida em uma formação porosa e (3) rocha capeadora que confina o sistema.

Se a pressão hidrostática é alta, a água pode surgir na superfície como fonte quente, à temperatura da ebulição, ou menor; isto depende não só da quantidade de calor perdida, como também da possível mistura com águas subterrâneas frias.

No caso de existirem zonas de fraqueza na rocha capeadora, pode ocorrer escape de vapor do reservatório e o aparecimento de fumarolas, ou mesmo de próprio vapor, à superfície.

Assim, ambos os tipos de atividades, à superfície, podem ter a sua origem no mesmo reservatório.

Contudo, o fluxo de água do reservatório pode misturar-se com águas subterrâneas situadas a nível mais elevados, ou podem ocorrer mudanças na sua composição química devidas à lixiviação e reação com as rochas situadas ao longo do seu percurso, até atingir a superfície.

De primordial interesse é a relação entre a composição química da água na fonte quente e a temperatura do reservatório.

Os elementos cujo equilíbrio em solução dependem da temperatura podem ser utilizados para estimar a temperatura subsuperficial, isto é, podem servir como indicadores da temperatura do reservatório. Dêstes, os principais são a sílica, o magnésio e a relação atômica sódio/potássio.

Se a velocidade e volume de água que atinge a superfície são consideráveis, admite-se que a sílica se mantém em solução metastável, desde o reservatório até a superfície.

Neste caso, é válido comparar o teor da sílica da água da fonte quente com a curva de solubilidade do quartzo.

Por outro lado, teores elevados em sílica podem ser o resultado de sílica adicional dissolvida das rochas situadas ao longo do percurso da água, à profundidade abaixo da zona de precipitação do quartzo. Neste caso, o teor da sílica na água poderá relacionar-se com a solubilidade da sílica amorfa (ver fig. 3.9).

A relação da sílica e Na/K é regida por um complicado equilíbrio que envolve feldspatos alcalinos e micas potássicas. O potássio é preponderantemente adsorvido na superfície de minerais de argilas hidrotermais tais como o montmorilonita. Estes minerais são comuns na parte superior (algumas centenas de metros) das áreas geotermiais e o potássio retido por êstes minerais, pode afetar a relação atômica Na/K.

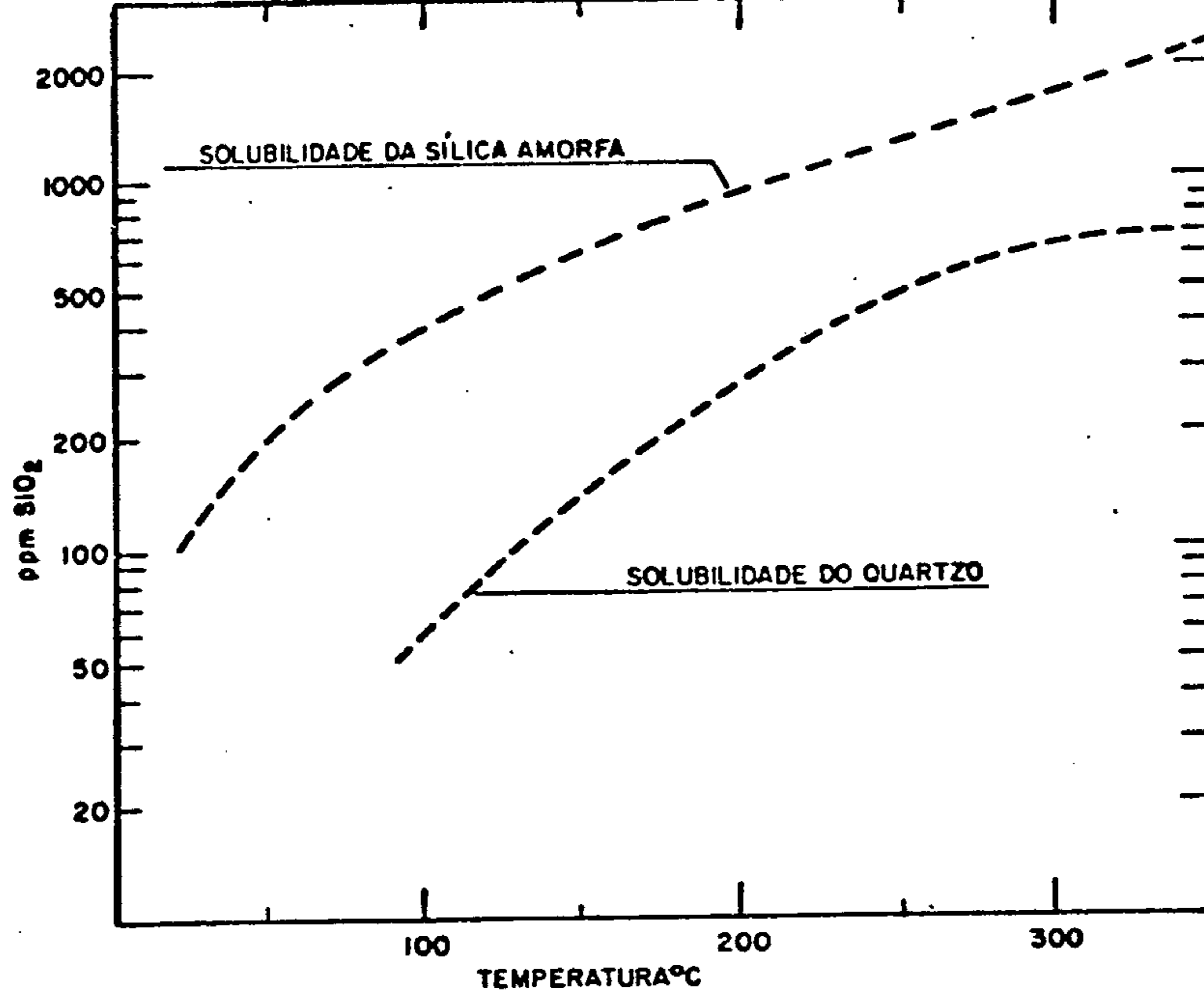


Fig. 3.9 - Solubilidade da sílica (Ellis e Mahon, 1964).

As relações de troca de bases e a distribuição dos elementos alcalinos entre uma solução e a fase sólida são regidas essencialmente pela temperatura, e as mais conhecidas são as que se referem ao K^+ e ao Na^+ .

A figura 3.10, mostra a relação atômica Na/K , em água termais de varias fontes quentes e soluções de reação experimentais.

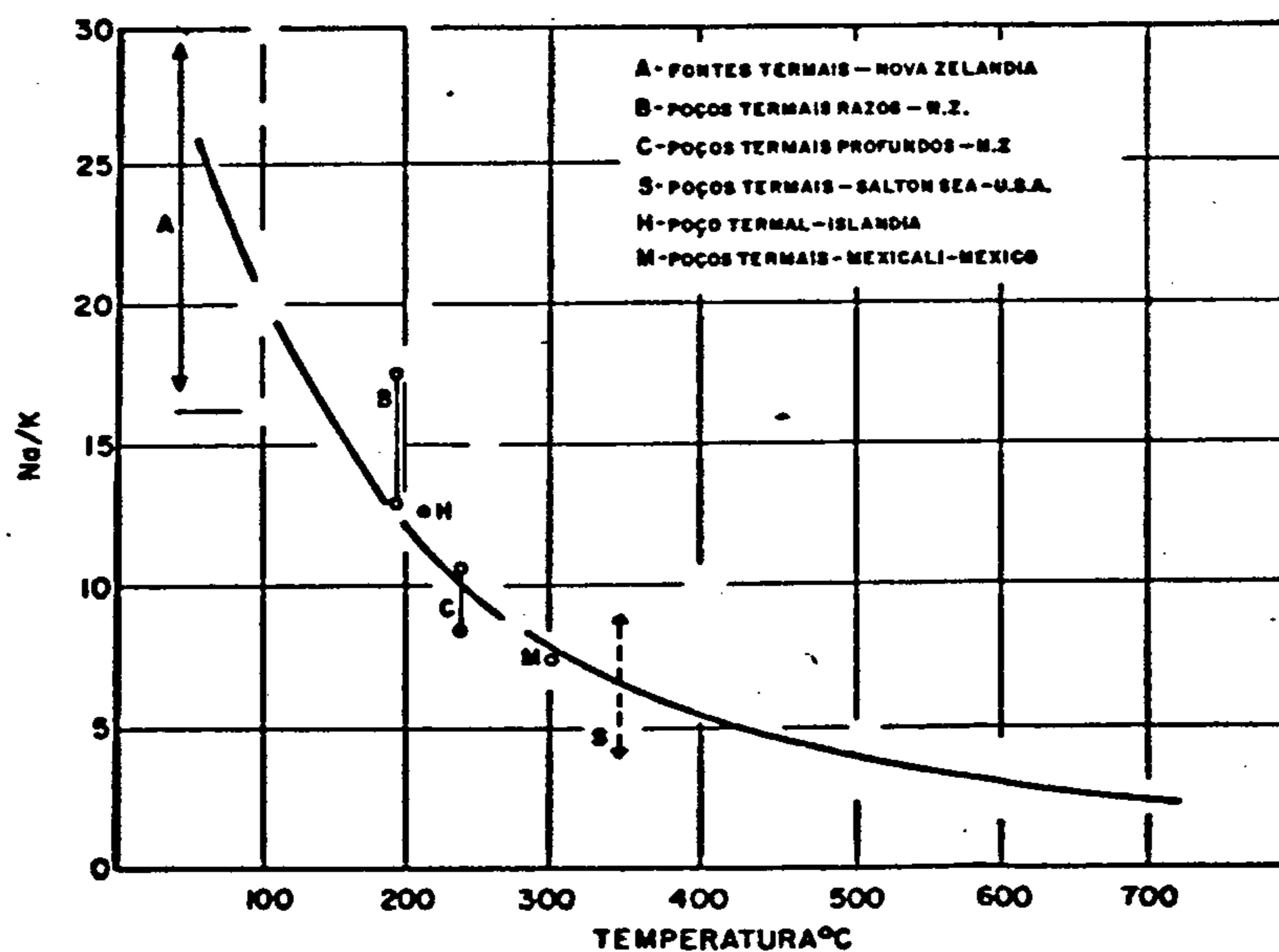


Fig. 3.10 - Relação entre Na/K e temperatura das águas termais (Ellis e Mahon, 1964).

Contudo, para que este método seja aplicável, isto é, para que uma análise corresponda a determinada temperatura em profundidade é necessário assegurar previamente que se tenha obtido o equilíbrio Na/K, isto é, conhecer não só a relação atômica Na/K, como também a temperatura de equilíbrio correspondente.

Devido a estes fatos, recomenda-se não utilizar este método de forma afirmativa ou exclusiva, isto é, não tomar os seus resultados aparentes como definitivos, até uma fase de investigação em que se possa dispor de sondagens profundas e conhecer também a natureza que lixivia a rocha, a profundidade à qual as águas quentes se misturam com outras mais frias e / ou superficiais que alteram o equilíbrio químico da água profunda, etc.,.

O magnésio é preferencialmente incorporado em minerais de argila que são estáveis a altas temperaturas, tais como a clorita. Daqui resulta que água com temperatura superior a 200° C em contato com rochas alteradas é altamente empobrecida em Mg. Portanto o magnésio não dá um valor de temperatura bem definido, mas a sua ausência indica temperatura de reservatório com viabilidade econômica.

Todos estes indicadores de temperatura podem apresentar uma gradação mais ou menos regular dentro de um grupo de fontes quentes. A gradação da composição química pode fornecer informações importantes do padrão de fluxo subsuperficial pouco profundo das águas termais e da localização das zonas de maior afluxo. Por exemplo, Ellis e Wilson (1960) localizaram as duas maiores zonas de afluxo no campo Wairakei na Nova Zelândia, utilizando as relações atômicas Na/K, Na/Rb e Li/Cs.

No que se refere aos gases dissolvidos na água, o hidrogênio em fumarola, indica que a temperatura do reservatório deve exceder 200° C, enquanto que o CO₂ pode estar associado a campos termais de alta temperatura ou a temperaturas baixas, quando a água das fontes é bicarbonato cálcica.

Os conhecimentos hidrogeológicos que interessam à prospecção geotermal, baseiam-se, em grande parte, em

informações geoquímicas que vão desde a composição química das águas até a determinação das características isotópicas das zonas de alimentação. A partir destes dados, as manifestações termais, que materializam a convecção de calor nas formações, podem ser interpretadas como resultado de anomalias térmicas, no seu contexto hidrogeológico.

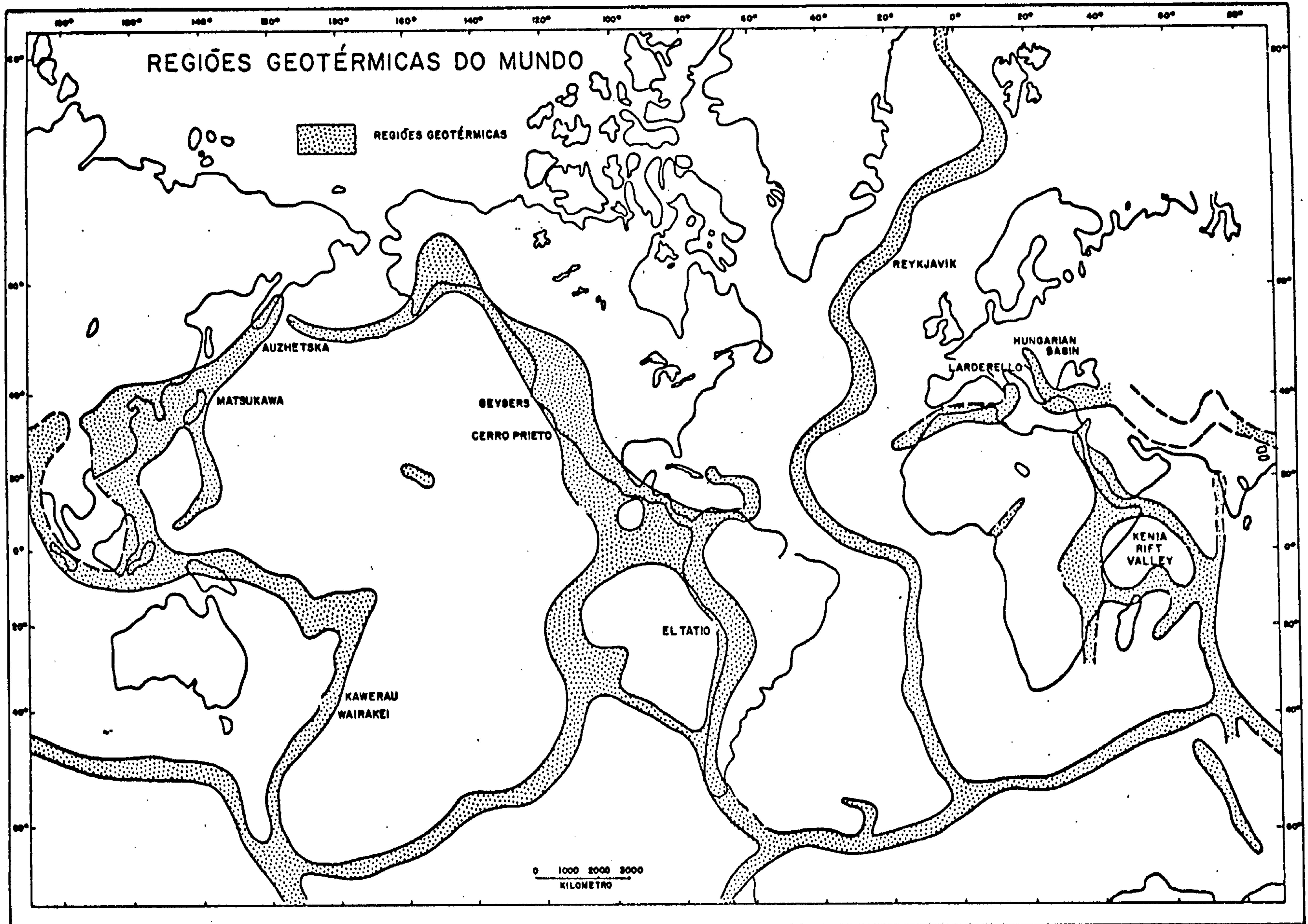
Com o fim de avaliar o potencial em recursos geotermiais de uma região é necessário examinar com detalhes os ambientes geológicos dos sistemas geotermiais já conhecidos. A associação de tais sistemas a zonas orogênicas mais jovens e em particular a vulcanismo recente dentro destas zonas, é bem conhecida, mas quando examinadas em detalhe, estas associações não são tão simples.

Algumas zonas orogênicas, particularmente os arcos-ilhas, são intensamente vulcânicos e contêm uma grande densidade de manifestação de alta temperatura. Por outro lado, outras zonas orogênicas jovens contêm apenas alguns centros vulcânicos e apresentam uma fraca densidade de fontes de baixa temperatura.

Para complicar ainda mais o assunto, há regiões não associadas a vulcanismo recente que apresentam fontes de temperatura moderada a alta, como por exemplo, a Anatólia Central e a Range Basin, na América do Norte. Além disso, em outras zonas vulcânicas jovens há poucas ou nenhuma fonte termal. Os ambientes geológicos mais comuns, em que ocorrem sistemas geotermiais, são os seguintes. (Ver fig. 3.11).

(1) Regiões de blocos de falha, associadas a vulcanismo quaternários; (2) estruturas vulcânicas com vulcanismo quaternário; (3) Regiões de blocos de falha, no "hinterland" cenozóico, sem vulcanismo quaternário; (4) zonas de rift cenozóico, sem vulcanismo quaternário; (5) Bacias sedimentares no "hinterland" cenozóico, sem vulcanismo quaternário; (6) "foreland" e regiões de plataforma sem vulcanismo quaternário.

As regiões de "hinterland" são caracteri-



-17-

Fig.3-11 - Utilização geotermal em regiões geológicamente ativas do mundo indicadas pelos seus aspectos geológicos e fronteiras entre placas tectônicas.

zadas por falhamento normal, apresentam altos fluxos de calor, numerosas nascentes termais e, em alguns casos, grande atividade vulcânica.

Segundo L.R. McNitt (1977), embora as manifestações termais e evidências de vulcanismo recente possam ser encontradas nos cinturões orogênicos, os locais mais prováveis para ocorrer os mais quentes e maiores sistemas termais é ao longo da sua margem frontal, dado que a zona tectônica migra, com o tempo, do "hinterland" para a região "foreland" e também porque as zonas de falhas normais são a sua parte mais jovem.

Os sistemas geotermiais podem dividir-se em dois tipos: (1) sistemas de água quentes e (2) sistemas de vapor. Os sistemas de vapor são por sua vez, subdivididos em sistemas de vapor úmido e sistemas de vapor seco.

1 - Sistemas de água quente

Estes sistemas abrangem reservatórios de água com temperatura entre 60°C e 100°C. As áreas envolvidas apresentam gradientes geotérmicos que variam de 33°C/Km a 50°C/Km.

Tais sistemas devem assumir determinadas características, para serem consideradas economicamente viáveis:

a) Os aquíferos subsuperficiais deverão ser de grande volume com ampla área de alimentação por águas meteóricas.

As temperaturas deverão superar os 60°C até uma profundidade máxima de 2.000 m.

b) O fluxo térmico deverá situar-se ao redor de 2,2 $\mu\text{cal}/\text{cm}^2/\text{segundo}$.

c) A vazão por poço deverá superar 30.000 litros/hora.

EXEMPLOS:

Bacia Panoniana, na Hungria, classificada neste sistema, tem cerca de 400 poços completados produzindo cerca de 50.000 l/hora/poço com temperatura entre 30°C e 100°C.

Bacia Potiguar, no Brasil, apresenta um poço com profundidade de 900 m produzindo mais de 500.000 l/hora com temperatura em torno de 45°C. A temperatura poderá ultrapassar os 60°C se o aquífero (Arenito Açu) for perfurado mergulho abaixo em relação ao poço produtor.

Bacia do Paraná, no Brasil, com gradiente geotérmico até 35°C/Km poderá fornecer água com temperatura de 60°C, à profundidade de 2.000 m. O principal aquífero na sequência sedimentar é o Arenito Botucatú, possivelmente capaz de produzir água quente com viabilidade econômica. Localmente, deve ser considerada a Formação

O poço perfurado pela CPRM em Presidente Prudente deverá produzir cêrca de 600.000 l/hora de água com temperatura de 60°C, à profundidade de 1.800 m.

2 - Sistemas de vapor úmido

Tais sistemas compõem-se de reservatórios de água sob pressão com temperatura superior a 100°C e são os mais convenientes utilizáveis para obtenção de energia geotermal. Notáveis ocorrências são verificadas em diversas regiões do mundo, sempre associadas com atividades vulcânicas recentes. Citam-se Wairakei (New Zealand), Cerro Prieto (México), Reykjavik (Islândia), Salton Sea (USA) e Otake (Japão). Cerro Prieto, dentre êstes, apresenta temperaturas mais elevadas, cêrca de 380°C.

Convém citar que a mistura água quente mais vapor de água, obtida através dos poços é muito variável, mesmo entre poços bastante próximos e dentro de um mesmo reservatório. A proporção da mistura é influenciada pela entalpia do reservatório e a pressão na cabeça do poço.

Instalações de centrais termoelétricas são de uso comum nos locais de ocorrência de sistema deste tipo.

3 - Sistemas de vapor sêco

Nestes sistemas o vapor encontra-se superaquecido (ausência do estado líquido) na cabeça do poço, submetido a pressões acima da atmosférica. Ocorrências dêste tipo estão em plena atividade em Lardarello e Monte Amiata (Itália) Geysers (California, USA) e Matsukawa (Japão). São utilizados para geração de energia elétrica, além de outras finalidades.

Geologicamente, ambos os sistemas de vapor úmido ou seco são similares e muitas vezes um mesmo poço pode produzir um ou outro tipo de vapor.

Dada às condições geológicas do território brasileiro não se espera encontrar no Brasil sistemas geotermais de vapor, pela ausência de áreas com vulcanismo recente ou tectô

nicamente ativas. Contudo, sistema geotermal de baixa entalpia já são conhecidos em bacias sedimentares (Paraná, Potiguar) e projetos específicos deverão ser desenvolvidos visando a seleção de áreas geologicamente mais promissoras, dentro destas bacias e em outras áreas.

PLORADOS

A utilização econômica da energia geotermal, proveniente do sistema preponderantemente de vapor, está sendo realizada nos países cuja subsuperfície, em determinada área, apresenta ocorrências de sistemas geotermiais de alta entalpia.

Nos seguintes países, foram instaladas centrais termoeleétricas nos locais desses sistemas geotermiais.

Dados de 1975:

PAIS	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA INST.	EM CONSTR.
ITALIA	Larderello	405 MW	45 MW
U.S.A.	The Geysers	502 MW	406 MW
N. ZELANDIA	Wairakei	192 MW	20 MW
JAPÃO	Otake Matsukawa	43 MW	75 MW
ISLANDIA	Mamafjal	03 MW	55 MW
U.R.S.S.	Pauzhetka	06 MW	?
MEXICO	Mexicali	75 MW	75 MW
EL SALVADOR			90 MW
GUADALUPE			30 MW
FILIPINAS			100 MW
CHILE	El Tatio		30 MW

ITALIA

Na Itália, o aproveitamento de energia geotermal para produção de energia elétrica, proveniente de sistemas de vapor, começou em 1904, na localidade de Larderello. Fig. 5.1 Em 1975, contava com 405 MW de potência aproveitada e com desenvolvimento de outras instalações de centrais. Foram descobertas nove áreas, ao longo de 500 Km a oeste da Cadeia Apenina, no centro da Itália. Larderello e Monte Amiata situam-se a nordeste do país e distam de Roma cerca de 200 e 130 Km respectivamente.

Em Larderello ocorre uma sequência sedimentar com ausência de rochas ígneas, assentada sobre um embasamento de filitos e quartzitos. O vapor é proveniente da Formação Toscana, do Triássico Superior e Jurássico, composta de calcários bastan-

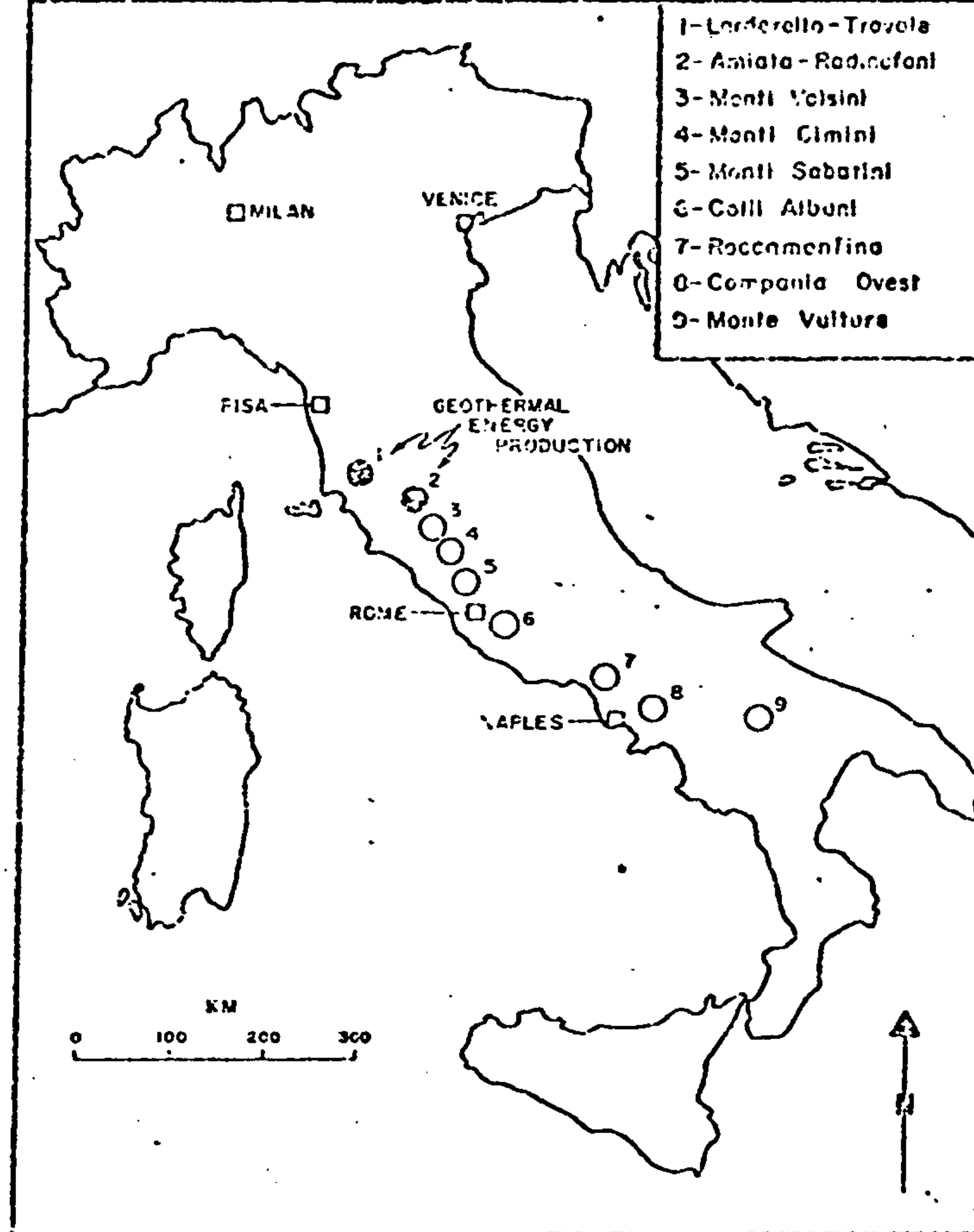


Fig. 5.1 - Areas de pesquisa e produção de energia geotermal, na Itália.

te permeáveis e anidrita. A fonte de calor estaria relacionada com falhamento profundo no embasamento onde se produz o vapor que ascende até ao reservatório, no calcário e na anidrita, os quais são capeados por argilas. Esse falhamento é Pré-Quaternário da Orogenia Apenina do Oligoceno.

Presume-se que a fonte de calor estaria associada a uma intrusão magmática profunda de idade miocênica. O gradiente geotérmico no centro da área de Larderello é de aproximadamente $300^{\circ}\text{C}/\text{Km}$, 15 vezes maior que o normal, nos arredores.

A estratigrafia e o modelo de sistema geotermal na área de Monte Amiata, situada a 70 Km a sudoeste, é semelhante a de Larderello. Os poços de Larderello produzem 50.000 libras de vapor seco por hora e os de Monte Amiata 78.000 libras/h.

ESTADOS UNIDOS

Energia geotermal em forma de vapor ou proveniente de sistemas preponderantemente de vapor, está sendo utili-

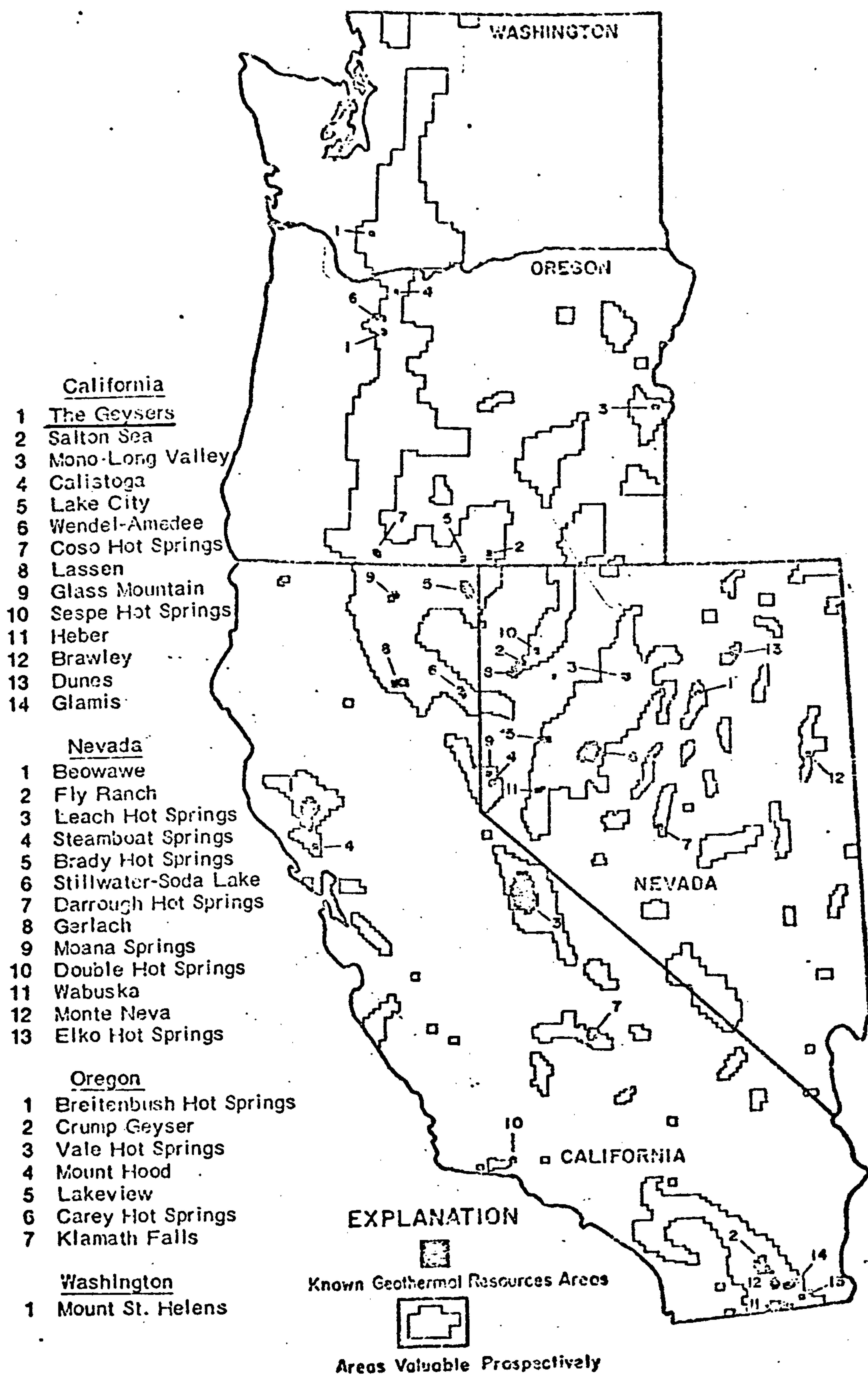


Fig. 5.2 - Mapa da metade oeste dos Estados Unidos da América do Norte mostrando as áreas classificadas para recursos geotermiais (24.12.1970., seg. Godwin et. all, 1971)

zada para produção de energia elétrica na área de Geysers, na Califórnia (Figs. 5.2 e 5.3). Este sistema de vapor apresenta expressiva significância pelas seguintes razões:

a - Foi a primeira ocorrência de energia geotermal no hemisfério ocidental a produzir energia elétrica com sucesso;

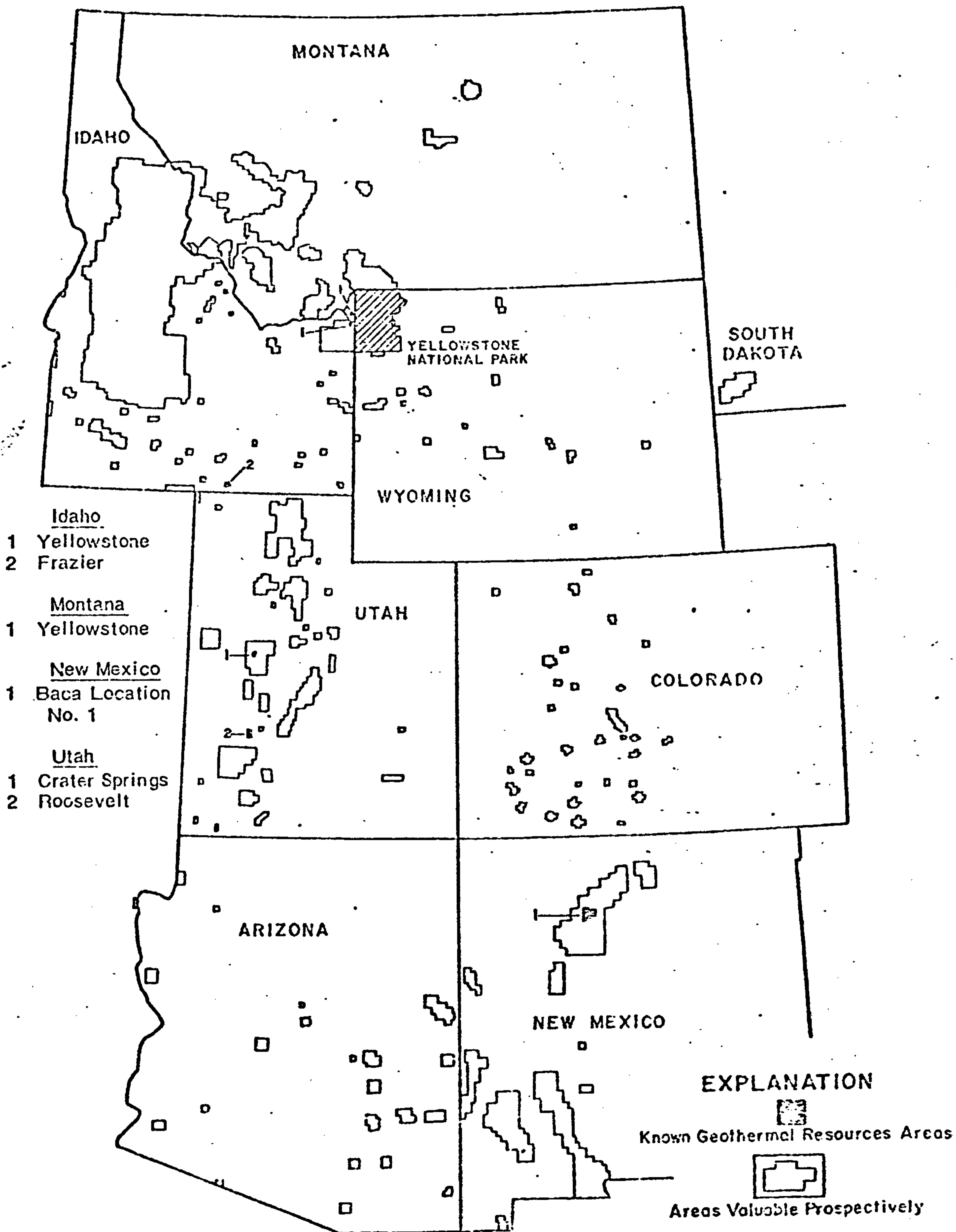


Fig. 5.3 - Ver Legenda anterior

b - é a única manifestação de energia geotermal de sistema de vapor sêco na América do Norte;

c - é a área onde se situam os poços mais profundos do mundo para extração de vapor sêco (aproximadamente 2.750m);

d - é a área de ocorrência de geotermalismo de maiores facilidades para elaboração de projetos economicamente viáveis e completamente financiados por capital privado e,

e - é o local onde será instalado o maior complexo de utilização de energia geotermal no mundo, para obtenção de energia elétrica.

A área produtiva de Geysers, com cêrca de 2 Km², - está situada a 120 Km ao norte de S. Francisco, estendendo-se ao longo de Big Sulphur Creek, com altitude entre 600 e 1000 metros, -

A litologia encontrada, em subsuperfície, é composta de uma mistura de grauvacas, ardósias, basalto e serpentinitos do grupo Franciscano do Eugeossinclinal Jurássico-Cretaceo. Estas rochas foram severamente comprimidas e dobradas para leste pela sequência do Great Valley, ao longo do acavalamento do Coast Range, ocorrido entre o Mesozóico Superior e o Cenozóico. Durante o Cenozóico Superior a área foi afetada por falhamento ao longo de 40 Km, onde ocorrem os geysers e também mineralizações de mercúrio. Atividades vulcânicas desde aproximadamente 3 milhões até 50.000 anos (Koening, 1969).

As rochas vulcânicas mais comuns na área são: riodacitos, dacitos, andesitos e basaltos, em domos, derrames ou acumulações piroclásticas. Uma relação espacial e temporal entre atividades vulcânicas, soerguimentos, falhamentos normais e atividade geotermal, sugerem que a fonte de calor dos geysers provém de uma intrusão ígnea de idade pleistocênica, possivelmente associada, em profundidade, com as rochas vulcânicas de 50.000 anos de Cobb Mountain, situadas a 5 Km a noroeste dos geysers.

Várias fontes termais são encontradas com temperaturas variando entre 50 e 100°C e vazões estimadas de até 90 g/m (20.000 litros/hora). Estas águas são muito ácidas (pH 2-3) e apresentam baixo teor de cloreto de sódio (2 ppm). O vapor superaquecido seco apresenta 99,9% de água pura.

Os estudos de projetos para aproveitamento econômico de energia geotermal foram iniciados em 1963 e, ultimamente, mais detalhados pela Investigação da Potencialidade Econômica dos Recursos de Energia Geotermal, feitos pelo governo da Califórnia. A perfuração de poços tubulares profundos começou em 1955 e, em 1969, já existiam 78 poços, dos quais apenas quatro com aproveitamento econômico. Em 1971, haviam sido perfurados cerca de 100 poços, 80 dos quais completados.

Os poços mais recentes, entre profundidades de 1200 m e 2150 m produzem, em média, 100.000 libras de vapor por hora, provenientes de zonas fraturadas. O poço mais profundo, na área dos geysers, atingiu a profundidade de 2.752 metros e produz 190.000 libras de vapor/hora, cerca de 10.000 Kw. As temperaturas do reservatório variam de 236°C a 288°C e as pressões nos poços profundos são de 450 psi até 480 psi.

Não foram verificadas quedas de pressão durante o período de 16 anos de produção. A capacidade de produção estimada de 150.000 libras de vapor/hora e por poço daria para produzir um total de 4.800 MW (mega-watts) de energia elétrica, na área citada, dos geysers. O custo total da energia geotermal em 1970 foi de US\$0,005/Kw/hora. Este preço era maior que o da energia hidrelétrica e menor que o da energia produzida por combustíveis fósseis.

ISLANDIA

Este país utiliza, em grande escala, a energia geotermal, mormente aquela proveniente de sistemas hidrotermais com temperaturas de águas entre 50°C e 80°C. É utilizada em aquecimento de residências, granjas, secagem de cereais, estufas, etc.,. Estão cadastradas cerca de 250 áreas de geotermalismo.

Estudos geológicos e geofísicos de sísmica de refração atestaram a constituição heterogênea do subsolo, com derrames de basalto do Terciário com espessura de 3 Km ou mais. Tais derrames foram cobertos por outros de idade quaternária na parte central e sul da ilha. A crista média atlântica passa sob a Islândia e provoca efeitos de "Rift", vulcanismo recente e acentuado -

alto fluxo térmico nos distritos vulcânicos de idade terciária, - com poucos falhamentos, onde ocorrem em áreas hidrotermais com - temperaturas abaixo de 150°C. Nos distritos mais recentes, de ida - de quaternária, com presença de zonas de "rift" a noroeste e sudo - este da Islândia, as temperaturas das águas em subsuperfície va - riam de 150° até 200°C, com desenvolvimento de sistemas geotermiais de vapor.

Muitos sistemas de circulação termo-artesiana, em contato com intrusões magnéticas recentes, provocaram o aparecimen - to de águas com temperaturas altíssimas.

A perfuração de poços em muitas áreas com alta - temperatura, demonstrou a existência de águas com alta temperatu - ra à profundidades relativamente rasas (menos de 450 metros). Em algumas dessas áreas, verificou-se, nos poços perfurados, grande deposição de sílica e carbonato nas paredes do revestimento e na boca do poço o que constituiu um impedimento à circulação da água e vapor.

Para levantamento dos recursos de energia geoter - mal na Islândia, foram empregados métodos geofísicos e geoquími - cos: medidas de temperatura em subsuperfície, ou seja, perfis tér - micos em furos, mapeamento aerofotográfico infra-vermelho, estudo de microterremotos, elementos traços em águas termais ou termome - tria hidroquímica.

Poços produtores de vapor foram executados em á - reas de alta temperatura (Namafjall e Hengil) para instalação de centrais termoclétricas, que produzem 3000 Kw. Outras centrais es - tão sendo instaladas.

MÉXICO

Neste país, são encontradas áreas com grande po - tencialidade de energia geotermal, (Fig. 5.4). A área de maior o - corrência de vapor proveniente de sistema geotermal, situa-se em Cerro Prieto, no vale Mexicali. Geologicamente, está integrada nu - ma parte do enorme sistema geotermal Salton-Imperial-Mexicali Val - ley, em sedimentos de grabens associados com a grande zona de ati - vidade tectônica do sudoeste da Califórnia. Cerro Prieto está si -

tuada no lado oeste da zona de "Rift" e prolongamento sudoeste da zona de falha de S. Jacinto, onde são encontradas numerosas falhas normais escalonadas. O embasamento é constituído por granito de idade cretácica, coberto por um pacote de conglomerados compactos, arenitos e folhelhos provenientes da erosão do bloco alto, a oeste e sedimentação deltaica



Fig. 5.4 - Áreas Geotermiais no México (Seg. Banwell e Gomes Valle, 1970)

do Rio Colorado, a leste. As rochas sedimentares estão intrudidas por andesitos e basaltos de idade quaternária. Na cratera Cerro Prieto, localizada 5 Km do local do reservatório geotermal, ocorrem lavas vulcânicas. Explosões freáticas são observadas na área. Foram perfurados muitos poços que atingiram profundidades de até 2.700 metros. São usualmente produtores de vapor e água quente provenientes do reservatório arenítico interestratificado com folhelhos entre 600 e 2.635 metros. Um poço perfurado até 1.385 metros apresentou vazão de vapor e água da ordem de 1.500.000 libras/hora com temperatura de 388°C, constituindo-se no maior poço produtor de vapor e com mais alta temperatura em todo o mundo. Em geral, a produção média por poço é da ordem de 500.000 libras/h de água salgada e 120.000 libras/h de vapor. Estudos geológicos e geofísicos revelaram que o potencial energético de Cerro Prieto é da ordem de 100 Mw.

HUNGRIA

Uma anomalia geotérmica de âmbito regional, estende-se desde a Europa Central até às proximidades do Mar Cáspio. (Fig. 5.5). Países como a Hungria, Romênia, Checoslováquia e Rússia, utilizam-se da energia geotermal proveniente de um sistema, com temperaturas de água entre 30°C e 90°C. Tem sido comercialmente empregada em balneários, aquecimento de residências, estufas e aquecimento de solos (Fig. 5.6)

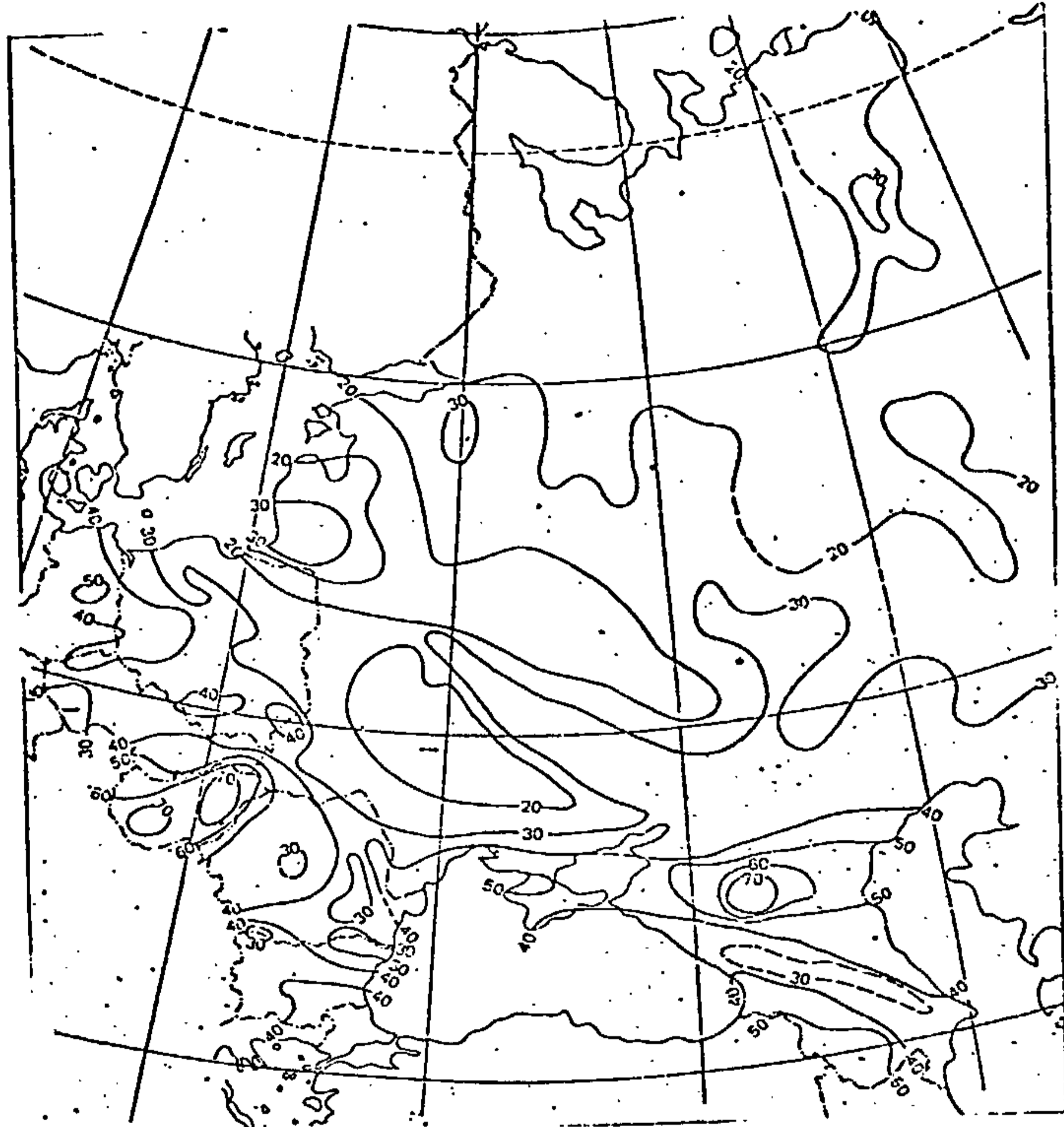


Fig. 5.5 - Versão generalizada do Mapa de Geotemperatura desde a Europa Central até a Rússia, para a profundidade de 1 Km.

(L. Stegena, 1975)

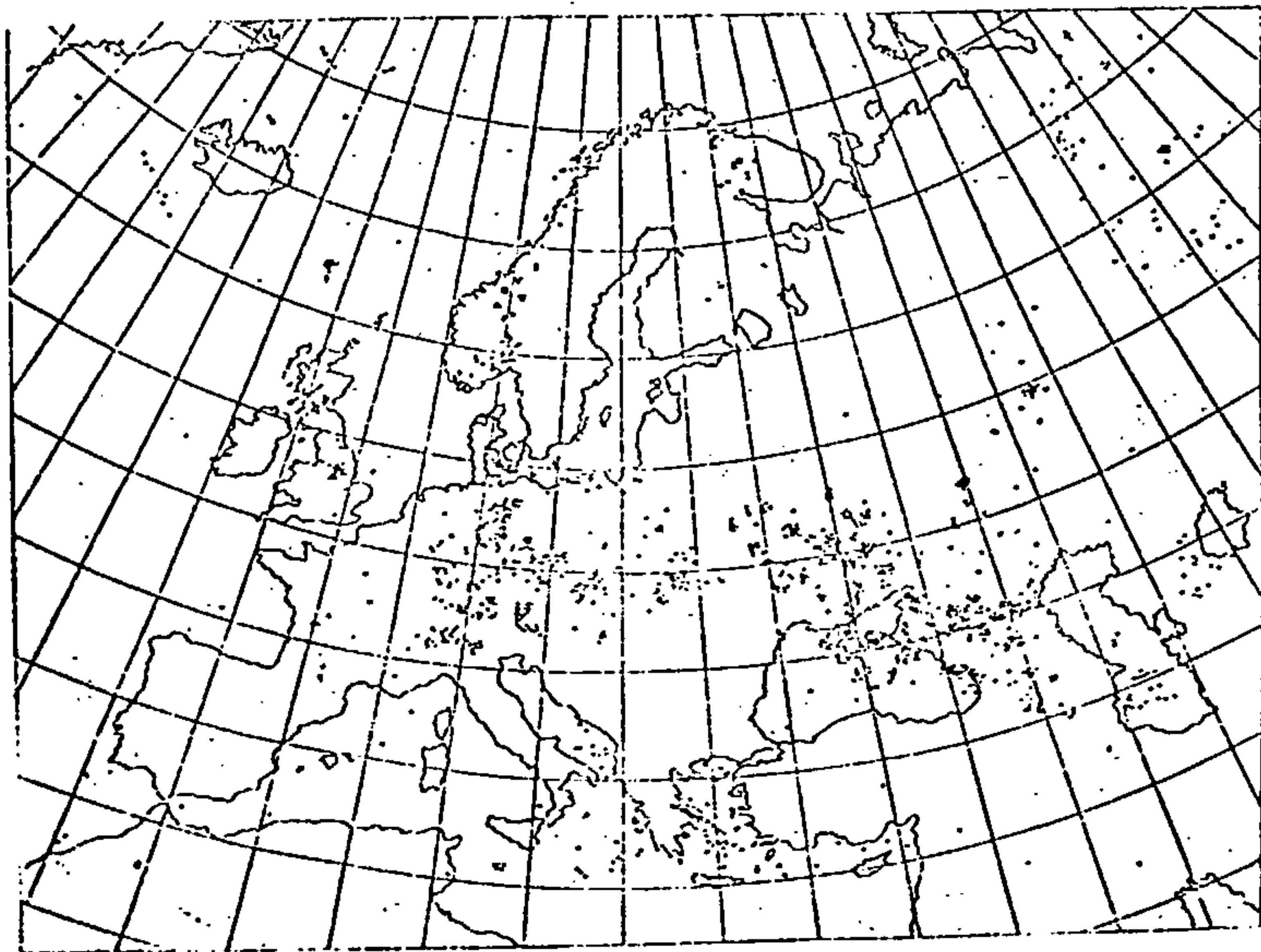


Fig. 5.6 - Determinação do fluxo de calor na Europa (Jan/1975)

A bacia Panoniana, localizada na Hungria, é um exemplo típico de sistema termal de convecção (fig. 5.7 e 5.8).

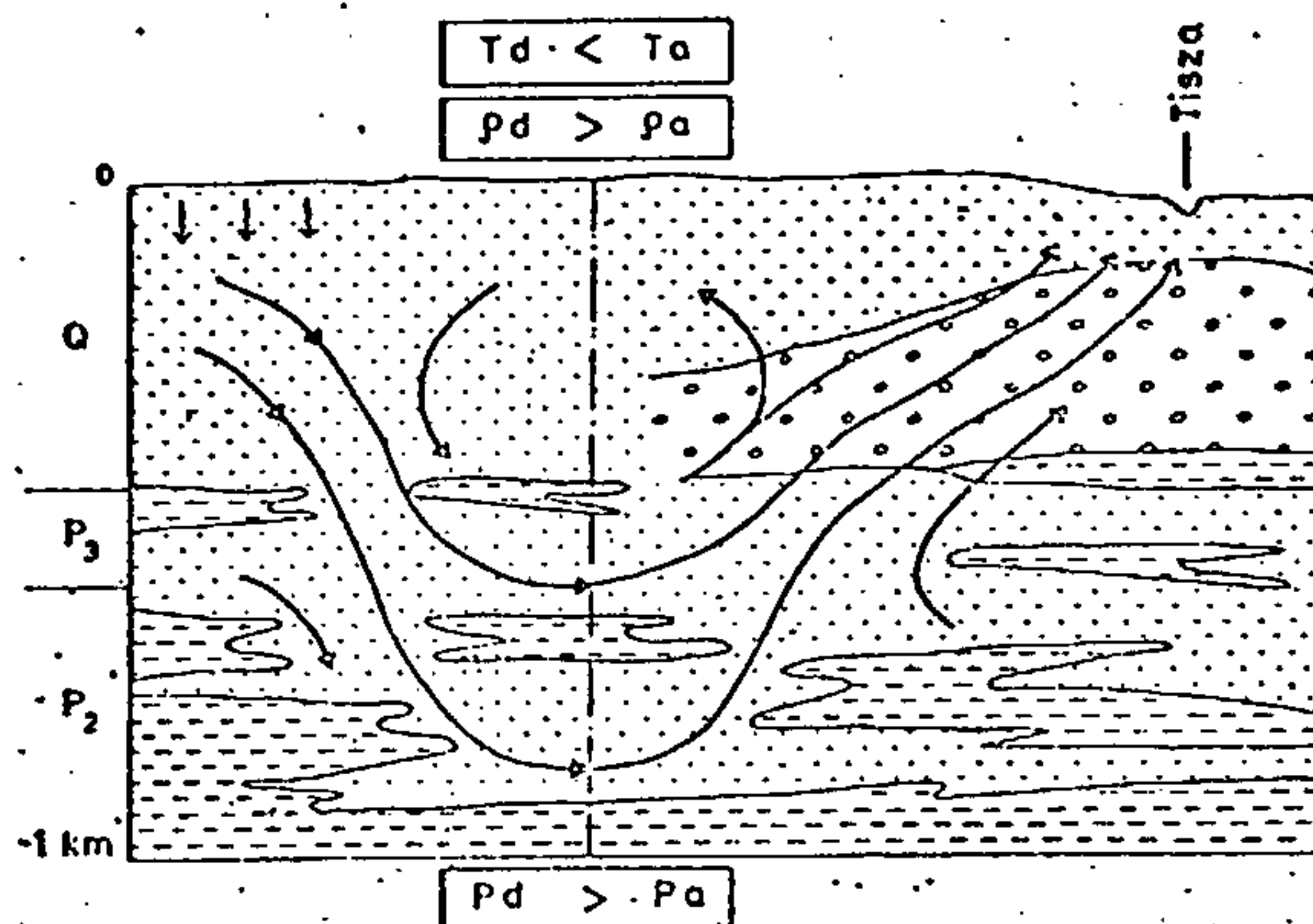


Fig. 5.7 - Diagrama idealizado do sistema de circulação. T- Temperatura; D- Densidade; P- Pressão; Q- Quaternário; P₂ - Panoniano Superior; P₃ - Levantine (Plioceno Superior); As áreas marcadas por pontos e círculos representam camadas de arenitos e conglomerados permeáveis. As áreas tracejadas são camadas intercaladas e substrato impermeáveis. As letras a e d se referem às áreas de ascensão e descida das águas subterrâneas. O fluxo suposto das águas subterrâneas está representado por setas e linhas espessas.

Sua infraestrutura é constituída por um embasamento cristalino e Paleozóico com superimposição de calcários do Mesozóico. A sedimentação que deu origem à bacia teve início no Mioceno e prosseguiu até o Pleistoceno, revelando um modelo cíclico de deposição, resultante de movimentos de flutuação eustáticos e tectônicos. Estas variações ambientais são nitidamente constatadas na coluna litoestratigráfica onde se intercalam sedimentos lacustrinos e fluviais, associados a transgressões e regressões marinhas, predominando o ambiente deltaico. A espessura total da sequência sedimentar supera os 6.000 metros, na qual ocorrem numerosos aquíferos, no pacote Neógeno-Quaternário. (Figs. 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12). Os principais aquíferos são:

Aquíferos locais

- a- Conglomerados basais do Mioceno e Plioceno, com extensão limitada, capacidade de produção reduzida e água salobra;
- b- Calcários e arenitos interestratificados do Mioceno. São li-

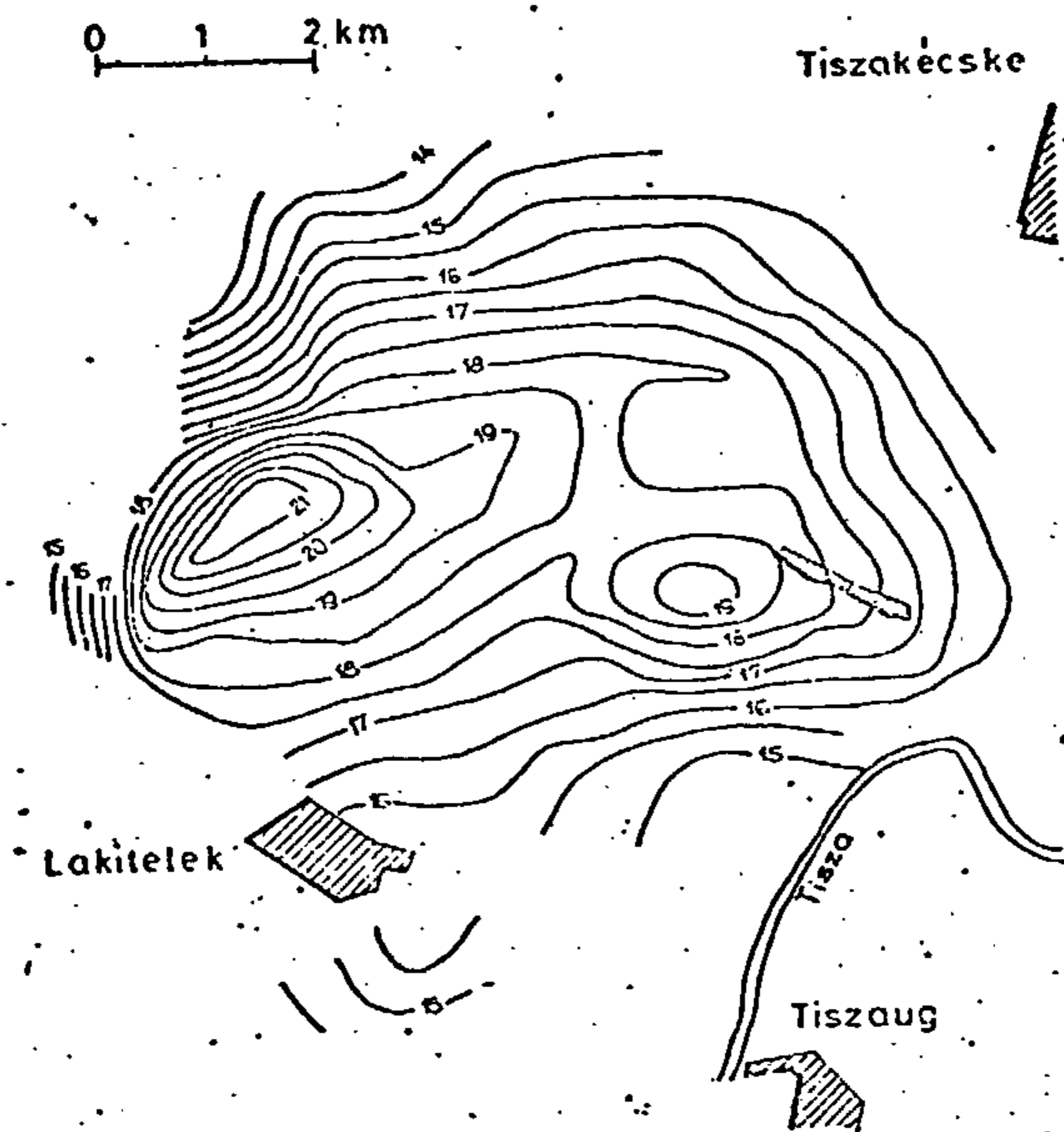


Fig. 5.8 - Linhas isotérmicas 30 metros abaixo da superfície. O valor das isotérmicas é dado em graus centígrados.

mitados, têm baixa capacidade de produção e a água é salgada.

Aquíferos Regionais

a- Arenitos do Panoniano inferior (Plioceno Inferior). São caracterizados pela baixa produção e água muito salobra;

b- Arenitos do Panoniano Superior (Plioceno Superior). São os mais importantes devido às características litológicas adequadas, alta permeabilidade e baixa salinidade da água.

Aquíferos do Plioceno Superior - Formação Levantine

São semelhantes aos anteriores, porém de extensão limitada e menor temperatura das águas.

Aquíferos arenosos do Quaternário

Jazentes em depressões, com ótima produção e boa potabilidade das águas. A temperatura das águas nos diversos tipos de aquíferos parece relacionar-se com intrusivas recentes no embasamento. A prospecção sísmica detectou a proximidade do manto na área desta bacia (25 Km), sugerindo que a fonte de calor seja proveniente das altas temperaturas do manto.

Outros países onde está sendo usada a energia geo -

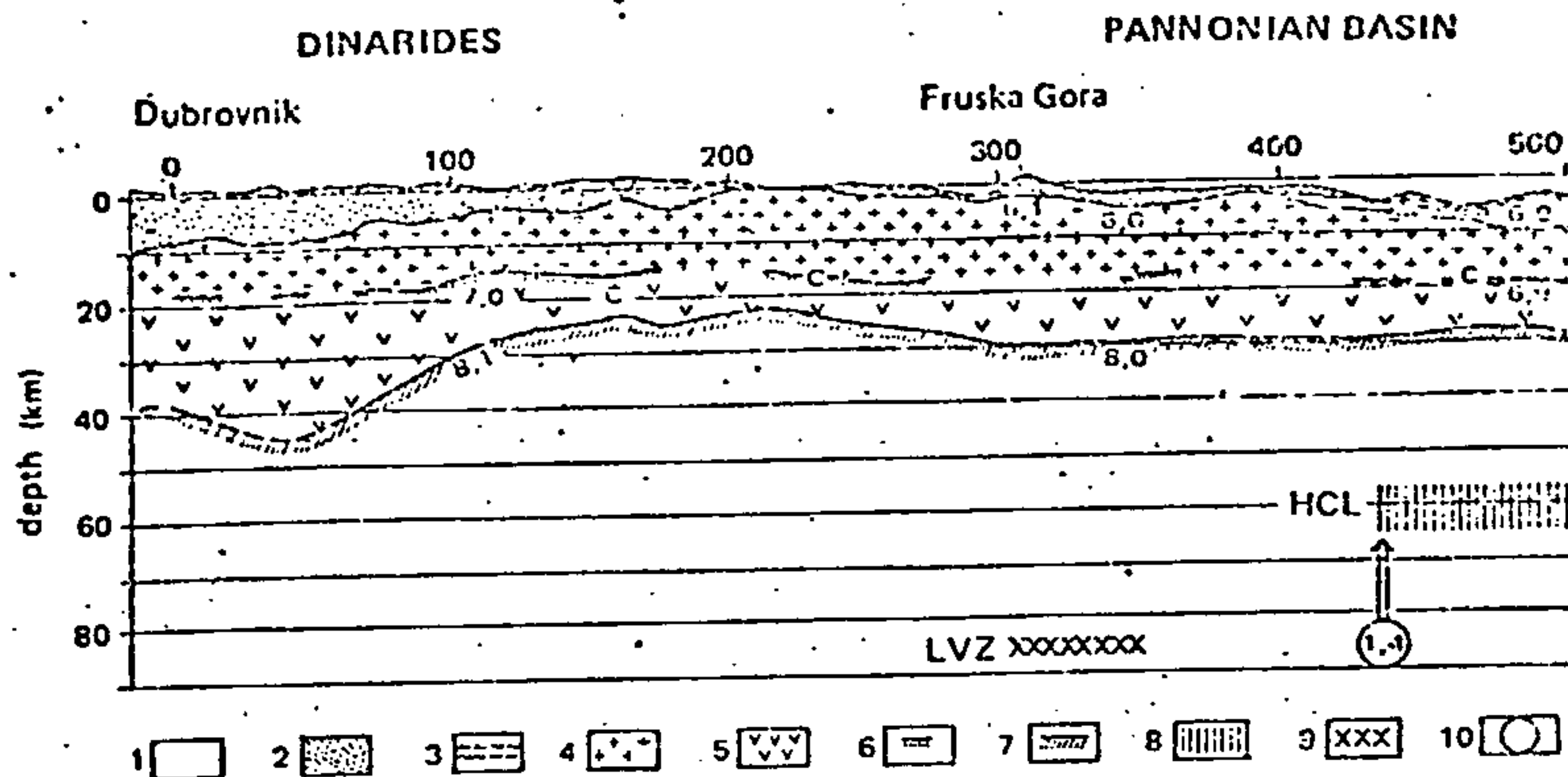


Fig. 5.9 - Perfil sísmico e valores do fluxo de calor calculados para o manto superior (Buntebath, 1975) posição do HCL e do LVZ, através da bacia Panoni-ana.

1- Sedimentos jovens; 2- Complexo sedimentar; 3- Mesozóico; 4- Zona granítica; 5- Zona basáltica; 6- Discontinuidade Conrad; 7- Discontinuidade Mo ho; 8- Zona de condutividade alta; 9- Zona de bai xa velocidade; 10- Fluxo de calor no manto supe- rior, em HFU (seg. Stegena et al. 1975)

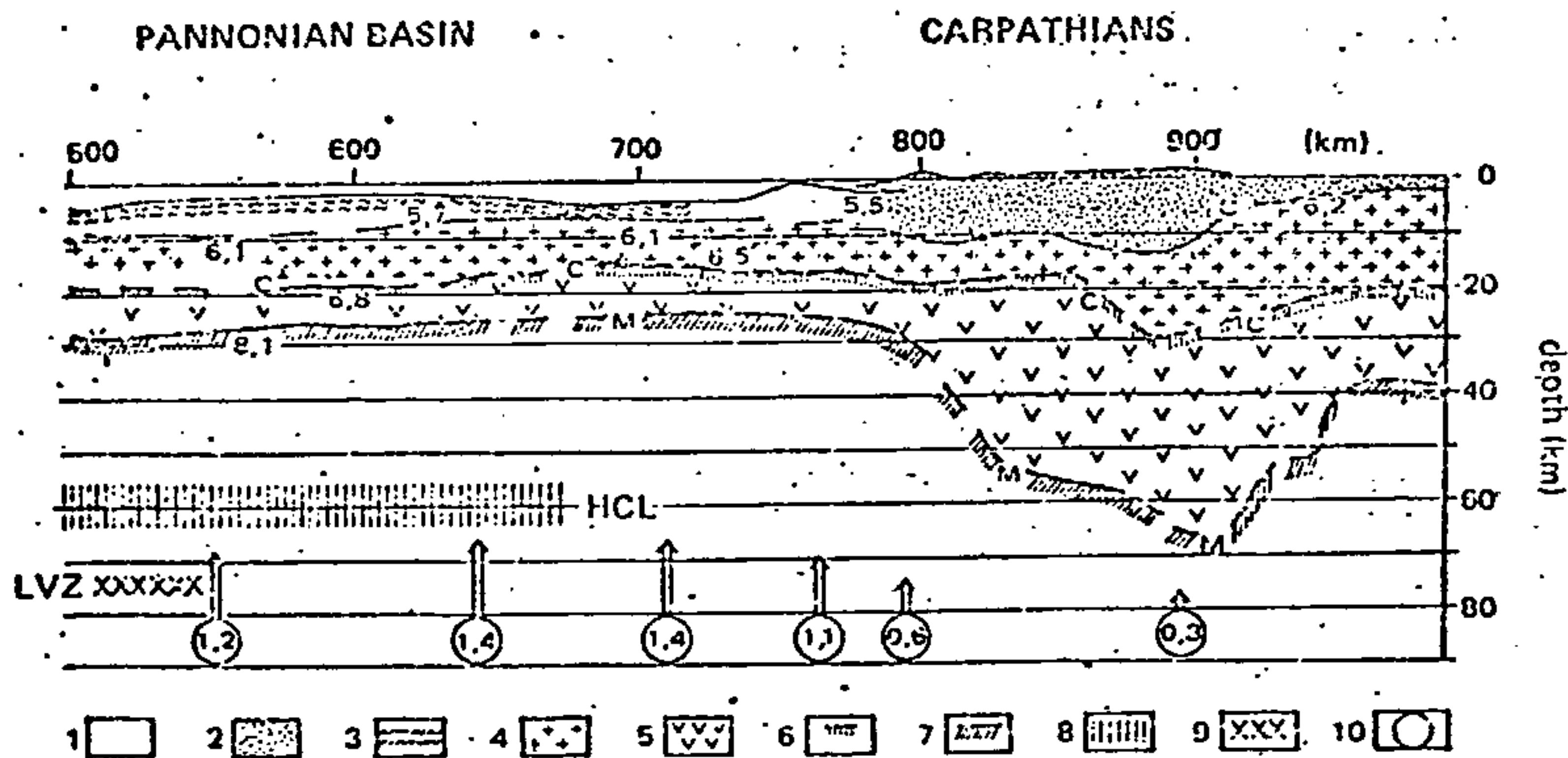
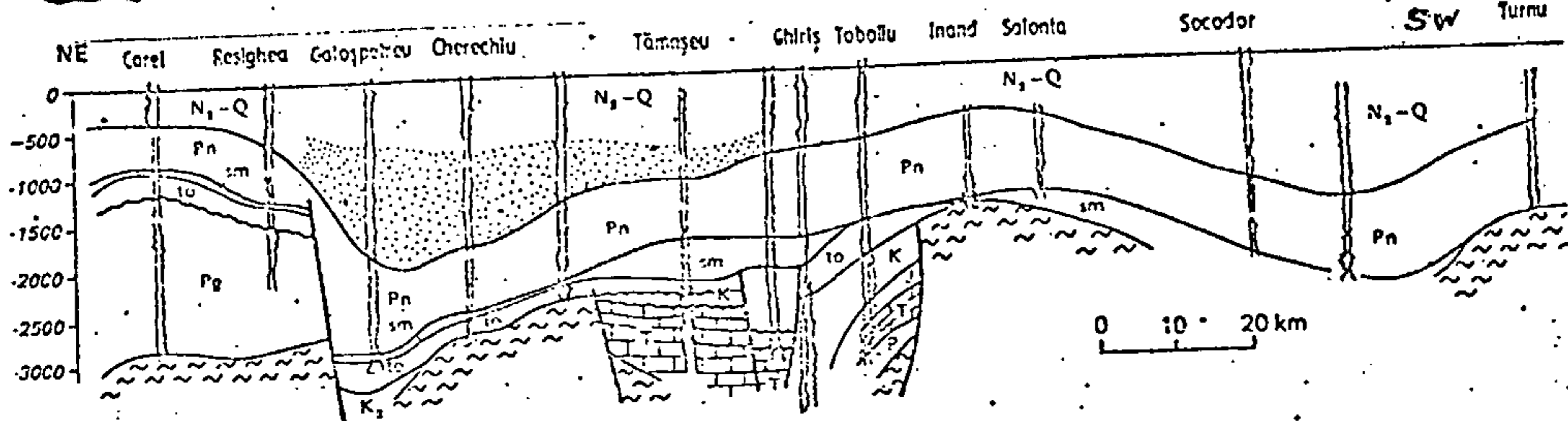


Fig. 5.10 - Legenda da fig. anterior



N₁-Q Pontian-Quaternary	K₁ K - Cretaceous	Major Faults
Pn Pannonian	K₂ K ₁ -Lower Cretaceous	
sm N ₁ -Miocene	J Jurassic	Electric log
to sm - Sarmatian	T Triassic	Thermal aquiferous complex in the Upper Pannonian
Pg Paleogene	Crs Crystalline basement	Thermal aquiferous complex in the Triassic

a) Pişcolt-Carei Uplift
 b) M. Bravu-Diosig Uplift
 c) Borş Graben
 d) Inand Uplift
 e) Turnu Uplift

Fig. 5.11 - Seção Geológica Longitudinal, através da parte oriental da Depressão Panoniana.

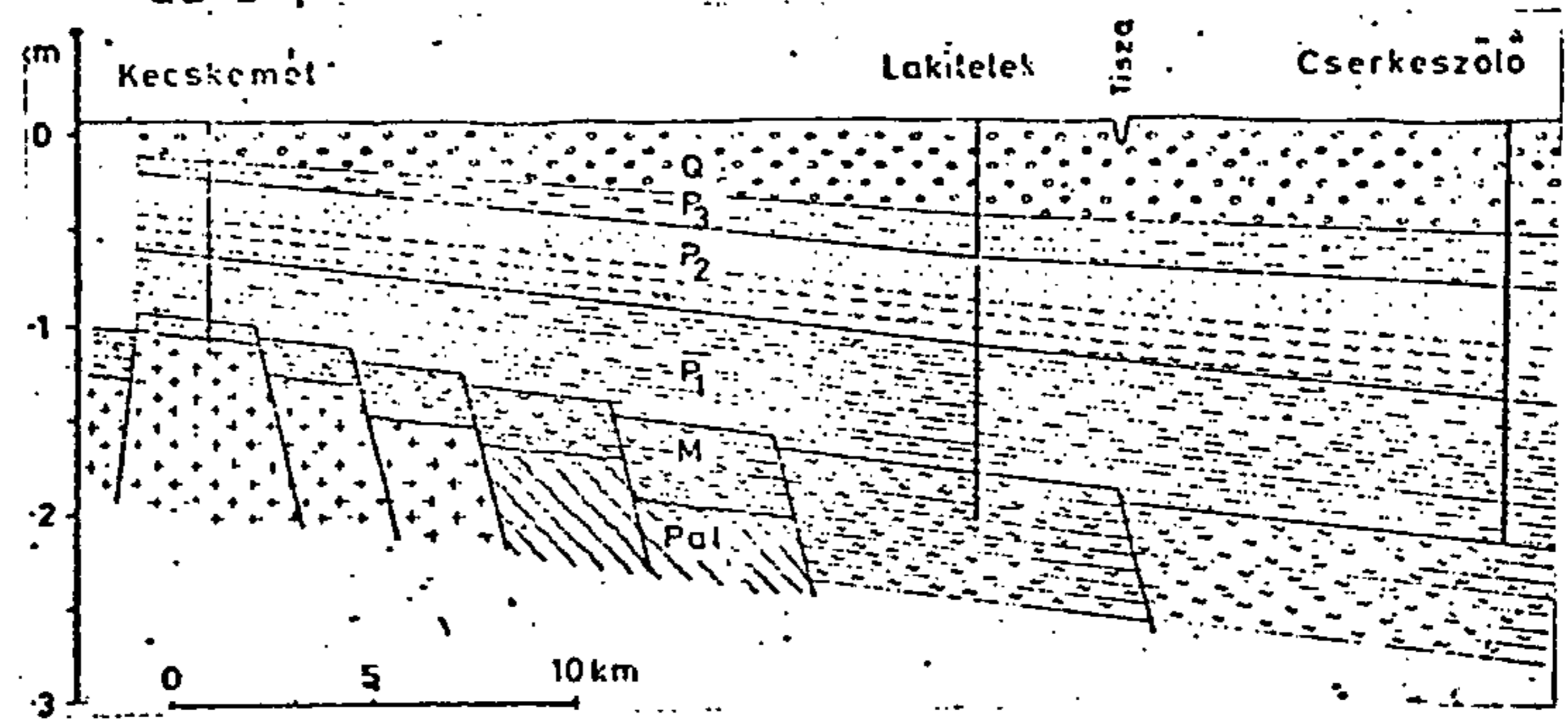


Fig. 5.12 - Perfil Geológico: Q- Quaternário; P₃- Levantine; P₂- Panoniano Superior (Plioceno Médio); P₁- Panoniano Inferior (Plioceno Inferior); M- Mioceno; Pal- Paleozóico.

termal sob a forma de vapor para geração de energia elétrica são: Rússia, Japão e Nova Zelândia. Projetos estão sendo desenvolvidos em áreas de conhecida ocorrência de sistema geotermal preponderantemente de vapor nos países: Chile, El Salvador, Taiwan, Guadalupe, Filipinas e Turquia. Ainda, em outros países do mundo, estão sendo feitos levantamentos para investigação dos seus reais recursos de energia geotermal e possíveis aplicações econômicas.

A seguir se indicam as fontes termominerais e os poços termiais, inventariados até esta data, cujas águas apresentam temperatura superior à temperatura ambiente.

ESTADO DE MINAS GERAIS

1) Rio Pardo de Minas

Local: Montezuma
Temperatura: 39°C

2) Araxá

Local: a 9 km da cidade
Temperatura: 35°C

3) Poços de Caldas

Local: Poços de Caldas
(5 fontes)
Temperatura: 41°C a 44°C

4) São Sebastião do Paraíso

Local: Termópolis
(5 fontes)
Temperatura: 30°C

5) Tiradentes

Local: ?
Temperatura: 28°C

6) Burity

Local: ?
Temperatura: 34°C

7) Santana da Água Quente

Local: ?
Temperatura: 42°C

8) Itabirito

Local: Águas Quentes
(4 fontes)
Temperatura: 27°C

9) Augusto de Lima

Local: Fazenda Santa Bárbara
Temperatura: 33°C

10) Pratópolis

Local: Sítio das 3 fontes
Temperatura média: 27,3°C

11) Monjolos

Local: Fazenda Moendas
Temperatura: 27°C

ESTADO DO CEARÁ

12) Caraubas

Local: ?
Temperatura: 39°C

13) Mossoró

Local: ?
(poço termal)
Temperatura: 50°C

ESTADO DO PARAÍBA

14) Alagoas do Monteiro

Local: Fonte Santa Rosa
Temperatura: 33°C

15) Antenor Navarro

Local: Brejo das Freiras

(3 fontes)

Temperatura: 32°C a 36°C

ESTADO DO MATO GROSSO

16) Rondonópolis

Local: Fonte Tadariu

Temperatura: 40°C

17) Cuiabá

Local: Termas de Pouro (Serra de Água Quente)

Temperatura: 36°C a 40°C

18) Santo Antonio do Rio Abaixo

Local: Baía do Frade

Temperatura: 42°C

19) Barra do Garças

Local: ?

Temperatura: ?

ESTADO DE GOIÁS

20) Caldas Novas

Local: Caldas Novas

Temperatura: 35°C a 45°C

21) Jatahy

Local: Fontes do Rio Aporé

Temperatura: 38°C

22) Aragaças

Local: ?

Temperatura: ?

ESTADO DA BAHIA

23) Tucano

Local: Caldas do Jorro

(poço jorrante em bacia sedimentar)

Temperatura: 46°C

24) Cipõ

Local: ?

(fontes em bacia sedimentar)

Temperatura: 40°C

25) Itapicuru

Local: ?

(fontes em bacia sedimentar)

Temperatura: 33°C

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

26) Frederico Westphalen e Iraí

Local: Balneário O. Cruz

Temperatura: 35°C

27) Prado

Local: ?

(5 fontes)

Temperatura média: 31°C

28) Tubarão

Local: Rio do Pouso

Temperatura: ?

29) Tubarão

Local: Santo Anjo da Guarda

Temperatura: 34°C a 40°C

30) Tubarão

Local: Tiradentes

Temperatura: ?

31) Pedras Grandes

Local: Urussanga Baixa

Temperatura: ?

32) Chapecó

Local: Águas do Chapecó

(poço em bacia sedimentar)

Temperatura: 36°C

33) Palmitos

Local: Ilha Redonda

Temperatura: 38°C

34) Santo Amaro da Imperatriz

Local: Caldas de Cubatão

Temperatura: 35°C a 40°C

35) Taguarassu

Local: ?

Temperatura: 38°C

36) Águas Mornas

Local: Águas Mornas

Temperatura: ?

37) São Carlos

Local: Águas do Prata

Temperatura: 32°C

ESTADO DE PERNAMBUCO

38) Brejo da Madre de Deus

Local: Fonte de Fazenda Nova

Temperatura: 29°C a 30°C

39) Limoeiro

Local: Salgadinha

Temperatura: 37°C

ESTADO DO AMAZONAS

40) São Gabriel da Cachoeira

Local: Fonte do Morro dos Seis Lagos

Temperatura: ?

ESTADO DO PARANÁ

41) Guarapuava

Local: Fonte Boa Vista e Fonte Condoy

Temperatura: 32°C

42) Piraly

Local: 4 km a sul de Piraly

Temperatura: ?

ESTADO DO PARÁ

43) Itaituba

Local: Poço de água quente surgente

C.N.P. - 88 - PA (bacia sedimentar)

Temperatura: 60°C

44) Rio Carecuru

Local: ?

Temperatura: 30°C

45) Monte Alegre

Local: ?

(fonte sulfurosa)

Temperatura: 38°C

ESTADO DE SÃO PAULO

46) São Pedro

Local: Caldas de São Pedro

Temperatura: 32°C

47) São João da Boa Vista

Local: Fonte Boa Vista

Temperatura: ?

48) Ibirá

Local: Fonte Seixas

Temperatura: 34°C

49) Lindóia

Local: Lindóia

Temperatura: 28°C

50) Ibirai

Local: a 70 km de Franca

Temperatura: ?

51) Pederneiras

Local: Pederneiras

(poço tubular)

Temperatura: 29°C

ESTADO DE SERGIPE

52) Salgado

53) Rosário

A continuação do projeto prevê coleta de amostras de água em todas as fontes termais, já inventariadas. As análises físico-químicas a efetuar nestas amostras são as seguintes: SiO_2 , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , So_4^{--} , NH_3 , HCO_3^- , CO_3pH , resíduo seco, dureza total, título alcalimétrico completo e determinação da condutividade.

Para cada fonte termal e furo termal será elaborada uma ficha onde, além das análises físico-químicas constarão os elementos seguintes: temperatura da água, temperatura do ambiente, a pressão atmosférica e vazão, croquis de situação, a coordenadas geográficas e outros dados que permitam a identificação da fonte ou furo termal, esboço geológico da fonte e natureza das incrustações.

Nas fichas de furos termais, além dos dados acima referidos constarão o nível estático e o nível dinâmico e o perfil do furo (estratigrafia, litologia, revestimento, diâmetro de perfuração, etc ...).

Estes dados permitirão a interpretação geoquímica das águas termais.

B I B L I O G R A F I A

- ADAMS, L. H. 1924. A physical source of heat in springs. J.Geol., vol. XXXII, no. 3, p. 191-194.
- AIRINEI, ST., Pricajan, A. 1976 - A conceptual Pattern For The Complex Investigation of Thermal Phenomena In The Underground Waters of Romania's Western Plain. Annales International Hydrogeological Conference, p.p. 707 - 714.
- ALFOLDI, L. Erdelyi, M., Korin, K., Liebe, P., 1976 - A geothermal flow System in Pannonian Basin; case History of a complex Hydrogeological Study at Tuzakécske. Annales International Hydrogeological Conference, p.p. 716 - 732.
- ALI-MEHMED, E.; Bandraburt, T; Cracium, P., Chenea, C.; Polonic, P.; Visarion, M. - 1976 - Contributions to the knowledge of structures with thermal waters in eastern part of the Pannonian Depression. (Romania).
- ALLEN, E. T. and Day, A.L; 1935 Hot springs of the Yellowstone National Park: Carnegie Inst. Washington Pub. 466, 525 p.
- ALONSO Espinoza, H., 1966, La zona geotermica de Cerro Prieto, Baja California: Soc. Geol. México Bol., vol. 29, pag. 17 - 47.
- ALONSO H., 1968, Geothermal energy in Mexico: Geol. Soc. America 1968 Ann. Mtg., Mexico City, Field Trip No.6, Geology and utilization of geothermic energy at Pathe, State of Hidalgo, 15p.
- ALONSO, H., Fernandez, G., And Guiza, J., 1967, Power generations in Mexico from geothermal energy: World Power Conf., 7th, Moscow.
- ANDRADE, J., 1926 - Águas termominerais do Vale do Rio Itapicurú. Boletim nº 17. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.
- , 1928 - Águas termais Radioativas de Caldas da Imperatriz. Boletim nº 29. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil.

- ARANGO, E.E., Buitrago, J.A., Cataldi, R., Ferrara, G.C., Panachi C., and Villegas, V. J., 1970, Preliminary study on the Ruiz geothermal project (Colombia): U.N. Symp. on Dev. and Util. of geothermal Resources, Pisa, Italy.
- ARAUJO, R., Hamza, V., Vitorello, I., Pollack, H., (1976), "Estudo do gradiente geotérmico no complexo vulcânico alcalino de Poços de Caldas" , 28ª Reunião Anual da SBPC, (Resumo), 28,7, 207- 208.
- , 1976 - "Resultados do gradiente geotérmico obtidos na chaminé alcalina de Poços de Caldas" , 29ª Congresso de Geologia (resumo) , 97
- , 1978 - Pesquisa do Fluxo térmico na chaminé alcalina de Poços de Caldas - Tese de Mestrado - Departamento de Geofísica USP, IAG - São Paulo.
- , 1977 - " Valores de fluxo térmico terrestre na intrusão magmática de Poços de Caldas" , 29ª Reunião Anual da SBPC, (Resumo). 29, 7, 505.
- ARMSTEAD, H.C.H. 1970 Geothermal power for non base load purposes United Nations Geothermal Symposium, Pisa Italy.
- , 1961 - Geothermal power development at Wairakei, New Zealand Paper G4 , vol. 3
- ARNASON, B. and Tomasson, J., 1970 Deuterium and chloride in geothermal studies in Iceland: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- ARNORSON, S., 1970a, Underground temperatures in hydrothermal áreas in Iceland as deduced from the silica content of the thermal water: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources Pisa Italy.
- AUSTIN, C.F., 1966, Selection criteria for geothermal prospects Nevada Bur. Mines Rept. 13, pt. C., p. 093 - 125.
- AVERIEV, V. V., 1967, Hidrotermal processes in volcanic áreas and their relation to magmatic activity: Bull. volcanol., vol.30.

- BANDRABUR, T. - Craciun, P. 1975: Considerations sur la composition chimique et gazeuse des eaux thermales de la partie orientale de la Depression Pannonique (Roumanie). International Symposium on thermal and chemical Problems of Thermal Waters Grenoble.
- BANWELL, C.J., 1957 Physics of the New Zealand Thermal Area. Bull Dep. sci. indust. Res. N.Z. no. 123.
- , 1963 Thermal energy from the earth's crust, Introduction and Part I: New Zealand Jour; Geol. and Gheophys, v.6 p. 52-69.
- , 1964, Thermal energy from the earth's crust. Part II, The efficient extraction of energy from heated rocks: New Zealand Jour. Geol. and Greophys., v.7, p. 585 - 593.
- , 1970, Geophysical techniques in geothermal explorations - (Rapporteur's Report): U.N. Symp on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , and Gomez Valle, R., 1970 geothermal exploration in México 1968-1969: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , and Macdonald, W. J. P., 1965, Resistivity surveying in - New Zealand thermal areas Commonwealth Mining and Metallurgical Cong., 8th, Australia-New Zealand, New Zealand, Sec., 213 1.
- BARTON, D.B., 1970, Current status of geothermal power plants at The Geysers, Sonoma County, California: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- BASTIEN, P.G. 1959a. physical metallurgy of stress corrosion fracture. New York, Interscience, 311 p.
- BATTINI, F. and Menut, P., 1964 Etude structurale de la zone de Reccastrada en vue de la recherche de vapeur par les methodes geophysiques, gravimetriques et eletriques: U.N. Conf. New Sources, of Energy, Rome, 1961, Proc., v.2 Geothermal Energy

- 1, p. 73 - 81.
- BECK, A.E., (1965), "Techniques of measuring heat flow on land", editado por Lee, W.H. K. em terrestrial Heat Flow Geophysical Monography Series, 8, 25 - 57.
 - BENFIELD, A.E., (1939), "Terrestrial heat flow in Great Britain", Prod. Roy. Soc. London, A. 173, 428 - 450.
 - BERRY, F.A.F., 1966, Proposed origin of subsurface thermal brines Imperial Valley, California (abs.): Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull. v. 50, p. 644 - 645.
 - BIRCH, F., 1950, Flow of heat in the Front Range, Colorado: Geol. Soc. America Bull., v. 61 p. 567 - 630.
 - , 1954 - "Heat from radioactivity", Nuclear Geology, Wiley, New York, 148 - 175..
 - , and Clarck Jr., S.P., (1940), "The Thermal conductivity of rocks and its dependence upon temperature and composition", Am J. Sci. 238, 529-558 e 613 - 635.
 - BLACKWELL, D. B., 1973: Geothermal resources at Marysville, Montana - Dept. of Geological Sciences, Sourthen Methodist University 749146 publ. , p. 1051
 - , 1969, Heat flow determinations in the northwestern United States: Jour. Geophys. Research, v. 74, p. 992 - 1007.
 - BODVARSON, G. 1961. Utilization of Geothermal Energy for heating purposes and combined shemes involving power generation, heating and/or by - products. Rome GR/5(G).
 - , e Palmasson , G., 1964 - Exploration of subsurface temperature in Iceland, In: Proc. U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961. United Nations, New York, N.Y., 2: 91 - 98.
 - , Temperature inversions in Geothermal Systems, Geoesplorations, 11 (1973) págs. 141 - 149.
 - , 1964 - Physical characteristics of natural heat resources in Iceland: U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961 Proc v. 2 Geothermal Energy: 1, p. 82 - 89.
 - , 1970a. Evaluations of geothermal prospects and the objectives of geothermal explorations: Geoxploration, vol.8 p. 7-17.

- , 1970 b. An estimate of the natural heat resources in a thermal area in Iceland: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- BOLDIZSAR, T. 1965. Terrestrial heat and geothermal resources in Hungray. Bul. Symp. Volc. New Zealand.
- , 1970 - Geothermal energy production from porous sediments in Hungray: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- BOLTON, R. S. 1961. Blow-out prevention and other aspects of safety in geothermal steam drilling. Rome G/43.
- , 1970, The behavior of the Wairakei geothermal field during exploitation: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- BONDARENKO, S.; Mavritsky, B.; Polubotko, L. 1970. Methods for exploration of thermal waters and geological-commercial assessment of thermal deposits. Pisa.
- BOWEN, R.G., and Peterson, N. V., 1970. Thermal springs and wells in Oregon: Oregon Dept. Geol. and Mineral Industries, Misc. - Paper 14.
- BRADBURY, J.J.C., 1970, The economics of geothermal power (Rapporteur's Report): U.N. Symp. of. Dev. and Util of Geothermal Resources, Pisa , Italy.
- BRUCE, A. W. 1961. Experience of generating geothermal power at the Geysers power plant, Sonoma County, California, U.S.A. U. N. Conf. on New Sources of Energy, Rome , 1961. (E/Conf.35/G/8) New York, United Nations.
- , and Albritton, B.C. 1959. Power geothermal stean at the Geysers power plant. Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs., 2287(J. Power Div.)
- BUACCHIDSE, I.M., Buachidse, G. I., and Shaorshade, M.P., 1970 , Thermal waters of Georgia: U.N.Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa , Italy.
- BULLARD, E.E., (1939), "Heat flow in South Africa", Proc. Roy Soc London, A. 173, 474 - 502.

- , (1952), "Discussion of paper by R. Revelle and A.E. Maxwell Heat flow through the floor of the eastern north Pacific Ocean" Nature, 170 - 200.
- , (1947) "The time necessary for a borehole to attain temperature equilibrium", Monthly Notices Roy. Astron. Soc., Geophys Suppl., 5, 127 - 130.
- BURGASSI, R. 1961. Prospecting of Geothermal Fields and Exploration Necessary to, their adequate Exploration, performed in various regions of Italy. Rome. Paper G/65.
- , 1964, Prospecting for geothermal fields and exploration necessary for their adequate exploration, performed in various regions of Italy: U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961 Proc., v. 2, Geothermal Energy: 1. p. 117 - 133.
- , and Mouton, J., Battini, F., (1964), Prospection geothermiques pour la recherche des forces endogenes: U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961, Proc., v. 2 Geothermal Energy: 1 p. 134 - 140.
- , P. D., Ceron, P., Ferrara, G. G., Sestini, G., and Toro B., 1970, Geothermal gradient and heat flow the Radiocofani region (east of Monte Amiata, Italy): U.N. Symp. on Dev. and Util of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- BURROWS, W., 1970, Geothermal energy resources for heating and associated applications in Rotorua and surrounding areas U.N., Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.

- C. CORMY, J. DEMIANDS D' Archimbaud, J. Surgin.- Prospection geothermique aux Antilles françaises, Guadeloupe et Martinique, 1970. United Nations Symposium on the development and utilization of geothermal energy. Pisa. 1970.
- CALAMAI, A., Cataldi, R., Squarci, P. and Taffi L., 1970, Geology geophysics, and hidrogeology of the Monte Amiata geothermal fields: Geothermics, Pisa, Italy, Istituto Internazionale per le Ricerche Geothermiche (CNR), v. 1 (Spec. issue).
- CAMPBELL, K. V. and others, 1970, A survey of thermal springs in Washington State: Northwest Science, v. 44, n. 1, p. 1 .
- CATALDI, R., Ceron, P., Di Mario, P., and Leardini, T. 1970, Progress report on geothermal development en Italy: U.N. Symp.on Dev. and Util. of. Geothermal Resources, Pisa , Italy.
- , 1967 - Remarks on the geothermal research in the region of Monte Amiata (Tuscany, Italy). Bull. Vole., 30.
- , Rossi, A., Squarci, P., Stefani, G., Taffi, L., Stefani, G. C. 1970. Contribution to the knowledge of the Larderello geothermal region (tuscany, Italy): Remarks on the Travale field Pisa.
- CAUCHOIS, L., Didier, J., Herzog, E. 1957. A special N80 steel tubing developed in France to resist sulphide stress corrosion in sour gas wells. Corrosions, 13, 2631 - 269t.
- CERMAK, V. 1967: Results of geothermic investigation of heat flow in Czechoslovakia in 1964 a 66. - Studia geophysica et geodae tica vol. 11, p. 342.
- , 1975: Temperature - depth profiles in Czechoslovakia and so me adjacent areas derived from heat-flow measurements, deep seismic souding and other geophysical data: - Tectonophysics, v. 26, p. 103.
- , 1975: Heat flow investigation in Czechoslovakia. ___ In: Geo- thermal and magnetotellurie monography of the KAPG., Publ. / House of the Academy, Budapest, in press.
- , 1975: Heat flow map of Europe, 1:5.000.000. - In preparati on.

- , Lubimova E.A., Stegena L., 1976 - Geothermal Mapping - In Central And Eastern Europe. Annales - International Hydrogeological Conference, pp. 612 - 631.
- , Jetel, I. - Krcmar, B. 1968: Terrestrial heat flow in the Bohemian Massif and its relation to the deep structure. Sbornik Geologických ved, uzita geofyzika. Rasa U.G. sv. 7, Praha.
- CHAMPION, F. A. 1952. Corrosion testing procedures. London, Chapman & Hall.
- CHAPMAN , D.S. and Pollak, H.N., (1975), "Global heat flow: a new look", Earth and Plan. Sci. Lett., 28 , 23 - 32.
- CHEN, C. H., 1970, Geology and geothermal power potential of the Tatum Volcanic region: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources. Pisa, Italy.
- CHENG, W. T. - 1970 - Geophysical exploration in the Tatum Volcanic Region, Taiwan.
- CIGNI , U. 1970. Machinery and equipments for endogenous fluid harnessing . Pisa.
- CLACY, G. R. T., 1968, Geothermal grounds noise amplitude and frequency spectra in the New Zealand volcanic region: Jour. Geophys. Research, v. 73 , p. 5366 - 5383.
- CLARK, S. P. 1966. Handbook of physical constants. Mem. geol.Soc. Amer., no. 97. p. 459 - 482.
- CLATER, J. C. and Brancheteau, J. (1970). The implications of terrestrial heat flow observations on current tectonic and geochemical models of the crust and upper mantle of the earth., Roy. Astr. Soc. Geophys. Jour. 20 , 509 - 542.
- CLAYTON, R. N., Muffler, L. J. P. and White, D. E., 1968, Oxygen isotope study of calcite and silicates of the River Ranch No. 1 well, Salton Sea geothermal field, California: Am. Jour . Sci, v.266, p. 968 - 979.
- COLLINS, J. A. 1955. Effect of design, fabrication, and installation on the performance of stainless steel equipment. Corrosion, 11, 11t - 18t.

- COMPENDIUM OF PAPER, Imperial Valley - Salton Sea Area Geothermal Heating. 1970, Geothermal Resources Board, California, Oct./ 22 and 23.
- CONTINI, R.; CIGNI, U. 1961. Air drilling in geothermal bores. Rome G/70.
- COOKE, W. L. 1970, Some Methods of Dealing with Low Enthalpy Water in the Rotorua Area of New Zealand. W.N. Symp on Geothermal Energy, Pisa. 1970.
- COPSON, H. R. 1948, Stress corrosion. In: H. H. Uhling (ed.) Corrosion Handbook, p. 569 - 578. New York, Wiley.
- CORMY, G., ARCHIMBAUD, J. D. d'. 1970. Les possibilités géothermiques de L' Algérie. Pisa.
- , Demians d' Archimbaud, J., and Surcin, J., 1970, Prospection géothermique aux Antilles françaises Guadeloupe et Martinique: U.N. Symp. on Dev. and Util. of. Geothermal Resources, Pisa. Italy.
- CRAIG, H.; BOATO, G. White, D.E. 1956. The isotopic chemistry of thermal waters. Natl. Research Council; Nuclear Science. Report no. 19: Nuclear processes in geological settings. Publ. 400 -
- , S.B. 1961. Geothermal drilling practices at Wairakei, New Zealand. Rome G/14.
- CROSBY, J.W., III, 1971, New development in geothermal exploration: 1st Northwest Conf. on Geothermal Power. Dept. of Natural Resources, Olympia, Washington.
- CRUZ SANJULIAN, J., Garcia Rossell, L.; Garrido Blasco, J. Aguas Termales de la provincia de Granada. Bol. Geol. y Min. T. 83-3. Ano 1972., págs. 266 - 275.

- DAWSON, G. B. and Dickinson, D. J., 1970, Heat flow studies in thermal areas of the North Island of New Zealand: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- DECKER, E. R., 1969, Heat flow in Colorado and New Mexico: Jour. Geophys. Research, v. 74, p. 550 - 559.
- DENCH, N. D. 1961. Silencers for geothermal bore discharge. Paper G/18, vol. 3.
- , 1962. Reconditioning of Steam Bores at Kawerau. N. Z. Engng, vol. 17, no. 10.
- DERNANDEZ RUBI, R. - Identificación de hidrotermalismo y aplicada a la zona meridional de la provincia de Granada. Tecniterraz: Revista Española de Geología y Minería, Madrid (7) 38- 50. / ago/sep/ 1975.
- DI MARIO, Pietro. 1961 , Remarks on the operation of the geothermal power stations at Larderello and on the transportation of geothermal fluid. Paper G 68, vol. 3.
- DIBBLEE, T. W., Jr., 1954, Geology of the Imperial Valley region, California, in Geology of Southern California: California Div Mines Bull. 170, Chap. 2 p. 21 + 28.
- DOBOS, I.: Analysis of waters from Pannonian aquifers tending to form carbonate deposits. - Hidr. Kozl. 1971, No. 10
- DONALDSON, I. G., 1971 - The simulation of geothermal systems / with a simple convection model. In: Proc. U.N. Symp. Development and Utilization of geothermal Resources, Pisa, 1970. International Institute for Geothermal Research, Pisa, pp. 649 - 654.

- EINARSSON, S. 1970. Utilization of Low Enthalpy Water for Space Heating, Industrial, Agricultural and Other Uses. Pisa X.
- ELDER, J. W. 1966. Heat and Mass Transfer in the Earth: Hydrothermal Systems. Bull. N. Z. Dept. sci. industr. Res., 169.
- ELLIS, A. J., 1970, Quantitative Interpretation of chemical / characteristics of hydrothermal systems: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , 1959, The solubility of calcite in carbon dioxide solutions Amer. J. Sci., 257: 254 - 365.
- , 1961, Geothermal drillholes - Chemical investigations. / Proc. U.N. Conf. on New Sources of Energy. Rome, 1961(E/CONF 35/G/42). New York, United Nations
- , 1962, Interpretation of gas analyses from the Wairakei / hydrothermal area. N.Z.J. Set., 5: 434- 452.
- , 1966, Volcanic hydrothermal areas and the interpretation of thermal water compositions. Bull. Volc., 29: 575 - 584.
- , 1967, The chemistry of some explored geothermal systems. In H. L. Barnes (ed.), Geochemistry of hydrothermal ore deposits, p. 465 - 514. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- , 1968, Natural hydrothermal systems and experimental hot - water rock interaction: Reaction with NaCl solutions and / trace metal extraction. Geochim. et cosmoch. Acta, 32: 1356 -1363.
- , 1969, Present-day hydrothermal systems and mineral deposition. 9th Commonw. Min. Metall. Congr. 1969. (Mining and / Petroleum Geology Section, Paper 7, p. 1 - 30.)
- ENADIMSA. Investigation de Recursos Geotérmicos en las Provincias de Gerona Y Almeria. Ano , 1972.
- ENGLISH, Earl F. 1961. Methods and equipment for harnessing geothermal energy at the Geysers, California. Paper G51, vol.3.
- EPIS, R. C. ed., 1968, Cenozoic volcanism in the Southern Rocky Mountains: Colorado School Mines Quart., v.63, no. 3, 287 p.

- F. TONANI., Geochemical methods of exploration of geothermal / energy. United Nations Symposium et coetera. Pisa 1970.
- FACCA, G. 1970. General Report on the Status of World Geothermal Development. Pisa I.
- , Ten Dam, A. 1964. Geothermal power economics, p.8-10, 39 Los Angeles, Worldwide Geothermal Exploration Co,
- , 1969, Geophysical investigations in the self-sealing geothermal fields. Bull. Volc. vol. XXXIII, p. 119 - 122.
- , TONANI, F. 1961. Natural steam geology and geochemistry, Rome, G/67.
- , 1970, General report of the status of world geothermal development (Rapporteur's Report): U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- FENG, T.T. and Huang, K.K., 1970, Exploration of geothermal resources in the Tatun volcanic region, Taiwan, Republic of China: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- FISHER, R. G., 1964. Geothermal heat flow at Wairakei during / 1958. - N.Z.I. Geol. Geophys. 7. 172 - 34.
- FOOKS, A.C. L. 1961. The development of casings for geothermal / bore-holes at Wairakei, New Zealand. Rome G/16.
- FOSTER, P. K; Marshall, T.; Tombs, A. 1961. Corrosion Investigation in Hydrothermal Water at Wairakei, New Zealand. Rome G/47.
- FOURNIER, R.C. and Rowe, J. J.; 1966, Estimation of underground temperatures from the silica content of water from hot springs and wet-steam wells: Am. Jour. Sci. V. 264, p. 685 - 697.
- , 1970 - Truesdell, A. H., Chemical Indications of subsurface temperatures applied to hot spring waters of Yellowstone National Park, Wyoming, U. S. A.: U.N. Symp. on Dev. and / Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- FRANKO, O. 1970. The importance of information on hydrogeological structure and geothermal situation with respect to the prospecting of the new sources of high enthalpy water in Slovakia Pisa.

- FROLOV, N. M. and Vartanyan, G.S., 1970, Types of commercial deposits of thermal subterranean waters and some aspects relating to the assessment of their reserves: U.N. Symp. on Dev. and / Util. of geothermal Resources, Pisa, Italy.
- FUJII, Y., and Akeno, T., 1970, Chemical prospecting of steam and hot water in the Matsukawa geothermal area: U.N. Symp. on Dev. and Util. of. Geothermal Resources, Pisa, Italy.

- GARLADO, C. 1961. Problèmes techniques et économiques soulevés par la présence d'impuretés chimiques dans les fluides d'origine géothermique. Rome G/63.
- GAVAT, I. - Airinei, St. - Botezatu, R. - Socolescu, M. Stoesne-cu Sc. - Vencov, I. (1965): Contribution de la gravimétrie et de la magnéto-métrie à l'étude de la structure profonde du territoire de la Roumanie. Rev. roum. géol. géophys. géogr. Série de Géophysique, 9, 1, Bucarest.
- GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, Rocky Mountain Section, 1968, / Igneous and hydrothermal geology of Yellowstone National / Park: Geol. Soc. America Rocky Mtn. Sec. Bozeman, Mont. May 1968, Field Trip No. 6, 36 p.
- GEOTHERMICS, - Proceedings of the United Nations Symposium the development and utilization of Geothermal resources. Instituto Internazionale per la Ricerca Geotermica Pisa, Italy vol. 2. Part. 1. 1970.
- GODWIN, L. H., Haigler, L. B. Rioux, R.L., White, D.E., Muller, L. J.P., and Wayland, R. G., 1971, Classification of public / lands valuable for geothermal steam and associated geothermal resource: U.S. Geol. Survey Circ. 647, 18 p.
- GOGUEL, J. 1953., Le régime thermique de l'écorce souterraine. Ann. Min. Paris. vol. X, p. 3-32.
- , 1970, Le rôle de la convection dans la formation des géisements géothermiques. Pisa.
- GOMEZ Valle, R. G., Friedman J. D., Gawareki, S.J., and Banwell, C. J., 1970, Photogéologie and thermal infrared reconnaissance surveys of the Los Negritos - Ixtlan de los Hervores.
- GONÇALVES, A.D., 1936 - Águas Minerais do Brasil, Ministério da Agricultura.
- GRINDLEY, G. W., 1961. Geology of New Zealand geothermal steam fields: U.N. Conference on New Sources of Energy Rome, 1961. (E/Conf. 35/G/34) New York, United Nations.
- , 1965, The geology, structure, and exploitation of the Wai-rakei geothermal field, Taupo, New Zealand: New Zealand Ge

- ol. Survey Bull n.s. 75 , 131 p.
- , 1966, Geological structure of hydrothermal fields in the Taupo Volcanic Zone N. Zeal. (abs): Bull. volcanol., vol. 29 p. 573 - 574.
- , 1970, Sub-surface structures and relation to steam production in the Broadlands geothermal fields, New Zealand: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- GRISCOM, A. and Mufler, L. J.P., 1971 Aeromagnetic map and interpretations of the Salton Sea geothermal area, California U.S. Geol. Survey, Geophys. Inv. Map. GP.- 754.
- GROH, E. A., 1966, Geothermal energy potential in Oregon: Oregon Dept. Geol. and Mineral Industries, Orc Bin, v. 28, p. 125 - 135.

- HALDANE, T. G. N., Wood, B; Armstead, H.C.H. 1958. The development of geothermal power generation. World Pwr Conf., Montreal 1958 (paper 21 C/1)
- , 1962, The geothermal power development at Wairakei, New Zealand. Proc. Instn. mech. Engrs., Lond. 176 (23) 603 -648.
- HALLSSON, S. 1970. Drying Seaweeds and Grass by Geothermal Energy. Timarit Verkfraed, Islands no.4.
- HAMZA, V. M. and Beck, A. E., (1972), "Heat production in two boreholes in the Grenville geological province (abstract) / Physics in Canada, 28, 4, 45.
- , Araujo, R., Vitorello, I, e Pollack, H.N., (1976), "Gradientes geotérmicos na Bacia do Paraná" 28ª Reunião Anual da SBPC, (Resumo) 28,7,207.
- , 1977. "Geothermal energy prospects in Brazil: a preliminary analysis" , a ser publicado nos Anais da IASPEI/IAVCEI, reunião realizada em Durham em agosto de 1977.
- , Beck, A. E., "Terrestrial Heat Flow, the Neutrino Problem and a Possible Energy Source in the Core", Nature, 240, / 5380, 343-344- 1972.
- , "Possible Limits on the Temperature Distributions in the Continental Lithosphere", submetido para publicação nos / Anais da Academia Brasileira de Ciências, (1976).
- , Araujo, R.L.C. Vitorello, I and Pollack, H. N. (1976), Estado atual das investigações geotérmicas no Brasil, 29º Congresso Brasileiro de Geologia, Resumo dos Trabalhos, p. 96.
- , 1969, and Verma, R.K. relationship of heat flow with / the age of basement rocks, Bull. Volcanologique, 33, 123 - 152.
- , Eston, S.M., Araujo R.L.C.; Vitorello, I, Ussami N. 1978, Coleção Brasileira de Dados Geotérmicos - IPT E IAG da USP.
- HATHERTON, T., Macdonald, W. J. P., and Thompson, G. E. K. 1966, Geophysical methods in geothermal prospecting in New Zealand Bull, volcanol, ser. 2, v. 29, p. 487 - 498.
- HATTON, J. 1970 Ground Subsidences of a Geothermal Field during

Exploitations, Pisa.

- HAYAKAWA, M., 1970, The study of underground structure and geophysical state in geothermal areas by seismic exploration: U.N. Symp. on Dev. and Util of Geothermal Resources, Pisa / Italy.
- , Takagi, S., and Baba, K., 1967, Geophysical study of Matsukawa geothermal area, Northeast Japan: Japan Geol. Survey Bull 18.73.
- HAYASHIDA, L.; Ezima, Y. 1970. Development of Otake Geothermal Field. Pisa 11/2.
- HEALY, J., 1964 Geology and geothermal energy in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand: U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961, Proc. vol .2 Geothermal Energy: I, p. 250 -257.
- HELGESON, H. C., 1968, Geologic and thermodynamic characteristics of the Salton sea Geothermal system: Am. Jour. Sci., / v. 266, pages 129 - 166.
- HERMANNSSON, S. 1970. Corrosion of Metals and the Forming of / Protective coating on the Inside of Pipes in the Thermal Water. Used by the Reykjavik Municipal District Heating System. Pisa VIII/10.
- HEYMUN, E. B., 1966, Geothermal power potential in Utah: Utah / Geolo. and Mineralog. Survey Spec. Studies 14, 28 p.
- HOCHSTEIN, M. P. and Dickinson, D. J., 1970, Infrared remote sensing of thermal ground in the Taupo region, New Zealand: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , and Hunt, M.T., 1970, Seismic, gravity, and magnetic studies, Broadlands geothermal field, New Zealand U.N. Symp on Dev. and Util of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- , Innes, D. G., and Carrington, L., 1967, Seismic studies in the Broadlands geothermal area, p. 7 - 14, in Banwell and others, Broadlands geothermal area geophysical survey, New Zealand Dept.Sci. Indus. Res. Geophys, Div., unpubl. rept.48.
- HODDER, D.T. 1970, Application of remote sensing to geothermal

prospecting: U.N. Symp on Dev. and Util of Geothermal Resources Pisa, Italy.

- HORAY, Ki-iti e Baldrige, S., "Thermal Conductivity of Nineteen Igneous Rocks, Application of the Needle Probe Method to the Measurement of Thermal Conductivity of Rock". Phys. Earth Planet Int. 5 151 - 156 , 1972.
- HORTON, R. C., 1964, Hot springs sinter deposits, and volcanic, cinder cones in Nevada: Nevada Bur. Mines Map. 25
- , C.W., and Rogers F.t. (1945) Convection currents in a porous medium, J. Appl. Phys., 16, 367 - 370.
- HUNT, A. M. 1961. The Measurement borehole Discharges, Dowhole Temperatures and Pressures, and Surface Heat Flows at Wairakei. Proc. U. N. Conf. on New Sources of Energy, Rome, 1961 (35/G/19). New York, United Nations
- , 1970, Net mass loss from the Wairakei geothermal field, / New Zealand: U.N. Symp. on Dev. Util. of Geothermal Resources, Pisa , Italy.

- ILUKOR, J.O. 1970. Geothermal Production of Electric Energy and Certain Minerals. Pisa 11/7.
- ISHIKAWA, Y., 1970, Geothermal fields in Japan considered from the geological and Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- IYER, H.M.- Hitchcock, T. 1974: Seismic noise measurement in / Yellowstone National Park. - Geophysics, v. 39, No 4. p., 389..

- JAEGER, J. C., 1961, The effects of the drilling fluid on temperatures measured in boreholes, J. Geophys. Res., 66, 563-569.
- JAMES, R., 1968, Wairakei and Larderello, Geothermal power systems compared: N. Zealand Jour. Sci. and Tech. v.11, p. 706.
- JAMES, P., 1970, Geothermal resources of the Northern Gulf of Mexico basin, Pisa.

- KARIG, D.E. 1971: Origin and development of marginal basins in the western Pacific. - Journal of Geophysical Research, v. 76., p. 2542.
- KARLSSON, T. 1961. Drilling for natural steam and hot water in Iceland. Rome G/36
- KAUFMAN, A. 1970, The economics of geothermal power in the United States: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.
- KELLER, G. V., 1970, Induction methods in prospecting for hot water: U.N. Symp. on Dev. and of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- KIERSCH, G.A., 1964, Geothermal steam: origin, characteristics occurrence and exploitation: U. S. Air Force Cambridge Research Labs. (AFCRL-64-898), Washington, D.C., U.S. Dept. of Commerce.
- KOENIG, J.B., 1967 , The Salton-Mexicali geothermal province : Calif. Div. Mines and Geol. Mineral Inf. Service, v. 20 no 7, - p. 75 - 81.
- , 1969, The Geysers geothermal field: California Div. Mines and Geol., Mineral Inf. Service, v. 22, no 8. p. 123 - 128.
- , 1970, Geothermal exploration in the Western United States U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- KOGA, A., 1970, Geochemistry of the waters discharged from / drill hole at Otake and Hatchobaru areas (Japan):U.N. Symp on Dev and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- KOMOGATA, S.; Iga, H.; Nakamura, H.; Minokara, Y. 1970. The Status of Geothermal Utilization in Japan. Pisa II/3.
- KORIM, K. 1972: Geological aspects of thermal water occurrences in Hungary. Geothermics. v. 1. 3. Pisa.
- KOTTLOWSKI, F.E., Weber, R.H., and Willard, M.E., 1969, Tertiary intrusive-volcanic-mineralization episodes in the New Mexico region: Geol. Soc. America Ann Mtg., Atlantic City, / N.J., (abs). p. 278- 280.
- KREMAR, B. and Milanovic, B., 1970, Geothermal exploration of

hot water sources in Carpathians of Yugoslavia and Czechoslovakia. U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.

- KREMENJOV, O. A; Zhuravlenko, Y. Ja., Shurtshkov, A.V. 1970. Technical-Economical Estimation of Geothermal Sources. U.N. / Symp on Geothermal Energy, Pisa 1970.
- KUNZE, J.F. and Richardson, A.S. (1975), National program definition study for the non-electric utilization of Geothermal energy. Us ERDA Report ANOR - 1214.
- KUTAS, R.I. - Lubimova, E.A. - Smirnov, YA. B. 1975: Heat flow map of the European part of the USSR and its geological / and geophysical interpretation. - In: Geothermal and magnetotelluric monography of the KAPG, Publ. House of the Academy, Budapest, - in press.

- LACHENBRUCH, A.H.; (1968), "Preliminary geothermal model of the Sierra Nevada", J. Geophys. Res., 73, 6977.
- , (1970), "Crustal temperature and heat production: Implications of the linear heat flow relation", J. Geophys. Res., 75, 17, 3291 - 3300.
- LAGARDE, A 1965: Considerations sur le transfert de chaleur en milieu poreux. Revue de L' Institute Franaisdu petrole.
- LANGE, A.L. and Westphal, W. H., 1969, Microearthquakes near / The Geysers, Snoma County, California: Jour. Geophys. Research, v. 74, no. 17, p. 4377 - 4378.
- LEE, W. H. K., (1965), editor, "Terrestrial heat flow", Geophysical Monograph Series Number 8, publicado pela University Microfilms, ann Arbor, Michigan, USA, 1 - 276.
- , 1969, Infrared exploration for shoreline springs of Mono Lake, California test site: Stanford Univ. Remote Sensing / Lab. Tech. rept. no. 69-7, 196 p.
- LEES, C.H. (1892), "On the thermal conductivities of crystals / and other bad conductors", Phil. Trans. Roy: Soc. London, A, 183, 481 - 509.
- LINDAL, B. 1961a. Geothermal Heating for Industrial Purposes in Iceland. Rome G/59.
- , 1970a. The Production of Chemicals from Brine and Seawater Using Geothermal Energy. Pisa V/1.
- , 1970b. The Use Natural Steam in a Diatomite Plant. Pisa / IX/11.
- , 1973 - Industrial and other applications of Geothermal / energy., 135 - 147, in Geothermal Energy: Review of Research and development, Edited by H.C.H. ARMSTEAD, UNESCO, PARIS.
- LOMONOSOV, I.S.: Geochemistry and formation of present hydrothermae of the Baikal Rift Zone. - Novosibirsk, "Nauka", 1974, p.165.
- LOVERING, T.S; (1965), "Temperatures in and near intrusions" - Econ. Geol., 50 249 - 281.

- , 1965, Some problems in geothermal explorations: Soc. Mining Engr. Trans., v. 232, p. 274 - 281.
- , and Goode, H.D., 1963, Measuring geothermal gradients in drill holes less than 60 feet deep, East Tintic district , Utah: U.S. Geol. Survey Bull, 1172, 48 p.
- LUBIMOVA, E.A. - Lusova, L.M. - Firsov, F.V.- Stariokova, G.N.- Shushpanov, A.P. 1961: Determination of surface heat flow / in Mazesta(U.S.S.R.). - Annali di Geofisica, v. 14. p. 157.
- , and Polyak, E. G. 1969: Heat flow map of Eurasia- In:P.J. Hart (Ed.), The Earth's Crust and Upper Mantle, AGU Monogra_{ph} No. 13., p. 88.
- , and Ljuboshiz, W.M. - Nikitina, V.N. 1975: Effect of contrast in the physical properties on the heat flow and electromagnetic profiles. - In: Geothermal and magnetotelluric monography of the KAPG, Publ. House of the Academy, Budapest in press.
- LUIKOV, A.V. 1966: Heat and Mass Transfer in Capillary-Porous / Bodies. Pergamon Press.
- LUMB, J.T., and Macdonald, W.J.P., 1970, Near-surface resistivi_{ty} surveys of geothermal areas using the electromagnetic me_{thod}: U.N.Symp. on Dev. and Util. of. Geothermal Resources, Pisa, Italy.

- MAHON, W.A.J. 1961. Sampling of geothermal drill hole discharges. Proc. U.N. Conference on New Sources of Energy, Rome, 1961. (E/CPNF 35/G/46) New York, United Nations.
- , 1961. Requirements for sampling Geothermal bore discharges for chemical analysis. Rep. Dep. sci.industr. Res. N.Z. no. D.L. 2041.
- , 1962a. The carbon dioxide and hydrogen sulphide content / of steam from drill holes at Wairakei, New Zealand. N.Z.J. Sci., 5. 1: 85 - 98
- , 1962b. A chemical survey of the steam and water discharged from drill holes and hot springs at Kawerau. N.Z. J.Sci 5: 417 - 432.
- , 1964. Fluorine in the natural thermal waters of New Zealand N.Z. J. Sci. 7: 3 - 28.
- , 1966. A method for determining the enthalphy of a steam / water mixture discharged from a geothermal drill hole. N.Z. J. Sci. 9: 791 - 800.
- , 1967. Natural hydrothermal systems and the reaction of hot water with sedimentary rocks. N.Z. J. Sci, 10 : 206 - 221.
- , Klyen, L.E. 1968. Chemistry of the Tokaanu-Waiki hydrothermal area. N.Z. J. Sci. 11: 140 - 158.
- , Mahon. W. A.J., 1970, Chemistry in the exploration and exploitation of hydrothermal systems: U.N.Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- MAKARENKO, F.A., Mavritsky, B.F., Lokchine, B.A., and Kononov, V. I., 1970, Geothermal resources of the USSR and prospects for their practical use: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- MARINELLI, G., 1964, Les anomalies thermiques et les champs geothermiques dans le cadre des intrusions recentes en Toscane U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome Italy, Proc., v.2 , Geothermal Energy: 1, p. 288 - 291.
- MARSHALL, T. 1958, Stress corrosion of austenitic stainless / steel in geothermal steam. Corrosion 14, 159t - 162t.

- , 1963. Corrosion controlling geothermal power production / Aust. Corros. Engng, 7, 9 - 11.
- , and Hugil, A.J. 1957. Corrosion by low pressure geothermal steam. Corrosion, 13, 329t
- , Tombs , A. 1969. Delayed fracture of geothermal bore casing steels. Aust. Corros. Engng, 13, (9), 2 - 8.
- MASHIKO, Y.; Hirano, Y.; 1970 - New Supply Systems of Thermal / Springs to Wide Areas in Japan. U.N. Symp. on Geothermal / Energy, Pisa 1970.
- MATSUO, K. 1970. Status quo of drilling and repairing of geothermal production wells in Japan. Pisa.
- MCEUEN, R. B. 1970, Delineation of geothermal deposits by means of long-spacing resistivity and airborne magnetics: U.N. Symp on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- MCKENZIE, G.R., and Smith, J.H., 1968, Progress of geothermal / energy development in New Zealand: Proc. 8th World Power / Conf. Moscow.
- MCMILLAN, D.A., Economics of the Geysers geothermal energy, development in New Zealand: Proc. 8th World Power Conf. Moscow
- MCNITT, J.R. 1963. Exploration and Development of Geothermal Power in California. Spec. Rep. Calif. Div. Min. Geol. no.75.
- , 1965, Review of geothermal resources, in Lee, W.H.K., ed Terrestrial heat flow: Am. Geophys. Union Geophys. Mon. Ser. no. 8. p. 240 - 266.
- , 1968, Geology of the Kelseyville quadrangle, Sonoma, Lake and Mendocino counties, California: California Div. Mines / and Geol. Map. Sheet 9.
- , 1970, The geological environment of geothermal fields as guide to exploration (Rapporteur's Report): U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , 1961, Geology of the Geysers thermal area, California. Rome G/3.
- MCSPADDEN, W.R.- The Marysville, Montana Geothermal Project, Final A Research Report, september 1975.

- MEHMED. E.A., Bandrabur, T.; Cracium P., Chenea C., Polonic.P., Visarion M., 1976 - Contributions To the Knowledge of Structures With Thermal Waters in The Eastern Part of the Pannonian Depression (Romania). Annales - International Hydrogeological Conference, PP. 431 - 447.
- MEIDAV. T. 1970. Application of electrical resistivity and gravimetry in deep geothermal exploration. U.N. Symp. on Geothermal Energy. Pisa, 1970.
- MEISTER, E. M., (1973), "Gradientes geotérmicos nas Bacias sedimentares brasileiras", Boletim Técnico da Petrobrás 16, 4, 221 - 232.
- MERCADO, S. 1969 Chemical changes in geothermal well M. 20, Cerro Prieto, México: Geol. Soc. América Bull. v. 80, p. 2623-2630.
- MORI, Y., 1970, Exploitation of Matsukawa geothermal area: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- MOUTON, J., Contribution des méthodes de Prospections Géothermiques et Géophysiques a l' Etude des Champs Géothermiques, de Toscana-Italie. Bulletin Volcanologique Tome XXXIII - 1, 1969. págs. 165 - 190.
- MUFFLER, L.J.P., White, D.E. 1968. Origin of CO₂ in the Salton Sea geothermal system, Southeastern California, USA. 23. Int. Geol. Congr. Prague, Genesis of mineral and thermal waters, vol. 17, p, 185 - 194.
- , 1969. Active metamorphism of Upper Cenozoic sediments in the Salton Sea geothermal field and the Salton Trough, Southeastern California. Bull. geol. Soc. Amer. 80: 157 - 182.

NAKAMURA, H., Sumi, K., Katagiri, K., and Iwata, T., 1970, The geological environment of Matsukawa geothermal area, Japan: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa Italy.

NICHOLLS, H. R. and Rinehart, J.S., 1967, Geophysical study of geyser action in Yellowstone National Park: Jour. Geophys.-Research, v. 72, n^o 18, p. 4651-4663.

NOGUCHI, T., 1970, An attempted evaluation on geothermal energy in Japan: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.

---, Nishikawa, K., Ito, I., Ushijima, K., 1970: Some theoretical considerations on hydrothermal systems due to cracks, Pisa, Italy.

NOGUCHI, K., Goto, T., Ueno, S. and Imahashi, M., 1970, Geochemical investigation of the strong acid water from the bored wells Hakone, Japan: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.

NOLAN, T. B. and Anderson, G. H., 1934, The geysers area near Bcowawe, Eureka County, Nevada: Am Jour. Sci., v. 27, p.-215-229.

OKI, Y., and Hirano, T., 1970, Geothermal system of Hakone Volca
no: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, -
Pisa, Italy.

OXBURG, E. R. and Turcotte, D. L., 1970, Thermal structure of is
land arcs: Geol. Soc. America Bull., v. 81, p. 1665-1688.

OZAWA, T., Fujii Y., 1970, A Phenomenon of Scaling in Production
Wells the Geothermal Power Plant in the Matsukawa Area, Pisa
VIII/18.

- PALMASON, G., 1967, On heat flow in Iceland in relation to the -
Mid-Atlantic Ridge, In: S. Bjorsson (Editor) Iceland and Mid
ocean ridges. Soc. Sci. Islandica, Reykjavik, 38: 111-127.
- and Zoega, J., 1970, Geothermal Energy Development in Iceland
1960-1969, Pisa 11/20.
- , Friedman, J. D., Williams, R. S. Jr., Jonsson, J. and Sae-
mundsson, K., 1970, Aerial infrared surveys of Reykjanes and
Torfajokull thermal areas, Iceland, with a section on the -
cost of exploration surveys: U. N. Symp. on Dev. and Util. of
Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- PARASCHIV, D., Ghenea, C., Vasilescu, G., Opran, C., Pricajan, A
Golita, N., 1975, The research stage of thermal waters in Ro-
mania and possibilities to evidence new aquifers, Stud tech.
econ. ser. E. Hifrogeol. 12, Bucuresti.
- PETERSON, N. V. and Groh, E. A., 1967, Geothermal potential of
the Klamath Falls area, Oregon: a preliminary study; Oregon
Dept. Geol. and Mineral Industries, Ore Bin, v. 29, 209-231.
- PHILLIPS K. N., 1941, Fumaroles of Mount St. Helens and Mount -
Adams: Mazama (Portland, Ore), v. 23, n° 12, p. 37-42.
- PIIP, B. I., Ivanov, V. V. and Averiev, V. V., 1964, The hyper-
thermal water of Pauzhetsk, Kamchatka, as a source of geo-
thermal energy: U. N. Conf. New Sources of Energy, Rome, -
1961, Proc, v.2, Geothermal Energy: 1, p. 339-345.
- PISSARSKY, B. I., Typization of underground mineral waters of -
Mongolia - In the book "The results of scientific invest",
IZK SO AN SSSR, 1973, Irkutsk, 1974, pp. 39-45.
- POLYAK, B. G. and Smirnov, Y. B., 1968, Relationship between -
heat flow and the tectonics of the Continents, Geotectonics
205-213.
- POWELL, J. R., Salzano, F. J., Wen-Shi Yu and Milau. J. S., 1976
A high efficiency power cycle in which Hydrogen is compres-
sed by absorption in metal hydrides, Science, 193, 314-317.

- R.O. FOURNIER, A.B. Truesdell. - Chemical indications of subsurface temperature applied to hot spring waters of Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A., 1970. United Nations Symp. / et Coctera, Pisa, 1970.
- RAGNARS, K. et 1970. Development of the Námafjall Area, Northern Iceland. United Nations Geothermal Symp. Pisa, Italy.
- RAMOS ONTIVEROS, J.M., Criterios de clasificación de aguas termales. Tecniterraz: Revista Española de Geología Y Minería, Madrid (7) 34 - 36. ago./sep. 1975.
- RAO, R.V.M. e Jessop, A.M., "A Comparison of the Thermal Characters of Shields", Can. J. Earth Sci., 12, 347 - 360, 1975.
- REX, R.W., 1966, Heat flow in the Imperial Valley of California (abs): Am. Geophys. Union Trans., v. 47, p. 181.
- , 1970, Investigation of geothermal resources in the Imperial Valley and their potential value for desalination of water and electricity production: Riverside, California / Univ. Inst. Geophys. and Planetary Phys, 14 p.
- , 1971, Geothermal energy - the neglected energy option: / Raul Atomic Scientists, v. 27, no.8. p. 52 - 56.
- REVELLE, R. and Maxwell, A.E., (1952), "Heat flow through the floor of the Eastern North Pacific Ocean", Nature, 170, 199-200.
- REYNOLDS, G. 1970. Cooling with geothermal heat. United Nations Geothermal Symp. Pisa, Italy.
- RICHARDS, K.A.- Hopkins, B.M. 1969: Exploration in the Gippsland, Bass and Otway Basins, Australia. E.C.A.F.E. Nat. Res. Symp. Dev. Petr. Res. Asia.- Canberra, Aust.
- RINEHART, J.S., 1958a, Seismic signatures of some Icelandic Geysers: Jour. Geophys. Research, v. 73, p. 4609.
- , 1968b, Geyser activity at Beowawe, Eureka County, Nevada: Jour. Geophys. Research, v. 73, p. 7703.
- RISK, G.F. MacDonald, W. J.P. and Dawson, G. B, 1970, D.C. resistivity surveys of the Broadlands geothermal regions, New Zealand: U.N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources,

Pisa, Italy.

- ROSS, S.H., 1970, Geothermal potential of Idaho: U.N. Symp on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- ROY, R.F., Blackwell, D.D. and Birch, F., (1968), "Heat generation of plutonic rocks and continental heat flow provinces", Earth Planet. Sci. Lett., 5, 1.
- , Decker, E. R., Blackwell, D. D. and Birch, F. 1968, Heat flow in the United States: Jour. Geophys Research, v. 73, / p. 5207 - 5221.

- SAITO, M., 1964, Known geothermal fields in Japan: U. N. Conf.-
New Sources of Energy, Rome, 1961, Proc., v. 2, Geothermal
Energy: 1, p. 367-404.
- SASS, J. H., Lachenbruch, A. H., Munroe, R. J., Greane, G. W.,
and Moses T. H., Jr., 1971, Heat flow in the western United
States: Jour. Geophys. Research, v. 76, p. 6376-6413.
- SATO, H. 1970, The present state of geothermal development in
Japan: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resour-
ces, Pisa, Italy.
- SCHEFFER, V., 1964, Geophysical investigation of the geothermal
zones of the Earth. Acta Technica, Vol. 47, Budapest.
- , 1963, The regional values of the geothermic gradient in
the area of the Carpatian Basins. Acta Technica, Acad. Sci-
ant. Hung., 13, fase 3-4., Budapest.
- SCHIEFNER, K., Csanády, M.: The fluorine and iodine content of -
surface waters in Hungary, Hidr. Kozl. 1963, n° 6.
- SCHUBERT, G. and Anderson, O. L., 1974, The Earth's thermal gra-
dient, Physics Today, 27, 3, 28-34.
- SCLATER, J. G., 1972, New perspectives in terrestrial heat flow,
In Ritsema, A. R. (Editor), The Upper Mantle. Tectonophysi-
cs, 13 (1-4) 257-291.
- and Francheteau, J., 1970, The implications of terrestrial -
heat flow observations on current tectonic and geochemical -
models of the crust and upper mantle of the Earth, Geophysic
Jour. of the Royal Astr. Soc., 20, 509-542.
- SIGURMUNDSSON, S., 1967, Temperature Measurements in boreholes,
1966: Internal Report. National Energy Authority, Reykjavik
12 pp.
- SIGVALDSSON, G. E. and Cuellar, G., 1970, Geochemistry of the
Ahuachapan thermal area, El Salvador, Central America: U.N.
Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, It.
- SIMMONS, G., Interpretation of Heat Flow Anomalies, Flux due to
initial temperature of intrusives, Rev. Geoph, 5, 2, 109-120.

- SMITH, J. H., 1970 Geothermal development in New Zealand: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, It.-
- , 1961, The organization for and cost of drilling geothermal steam bores. Rome G/40.
- , 1961, Casing failures in geothermal bores at Wairakei, Rome, G/44.
- , 1958, Production and utilization of geothermal steam, New Zealand Engng 13 (10) 354.
- , 1962, Power from geothermal steam at Wairakei. Sixth World Pwr Conf, Melbourne.
- SMITH, F. W., 1959, Advancement in air drilling during 1958. Drilling and production practice, p. 244-248, New York, American Petroleum Institute.
- SMITH, R. L., Bailey, R. A. and Ross, C. S., 1961, Structural evolution of the Valles caldera, New Mexico, and its bearing on the emplacement of ring dikes: U. S. Geol. Survey Prof. Paper 424-D, p. D145-149.
- STEGENA, L. (Ed.) 1972, Scientific maps of Hungary - 12 sheets, Inst. of Cartography, Eotvos University, Budapest.
- , 1972, Geothermal map of Eastern Europe, Geotermics, v.1, No 4, p. 140.
- , 1975, Geothermal temperature map of Central and Eastern Europe, in: Geothermal and Magnetotelluric monography of the KAPG, Publ. House of Academy, Budapest, in press.
- , Géczy, B and Horváth, F., 1975, Late Cenozoic evolution of the Pannonian Basin, Tectonophysics, v.. 26, p. 71.
- STEINER, A., 1963, The rocks penetrated by drillholes in the Waiotapu thermal area, and their hydrothermal alteration. Bull. N. Z. Dep. sci. industr. Res., 155; 26-34.
- ATENZ, E., 1954, Deep-well temperatures and geothermal gradient at Ciechocinek, Acta Geophysica Polonica, v.2, p. 159.
- STILLWELL, W., 1970, Drilling practices and equipment in use at Wairakei, Pisa.

- STONE, R. T., 1971, Implementing the Federal Geothermal Steam Act of 1970: Northwest Conf. on Geothermal Power, Ist. Dept. of Natural Resources, Olympia, Washington.
- STRANGWAY, D. W., 1970, Geophysical exploration through geologic cover, U. N. Symp. on Geothermal Energy, Pisa, 1970 (Published by the Internazionale per le Ricerche Geotermiche, Lungarno Pacinotti 55, Pisa.
- STUDT, F. E., 1964, Geophysical prospecting in New Zealand's hydrothermal fields: U. N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961, Proc., v. 2, Geothermal Energy: I, p. 380-384.
- and Thompson, G. E. K., 1969, Geothermal heat flow in North Island of New Zealand: New Zealand Jour. Geol. and Geophys. v. 12, p. 673.
- SUKHAREV, G. M., Vlasova, S. and Taranukha, Y. K., 1970, The utilization of thermal waters of the developed oil deposits of Caucasus: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- SUMMERS, W. K., 1965a, A preliminary report of New Mexico's geothermal energy resources: New Mexico Bur. Mines and Mineral Resources Circ. 80, 41 p.
- , 1965b, Chemical characteristics of New Mexico's thermal waters - a critique: New Mexico Bur. Mines and Mineral Resources Circ. 83, 27p.
- , 1970a, Geothermal prospects of New Mexico, U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- , 1970b, New Mexico's thermal waters: New Mexico Bur. Mines and Mineral Resources microfilm.
- , 1971, Annotated and indexed bibliography of geothermal phenomena: New Mexico Bur. Mines and Mineral Resources.
- and Ross, S. H., 1971, Geothermics in North America: present and future: Wyoming Geol. Assoc. Earth Sci. Bull. March. p. 7-22.
- SWANBERG, C. A., 1972, Vertical Distribution of heat generation

in the Idaho Batholite, J. Geophys., Res., 77, 2508-2514.
----and Blackwell, D. D., Areal Distribution and Geophysical sig
nificance of heat generation in the Idaho Batholite and Adja
cent intrusions ei Eastern Oregon and Western Montana, Geol.
Soc. Amer. Bull., 86, 1261-1282, 1973.

- TAMRAZYAN, G. P., 1970, Continental drift and thermal fields: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa It.
- TARLING, D. H., Tarling M. P., 1971, Continental Drift, London, - Bell, 112 p.
- TAZIEFF, M., Volcanisme et Geothermie.
- TEN DAM, A. and Erentoz, C., 1970, Kizildere geothermal field, - Western Anatolia: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- and Khrebtov, A. I., 1970, The Menderes Massif geothermal - province: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- THOMPSON G. A, and White, D. E., 1964, Regional geology of the Steamboat Springs area, Washoe County, Nevada: U. S. Geol. - Survey Prof. Paper 458-A, 52 p.
- , Meister, L. J., Herring, A. T., Smith, T. E., Burke, D. B. Kovach R. L., Burford, R. O., Salehi, I. A. and Wood, M. D., 1967, Geophysical study of Basin-Range structure, Dixie Valley region, Nevada: U. S. Air Force Cambridge Research Labs. (AFCRL 66-848), Washington, U. S. Dept. of Commerce.
- THOMPSON, G. E. K., Banwell, C. J., Dawson, G. B. and Dickinson, D. J., 1964, Prospecting of hydrothermal areas by surface - thermal surveys: U. N. Conf. New Sources of Energy, Rome, -- 1961, Proc., v. 2, Geothermal Energy: 1, p. 386-400.
- THORSEN, G. W., 1971, Prospects for geothermal energy in Washington: Northwest Conf. of Geothermal Power, Ist. Dept. of Natural Resources, Olympia, Washington.
- THORSTÉINSSON, T. and Eliasson J., 1970, Geohydrology of the Laugarnes hydrothermal system in Reykjavik, Iceland: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa, Italy.
- TIKHONOV, A. N. and Dvorov, I. M., 1970, Development of Research and utilization of geothermal resources in the USSR: U. N. - Symp. on Dev. and Util, of Geothermal Resources, Pisa, It.
- TOMOR, J., Iodine and bromine contents of the stratum waters of

- South Transdanubian deep-borings, Hidr. Kozl., 1953 N^o 3-4.
- TONANI, F., 1967, Some geochemical criteria in geothermal exploration, IV Symp. on geothermal problems. (L.H.F.C.) XIV
I.U.G.G. Gen. Ass. Zurich.
- , 1967, Geothermal exploration in El Salvador: U. N. Dept.,
Central America.

- UCHIYAMA, M.; Matsuura, S. 1970. Measurement and transmission of steam in Matsukawa Power Plant. Paper VIII/6.
- UYEDA, S. and Watanabe, T. (1970), "Preliminary report of terrestrial heat flow study in the South American Continent; Distribution of geothermal gradients", Tectonophysics ,/ 10, 235 - 242.
- UZUMASA, Y. 1965, Chemical investigation of hot springs in Japan, Tokio, Tsukiji Shokan. 189 p.

- VASILESCU, GII. - Opran, C. 1975: Remarques concernant les structures à eaux thermales en Roumanie: Stud. techn. econ. ser. E.Hidrogeol. 12. Bucarest.
- VELICIU, S. 1974: Geothermal contribution to the hydrogeological knowledge of Oradea area Rev. Roum Geol. Geophys et Geogr. / Geophysique 18. Bucarest
- VERMA, R. K., Hamza, V.M. e Panda, P.K., "Further Study on the Correlation of Heat Flow with the age of Basement Rocks" , Tectonophysics., 10, 301 - 320, 1970.
- VITORELLO, I.; Hamzã, V.M; Pouack H.N.; Araujo, R.L.C. - 1975- Investigações Geotermiais no Brasil - Relatório Preliminar / das Medidas de Temperatura em Poços de Água.
- , Pollack, H.N., Hamza, V.M. and Araujo, R.L.C., (1978) , / "Distribution of heat flow and radioactive heat production in Brazil", apresentado durante a Fifth Annual Meeting, University of Western Ontario, Canada:
- , Pollack, H.N., Araujo, R. e Hamza, V.M., (1976), "Resultados preliminares das investigações geotérmicas no escudo cristalino no território brasileiro", 28ª Reunião Anual da SBPC, (Resumo), 28, 7 , 207.
- VON HERZEN, R.P. and Maxwell, A.E., (1959), "The measurement of thermal conductivity of deep-sea sediments by a needle probe method", J. Geophys. Res., 64, 1557 - 1563.
- , and Longseth, M.G. , (1965), "Present status of oceanic / heat flow measurements", Phys. and Chemistry of the Earth , vol. 6, editado por S.K. Runcon, Pergamon Press, Londres.

YAMASAKI, T., Matsumoto, Y., and Hayashi, M., 1970, The geology and hydrothermal alterations at Otake geothermal area, Kujya Volcano Group, Kyushu, Japan. U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources. Pisa, Italy.

- WARD, P.L. 1972. Microearthquakes: Prospecting pool and possible hazard in the development of geothermal resources - Geothermics v. 1., No. 1. p. 3.
- , P. L. and Jacob K. H. 1971, Microearthquakes in the Ahuachapán geothermal field, El Salvador, Central America: Science, v. 173, p. 328 - 330.
- , and Drake, C. 1969, Microearthquake survey and the mid-Atlantic ridge in Iceland: Jour Geophys. Research, v.74 no.2 p. 665 -684
- Wainwright, D. K. 1970. Subsurface and Output Measurements on Geothermal Bores in New Zealand. Pisa, 1970.
- WARING, G. A., 1965, Thermal springs of the United States and other countries the world - a summary: U.S. Geol. Survey / Prof. Paper 492, 383 p.
- WERNER D., Balke K.D., 1976. Geothermal Model For The Rise of Deeper Ground Water Along Faults in Unconsolidated Rocks / Annales - International Hydrogeological Conference, PP. / 801 - 809.
- WHITE, D.E. 1957a Thermal waters of volcanic origin. Bull. geol. Soc. Amer. 68: 1637 - 1658.
- , 1957b Magmatic connate and metamorphic waters Bull. Geol. Soc. Amer. 68: 1659 - 1682.
- , Brannock, W. E., Murata, K.J. 1956. Silica in hot spring waters, Geochim. et cosmoch. Acta., 10 : 27 - 59.
- , Hem. J.D.; Waring, G.A. 1963. Chemical composition of subsurface waters. In: M. Fleischer (ed) Data of Geochemistry, (6th ed.) Chapter F. (U.S. Geological Survey Prof. Paper / 440-F) 67 p.
- , Williams D.L. - 1975 - Assessment of Geothermal Resources of the United States - Geological Survey Circular 726.
- , 1955 Thermal springs and epithermal ore deposits, in Pt. I of Econ. Geol. 50th Anniversary vol. 1905-55 p. 99 - 154.
- , 1964, Preliminary evaluation of geothermal areas by geochemistry, geology, and shallow drilling: U.N. Conf. New Sources of Energy, Rome, 1961, Proc. v. 2, Geothermal Ener-

- gy, 1, p. 402 - 408.
- , 1965, Geothermal energy: U.S. Geol. Survey Circ. 519 17p,
- , 1967, Some principles of geysers activity, mainly from / Steamboat Springs, Nevada: Am. Jour. Sci., vol. 265, p. 641-684.
- , 1968a, Hydrology, activity, and heat flow of the Steamboat Springs thermal system, Washoe County, Nevada: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 458- C. 109 p.
- , 1968b, Environments of generation of some base-metal ore deposits: Econ. Geol. vol. 63, p. 301 - 335.
- , 1969a, Rapid heat-flow surveying of geothermal areas utilizing individual snowfalls as calorimeters: Jour. Geophys. / Reseach, v. 74, p. 5191 - 5201.
- , 1969b Thermal and mineral waters of the United States a brief review of possible origins: Intern. Geol. Cong., 23rd. Prague 1969, v. 19, p. 269 - 286.
- , 1970, Geochemistry applied to the discovery, evaluation / and exploitation of geothermal energy resources (Rapporteur's Report): U.N. Symp. on Dev. and Util of Geothermal Resources Pisa, Italy.
- , and Muffler, L.J.P., and Truesdell, A.H., 1971, Vapor dominated hydrothermal systems compared with hot-water systems: / Econ. Geol. v. 66, p. 75 - 97.
- , and Muffler, L. J.P. and Truesdell, A.H., and Fournier, R. O., 1968, Preliminary results of research drilling in Yellowstone thermal areas: Geol. Soc. America; Rocki Mtn. S. Program (abs), p. 84.
- , and Roberson, C.E., 1962, Sulphur Bank, California a major hot-spring quicksilver deposit, in Petrologic Studies (Buddington vol): Geol. Soc. America, N.Y., p. 397 - 428.
- , Thompson, G.A., and Sandberg. C. H., 1964, Rocks, structure, and geologic history of Steamboat Springs thermal area Washoe County, Nevada: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 458B, / 63p.

- WIGLEY, D.M. 1970. Recovery of flash steam from hot bore water
Paper VIII/II.
- WILSON, S.H. 1966. Origin of tritium in hydrothermal solution.
Nature, Lond, 211: 272 - 273.
- WOODS, D. I. 1961 Drilling mud in geothermal drilling, Rome G/21.

ZANCANI, C. F. A., 1961, Comparison between surface and jet condensers in the energetic and chemical utilization of Lardere Ilo's boraciferous steam jets: U. N. Conf. on New Sources of Energy, Rome, 1961. (E/Conf. 35/G/50) New York, U. Nations.

ZEN, M. T. and Radja, V. T., 1970, Results of the preliminary geological investigation of natural steam fields in Indonesia: U. N. Symp. on Dev. and Util. of Geothermal Resources, Pisa.