Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 65 (1974)

Heft: 17

Artikel: Expérience acquise et contraintes relatives aux systèmes de refroidissement utilisés

Autor: Ardeleanu, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915444

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Expérience acquise et contraintes relatives aux systèmes de refroidissement utilisés

Extrait du rapport préparé par Mme F. Ardeleanu

Das Ziel dieses Berichtes liegt darin, die Erfahrungen über die Umweltauswirkungen der heute verwendeten Kühlsysteme für die Elektrizitätserzeugung aus thermischen Kraftwerken zusammenzustellen. Die Arbeit wurde erleichtert durch die Studien, welche von den verschiedenen Ländern für das CEE-Seminar vorbereitet worden sind. Die Erfahrungen beim Bau und Betrieb thermischer Kraftwerke wie auch die Einwirkungen auf die Umwelt basieren in jedem Land auf einer anderen Entwicklung und sind deshalb von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig.

Le but du présent rapport est de présenter l'expérience acquise et les contraintes relatives aux incidences sur l'environnement des systèmes de refroidissement actuellement utilisés pour la production de l'énergie électrique de provenance thermique (à combustibles classiques ou nucléaires). Sa rédaction a été rendue plus aisée par les études préparées par divers pays pour le séminaire. L'expérience acquise dans le domaine de la construction et de l'exploitation des centrales thermiques, et leur impact sur l'environnement, ont leur propre évolution dans chaque pays, en fonction de toute une série de facteurs.

1. Systèmes de refroidissement utilisés et les problèmes de leur interaction avec l'environnement

1.1 Types de systèmes de refroidissement utilisés

Les principaux types de systèmes de refroidissement utilisés dans les circuits des centrales thermiques sont:

1. *Le circuit ouvert* dans lequel l'eau de refroidissement traverse une seule fois les condensateurs et est déchargée après cela dans l'émissaire où elle a été prélevée.
2. *Le circuit fermé* dans lequel l'eau de refroidissement est re-circulée dans les condensateurs, après un refroidissement préalable dans des installations spéciales.
3. *Le circuit mixte* dans lequel une partie seulement de l'eau est re-circulée, tandis que l'autre partie est prélevée de (et évacuée dans) l'émissaire.

L'option d'un ou d'un autre système de refroidissement détermine simultanément les considérations économiques, naturelles (les ressources hydrauliques, influencées ou non du point de vue qualitatif par des activités humaines, le climat) et les contraintes relatives à la protection de l'environnement. Par conséquent, la modalité de réalisation et d'exploitation peut différer d'une centrale à l'autre. Ainsi, le circuit ouvert suppose d'une part des conditions différentes d'alimentation en fonction des caractéristiques de l'émissaire au lieu d'appoint (de la rivière, avec des possibilités de prise avec ou sans retenue, des grands lacs, de la mer) ou l'insertion des installations pour assurer le refroidissement de l'eau avant le point de décharge (avec fonctionnement partiel, total ou saisonnier, selon le cas); le circuit mixte peut être conçu, en fonction des possibilités de la source à un moment donné, de sorte qu'il puisse fonctionner, tant en circuit complètement fermé que complètement ouvert. De nombreux types et variantes constructives d'installations concernant le refroidissement de l'eau dans le but de la recirculation (comme par exemple des bassins ou des lacs de refroidissement avec ou sans aspersion, des tours humides ou sèches, avec tirage forcé ou naturel, etc.) sont utilisés dans les circuits de refroidissement.

1.2 Relation environnement – système de refroidissement. Aperçu historique sur les éléments de contrainte

Le problème de la conception et de l'exploitation des circuits de refroidissement envers la protection de l'environnement est de date relativement récente et il est analysé aujourd'hui dans le contexte général des activités concernant la protection de l'environnement. Mais, la relation circuit de refroidissement-environnement est ancienne et ne peut être considérée unilatéralement. L'homme a longtemps négligé les effets négatifs des circuits de refroidissement sur l'environnement (surtout sous l'aspect – aujourd'hui primordial – du dégagement de chaleur) mais il a été préoccupé par les effets négatifs de l'environnement sur les circuits de refroidissement (y compris les effets négatifs d'un environnement dégradé par suite des solutions non correspondantes de certaines parties du circuit, spécialement celles de prise). De nombreux aspects de l'action négative de l'eau de refroidissement ou du climat sur les différentes parties du circuit de refroidissement – mis au point et finalement résolus aujourd'hui – ont posé jadis des problèmes de conception, d'exécution et d'exploitation.

Il est évident que le circuit de refroidissement ouvert est le plus économique en tant qu'investissement. Le tableau I est éloquent en ce sens.

Prix de différents systèmes de refroidissement par rapport au prix du circuit ouvert Tableau I

Schéma de refroidissement		Prix %
circuit ouvert		base = 100
Tours atmosphériques	tirage naturel	160 à 200
	tirage forcé	120 à 166
Bassins de refroidissement		80 à 100
Bassins à aspersion		100 à 133

Mais c'est non seulement le prix de l'investissement qui est décisif dans la sélection du circuit ouvert, mais surtout le fait d'assurer une eau la plus froide possible dans le but d'assurer les meilleurs rendements avec la diminution correspondante du prix de production. Les données du tableau II, adaptées, sont tout aussi éloquentes.

On a déjà démontré d'ailleurs que si, durant une partie de l'année, la source peut assurer intégralement la quantité nécessaire d'eau de refroidissement, il convient de construire le système de refroidissement par la détermination des ouvrages de prise, de transport et de décharge de l'eau supplémentaire pour tout le débit nécessaire au circuit ouvert, le coût s'amortissant à court terme (en une ou deux années) par la simple diminution des frais d'exploitation (économie de combustible et, subsidiairement, économie d'énergie de pompage dans les tours).

Les chiffres des tableaux I et II sont indicatifs. D'autres facteurs (comme par exemple les taux d'utilisation de l'eau

Augmentation de prix en pour-cent par rapport à la production en circuit ouvert lorsqu'on utilise divers systèmes de refroidissement.

Tableau II

Système de refroidissement		Centrale de 800 MW					
		à combustible fossile			à combustible nucléaire		
		Charges fixes	Combustible	Total	Charges fixes	Combustible	Total
Circuit ouvert		base			base		
Lac artificiel		1,75	0,35	2,10	0,98	0,57	1,55
Tour humide	Tirage forcé	1,75	1,05	2,80	5,11	1,14	6,25
	Tirage naturel	4,20	0,70	4,90	11,93	0,57	12,50
Tour sèche	Tirage forcé	10,5	24,20	34,70	34,10	15,90	50,00
	Tirage naturel	24,8	9,40	34,20	67,40	13,60	81,00

dans certains pays, les frais de transport de l'énergie, du combustible, la variation du prix des matériaux et de la manœuvre, etc.) peuvent conduire à des conclusions très variables en fonction de l'endroit où se place l'unité de production d'énergie thermique.

Finalement sont décisives:

– les conditions locales (capacité de la source d'eau, prix du transport du combustible, effets climatiques);

– la qualité de l'eau (spécialement sous l'aspect de l'influence de l'activité humaine en amont par rapport au point de prise);

– les restrictions du point de vue de la chaleur résiduelle (déterminées par les effets sur l'environnement et qui sont aujourd'hui déterminantes).

1.3 Problème spécial de la décharge de la chaleur résiduelle

Le problème actuel des restrictions concernant les schémas d'emplacement et de fonctionnement des centrales thermiques est constitué par la décharge de la chaleur résiduelle. La chaleur est évidemment le produit résiduel final de toute activité qui réclame la transformation d'une forme d'énergie en une autre (la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique ou son utilisation directe dans certains processus technologiques, l'utilisation de l'énergie mécanique, transport d'énergie, chauffage, etc.). La chaleur dégagée est finalement diffusée dans l'atmosphère et de là dans l'espace cosmique.

Le dégagement de chaleur est plus concentré dans les zones urbaines et dans certaines zones industrielles. (Par exemple les activités de la ville de Los Angeles dégagent une chaleur représentant 5 % du rayonnement solaire.) Mais les plus concentrées de toutes les sources génératrices de chaleur résiduelle sont les centrales thermiques à combustible fossile et nucléaire. De cette manière, une centrale thermique de 1000 MW dégage une chaleur résiduelle égale au rayonnement solaire sur 2 à 10 km carrés. Rapportée au territoire d'un pays, la densité moyenne de la chaleur résiduelle dégagée par les centrales thermiques se maintient dans des limites restreintes. Considérablement plus réduite (moins de 0,1 ‰) apparaît la proportion de la chaleur dégagé par rapport à la superficie du globe tout entier (comprenant les surfaces des mers, des océans, des étendues de terre non peuplées). Mais ce sont les conséquences du dégagement concentré de chaleur, propres aux centrales thermiques, qui mènent aux éléments suivants à élucider:

– si, et dans quelles limites, le rejet concentré de la chaleur résiduelle des centrales thermiques constitue un facteur de pollution de l'environnement;

– les limites admissibles du réchauffage des eaux naturelles et, de là, la capacité de rejet de la chaleur par l'intermédiaire des émissaires naturels;

– les conséquences du dégagement de la chaleur résiduelle directement dans l'atmosphère par des réfrigérants artificiels;

– les implications économiques (frais supplémentaires) provenant de la dégradation de l'environnement; conclusions à caractère pratique; éléments généraux et d'intérêt local.

Aux questions posées, les réponses ont encore un caractère partiel, mais le progrès dans leur clarification et l'expérience graduelle accumulée apparaissent tout aussi évidents à partir des résultats obtenus par de nombreux groupes d'études spécialisés qui se sont engagés dans cette direction.

2. Problèmes posés par la décharge de la chaleur résiduelle en émissaires naturels (ou des retenues artificielles de grande étendue)

2.1 Capacité d'absorption et de dissipation de la chaleur résiduelle par les émissaires naturels

Par rapport à la production actuelle de chaleur résiduelle des centrales thermiques, classiques ou nucléaires, on peut considérer que les mers et les océans (et dans une certaine mesure les estuaires) ont une capacité indéfinie. Reste seulement le problème soluble d'assurer les schémas ou lieu d'appoint et d'évacuation de décharge qui ne provoquent pas la recirculation de l'eau chaude. Mais peu de régions peuvent bénéficier de l'utilisation de ces eaux et réaliser, à l'étape des technologies actuelles, la production d'énergie aux paramètres fonctionnels et des prix optimaux possibles. Le plus souvent, ni la position des sources d'approvisionnement en combustible, ni les considérations d'ordre géographique des divers pays ne permettent d'utiliser ces possibilités, la plus fréquente source d'eau pour les besoins des centrales thermiques restant les cours et les lacs d'eau douce continentale.

D'autres centrales peuvent être placées en aval de l'endroit considéré, à mesure que la dissipation de la chaleur emmagasinée se réalise par le processus d'échange thermique entre l'air et l'eau, et par l'apport supplémentaire d'eau froide des affluents. Il en résulte une capacité limite de refroidissement d'un cours d'eau et de là, en général, on tire la conclusion que les centrales thermiques ne peuvent être placées à n'importe quel point de son parcours et n'importe comment.

Les conditions de mélange de l'eau chaude rejetée avec l'eau froide de la source influencent également le refroidissement. En fonction des caractéristiques de l'écoulement dans l'émissaire, du rapport entre le débit d'eau chaude déchargée et celui de l'eau froide, des caractéristiques énergétiques du jet d'eau déversé par rapport à celles de l'émissaire, de la profondeur du courant, de l'ensemble topographique du lit de la rivière et de la modalité de conception des ouvrages de décharge, on connaît trois possibilités de réalisation du champ de température après le rejet:

– le mélange complet sur une distance de quelques dizaines de mètres de l'évacuation;

– les courants parallèles d'eau chaude et froide, avec mélange lent (jusque sur plusieurs kilomètres), dû principalement à la diffusion turbulente, les isothermes ayant une allure presque verticale;

– la stratification thermique en profondeur, l'eau chaude étant maintenue à la surface.

2.2 Conséquences possibles du réchauffage de l'eau

De nombreux travaux signalent les conséquences possibles du réchauffage de l'eau des émissaires. En synthétisant ces conséquences, on peut préciser:

1. *Du point de vue physico-chimique:* la modification des propriétés physiques de l'eau (densité, viscosité, tension des vapeurs saturées, teneur en oxygène). La stimulation en conséquence de l'augmentation de la vitesse des réactions chimiques, de la stimulation des processus de sédimentation, etc.

2. *Du point de vue biologique:* l'accélération des réactions biochimiques, la modification de certains processus physiologiques (métabolisme, reproduction, structure de la flore et de la faune aquatiques).

Les deux aspects de ces conséquences mènent de manière interdépendante à des conséquences négatives d'ordre écologique si l'augmentation de la température dépasse certaines limites. La baisse de la limite de saturation en oxygène n'implique la réduction de la quantité d'oxygène que dans la mesure où, après le réchauffage, cette limite est atteinte. Souvent cette limite n'est pas atteinte parce que l'eau des sources, en raison de la présence des polluants, est sous-saturée bien avant le réchauffage. Mais le réchauffage de l'eau stimule la consommation d'oxygène des êtres vivants aquatiques et entraîne donc finalement un appauvrissement en oxygène qui stimule à son tour des mutations de l'écosystème, la disparition de certaines espèces et l'apparition d'autres (en général, comme bilan global, un appauvrissement du nombre d'espèces). Dans le domaine de la faune piscicole, on prévoit la disparition de certaines espèces en faveur des espèces thermophiles. Ce n'est pas tellement le réchauffage constant qui est nuisible, mais surtout ses fluctuations fréquentes, par suite de la variation de la puissance produite, qui mènent à des perturbations plus accentuées. On signale aussi, dans certains cas, dans le contexte de l'action stimulatrice de la croissance des algues, la présence d'algues bleues (à des températures supérieures à 35 °C) dont la toxicité représente l'une des plus graves conséquences du réchauffage des sources.

D'autres aspects à caractère négatif, résultant du réchauffage de l'eau, ont des répercussions directes sur les activités humaines, si on prend en considération les préjudices portés par l'utilisation de l'eau réchauffée des émissaires (irrigations, alimentation en eau, gêne de la navigation fluviale par l'augmentation de la nébulosité, etc.).

2.3 Observations sur les réglementations actuelles au niveau national concernant la décharge de la chaleur résiduelle en émissaires

Dans le cadre général des mesures à prendre afin de prévenir la pollution des eaux, les gouvernements ont introduit des réglementations concernant la décharge de la chaleur résiduelle dans les émissaires. Ces réglementations diffèrent d'un pays à l'autre. Certains pays ont imposé des températures maximales de l'eau après la réalisation du mélange (30 °C en France, 25 °C en Suisse, 26 °C en Pologne, 25 à 28 °C en République fédérale d'Allemagne, selon la région, 30 à 35 °C en Belgique, selon la catégorie du cours d'eau, etc.), en précisant l'augmentation maximale de la température dans certaines circonstances (3 °C en République fédérale d'Allemagne, Italie, Pays-Bas, Suisse, 7 à 9 °C pour certaines zones en France, conditions très sévères pour les Etats-Unis, 3 °F) et de la température maximale admise des débits chauds rejetés (30 °C en République fédérale d'Allemagne, Italie, Pays-Bas, Suisse, Royaume-Uni, 35 °C en Pologne). D'autres pays limitent seulement l'augmentation de la température (5 °C en Tchécoslovaquie, 3 à 5 °C en Union des républiques socialistes soviétiques selon la saison). On précise aussi le contenu minimal d'oxygène (3 mg/l en Belgique avec des possibilités de diminution locale jusqu'à 1 mg/l pour environ un mois par an, 4 mg/l en Pologne, 6 mg/l en République fédérale d'Allemagne, etc.). On peut prendre d'autres mesures également suivant les circonstances. Ainsi, pour le Rhin et l'Aar en Suisse, en raison du degré prononcé de pollution, on interdit toute autre nouvelle évacuation d'eaux chargées du point de vue thermique.

Les restrictions imposées poursuivent le but de ne pas atteindre un niveau déterminé, pour l'état écologique et socio-économique de l'émissaire, restant la tâche de les améliorer au fur et à mesure qu'il y aura une base scientifique plus rigoureuse (qui aujourd'hui est estimée, en dépit de nombreuses recherches existantes, comme étant insuffisante). On considère que les effets nuisibles du réchauffage de l'eau des émissaires, produit par la décharge de la chaleur résiduelle des centrales thermiques, ne sont observés que dans les conditions de pollution d'autre origine. On cite le cas de la Tamise, où après avoir pris les mesures d'épuration des eaux usées, on a reconstitué la teneur en oxygène et on constate dans l'estuaire une repopulation rapide par des poissons, quoique la température de l'eau n'ait pas subi de modification. Tout aussi intéressantes sont les constatations faites dans un lac de refroidissement en République fédérale d'Allemagne dans lequel on a réalisé des températures d'évacuation de 40 °C et des températures d'alimentation de 33 °C sans que des modifications écologiques aient été constatées.

2.4 Solutions possibles pour l'amélioration des effets négatifs de la décharge de la chaleur résiduelle dans les eaux de surface

Pour diminuer les effets négatifs de la chaleur résiduelle déchargée dans les eaux de surface quelques solutions sont évoquées, dont certaines dépendent des fournisseurs d'énergie et d'autres de la politique générale des Etats en ce qui

concerne la protection des eaux et de l'environnement. Les deux aspects sont analysés dans le but d'utiliser au maximum l'eau des émissaires naturels dans les conditions technologiques actuelles.

Ainsi, conformément à l'expérience acquise jusqu'à présent, le fournisseur peut agir dans cette direction d'une des manières suivantes:

– assurer l'oxygénation supplémentaire de l'eau de refroidissement avant l'évacuation dans l'émissaire, par des seuils d'aération installés sur le canal d'évacuation;

– assurer le refroidissement de l'eau chaude par l'intermédiaire des installations spéciales avant le rejet dans l'émissaire;

– assurer, en fonction des nécessités établies principalement par l'organisme chargé de l'administration des eaux, certains systèmes d'évolution de l'eau chaude déchargée dans l'émissaire (mélange complet ou rejet de l'eau chaude près de la surface de l'eau). On mentionne des systèmes de répartition de l'eau chaude par des orifices multiples répartis au fond du lit pour effectuer le mélange, ou l'effet positif des piles de pont placées dans le lit de la rivière.

A la charge de l'organisme responsable de l'administration des eaux restent les aspects liés à l'imposition de conditions restrictives assez sévères aux polluants par substances chimiques et organiques, dans le but de réaliser deux objectifs principaux:

– la diminution des réactions chimiques provoquées par le réchauffage de l'eau et l'amélioration de sa qualité par cette voie;

– la possibilité d'utiliser une quantité plus grande d'eau pour le refroidissement (là où l'eau de l'émissaire ne peut être utilisée en circuit ouvert, en raison du degré avancé de pollution, quoique l'émissaire ait la capacité d'absorber la chaleur résiduelle).

3. Problèmes posés par la décharge de la chaleur dans l'atmosphère

Enfin, on a déjà souligné, toute la quantité de chaleur résiduelle évacuée par les centrales thermiques se dégage dans l'atmosphère. On rappelle ici exclusivement les systèmes de refroidissement pour lesquels le rejet de chaleur se produit de façon concentrée aux sites des centrales thermiques ou dans leur voisinage immédiat, en évitant l'utilisation des émissaires (rivières et grands lacs). Il s'agit donc des tours de refroidissement (de tous types) et éventuellement des petits lacs (bassins) de refroidissement, munis de systèmes d'aspersion.

Le refroidissement artificiel présente quelques inconvénients (outre ceux concernant le prix d'investissement et d'exploitation). Ceux-ci concernent spécialement les systèmes de refroidissement humides (tours, bassins de refroidissement à aspersion), qui provoquent des phénomènes tels que le brouillard dans certaines conditions atmosphériques, le verglas, la précipitation de l'humidité évacuée dans la région (dans les zones industrielles, en mélange avec les aérosols), l'augmentation de la nébulosité, etc., avec des conséquences correspondantes sur l'environnement et sur les activités humaines dans la région. Un inconvénient considérable est constitué par la quantité relativement grande d'eau dégagée par l'évaporation, à peu près deux fois plus grande que celle évaporée au cas du refroidissement en émissaires (1500 à 2700 m^3/h par rapport à 800 à 1400 m^3/h d'une centrale de 1000 MW dans le cas du refroidissement dans l'émissaire). Les chiffres maximums se rapportent aux centrales nucléaires. Cette extraction d'eau peut devenir gênante, surtout pendant les périodes d'étiage dans l'émissaire, mais elle provoque en même temps une concentration de sels (chlorures) contenus dans l'eau recirculée, ayant une action négative sur certains éléments du circuit, spécialement sur les conduits des condensateurs. (La solution préconisée afin d'éviter cet inconvénient est d'assurer une purge continue de l'eau du circuit, mais cela signifie, d'autre part, une concentration des sels évacués dans l'émissaire.)

L'utilisation des tours sèches constitue évidemment une solution avec une augmentation substantielle du prix, ce qui constitue un élément de prudence pour des généralisations. Comme effet du dégagement de la chaleur dans l'atmosphère par ces systèmes de refroidissement, on signale seulement la tendance à former des nuages cumulus.

Un autre aspect qui se présente est celui du bruit provoqué par le fonctionnement des tours atmosphériques à tirage naturel ou des tours à tirage forcé, de tous types (quelquefois même par les courants créés par des vents d'une certaine intensité, par les tubulures des systèmes secs). L'utilisation du tirage forcé est souvent tentante, tant par le prix (un tier inférieur que dans le cas du tirage naturel) que par la réalisation de l'indépendance du tirage des facteurs atmosphériques. Le désavantage des tours à tirage forcé notamment est le fait qu'il intensifie le développement des phénomènes humides à la proximité du sol.

4. Conclusions

On peut retenir de l'examen des problèmes traités les conclusions principales suivantes sur l'expérience acquise et les contraintes imposées aux systèmes de refroidissement.

1. Dans le domaine des systèmes de refroidissement des technologiques actuelles de production d'électricité de provenance thermique et nucléaire, il existe une grande expérience qui a évolué et qui s'est développée, au fur et à mesure du besoin de résoudre les problèmes posés dans la pratique. A présent les efforts sont dirigés dans la direction de l'acquisition d'expérience (où l'on a fait des pas prometteurs) sur la production thermique et nucléaire en évitant de dégrader l'environnement à la suite des déjections de chaleur résiduelle.

2. Les études sont stimulées par les facteurs suivants à action contradictoire:

– l'augmentation continuelle, prévisible dans le proche avenir, de la production d'électricité de provenance thermique et nucléaire;

– l'épuisement progressif sous les aspects quantitatifs et qualitatifs des réserves d'eau froide des zones continentales, utilisable en tant qu'agent de refroidissement bien avant que le problème de l'épuisement des sources de combustibles soit posé;

– les exigences de protéger l'environnement.

3. La question la plus délicate est finalement la restriction des possibilités d'utiliser les sources froides à la capacité maximale nécessaire à l'investissement et au fonctionnement optimal économique des installations qui produisent l'énergie

dans les conditions actuelles (dans lesquelles l'utilisation de la chaleur résiduelle a un caractère relativement réduit) et les procédés technologiques qui puissent permettre l'augmentation substantielle des rendements et l'élimination du dégagement de chaleur sont encore au niveau d'étude.

4. La capacité des sources naturelles d'absorber la chaleur (excepté les mers et les océans) est limitée. L'aspect principal de cette limitation, qui se pose aujourd'hui, est d'éviter les modifications du biotope de nature à modifier irréversiblement la biocénose des émissaires naturels.

5. Par conséquent, dans le cadre général des mesures relatives à la protection de l'environnement, au niveau national sont imposées des conditions à caractère restrictif concernant la décharge des eaux chaudes résiduelles dans les émissaires.

6. Malgré les nombreuses études effectuées jusqu'à présent sur les effets des eaux chaudes déchargées par les centrales thermiques, l'effet nocif de celles-ci (les limites au-dessus desquelles on attend des transformations écologiques irréversibles) n'est pas encore totalement précisé. L'opinion existe – elle n'a pas été encore infirmée – que l'eau chaude déchargée par les centrales thermiques n'influence négativement le biotope qu'en présence des polluants d'une autre nature, et qu'une amélioration substantielle de la qualité des eaux peut être obtenue principalement non pas par la restriction des rejets de chaleur, mais par la réduction des autres polluants. L'impossibilité d'utiliser l'eau des émissaires en tant qu'agent de refroidissement est souvent imposée par la nécessité même de protéger les circuits de refroidissement contre les actions négatives de ces polluants.

7. La seule solution possible aujourd'hui pour éviter les pertes causées aux émissaires naturels est le rejet de la chaleur directement dans l'atmosphère par l'utilisation des réfrigérants artificiels, ayant des conséquences économiques connues. Malgré certains effets, sur le plan local, produits sur le microclimat, des dommages à caractère irréversible provoqués par la présence des réfrigérants artificiels ne sont pas mis en évidence.

8. On considère en général que l'expérience acquise jusqu'à présent dans la protection et l'exploitation des circuits de refroidissement permet aux fournisseurs d'énergie électrique de s'inscrire dans les limites imposées par les réglementations de l'environnement, sous de multiples aspects:

– réalisation de l'exploitation du circuit selon la quantité d'eau froide disponible;

– réalisation de constructions adéquates pour réoxygéner l'eau ou pour assurer un mélange optimal de l'eau chaude à l'eau froide de l'émissaire;

– assurer le contrôle du fonctionnement des circuits de refroidissement en fonction des conditions hydro-météorologiques données, en dotant avec une souplesse adéquate le fonctionnement du circuit.

Tout cela suppose cependant des influences d'ordre économique reflétées finalement dans l'augmentation du prix de revient de l'énergie électrique produite. C'est pour cette raison qu'il est désirable d'approfondir les études concernant les effets négatifs de l'évacuation de la chaleur résiduelle – dans le contexte général des mesures relatives à la protection de l'environnement – de telle manière que les réglementations aient des bases établies, le plus scientifiquement possible, afin d'éviter d'inutiles sacrifices d'ordre économique.

Adresse de l'auteur:
Mme *Florica Ardeleanu*, Institut de recherches du Ministère de l'énergie électrique, Bucarest.

Perspectives de développement des systèmes de refroidissement

Extrait du rapport préparé par H. Zünd

Die Nass- und Trockenkühltürme dienen bereits seit Jahrzehnten dazu, die Abwärme aus thermischen Kraftwerken an die Atmosphäre abzugeben, und dies ohne offenkundige Neuerungen in den Grundprinzipien der Wasserkühlung durch Verdampfung oder durch Konvektion mit Hilfe von Wasser-Luft-Wärmetauschern. Im nachfolgenden Bericht sind verschiedene Möglichkeiten der Kühlung beschrieben. Weiter sind einige neue Kühlungsmethoden und zurzeit im Gang befindliche Studien erwähnt.

Les tours de réfrigération humides et sèches servent, depuis des dizaines d'années, à dissiper de la chaleur dans l'atmosphère sans qu'il y ait eu d'innovation notoire dans les principes fondamentaux du refroidissement de l'eau par évaporation ou par convection à l'aide d'un échangement de chaleur eau/air. Dans le rapport sont décrits des divers appareils de réfrigération utilisés et sont examinés les raisons qui incitent à perfectionner les systèmes de réfrigération et les nouvelles méthodes de réfrigération ou les études en cours.

1. Introduction

Les quantités considérables de chaleur créées par les centrales thermiques ne peuvent être évacuées que dans les eaux de surface ou dans l'atmosphère.

On peut tirer parti essentiellement de trois effets physiques pour rejeter de la chaleur dans l'atmosphère: la convection, le rayonnement et le changement de phase d'un corps disponible en abondance (fusion de la glace, évaporation de l'eau). Ces effets sont actuellement utilisés comme suit:

	Tour de réfrigération sèche	Tour de réfrigération humide	Bassin de réfrigération
Convection	X	X	X
Rayonnement			X
Evaporation de l'eau		X	X
Fusion de la glace			(X)