

## بررسی و بهینه سازی فرایند احیاء فیلترهای کاتیونی - سدیمی تصفیه خانه

احمد رجب زاده طهماسبی

شرکت مدیریت تولید برق اهواز - نیروگاه رامین

ایران

واژه های کلیدی: احیاء: سیکی که در آن عملیات بازیابی رزین فیلترها صورت میگیرد  
فیلتر کاتیونی - سدیمی: فیلتر حاوی رزین کاتیونی دارای عامل سدیم جهت تبادل یونی  
سختی کل: مجموع غلظت یون کلسیم و منیزیم محلول در آب راسختی کل گویند  
سل نمک: در این مقاله منظور مخازن زیرزمینی جهت انحلال نمک در آب ساخته شده می باشد

### چکیده

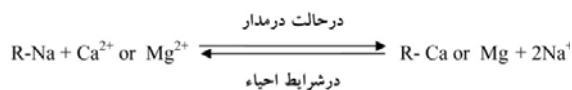
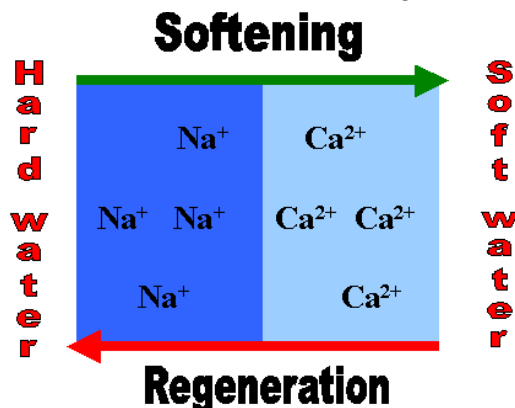
فیلترهای کاتیونی - سدیمی تصفیه خانه نیروگاه رامین جهت حذف سختی کل آب خام استحصال شده از آب کارون استفاده میشود آب حاصل از این فرایند را آب نرم گویند و بعنوان خوراک اواپراتورهای آب مقطر ساز استفاده میشود با توجه به تغییرات پارامترهای شیمیایی آب کارون و به تبع آن آب خام ورودی تصفیه خانه از جمله افزایش سختی که باعث کاهش کارکرد و کیفیت فرایند احیاء فیلترهای کاتیونی سدیمی شده است بازنگری و بهینه سازی سیکل احیاء این فیلترها لازم و ضروری بود فیلترهای کاتیونی - سدیمی تصفیه خانه نیروگاه رامین شامل دوفاز می شود که بصورت سری در مدار قرار می گیرد سیکل احیاء شامل تهیه محلول نمک (عامل احیاء کننده) و سپس وارد کردن این محلول به

فیلترها در جهت معکوس سیکل در مدار بودن می شود و در نهایت فیلترها پس از آب شویی وارد مدار میگردند و بر این اساس کیفیت محلول نمک و کیفیت احیاء فیلترها مورد بررسی قرار گرفت و از جمع آوری اطلاعات بدست آمده راهکاری برای بهینه سازی این فرایند بدست آمد سپس این راهکارنیز به اجراء گذاشته شد و نتایج آن جمع آوری و ثبت گردید جهت اثبات اثربخش بودن این راهکار کارکرد فیلترها و سختی خروجی آن باروش قبلی احیاء مقایسه شد که با توجه به افزایش کارکرد و کاهش سختی مثبت بودن نتایج تحقیق مشخص شد لازم بذکراست که حاصل این تحقیقات بطور جامع در این مقاله قید گردیده است امید است این مقاله و روش تحقیق آن مورد استفاده سایر واحدهای تصفیه خانه مشابه و همکاران محترم در سایر بخشهای نیروگاهی قرار گیرد

## بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

### مقدمه

احیاء فیلترهای کاتیونی - سدیمی تصفیه خانه توسط محلول نمک بعنوان عامل احیاء کننده انجام میشود بطور کلی واکنش ذیل نشان دهنده سیکل در مدار قرار گرفتن و اشباع این فیلترها و همچنین احیاء آنها میباشد



تنها عاملی که مشخص می نماید واکنش در چه جهتی به پیش برود غلظت فاکتورهای سختی (یون کلسیم  $Ca^{2+}$  و منیزیم  $Mg^{2+}$ ) و غلظت یون سدیم  $Na^+$  میباشد (مرجع ۱) لذا در صورت افزایش غلظت یون سدیم واکنش در جهت احیاء رزینها و در صورت وجود سختی (یون  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$ ) واکنش در جهت اشباع رزینها رخ می دهد لذا در بذکراست در صورت وجود غلظتهای برابر از این دو عامل بدلیل میل بالای رزینها در جذب یون  $Ca^{2+}$  و  $Mg^{2+}$  با هم واکنش در جهت اشباع فیلترها پیش میرود با توجه به این امر در زمان احیاء در صورت آلوده بودن محلول نمک به سختی قدرت عامل احیاء کننده یون  $Na^+$  بشدت کاهش می یابد به بیان دیگر نیاز به غلظت بیشتر یون  $Na^+$  می باشد بنابراین در این تحقیق ابتدا وضعیت محلول سازی عامل احیاء کننده (نمک یا کلرید سدیم) و کیفیت آن مورد بررسی قرار می گیرد

در مرحله بعد از این محلول آماده شده جهت احیاء رزین فیلترهای سدیمی مرحله اول و دوم تصفیه خانه استفاده میشود که در این گزارش با توجه به کاهش شدید کارکرد فیلترهای سدیمی مرحله اول و تاثیر افزایش سختی آب خام ورودی تصفیه خانه

روی این فیلترها هدف اصلی تحقیق بر فرایندهای آنها متمرکز شده است لازم بذکراست فیلترهای سدیمی مرحله اول شامل دو فیلتر زینی فازی یک و دوم میباشد که بصورت سری جهت کاهش سختی آب خام به کمتر از  $200 \mu eq/lit$  استفاده میشود جهت احیاء این فیلترهای از روش جریان معکوس استفاده میشود بصورتیکه محلول نمک ابتدا در فاز ۲ سپس فاز ۱ میگردد (خلاف جهت جریان در زمان در مدار بودن فیلتر) در این روش تحقیق از آنالیز مرحله ای غلظت نمک و سختی از محلول ورودی و خروجی فاز ۱ و ۲ فیلتر و در نهایت تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات استفاده شده است

### فرایند تهیه محلول نمک و ارائه راهکار جهت بهینه سازی

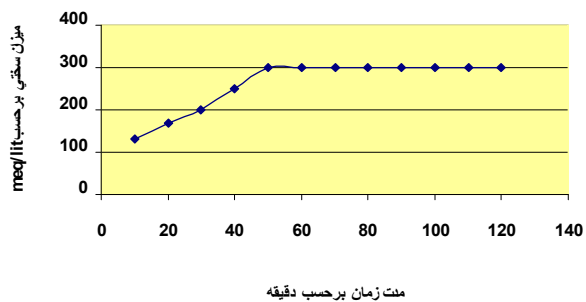
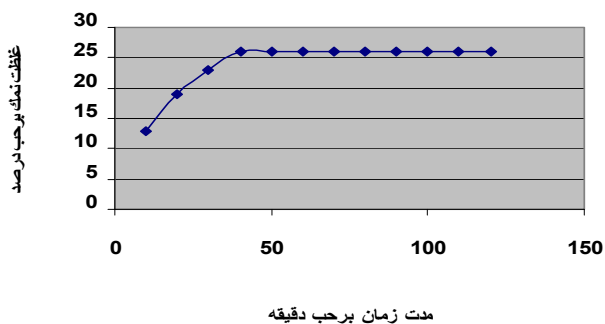
محلول نمک در سلهای مخصوص این عملیات در تصفیه خانه تهیه می گردد آب مورد استفاده جهت این کار آب خام خروجی فیلترهای مکانیکی تصفیه خانه میباشد و نمک صنعتی مورد استفاده از خشک کردن آب دریا استحصال می شود و فشار هوا تهیه شده توسط کمپرسور بعنوان همزن در سلها بکار برده می شود جهت بررسی کیفیت نمک استفاده شده اقدام به آنالیز آن گردید که نتایج آن به شرح ذیل است

مقدار گرم سختی بر اساس $Ca(OH)_2$	مقدار گرم آب	مقدار گرم نمک	مقدار گرم نمونه	سایر
$0.07-0.1$	$0.03-0.05$	$0.85-0.90$	1gr	$>0.05$

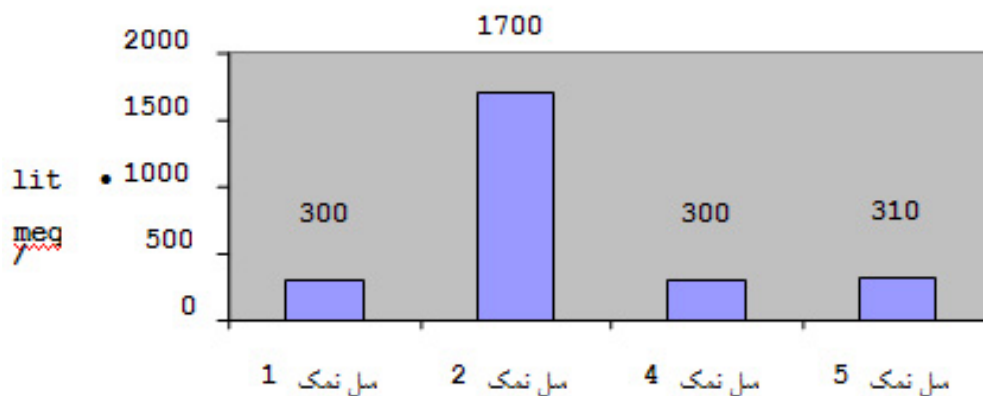
با توجه به این نتایج مشخص میشود نمک صنعتی تهیه شده به روش خشک کردن دریا حاوی مقادیر بالای سختی میباشد که در زمان انحلال نمک این مواد نیز در آب حل میشود لازم بذکراست نمک صنعتی تهیه شده از معدن دارای این میزان سختی نیست و در دوران گارانتی نیروگاه پرسنل روس از این نمک جهت محلول سازی استفاده مینمودند البته قیمت این نمک صنعتی بسیار بالاتر از نمک صنعتی مورد استفاده فعلی میباشد جهت بررسی اثر مدت زمان هوازنی سلها در انحلال همزمان نمک و سختی آنالیز ذیل در طی مدت هوازنی انجام شود

### بیست و چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق

از آنجاکه محلول نمک استفاده شده در بعضی حالات دارای سختی بالاتری بوده اقدام به آنالیز سلهای مختلف بانتهای ذیل گردید



میزان سختی بر حسب



### شماره سلهای محلول سازی

این امر خود نشان دهنده اهمیت لایروبی سلها در بازه‌های زمانی کوتاه بطور مثال ۳ الی ۶ ماه می باشد

میزان سختی بر حسب meq/lit	غلظت نمک بر حسب درصد	مدت زمان هوازنی بر حسب دقیقه
۱۳۰	۱۳	۱۰
۱۷۰	۱۹	۲۰
۲۰۰	۲۳	۳۰
۲۵۰	۲۶	۴۰
۳۰۰	۲۶	۵۰
۳۰۰	۲۶	۶۰
۳۰۰	۲۶	۷۰
۳۰۰	۲۶	۸۰
۳۰۰	۲۶	۹۰
۳۰۰	۲۶	۱۰۰
۳۰۰	۲۶	۱۱۰
۳۰۰	۲۶	۱۲۰

باتوجه به جدول فوق نمودار ذیل جهت فهم بهتر روند تغییرات استخراج گردیده است

باتوجه به آنالیز فوق مدت هوازنی یکساعت باتوجه به ریزدانه بودن ذرات نمک صنعتی کافی بوده و مدت زمان ۲ ساعت قید شده در دستورالعمل مربوط به نمک صنعتی معدنی که کریستال بزرگتر دارد میشود و همچنین استنباط میشود سختی حل شده در آب نسبتی بامدت هوازنی ندارد

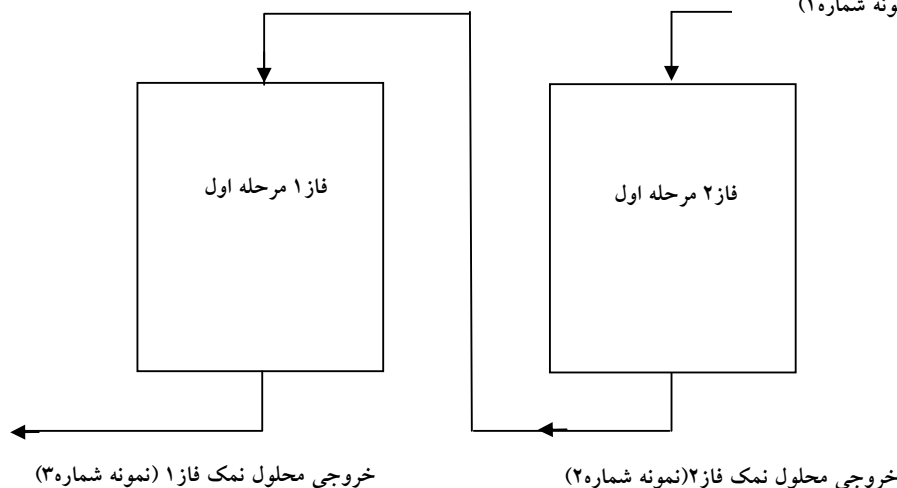
باتوجه به اینکه سل ۲ لایروبی نگردیده است مشاهده میشود سختی آن نسبت به سلهای او ۴ و ۵ بسیار بالاتر است که

### بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

باشد سختی معادل 140meq/lit خواهد داشت (در صورتیکه محلول غلیظ سختی حدود 300meq/lit داشته باشد) همانطور که قبلاً توضیح داده شد اهمیت سختی محلول نمک به کاهش قدرت رقابت یون  $\text{Na}^+$  هنگام انجام واکنش احیاءرزین می باشد لازم بذکر جهت افزایش قدرت عامل احیاءکننده باتوجه به شرایط فوق در زمان دوران گارانتی پرسنل روس پیشنهاد نمودند که بجای محلول ۸٪ کلرید سدیم محلول ۱۲٪ تهیه شود که از آن زمان تاکنون این روش در حال اجراء می باشد

#### روش احیاء فیلترهای سدیمی مرحله اول

در این مرحله اقدام به تحلیل وضعیت فعلی روند احیاء و مرحله نمک زنی فیلتر گردید و دیگرام ذیل نشان دهنده سیکل احیاء فیلترهای مرحله اول می باشد همانطور که در مقدمه توضیح داده شد سیکل احیاء معکوس سیکل در مدار بودن فیلتر می باشد بنابراین محلول نمک ابتدا در فاز ۲ سپس فاز ۱ می گردد



خانه گردید مزیت انتخاب این روش این است که بامونیتورینگ پروسه احیاءرزینها میتوان نقاط ضعف و قوت آن را مشخص و راهکار مناسب را انتخاب نمود جهت بررسی تغییرات فاکتورهای عامل احیاءکننده و احیاءشونده اقدام به آنالیز میزان نمک و غلظت سختی سه نمونه قید شده در دیگرام قبل آنالیز گردید و نتایج درج شده در جدول ذیل حاصل شد

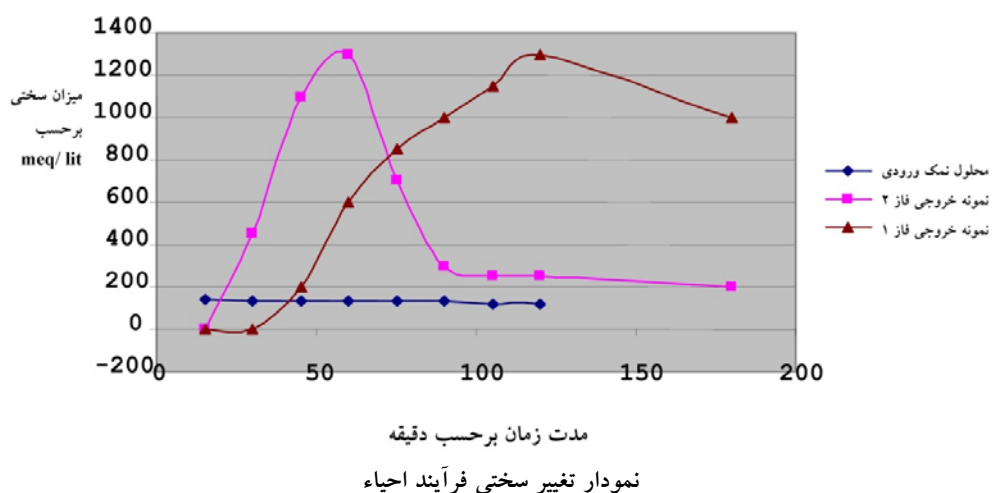
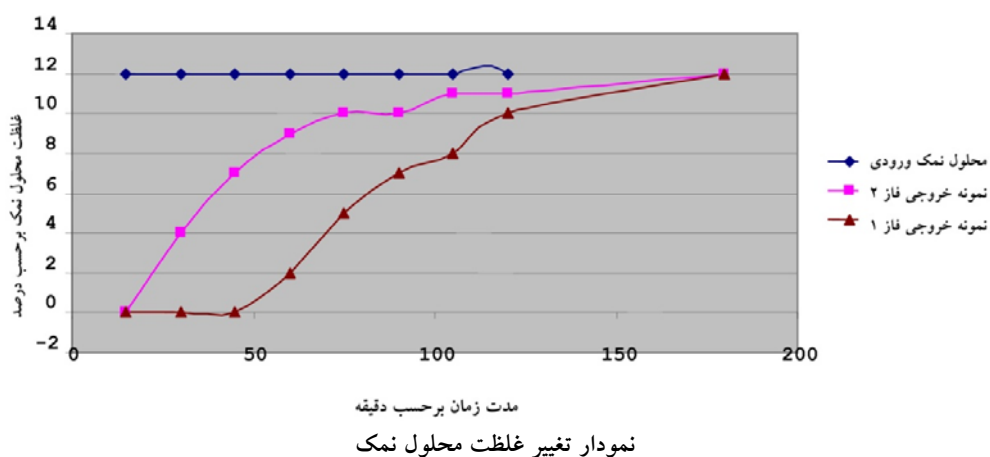
آب خام مورد استفاده جهت محلول سازی نمک باتوجه به افزایش سختی آب کارون از محدوده 6-8meq/lit به 8-14meq/lit افزایش یافته است البته این افزایش سختی آب خام روی سختی محلول نمک اثری ندارد زیرا نمک جامد همانگونه که در آنالیز صفحه قبل مشاهده مینماید مملوء از سختی میباشد اما استفاده از آب نرم یا مقطر جهت رقیق سازی آب نمک غلیظ تهیه شده پس از انتقال به سل مادر مفید می باشد (در سل ۳) نمک جامد وجود ندارد و صرفاً جهت رقیق سازی محلول نمک غلیظ تهیه شده استفاده میشود) و باعث کاهش سختی محلول نمک ۱۲٪ تهیه شده به میزان ۵۰٪ می شود بدین منظور مسیر آب نرم به مخازن نگهداری محلول نمک تعبیه شده است اما بعلت عدم امکان سیرکولاسیون این مخازن کاربردی ندارد لذا پیشنهاد تغییر طراحی این مسیرها مفید و قابل بررسی است باتوجه به توضیحات فوق محلول نمک رقیق ۱۲٪ تهیه شده از محلول نمک غلیظ ۲۶٪ که با آب خام رقیق سازی شده

ورودی محلول نمک (نمونه شماره ۱)

طبق دستورالعمل انجام نمک زنی بمدت ۲ ساعت باعث تکمیل مرحله احیاء می شود که باتوجه به کاهش کارکرد فیلترها به توصیه دفتر فنی مدت یک ساعت ماندن نیز به آن اضافه شده بود جهت امکان بررسی جامع فرایند احیاءرزینها اقدام به نمونه گیری براساس دیگرام فوق از سه نقطه در بازه زمانی ۱۵ دقیقه ای جهت بررسی روند تکمیل احیاء فیلترهای کاتیونی سدیمی مرحله اول تصفیه

### بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

نمونه ۳		نمونه ۲		نمونه ۱		مدت زمان
میزان سختی meq/lit	غلظت نمک برحسب درصد	میزان سختی meq/lit	غلظت نمک برحسب درصد	میزان سختی meq/lit	غلظت نمک برحسب درصد	
۰.۰۲	۰	۳	۰	۱۴۰	۱۲	۱۵ دقیقه
۳	۰	۴۵۰	۴	۱۳۵	۱۲	۳۰ دقیقه
۲۰۰	۰	۱۱۰۰	۷	۱۳۵	۱۲	۴۵ دقیقه
۶۰۰	۲	۱۳۰۰	۹	۱۳۵	۱۲	۶۰ دقیقه
۸۵۰	۵	۷۰۰	۱۰	۱۳۵	۱۲	۷۵ دقیقه
۱۰۰۰	۷	۳۰۰	۱۰	۱۳۵	۱۲	۹۰ دقیقه
۱۱۵۰	۸	۲۵۰	۱۱	۱۲۰	۱۲	۱۰۵ دقیقه
۱۳۰۰	۱۰	۲۵۰	۱۱	۱۲۰	۱۲	۱۲۰ دقیقه
۱۰۰۰	۱۲	۲۰۰	۱۲	----	۰	بعد از یک ساعت ماند



## بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

### روش بهینه احیاء فیلترهای سدیمی مرحله اول

همانطور که در فصلهای قبل توضیح داده شد ۳ راهکار پیشنهادی گردد

- ۱- انجام فرایند نمک زنی در یک ساعت اول فقط به فاز ۲
- ۲- افزایش مدت نمک زنی فیلترها تا تکمیل فرایند احیاء
- ۳- افزایش غلظت محلول نمک مورد استفاده جهت کاهش مدت زمان احیاء

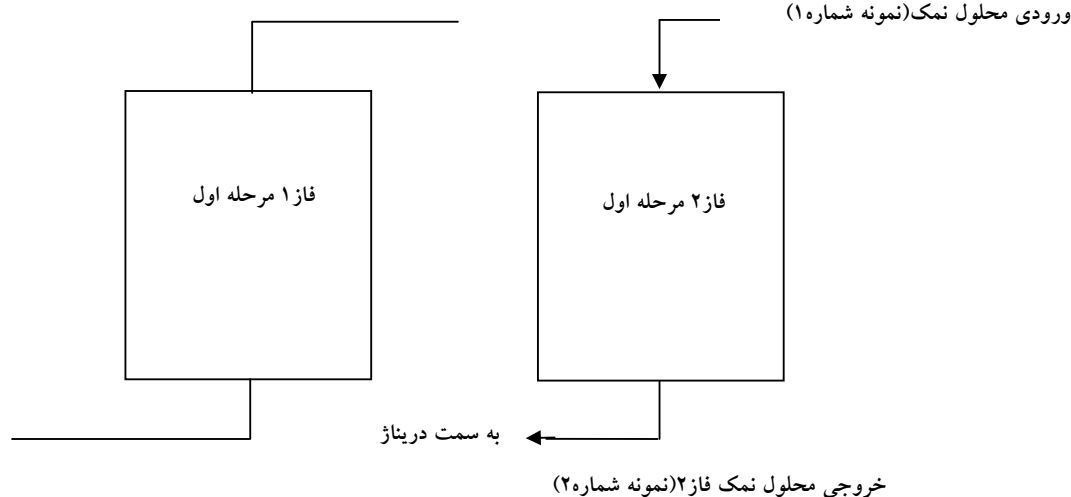
در این بخش دوراهکار اولیه بصورت ترکیبی بشرح ذیل مورد استفاده قرار گرفت به این صورت که یک فیلتر اشباع با کارکرد  $4100 m^3$  جهت احیاء انتخاب گردید و در یک ساعت اول فاز ۲ نمک زنی شد سپس خروج فاز ۲ به فاز ۱ متصل گردید و عملیات احیاء بمدت ۱.۵ ساعت ادامه داده شد و دیگرامهای ذیل نشان دهنده این عملیات میباشد در حین انجام کار سه نمونه قید شده در دیگرام صفحه قبل آنالیز گردید و نتایج ذیل حاصل شد

بر اساس جدول فوق دو نموداریکی بر حسب غلظت محلول نمک و دیگری بر اساس میزان سختی که قابل تحلیل جامع می باشد رسم گردیده است

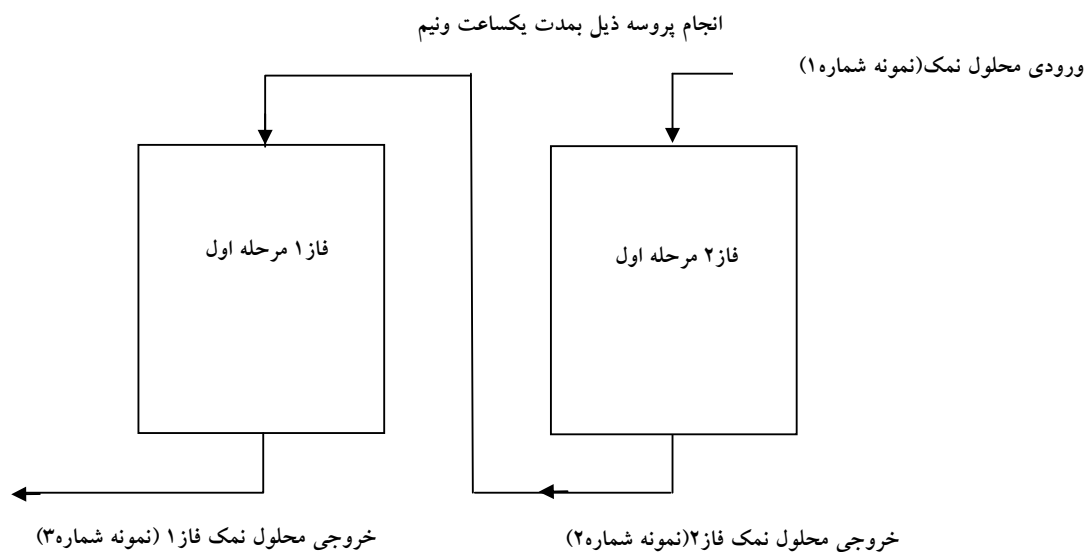
نتایج فوق نشان می دهد محلول نمک خارج شده از فاز ۲ با این ترکیب در یک ساعت اولیه نمک زنی قدرت احیاء رزینهای فاز ۱ را ندارد و واکنش معکوس احیاء رخ میدهد و رزینها نه تنها احیاء نشده بلکه اشباع نیز میشوند این فرایند به علل ذیل می باشد

- ۱- بعلت بالا بودن سختی محلول نمک قدرت احیاء کنندگی آن با افزایش سختی در خروجی فاز ۲ از بین می رود
  - ۲- بدلیل بالا بودن سختی آب خام بدست آمده از آب کارون میزان سختی انباشته در رزینهای فاز ۲ بالاتر از حد انتظار دستورالعمل شرکت سازنده بوده است
- همچنین از نتایج آنالیزهای فوق میتوان استنباط نمود یک ساعت مانده هیچ حاصلی جهت افزایش کارکرد فیلترها ندارد بلکه باعث افزایش خوردگی درون بدنه فیلتر می گردد

### انجام پروسه ذیل بمدت یک ساعت



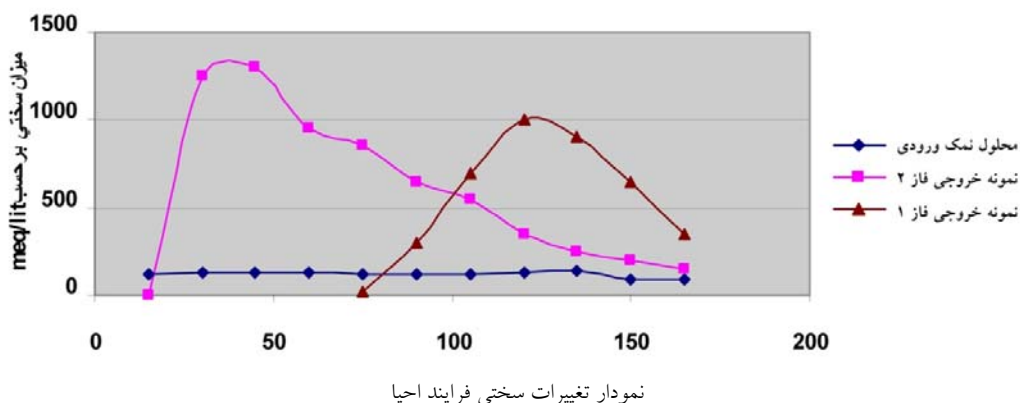
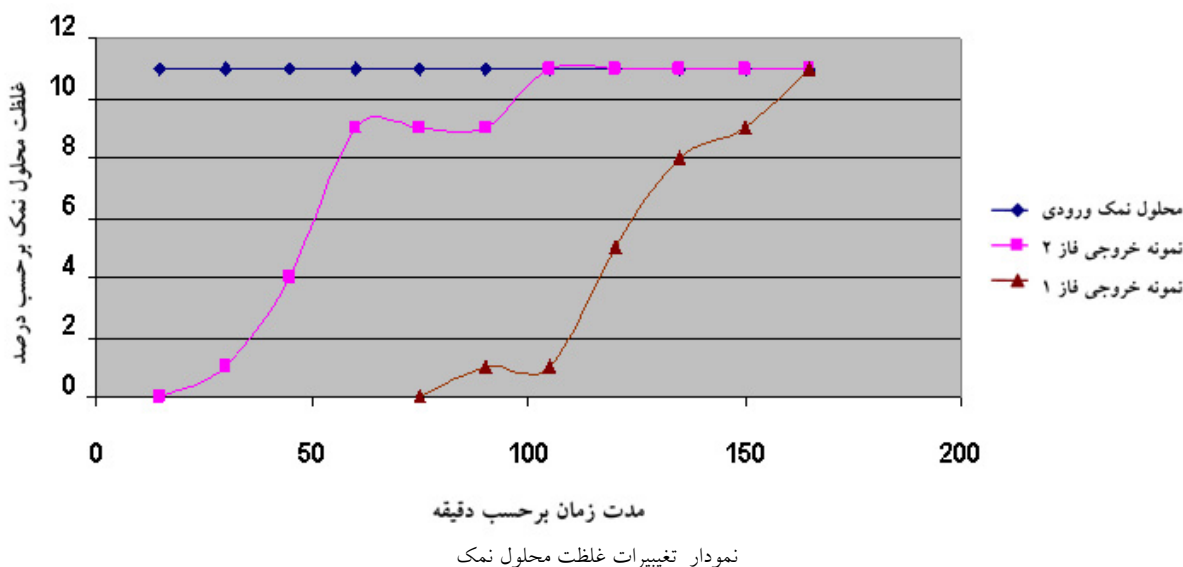
### بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق



نمونه ۳		نمونه ۲		نمونه ۱		مدت زمان
میزان سختی meq/lit	غلظت نمک بر حسب درصد	میزان سختی meq/lit	غلظت نمک بر حسب درصد	میزان سختی meq/lit	غلظت نمک بر حسب درصد	
----	----	۴	۰	۱۱۵	۱۱	۱۵ دقیقه
----	----	۱۲۵۰	۱	۱۲۵	۱۱	۳۰ دقیقه
----	----	۱۳۰۰	۴	۱۳۰	۱۱	۴۵ دقیقه
----	----	۹۵۰	۹	۱۲۵	۱۱	۶۰ دقیقه
۲۲	۰	۸۵۰	۹	۱۲۰	۱۱	۷۵ دقیقه
۳۰۰	۱	۶۵۰	۹	۱۲۰	۱۱	۹۰ دقیقه
۷۰۰	۱	۵۵۰	۱۱	۱۱۵	۱۱	۱۰۵ دقیقه
۱۰۰۰	۵	۳۵۰	۱۱	۱۲۵	۱۱	۱۲۰ دقیقه
۹۰۰	۸	۲۵۰	۱۱	۱۳۵	۱۱	۱۳۵ دقیقه
۶۵۰	۹	۲۰۰	۱۱	۹۰	۱۱	۱۵۰ دقیقه
۳۵۰	۱۱	۱۵۰	۱۱	۹۰	۱۱	۱۶۵ دقیقه

بر اساس اطلاعات فوق نمودارهای ذیل استخراج میگردد

### بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق



۳- جهت پرهیز از فوق اشباع شدن فاز ۱ لازم است در یک ساعت اول فرایند احیاء فقط فاز ۱ مورد نمک زنی قرار بگیرد

۴- احیاء فیلتر به این روش باعث افزایش کارکرد فیلتر به  $4750 M^3$  گردید

۵- فیلتری که به این روش احیاء شد سختی خروجی آن در زمان کارکرد علی رغم افزایش سختی کارون به  $10 \text{ meq/lit}$  به  $15 \text{ meq/lit}$  رسید که در مقایسه با فیلتر دیگر که خروجی آن  $25 \text{ meq/lit}$  بود به میزان  $10 \text{ meq/lit}$  کمتر است

۶- با توجه به پائینتر بودن پیک غلظت سختی خروجی فاز ۱ میتوان پیش بینی نمود سطح رزین فاز ۱ نسبت

همانطور که در نمودارهای فوق مشخص است احیاء فاز ۱ زمانی آغاز گردیده که غلظت نمک خروجی فاز ۲ ماکزیمم و میزان سختی آن روبه کاهش نهاده است و نشان دهنده تکمیل فرایند احیاء فاز ۲ میباشد لذا با این عملیات از ورود سختی ناشی از احیاء فاز ۲ به فاز ۱ و فوق اشباع نمودن آن پرهیز بعمل آمده است

### تجزیه و تحلیل روش بهینه احیاء فیلترها

۱- در ۱۵ الی ۲۰ دقیقه اولیه فرایند احیاء صرف پر نمودن فیلتر از محلول نمک میگردد

۲- تکمیل فرایند احیاء دو فاز نیاز به دو ساعت و ۴۵ دقیقه نمک زنی با غلظت ۱.۱٪ دارد (معادل  $70 M^3$ )

## بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق

### مراجع:

-۱

<http://www.lenntech.com/processes/softening/faq/water-softener-faq.htm>

-۲

[http://www.unitechengineers.com/Water\\_Softening\\_Plant.htm](http://www.unitechengineers.com/Water_Softening_Plant.htm)

به فاز ۲ پائین تراست که توصیه میشود سطح آن بررسی و در صورت لزوم به اضافه نمودن رزین اقدام شود

### نتیجه گیری

فرایند احیاء رزین کاتیونی سدیمی تصفیه خانه دارای پیچیدگیهای خاص خود میباشد. با لاکس زمانی که پارامترهای کاربرد و مانند غلظت سختی کارون و غلظت محلول نمک و غلظت سختی محلول در حال نوسان باشند که این امر خود نتیجه گیری در خصوص اثربخشی تغییرات رامشکل میسازد. در این تحقیق فقط از فیلتر سدیمی مرحله اول شماره ۱ استفاده شده تا میزان سطح رزین و اختلاف بین فیلترها اثری روی نتیجه گیری نداشته باشد. روش احیاء بهینه شده باعث افزایش کارکرد فیلتر به میزان حداقل ۲۵٪ و کاهش مواد مصرفی مانند آب خام و مدت زمان توقف فیلتر میشود.

در روش قدیم علی رغم مشترک و یکسان بودن زمان بکواش و رینز فیلتر بهره وری فرایند احیاء نسبت به روش جدید پائینتر بوده است لذا افزایش بهره وری فرایند احیاء باعث کاهش مصرف برق و افزایش بهره وری کلیه تجهیزاتی میگردد که در این فرایند مورد استفاده قرار میگیرند (مانند پمپ بکواش فیلترها و فیلترهای مکانیکی تامین کننده آب خام) طبق این روش تحقیق میتوان اثر استفاده از محلول نمک غلیظتر مانند ۱۵٪ (مرجع ۲) را آزمایش و نتایج را در خصوص کاهش مدت زمان نمک زنی مورد نیاز و کیفیت احیاء مورد بررسی قرار داد. سختی محلول نمک احیاء کننده اثر چشمگیری در اثربخشی فرایند احیاء دارد. لذا لازم است فرایند تهیه این محلول و مخازن ذخیره تحت بررسی و کنترل مستمر قرار گیرند.

با توجه به شرایط فوق بهبود روش احیاء طبق شرح اعلام شده کاملاً محرز بوده و با اطمینان میتوان اعلام نمود این روش تا حدودی میتواند اثر افزایش سختی کارون تا 14 meq/lit را خنثی نماید. بطوریکه مانع بهره برداری نرمال تصفیه خانه ممکن شود. البته باید سطح رزین این فیلترها تحت کنترل مستمر قرار داشته باشد و همچنین از کیفیت و ظرفیت آنها اطمینان حاصل شود.